

·述评·

吲哚菁绿荧光成像技术在小儿外科领域的应用与局限



全文二维码



开放科学码

尹 强

【摘要】 吲哚菁绿(indocyanine green, ICG) 荧光成像技术作为精准医疗引入的新兴技术之一,能够从分子、细胞功能水平实现人体组织结构的实时成像;其不仅能在手术中实时导航、检测,而且能实时评估吻合口血运和进行血流动力学监测,目前已广泛应用于外科各类手术中。本文主要阐述 ICG 荧光成像的特点、荧光成像技术在小儿外科各专业中的应用及其对于手术的意义等。

【关键词】 荧光染料; 吲哚菁绿; 诊断显像; 精准医学; 外科手术

【中图分类号】 R917.76 R726.1 R445.9

Application and prospect of indocyanine green fluorescence imaging in pediatric surgery. Yin Qiang.

Department of General Surgery, Hunan Children's Hospital, Changsha 410007, China. Corresponding author: Yin Qiang, Email: qiangyin@hotmail.com

【Abstract】 Indocyanine green (ICG) fluorescence imaging is one of the emerging technologies for the precision medicine, it can provide real-time imaging of the human structure from the cell and molecular level. The ICG fluorescence imaging is now widely employed in various surgeries, given its advantages of real-time navigation and testing during surgery, anastomotic perfusion assessment, and hemodynamics monitoring. This study mainly expounds the features of ICG fluorescence imaging, its application in different pediatric surgery specialties as well as its importance to surgery.

【Key words】 Fluorescent Dyes; Indocyanine Green; Diagnostic Imaging; Precision Medicine; Surgical Procedures, Operative

吲哚菁绿(indocyanine green, ICG) 荧光成像技术应用于临床最早可追溯至十九世纪六十年代,早期用于肝脏储备功能评估、心外科冠状动脉搭桥手术的有效性评估等;此后逐渐应用于血流动力学监测、淋巴系统造影等多个领域。近年来,随着各类新型荧光导航设备及成像系统的开发与应用,ICG 荧光成像技术快速发展,其对于外科手术的意义受到人们的重视^[1,2]。与其他活体成像技术相比,ICG 荧光成像技术具有灵敏度高、无放射性、实时成像、结果直观及操作简单等优点,被广泛应用于外科手术导航,如成人肝胆外科、肿瘤外科等领域,但在小儿外科临床的应用尚处于起步阶段^[3,4]。国外有将 ICG 荧光成像技术应用于小儿胆道闭锁、先天性胆管扩张症、精索静脉曲张、重复肾、隔离肺、肝母细胞瘤等手术的报道^[4-7]。近年来我国在精准医学理念的推动下,ICG 荧光成像技术作为一种新兴的术中精准导航工具,逐步在小儿外科手术中引入,目前主要在儿童肝脏肿瘤、胆道病变、胃肠手术中探索应用,现分别阐述如下。

一、吲哚菁绿的特点

ICG 是一种带负电荷的三碳花菁染料,具有近红外吸收和发射荧光的特性,可发射波长 840 nm 左右的近红外光,经特殊接收装置则显示荧光或彩色荧光^[8]。ICG 经静脉入血后,可迅速与血浆蛋白结合进入肝脏而被细胞吸收,不经过肝肠循环,直接通过胆汁以游离形式排出肠道;吸收性强,毒性小,不参与体内生物转化,排泄迅速,是目前唯一被美国食品药品监督管理局批准(1959 年)用于临床的近红外光学成像对比增强剂^[9]。

DOI:10.12260/lxewkzz.2021.10.001

基金项目:湖南省卫健委重点专科建设技术创新项目(编号:湘卫医政医管处函[2018]187 号)

作者单位:湖南省儿童医院普外一科(湖南省长沙市,410007)

通信作者:尹强, Email: qiangyin@hotmail.com

ICG 是一种多环分子结构,其硫酸基决定了灭菌用水是其首选溶剂,因水溶液的稳定性有限,稀释液需在 6~10 h 内使用完毕;ICG 与溶剂需要充分溶解,以避免潜在不良反应;给药时机、给药途径和剂量因目的不同而异^[10]。其不良反应发生率低于 0.01%,使用过程中应严格遵守药物说明书^[11]。

二、ICG 荧光成像技术在小儿肝胆手术中的应用

(一) 小儿肝脏肿瘤手术

肝脏肿瘤、胆管扩张症、门静脉海绵样变性、胆道闭锁等疾病是小儿肝胆外科诊治的主要病种。随着精准医学理念的深入,计算机三维重建技术、ICG 荧光成像手术中导航技术等已应用于小儿肝胆外科疾病诊治中。儿童肝脏恶性肿瘤的发病率约占总体恶性肿瘤的 1%,以肝母细胞瘤为主,此与成人疾病谱差别很大。在手术过程中,既往主要依靠术前计算机三维重建影像、术中超声导航及术者对于肿瘤的触诊等,以确定肿瘤的大致边界,但是存在一定的局限性,可能导致术后手术切缘肿瘤残留等^[12]。目前运用 ICG 荧光成像技术指导儿童肝脏肿瘤切除的文献多为个案报道,缺乏不同病理类型和肝脏肿瘤显像特征的比较^[12-15]。选择合适的注射时机和最佳剂量,对于尽可能优化病变与正常肝组织的荧光对比度,减少背景干扰至关重要。当肝母细胞瘤紧贴重要血管而无法保证足够切缘时,ICG 还可以确定肿瘤的边界和切除范围,以尽可能保证肿瘤的 R0 切除,并能显著减少术中出血和避免血管及胆管损伤^[16]。姚伟等^[12]研究报道儿童肝母细胞瘤手术中 ICG 荧光成像显影效果较好,能够协助判断手术切缘是否有残留肿瘤,提高肿瘤完全切除率;使用 ICG 荧光在儿童肝肿瘤显影时,建议术前 24 h 以上注射 ICG 可获得较好显像效果;分析由于肝母细胞瘤以胎儿型为主,具有较好的分化特征,且部分患者术前予以化疗,部分肿瘤组织通过化疗后可能有出血、坏死等,故肝母细胞瘤病理分型与荧光显像的规律无特异性。ICG 清除实验可作为肝脏储备功能的一项评估指标,特别是肝衰竭、肝硬化患者的功能评估,目前在儿童患者中还鲜有报道,后期可尝试应用。

“2019 版计算机辅助联合吲哚菁绿分子荧光影像技术在肝脏肿瘤诊断和手术导航中的应用指南”指出,ICG 荧光成像技术可实现肝脏肿瘤边界界定、肝段和左右半肝切除线的确定;微小病灶或转移灶侦测;肝脏肿瘤切除后肝断面残留肿瘤病灶显影,可提高切缘阴性率;建议在拟定肝脏肿瘤切除手术方案时,依据肝蒂的解剖难度、肝段解剖位置来选择合适的 ICG 使用方法,建议 S1、S4 使用负染色法,S7、S8 使用正染色法,而 S2、S3、S5、S6 正负染色均可选用^[17]。儿童肝脏肿瘤手术中使用正染色法,需要在 B 超引导下进行门静脉分支穿刺,技术要求高,难度较大,很难实现。有作者尝试采用 ICG 荧光染色引导下反染法解剖性右半肝切除术治疗肝母细胞瘤,术中肿瘤分界线显影清晰,操作简单,获得了较好的手术效果^[15]。肝脏肿瘤切除术后并发症以胆漏最常见,发生率 4.0%~9.8%^[18]。术中及时发现并修补胆漏是关键;与常规术中检测胆漏方法相比,术中 ICG 荧光成像技术可术中实时检测,降低术后胆漏的发生率^[17]。

在儿童肝脏微小病灶或肝脏肿瘤其他部位转移灶的识别中,Yohei 等^[19]报道 ICG 荧光成像技术能够识别出肝脏最小病灶直径约 8 mm,肿瘤检出阳性预测值为 91.6%。Souzaki 等^[20]报道使用 ICG 荧光成像技术,所有肝母细胞瘤肺转移灶均在术中清晰显影,能够识别的最小结节直径约 1.2 mm,阳性预测值达 91.6%,但对于深部肺结节还需结合其它技术来识别和定位。儿童肝脏肿瘤 ICG 的使用剂量和注射途径、时机等,目前还没有形成专家共识,多数借鉴成人 ICG 使用经验,推荐方案为:按 0.5 mg/kg 剂量于术前 72~96 h 静脉注射^[21,22];其在儿童肝脏肿瘤的最佳应用方案还有待进一步的大样本临床研究来确定。

(二) 小儿胆道手术

儿童胆道疾病以先天性胆管扩张症为主;胆道手术中,脉管细小,且走形变异多样,解剖结构复杂,手术中可能误伤变异胆管或导致胆漏等并发症。目前临床上常采取手术前三维重建技术来实现胆道系统的数字化解剖,形成可视化胰胆管病变的 3D 解剖学模型。手术中应用 ICG 荧光成像技术,引导肝外胆道显影,实时辨认胆管走形,显示病变胆管的位置及其相邻组织的解剖结构关系,实时探测有无胆漏,并预防血管副损伤等^[23]。对于怀疑胆道闭锁或胆道变异的患儿,术中常规使用胆道造影确定胆道病变情况。与传统碘水造影相比,ICG 荧光成像技术用于术中胆管造影,耗时少,可减少放射性辐射的损害;胆囊动脉可实时显影,引导胆囊切除,减少术中出血等。在活体肝移植手术中,可指导胆管的离断及重建,评估重建后血管的通畅性及移植肝的肝功能恢复情况^[24]。因此,对于复杂的胆道手术,建议优先选择 ICG 荧光成像技术实现术中实时导航,可减少手术并发症的发生,提高手术安全性。

三、ICG 荧光成像技术在小儿胃肠手术中的应用

小儿胃肠手术的难点是术中对于肠管血运的客观判定。既往主要凭手术者个人经验主观判断切缘渗血、肠管颜色以及毛细血管充盈情况,其结果不够客观和精准^[25]。ICG 可迅速与血液中的血浆蛋白结合,并经血液循环至肠系膜血管,经近红外光照射后发射荧光,被荧光显像系统探头吸收后转换为彩色图像,以此来准确判断肠管血流灌注^[25]。Iinuma 等^[26]于 2013 年报道 1 例 15 岁肠扭转合并肠坏死患者,手术中运用 ICG 荧光成像技术及时获得了更有意义的肠管血运情况,认为比传统的临床评估方法更有意义。Rentea 等^[27]于 2019 年将 ICG 荧光成像技术应用于 12 例泄殖腔畸形及先天性巨结肠患者手术中,以判断吻合口肠管血运情况。徐晓钢等^[28]报道 ICG 荧光成像技术在腹腔镜巨结肠根治术中的应用,术中实时清晰显示拟切除肠管肠系膜血运,精确切除肠段,准确判断吻合口肠管血流灌注,减少吻合口漏等并发症,认为是一种更为精准及客观的判断吻合口肠管血运的技术手段^[25]。利用此特点,后续还可将此技术应用于肠套叠手术中肠管缺血再灌注损伤肠管血运的判断、术中肠道膈膜的精准定位等。

四、ICG 荧光成像技术在其他小儿外科专业的应用

ICG 荧光成像技术在小儿外科其他专业的应用相比小儿肝胆外科报道较少,有学者报道了其在胸腔镜下肺段切除术中的应用,为段间平面的划分发展了新的方法^[29]。整形修复外科用此技术评价转移皮片血运情况^[30];儿童睾丸旁横纹肌肉瘤手术时用于前哨淋巴结的示踪识别,能够帮助识别区域淋巴结有无转移^[31]。在脑外科手术中,利用 ICG 荧光成像技术可帮助术中判断动脉瘤夹闭及瘤体周边侧支血流通畅情况,减少手术过程中夹闭不全、过度夹闭及误夹的发生,增强了手术安全和改善了患者预后等^[32]。

五、ICG 荧光成像技术的若干应用问题

(一)在肝脏外科手术中应用的技术局限

首先表现在 ICG 荧光成像对于肝脏深部结节的敏感度低;虽然 ICG 具有两亲性结构,但近红外光在组织中的穿透深度有限,其荧光信号仅能穿透 10 mm 内的肝实质;目前,在儿童肝脏肿瘤切除过程中需结合术中超声实时引导及病理学快速检查,才能部分弥补 ICG 分子荧光检测在肝实质深度受限的缺点^[17]。其次,如何根据患者自身肝脏基础功能情况制定个体化给药剂量及时机,达到最佳显影效果,减少背景干扰等,尚待进一步研究。第三,肝断面胆漏识别率不高,甚至无法识别;术中 ICG 荧光成像技术在手术中虽能实时探测有无胆漏,但偶有肝断面浸染而导致识别率不高、甚至失败的情况。此外,众多肝段供血管道变异,解剖性目标肝段成功显影的比例可能有限,技术上面临天然瓶颈^[33]。

(二)在胃肠手术中应用的技术局限

在胃肠道手术中,虽然 ICG 荧光成像技术有助于防止吻合口瘘的发生,但对于荧光显影强度的评价也只是基于手术医生的主观视觉判断,存在评价荧光强度的主观性及缺乏评定组织血液灌注定量标准的缺点。因此,如何更加客观、准确地测量 ICG 荧光强度,确定肠管缺血时荧光阈值,制定血管造影标准及监测方法还有待进一步大样本研究^[28]。

总之,在当前外科手术越来越朝着精准、微创、安全方向发展的趋势下,将 ICG 荧光成像的导航技术、计算机三维重建技术、肝血流阻断技术、术中实时 B 超引导等技术综合起来,对患者采取个体化治疗方案,是精准医疗的关键;若能结合新一代达芬奇机器人手术,使得手术操作更加精准,则后期能开展更为复杂和高难度的手术,ICG 荧光成像技术具有便捷、经济、安全、有效的优势,相信未来该技术将不断改进,为小儿外科精准医疗展示更好的应用前景。

参考文献

- 1 Nomi T, Hokuto D, Yoshikawa T, et al. Anovel navigation for laparoscopicanatomic liver resection using indocyanine green fluorescence[J]. Ann Surg Oncol, 2018, 25(13):3982. DOI:10. 1245/s10434-018-6768-Z.
- 2 Nishino H, Hatano E, Seo S, et al. Real time navigation for liver surgery using projection mapping with indocyanine green fluorescence; development of the novel medical imaging projection system[J]. Ann Surg, 2018, 267(6):1134-1140. DOI:10. 1097/SLA. 0000000000002172.

- 3 Vahrmeijer AL, Hutteman M, vander Vorst JR, et al. Image-guided cancer surgery using near-infrared fluorescence[J]. *Nat Rev Clin Oncol*, 2013, 10(9): 507-518. DOI:10.1038/nrclinonc.2013.123.
- 4 Lau CT, Au DM, Wong KKY. Application of indocyanine green in pediatric surgery[J]. *Pediatr Surg Int*, 2019, 35(10): 1035-1041. DOI:10.1007/s00383-019-04502-4.
- 5 Fernández-Bautista B, Mata DP, Parente A, et al. First experience with fluorescence in pediatric laparoscopy[J]. *Eur J Pediatr Surg Rep*, 2019, 7(1): e43-e46. DOI:10.1055/s-0039-1692191.
- 6 Yanagi Y, Yoshimaru K, Matsuura T, et al. The outcome of real time evaluation of biliary flow using near-infrared fluorescence cholangiography with indocyanine green in biliary atresia surgery[J]. *J Pediatr Surg*, 2019, 54(12): 2574-2578. DOI:10.1016/j.jpedsurg.2019.08.029.
- 7 Esposito C, Del Conte F, Cerulo M, et al. Clinical application and technical standardization of indocyanine green (ICG) fluorescence imaging in pediatric minimally invasive surgery[J]. *Pediatr Surg Int*, 2019, 35(10): 1043-1050. DOI:10.1007/s00383-019-04519-9.
- 8 Nguyen DP, Huber PM, Metzger TA, et al. A specific mapping study using fluorescence sentinel lymph node detection in patients with intermediate and high-risk prostate cancer undergoing extended pelvic lymph node dissection[J]. *Eur Urol*, 2016, 70(5): 734-737. DOI:10.1016/j.eururo.2016.01.034.
- 9 Alford R, Simpson HM, Duberman J, et al. Toxicity of fluorophores used in molecular Imaging: literature review[J]. *Mol Imaging*, 2009, 8(6): 341-354. DOI:10.2310/7290.2009.00031.
- 10 Digital MAOCMA, Digital ISPCORH, Liver CPCOCMDA, et al. Guidelines for application of computer-assisted indocyanine green molecular fluorescence imaging in diagnosis and surgical navigation of liver tumors (2019)[J]. *J South Med Univ*, 2019, 39(10): 1127-1140. DOI:10.12122/j.issn.1673-4254.2019.10.01.
- 11 Speich R, Saesseli B, Hoffmann U, et al. Anaphylactoid reactions after indocyanine-green administration[J]. *Ann Intern Med*, 1988, 109(4): 345-346. DOI:10.7326/0003-4819-109-4-345_2.
- 12 姚伟, 董浩然, 李凯, 等. 吲哚菁绿荧光显像技术在肝母细胞瘤精准切除手术中的应用[J]. *临床小儿外科杂志*, 2019, 18(2): 107-111. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2019.02.008.
Yao W, Dong KR, Li K, et al. Application of indocyanine green fluorescence imaging technique in precise hepatectomy for hepatoblastoma[J]. *J Clin Ped Sur*, 2019, 18(2): 107-111. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2019.02.008.
- 13 Ishizawa T, Saiura A, Kokudo N. Clinical application of indocyanine green-fluorescence imaging during hepatectomy[J]. *Hepatobiliary Surg Nutr*, 2016, 5(4): 322-328. DOI:10.21037/hbsn.2015.10.01.
- 14 Yamamichi T, Oue T, Yonekura T, et al. Clinical application of indocyanine green (ICG) fluorescent imaging of hepatoblastoma[J]. *J Pediatr Surg*, 2015, 50(5): 833-836. DOI:10.1016/j.jpedsurg.2015.01.014.
- 15 Kitagawa N, Shinkai M, Mochizuki K, et al. Navigation using indocyanine green fluorescence imaging for hepatoblastoma pulmonary metastases surgery[J]. *Pediatr Surg Int*, 2015, 31(4): 407-411. DOI:10.1007/s00383-015-3679-y.
- 16 彭宇明, 尹强, 高红强, 等. ICG 荧光染色引导下解剖性右半肝切除治疗儿童肝脏肿瘤[J]. *临床小儿外科杂志*, 2018, 17(8): 597-599. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2018.08.010.
Peng YM, Yin Q, Gao HQ, et al. Anatomic right-half of indocyanine green fluorescent staining hepatectomy for children with liver tumors[J]. *J Clin Ped Sur*, 2018, 17(8): 597-599. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2018.08.010.
- 17 中华医学会数字医学分会, 中国研究型医院学会数字智能化外科专业委员会, 中国医师协会肝癌专业委员会, 等. 计算机辅助联合吲哚菁绿分子荧光影像技术在肝脏肿瘤诊断和手术导航中应用指南(2019 版)[J]. *中国实用外科杂志*, 2019, 39(7): 641-650, 654. DOI:10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2019.07.01.
Digital Medical Association of Chinese Medical Association, Digital Intelligent Surgery Professional Committee of Chinese Research Hospital Association, Liver Cancer Professional Committee Of Chinese Medical Doctor Association, et al. Guidelines for application of computer-assisted indocyanine green molecular fluorescence imaging in diagnosis and surgical navigation of liver tumors (2019)[J]. *Chin J Pract Surg*, 2019, 39(7): 641-650, 654. DOI:10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2019.07.01.
- 18 Linke R, Ulrich F, Bechstein WO, et al. The White-test helps to reduce biliary leakage in liver resection: a systematic review and meta-analysis[J]. *Ann Hepatol*, 2015, 14(2): 161-167.
- 19 Yamada Y, Ohno M, Fujino A, et al. Fluorescence-Guided Surgery for Hepatoblastoma with Indocyanine Green[J]. *Cancers (Basel)*, 2019, 11(8): 1215. DOI:10.3390/cancers11081215.
- 20 Souzaki R, Kawakubo N, Matsuura O, et al. Navigation surgery using indocyanine green fluorescent imaging for hepatoblastoma pa-

- tients[J]. *Pediatr Surg Int*, 2019, 35(5):551-557. DOI:10.1007/s00383-019-04458-5.
- 21 Goldstein SD, Heaton TE, Bondoc A, et al. Evolving applications of fluorescence guided surgery in pediatric surgical oncology: A practical guide for surgeons[J]. *J Pediatr Surg*, 2021, 56(2):215-223. DOI:10.1016/j.jpedsurg.2020.10.013.
 - 22 Yamamichi T, Oue T, Yonekura T, et al. Clinical application of indocyanine green (ICG) fluorescent imaging of hepatoblastoma[J]. *J Pediatr Surg*, 2015, 50(5):833-836. DOI:10.1016/j.jpedsurg.2015.01.014.
 - 23 袁妙贤, 尹强, 季春宜, 等. 三维 CT 重建联合 ICG 荧光染色技术在腹腔镜先天性胆管扩张症根治术中的应用[J]. *临床小儿外科杂志*, 2020, 19(7):614-618. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2020.07.010.
Yuan MX, Yin Q, Ji CY, et al. Application of three-dimensional computed tomography reconstruction plus indocyanine green fluorescent staining technique in radical laparoscopy for congenital biliary dilatation[J]. *J Clin Ped Sur*, 2020, 19(7):614-618. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2020.07.010.
 - 24 Kubota K, Kita J, Shimoda M, et al. Intraoperative assessment of reconstructed vessels in living-donor liver transplantation, using a novel fluorescence imaging technique[J]. *J Hepatobiliary Pancreat Surg*, 2006, 13(2):100-104. DOI:10.1007/s00534-005-1014-z.
 - 25 曾纪晓, 徐晓钢. 先天性巨结肠诊疗规范化的再思考[J]. *临床小儿外科杂志*, 2021, 20(3):201-207. DOI:10.12260/lcxewkzz.2021.03.001.
Zeng JX, Xu XG. Some focal issues of standardizing the diagnosis and treatment of Hirschsprung's disease[J]. *J Clin Ped Sur*, 2021, 20(3):201-207. DOI:10.12260/lcxewkzz.2021.03.001.
 - 26 Iinuma Y, Hirayama Y, Yokoyama N, et al. Intraoperative near-infrared indocyanine green fluorescence angiography (NIR-ICG AG) can predict delayed small bowel stricture after ischemic intestinal injury: Report of a case[J]. *J Pediatr Surg*, 2013, 48(5):1123-1128. DOI:10.1016/j.jpedsurg.2013.03.067.
 - 27 Rentea RM, Halleran DR, Ahmad H, et al. Preliminary use of indocyanine green fluorescence angiography and value in predicting the vascular supply of tissues needed to perform cloacal, anorectal malformation and Hirschsprung reconstructions[J]. *Eur J Pediatr Surg*, 2020, 30(6):505-511. DOI:10.1055/s-0039-1700548.
 - 28 徐晓钢, 曾纪晓, 刘斐, 等. 吲哚菁绿荧光血管显像技术在单孔腹腔镜巨结肠根治术中的应用[J]. *中国微创外科杂志*, 2021, 21(2):165-168. DOI:10.3969/j.issn.1009-6604.2021.02.015.
Xu XG, Zeng JX, Liu F, et al. Application of indocyanine green fluorescence angiography in single-port laparoscopic radical operation for Hirschsprung's disease[J]. *Chin J Min Inv Surg*, 2021, 21(2):165-168. DOI:10.3969/j.issn.1009-6604.2021.02.015.
 - 29 Tarumi S, Misaki N, Kasai Y, et al. Clinical trial of video-assisted thoracoscopic segmentectomy using infrared thoracoscopy with indocyanine green[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2014, 46(1):112-115. DOI:10.1093/ejcts/ezt565.
 - 30 Ogata F, Narushima M, Mihara M, et al. Intraoperative lymphography using indocyanine green dye for near-infrared fluorescence labeling in lymphedema[J]. *Ann Plast Surg*, 2007, 59(2):180-184. DOI:10.1097/01.sap.0000253341.70866.54.
 - 31 Mansfield SA, Murphy AJ, Talbot L, et al. Alternative approaches to retroperitoneal lymph node dissection for paratesticular rhabdomyosarcoma[J]. *J Pediatr Surg*, 2020, 55(12):2677-2681. DOI:10.1016/j.jpedsurg.2020.03.022.
 - 32 缪洪平, 唐俊, 牛胤, 等. 吲哚菁绿荧光血管造影在颅内动脉瘤夹闭术中的应用[J]. *重庆医学*, 2015, 44(27):3785-3787. DOI:10.3969/j.issn.1671-8348.2015.27.013.
Miao HP, Tan J, Niu Y, et al. Application of indocyanine green fluorescein angiography in intracranial aneurysm surgery[J]. *Chongqing Medicine*, 2015, 44(27):3785-3787. DOI:10.3969/j.issn.1671-8348.2015.27.013.
 - 33 梅成杰, 张中林, 袁玉峰. 吲哚菁绿荧光成像技术在肝胆外科的应用进展[J]. *腹部外科*, 2020, 33(3):235-240. DOI:10.3969/j.issn.1003-5591.2020.03.016.
Mei CJ, Zhang ZL, Yuan YF. Progress in the application of indocyanine green fluorescence imaging in hepatobiliary surgery[J]. *Journal of Abdominal Surgery*, 2020, 33(3):235-240. DOI:10.3969/j.issn.1003-5591.2020.03.016.

(收稿日期:2021-08-03)

本文引用格式: 尹强. 吲哚菁绿荧光成像技术在小儿外科领域的应用与局限[J]. *临床小儿外科杂志*, 2021, 20(10):901-905. DOI:10.12260/lcxewkzz.2021.10.001.

Citing this article as: Yin Q. Application and prospect of indocyanine green fluorescence imaging in pediatric surgery[J]. *J Clin Ped Sur*, 2021, 20(10):901-905. DOI:10.12260/lcxewkzz.2021.10.001.