

— 症例報告 —

腹腔鏡用 ICG 蛍光法で腸管血流を判断した絞扼性腸閉塞の 6 例

水置佳也¹⁾, 油木純一¹⁾²⁾, 木田睦士¹⁾, 児玉創太¹⁾,
大恵匡俊¹⁾, 山本寛¹⁾²⁾, 梅田朋子¹⁾²⁾³⁾, 八木俊和¹⁾, 来見良誠¹⁾

1) 独立行政法人地域医療機能推進機構 滋賀病院

2) 滋賀医科大学 外科学講座

3) 滋賀医科大学地域医療教育研究拠点

抄録:

絞扼性腸閉塞の手術における腸管の血流評価で Indocyanine Green (以下, ICG と略記) 蛍光法の有用性が報告されている。当院では腹腔鏡用 ICG 蛍光法の VISERA ELITE II® (OLYMPUS) を導入しており, 腹腔鏡画像上で ICG 蛍光法の観察が可能である。絞扼性腸閉塞の手術で腹腔鏡用 ICG 蛍光法を使用した症例について報告する。

2019 年 4 月~2022 年 12 月の期間に当院で腹腔鏡用 ICG 蛍光法を施行した絞扼性腸閉塞の症例は 6 例であった。平均年齢は 72.3±13.9 歳, 発症から手術までの平均時間は 19.3±1.7 時間, 平均手術時間は 85.5±10.9 分, 平均在院日数は 19.8±3.5 日であった。4 例で腸管を温存しており, 2 例で腸管を切除した。術後合併症は 1 例のみ誤嚥性肺炎を認めたが, 全例が遅発性壊死や穿孔を発症せず退院した。

腹腔鏡用 ICG 蛍光法は絞扼腸管を温存する判断の一助となる可能性がある。腹腔内で手術を完遂できる症例では小開腹することなく ICG 蛍光法で血流を評価できる点が利点と考えられた。

キーワード: 腸閉塞, ICG 蛍光法, 腹腔鏡

table.1: 絞扼性腸閉塞の症例と周術期

年齢	性別	病名	身長(cm)	体重(kg)	BMI(kg/m ²)	絞扼時間(時間)	絞扼腸管の造影CT	WBC(/μL)	CRP(ml/L)	CK(IU/L)	手術時間(分)	出血量(ml)	術後合併症	在院日数
80	女	大腿ヘルニア嵌頓	138	37.5	19.7	60	—	12700	0.51	不明	129	17	誤嚥性肺炎	53
75	女	癒着性腸閉塞	142.4	35	17.3	30	造影不良	17600	26.41	80	105	580	なし	34
85	女	大腿ヘルニア嵌頓	140	37.9	19.3	8	—	6800	0.24	22	66	1	なし	11
72	女	癒着性腸閉塞	150	55	24.4	5	造影不良	8200	1.56	166	86	10	なし	9
79	男	大腿ヘルニア嵌頓	157.7	56.3	22.6	5	—	7300	0.04	167	63	1	なし	3
53	女	肝鎌状間膜裂孔ヘルニア	150.2	37.7	16.7	8	判断困難	8300	0.74	62	64	1	なし	9

※WBC、CRP、CKは術前検査の値。

はじめに

近年, 絞扼性腸閉塞の手術における絞扼腸管の血流評価に Indocyanine Green(以下, ICG と略記) 蛍光法の有用性が報告されている^[1]。一般的な腸管切除の判断所見は, 直動脈の拍動, 腸蠕動の有無, 腸管壁の色調が挙げられるが^[2], これらを確認しても腸管温存に悩むときがある。当院では ICG 蛍光法を追加して腸管の血流を確認している。従来, Open 用 ICG 蛍光法である PDE-neo® (浜松ホトニクス) を使用してきた。2020 年 11 月から腹腔鏡用 ICG 蛍光法である VISERA ELITE II® (OLYMPUS) を導入しており, 腹腔鏡画像上で ICG 蛍光法の観察ができるため小開腹して腸管を腹腔外に牽引することなく腸管の血流評価が可能となった。絞扼腸管において ICG 蛍光法の確立した評価基準がない

のが現状であり, 腹腔鏡用 ICG 蛍光法で絞扼腸管の血流を評価した症例を検討することとした。

症例

当院では腹腔鏡用 ICG 蛍光法を導入しており 2019 年 4 月から 2023 年 1 月に当院で施行した絞扼性腸閉塞の手術で腹腔鏡用 ICG 蛍光法を施行した 20 歳以上の症例は 6 例であった。平均年齢は 72.3±13.9 歳, 男性が 1 例, 女性が 5 例であった。腸閉塞の発症から手術までの平均時間は 19.3±1.7 時間, 平均手術時間は 85.5±10.9 分, 平均在院日数は 19.8±3.5 日であった。(table.1) 絞扼性腸閉塞に対して 4 例で腸管温存し, 2 例で腸管切除した。腸管温存した理由は, 4 例とも絞扼腸管に満遍なく発光を認めたためであった。(fig.1)

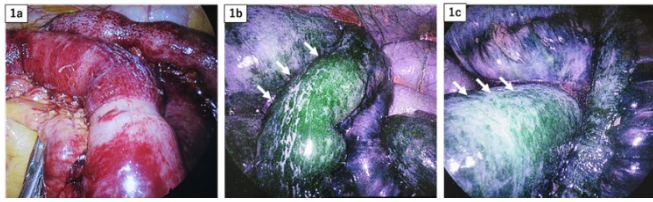


fig.1：絞扼腸管温存例(72歳女性)

1a:可視光観察. 絞扼腸管はうっ血により暗赤色に変色していた.

1b:腹腔鏡用 ICG 蛍光法. 腸管壁に満遍なく発光を認めた.(白矢印) 図は黒矢印で示す腸管壁に焦点を当てているため, 他の絞扼腸管は発光していないように見えるが, 1c のようにカメラおよび絞扼腸管を愛護的に移動して距離を調整することで満遍なく腸管壁の発光を確認した.

腸管切除した理由は, 全く発光しなかったことであった.(fig.2,3)

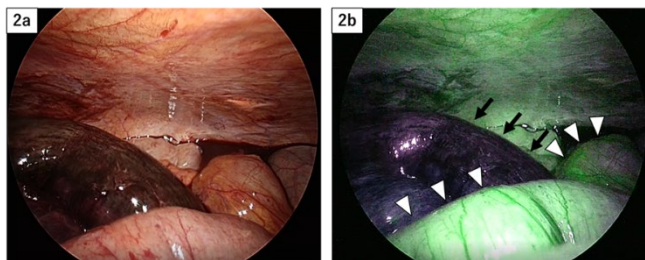


fig.2：絞扼腸管切除例(75歳女性)

2a:絞扼腸管は暗赤色に変色していた.

2b:絞扼腸管に発光は認めなかった.(黒矢印) 正常腸管は発光を認めた.(白矢頭)

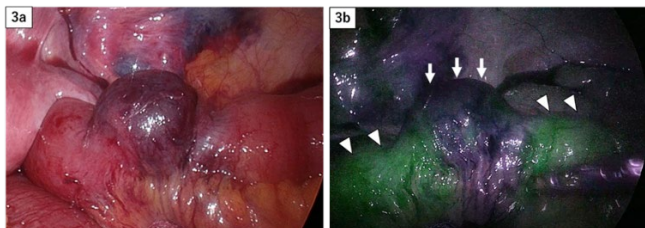


fig.3：絞扼腸管切除例(80歳女性)

3a:絞扼腸管は暗赤色に変化していた.

3b:絞扼腸管には発光を認めなかった.(白矢印) 正常腸管は発光を認めた.(白矢頭)

切除腸管の病理組織学的検査では, 1例が出血性壊死を認め, もう1例は壊死を認めなかった. 腸管温存および腸管切除した症例すべての術後経過で遅発性の腸管壊死や穿孔を発症した症例は認めなかった. 1例のみ誤嚥性肺炎を発症したが Clavien-Dindo 分類で Grade II の合併症として保存的に治療した.(table.2)

ICG 蛍光法を施行するにあたって, 観察時の気腹圧はすべて 10mmHg に統一しており, 腹腔鏡は 10 mm 硬性鏡を使用していた. また, ホワイトバランスはガーゼを用いて調節していた. 発光強度の焦点が奥行により変わることと赤外光の感度は自動調整であるため, 観察部位とカメラの距離を微調整して満遍なく観察していた. ICG の投与量は添付文書を参考に最低量の 2 mg としている.(添付文章では通常 0.04~0.3mg/kg を静脈内投与する) ICG を静脈注射後に正常腸管の発光を確認してから数分以上かけて観察していた.

考察

絞扼性腸閉塞は腸管壊死や腸管穿孔により腹膜炎や敗血症で重篤になるため, 絞扼腸管を温存するか切除するか判断が重要である. 虚血性小腸 71 標本を解析した研究で約 46%の腸管切除が不要な切除であったという報告があり^[2], 絞扼性腸閉塞の手術では絞扼腸管の遅発性壊死や穿孔を懸念して不必要な腸管切除が多いことが指摘されてきた. 絞扼腸管の壊死や穿孔は動脈の血流不良によるものであり, 主に①電解質異常により血管内脱水と浮腫を生じること, ②腸液やガスの充満により腸管内圧が上昇することで静脈内圧が上昇して浮腫が生じるという変化を伴う^[3]. 絞扼腸管の浮腫により乱反射が生じるため, 腸管壁の肉眼的な評価が困難になると考えられる. これを裏付ける報告として, ラットの小腸 134 標本を用いた研究があり, 肉眼的な腸管壊死診断の予測精度は 57.7%であるとされている^[4]. さらに壊死範囲の同定が漿膜側からの観察では困難としている. したがって, 直視下で肉眼的に腸管壁の血流を評価することは難しいと考えられる.

近年, 透過性の優れた赤外線を利用した ICG 蛍光法により不必要な腸管切除を回避した報告が散見してい

table.2：腹腔鏡用ICG蛍光法の観察状況

年齢	性別	観察時の血圧(mmHg)**	脈拍(/分)**	発光部分	絞扼腸管	直動脈の拍動	腸管蠕動	腸壁	切除の有無	病理結果
80	女	110/72	80	なし	小腸	あり	なし	暗赤色	あり	壊死なし
75	女	125/75	80	なし	小腸	あり	なし	暗赤色	あり	出血性壊死
85	女	120/70	80	全体	小腸	あり	なし	暗赤色	なし	—
72	女	80/40	60	全体	小腸	あり	あり	暗赤色~黒色	なし	—
79	男	105/55	50	全体	小腸	あり	なし	暗赤色	なし	—
53	女	95/60	60	全体	小腸	あり	なし	暗赤色	なし	—

※は麻酔記録のグラフよりおおよその数値を読み取った.

る^[1]。ICG 蛍光法とは、ICG を用いたナビゲーション観察である。ICG を静脈注射することで、血液中の α 1 リボプロテインと結合すると赤外光 (760nm) によって励起され赤外蛍光 (830nm) を発する。この発光を赤外線カメラで検出することで組織表面下の血管動態を非侵襲的にリアルタイムで評価することができる。当院では、腹腔鏡の画像上で ICG 蛍光法を施行できる VISERA ELITE II® (OLYMPUS) を導入している。観察モードの操作は、カメラの手元のボタンで通常光観察と赤外光観察の切り替えが可能である。ICG を静脈注射すると血流から励起光が発して緑色に描出されるようになっている (fig.1)。緑色に描出される理由は、腹腔内の背景情報は赤紫色が多いことに対して、補色である緑色であれば明瞭なコントラストが得られるためである。本システムの利点としては、励起光の感度が自動調整されており使用者の技量に関わらず適切な映像が得られる簡便さがある。ただし蛍光灯下では適切な画像が得られないため注意が必要である。

医学中央雑誌で 2010 年 4 月から 2022 年 3 月の期間で会議録を除き「腸閉塞」「ICG」をキーワードとして検索した結果、腸閉塞の手術で ICG 蛍光法を施行した報告は 10 例認められた^[5-12]。この 10 例のうち 2 例が腹腔鏡用 ICG 蛍光法、8 例が Open 用 ICG 蛍光法であった。3 例で腸管切除、7 例で腸管温存（うち、一部補強は 2 例）を行っており、腸管温存症例のうち 2 例に小腸狭窄を認めた。多くの報告例で確立した評価基準がないことが課題とされており、腸管温存した後も慎重に術後経過をみる必要があると考えられる。

当院で経験した腹腔鏡用 ICG 蛍光法 6 例の結果に関して、平均年齢は 72.3 歳と他施設における絞扼性腸閉塞の報告と大きな違いは認めなかった^{[13][14]}。性別は女性の方が多く認めており、大腿ヘルニアの嵌頓といった女性に多い疾患が含まれていることが影響していると考えられる。腸管が絞扼すると、粘膜から壊死が起こり、数時間で全層性に壊死が起こるという報告から^[15]、絞扼時間の点では全例が腸管壊死の可能性は考えられた。手術所見において、直動脈の拍動は腹腔鏡画像上の目視により全例認めていた。視認ではなく触知による直動脈の観察が不可能である点が腹腔鏡用 ICG 蛍光法の欠点であり、腸間膜の脂肪が厚い症例では拍動の観察が困難と考えられる。絞扼腸管の蠕動は 1 例で確認したが他の 5 例で認めなかった。また、腸管壁の色調変化は全症例で認めていた。ICG 蛍光法を用いることで大腸癌術後の縫合不全を有意に減らせた報告もあり^[16]、ICG 蛍光法は血流評価に優れていることが示唆される。ただし、腸閉塞では腸管壁の変性があるのに対して、大腸癌手術の縫合は切離面以外の腸管壁の変性は少ない点が異なっている。腸管温存した症例はすべて遅発性の腸管壊死や穿孔を発症することなく退院していることから腹腔鏡用 ICG 蛍光法により腸管温存を適切に判断できた。腸管切除した 2 例のうち、病理組織学的検査で壊死を認めなかった 1 例は腸管温

存できた可能性がある。しかし、腸管壊死による重大な合併症を考慮すると ICG 蛍光法で発光しない腸管を温存することは躊躇すると思われる。これらの絞扼腸管に発光を認めなかった理由は不明である。もう 1 例は出血性壊死を認めた。腸管切除してからホルマリン固定するまで約 1 時間程度の時間を要しているため、この間に生じる腸管の変性を考慮していないことに議論の余地がある。また、術前の造影 CT は 3 例に施行しており絞扼腸管の造影効果は不良か評価困難であった。造影 CT から手術までは 30 分～2 時間半の時間経過があり、この間に腸管が壊死する可能性がある。一方 ICG 蛍光法は絞扼解除後にリアルタイムで評価できるので検査後に腸管が壊死することはない点が有用と考えられる。腸閉塞の術後合併症は 14.8%、死亡率は 1.5% という報告があり^[17]腸閉塞の予後が比較的不良であることを考慮すると、自験例の術後経過は比較的良好であったため ICG 蛍光法は腸管温存を判断するための一助となる可能性がある。ICG の発光に影響を及ぼすと考えられる要素として、観察時の血圧や気腹圧、体格が考えられる。ICG 蛍光法は工学的に色彩の画像処理をして描出しているため感知する光の閾値が存在すると考えられる。ショックによる低血圧や血管攣縮により発光に相異が生まれる可能性があるが、詳細は不明であり今後の課題になると考える。

腹腔鏡用 ICG 蛍光法の利点のひとつに絞扼腸管を腹腔外に牽引するための小開腹を省略可能であることが挙げられる。腸閉塞の腹腔鏡下手術で開腹移行率は 29% という報告もあり^[17]、腹腔鏡で完遂できる症例は多いとは言い難い。今後、腹腔鏡の器具や技術の向上によって腹腔鏡で完遂できる症例が増える可能性があるため腹腔鏡用 ICG 蛍光法の利点が活かされると考えられる。

結論

絞扼性腸閉塞の手術で腹腔鏡用 ICG 蛍光法は腸管の血流評価の一助となると考えられる。その使用には症例によって制限がかかるため、利点・欠点を把握したうえで使用することが重要といえる。

文献

- [1] Nakashima K, Ryu S, Okamoto A, et al. Usefulness of blood flow evaluation with indocyanine green fluorescence imaging during laparoscopic surgery for strangulated bowel obstruction: A cohort study. *Asian J Surg*, 45(3): 867-873, 2022.
- [2] Bulkley GB, Zuidema GD, Hamilton SR, et al. Intraoperative determination of small intestinal viability following ischemic injury: a prospective, controlled trial of two adjuvant methods (Doppler and fluorescein) compared with standard clinical judgment. *Ann Surg*, 193(5): 628-637, 1981.
- [3] Jackson P, Vigiola Cruz M. Intestinal Obstruction: Evaluation and Management. *Am Fam Physician*,

- 98(6): 362-367, 2018.
- [4] Sheridan WG, Lowndes RH, Williams GT, et al. Determination of a critical level of tissue oxygenation in acute intestinal ischaemia. *Gut*, 33(6): 762-766, 1992.
- [5] 油木純一, 木田睦士, 児玉創太, ほか. 術中 ICG 蛍光法により腸管を温存した肝鎌状間膜裂孔ヘルニア嵌頓の 1 例, *日臨外会誌*, 83(3): 580-584, 2022.
- [6] 口分田亘, 石井 正之, 小原 有一朗, ほか. 当院における絞扼性イレウスに対する腸管切除の適応決定, *兵庫外科医会誌*, 54: 13-15, 2020.
- [7] 山内 卓, 津田健希, 永安忠則, ほか. 腹腔鏡下に術中 ICG 蛍光法で血流評価を行い腸管温存しえた絞扼性腸閉塞の 1 例, *日腹部救急医会誌*, 39(6): 1141-1143, 2019.
- [8] 油木純一, 清水智治, 園田寛道, ほか. 術中 ICG 蛍光法で腸管切除を回避し得た子宮広間膜裂孔ヘルニア嵌頓の 1 例, *日腹部救急医会誌*, 39(1): 43-46, 2019.
- [9] 福田直城, 岩橋 誠, 丸岡慎平, ほか. 大腿ヘルニア嵌頓術後遅発性虚血性小腸狭窄の 2 例, *日臨外会誌*, 79(8): 1707-1714, 2018.
- [10] 貝田佐知子, 山口 剛, 大竹玲子, ほか. 術中 ICG 蛍光法で腸管血流を客観的に評価し, 腸管を温存しえた絞扼性イレウスの 1 例, *日腹部救急医会誌*, 37(7): 1023-1026, 2017.
- [11] 吉岡康多, 田村茂行, 竹野 淳, ほか. ICG 蛍光法による腸管血流評価により腸管切除を回避できた絞扼性イレウスの 1 例. *消外*, 35(3): 369-373, 2012.
- [12] 岡田憲幸, 日下部治郎, 中内雅也, ほか. 蛍光 ICG 静注法による消化管血流評価の有用性. *兵庫全外科医会誌*, 44: 23-25, 2010.
- [13] 福田 稔, 瀬戸口薫, 平田孝夫. 腸閉塞に対する緊急手術症例における中心静脈血と末梢動脈血の二酸化炭素分圧較差の検討. *日臨麻会誌*, 41(7): 551-558, 2021.
- [14] 宇高徹総, 松本尚也, 山本澄治, ほか. 絞扼性腸閉塞に対する術前診断の検討. *日腹部救急医会誌*, 39(3): 503-508, 2019.
- [15] Alemanno G, Somigli R, Prosperi P, et al. Combination of diagnostic laparoscopy and intraoperative indocyanine green fluorescence angiography for the early detection of intestinal ischemia not detectable at CT scan. *Int J Surg Case Rep*, 26: 77-80, 2016.
- [16] Ishii M, Hamabe A, Okita K, et al. Efficacy of indocyanine green fluorescence angiography in preventing anastomotic leakage after laparoscopic colorectal cancer surgery. *Int J Colorectal Dis*, 35(2): 269-275, 2020.
- [17] O'Connor DB, Winter DC. The role of laparoscopy in the management of acute small - bowel obstruction: a review of over 2,000 cases. *Surg Endosc*, 26(1): 12-17, 2012.

Six cases of strangulated intestinal obstruction with intestinal blood flow evaluated by laparoscopic ICG fluorescence image

Keiya HIOKI¹⁾, Junichi ABURAKI¹⁾²⁾, Atsushi KIDA¹⁾, Sota KODAMA¹⁾, Tadatashi OE¹⁾, Hiroshi YAMAMOTO¹⁾²⁾, Tomoko UMEDA¹⁾²⁾³⁾, Toshikazu YAGI¹⁾, and Yoshimasa KURUMI¹⁾

1) Japan Community Healthcare Organization (JCHO) Shiga Hospital

2) Department of Surgery, Japan Community Healthcare Organization (JCHO) Shiga Hospital

3) Consortium for Community Medicine, Shiga University of Medical Science

Abstract

There is a report on the evaluation of blood flow in a strangulated intestine during surgery for strangulated bowel obstruction using the ICG fluorescence image. We have introduced the laparoscopic ICG fluorescence image. This allows the ICG fluorescence image to be performed on laparoscopic screen. We will discuss cases of laparoscopic ICG fluorescence image used in a surgery for strangulated bowel obstruction.

Six cases were performed in our hospital from April 2019 to December 2022. The mean age was 72.3 ± 13.9 years, the mean time from onset to surgery was 19.3 ± 1.7 hours, the mean operative time was 85.5 ± 10.9 minutes, and the mean hospital stay was 19.8 ± 3.5 days. 4 patients had their strangulated bowel tract preserved and 2 patients had it resected. Only one patient developed aspiration pneumonia as a postoperative complication. All six patients did not develop delayed necrosis or perforation of strangulated intestine.

We believe that the laparoscopic ICG fluorescence image could assist in the decision to preserve the strangulated bowel tract. In cases that can be completed laparoscopically, the advantage of laparoscopic ICG fluorescence image is that we can evaluate blood flow of strangulated intestine without a small laparotomy and extraperitoneal traction.

Keyword: bowel obstruction, ICG fluorescence imaging, laparoscopic surgery