

SOUBORNÉ SDĚLENÍ

Fluorescenční angiografie indocyaninovou zelení v dětské neonkologické gastrointestinální chirurgii: možnosti a perspektivy

Indocyanine green fluorescence angiography in pediatric non-oncological gastrointestinal surgery: possibilities and perspectives

Dmytro Klymenko¹, Ivana Slivová¹, Lubomír Martínek², Peter Ihnát²

¹Centrum dětské chirurgie
a traumatologie,
Fakultní nemocnice Ostrava

²Chirurgická klinika,
Fakultní nemocnice Ostrava

SOUHRN

Klymenko D, Slivová I, Martínek L, Ihnát P. Fluorescenční angiografie indocyaninovou zelení v dětské neonkologické gastrointestinální chirurgii: možnosti a perspektivy

Fluorescenční angiografie s indocyaninovou zelení (ICG) představuje inovativní technologii, která významně přispívá ke zlepšení výsledků chirurgických výkonů dominantně v gastrointestinální břišní chirurgii. Dostupná data naznačují, že ICG může být s výhodou využívána také u dětských pacientů, kteří podstupují výkony na zažívacím traktu (operace pro nekrotizující enterokolitidu, atrezii jícnu nebo rekonstrukce gastrointestinálního traktu).

Farmakologické vlastnosti ICG zahrnují rychlou eliminaci, bezpečnost při správném dávkování a minimální riziko nežádoucích účinků. Nicméně doposud velmi omezené využití v pediatrické gastrointestinální chirurgii naznačuje potřebu dalších studií zaměřených na standardizaci dávkování a indikací. Tento článek poskytuje přehled technických a farmakologických aspektů ICG, klinické aplikace a perspektivy dalšího rozvoje peroperační fluorescenční angiografie.

Klíčová slova: fluorescenční angiografie, indocyaninová zeleň, střevní anastomóza, nekrotizující enterokolitida, anorektální malformace, Hirschsprungova choroba

SUMMARY

Klymenko D, Slivová I, Martínek L, Ihnát P. Indocyanine green fluorescence angiography in pediatric non-oncological gastrointestinal surgery: possibilities and perspectives

Fluorescence angiography with indocyanine green (ICG) represents a novel technology that has the potential to markedly enhance surgical outcomes, particularly in the context of gastrointestinal abdominal surgery. The available data suggest that ICG may also be advantageously used in paediatric patients undergoing gastrointestinal procedures, including surgery for necrotising enterocolitis, oesophageal atresia or gastrointestinal reconstruction.

The pharmacological properties of ICG include rapid elimination, safety with proper dosing and minimal risk of adverse effects. Nevertheless, the paucity of data pertaining to the utilisation of ICG in paediatric gastrointestinal surgery thus far indicates a necessity for further research aimed at establishing standardised dosing regimens and indications. This article provides an overview of the technical and pharmacological aspects of ICG, its clinical application, and the prospects for further development of perioperative fluorescence angiography.

Key words: fluorescence angiography, indocyanine green, intestinal anastomosis, dehiscence of anastomosis, necrotizing enterocolitis, anorectal malformation, Hirschsprung's disease

Korespondující autor:

MUDr. Dmytro Klymenko
FN Ostrava, Chirurgická klinika
17. listopadu 1790/5
708 52 Ostrava
dmitrijklymenko358@gmail.com

ÚVOD

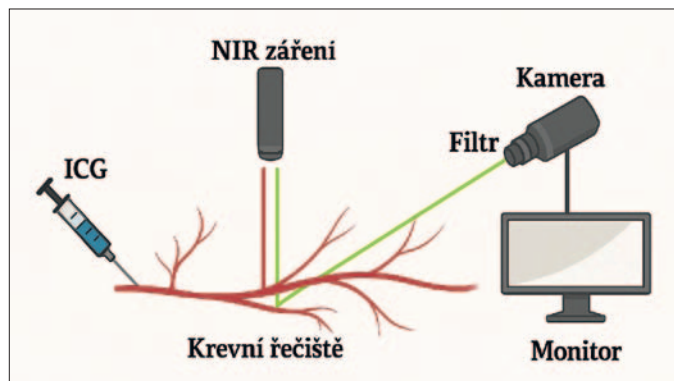
Adekvátní perfuze jednotlivých částí gastrointestinálního traktu představuje v dětské chirurgii klíčový faktor ovlivňující úspěšnost operace. Je důležité spolehlivě posoudit rozsah ischemického poškození gastrointestinálního traktu nebo vitalitu rekonstruované střevní anastomózy. Zhoršený průtok krve v těchto situacích může vést k závažným pooperačním komplikacím a nepříznivým výsledkům.⁽¹⁾ Obtížnost hodnocení perfuze je ještě výraznější u vrozených vývojových vad, kde anatomické odchylky komplikují hodnocení viability tkáně.

Subjektivní vizuální metody hodnocení operátorem (jako je barva střevního segmentu, střevní peristaltika nebo krvácení ze střevních okrajů) byly dlouho využívány k hodnocení prokrvení tkání během gastrointestinálních operací.⁽²⁾ Dostupné studie však naznačují, že pouze v 11 % případů lze pohledem spolehlivě posoudit životaschopnost tkáně, což je zvláště problematické s ohledem na riziko pooperační dehiscence anastomózy.⁽³⁾ Fluorescenční angiografie s využitím indocyaninové zeleně (ICG) přinesla do břišní chirurgie významný pokrok. Tato metoda se ukázala jako neocenitelný nástroj, který nabízí objektivní a spolehlivou vizualizaci perfuze tkáně.^(4,5)

Tento přehledový článek je zaměřen na možnosti využití ICG v dětské neonkologické gastrointestinální chirurgii s důrazem na její potenciál spočívající v objektivní intraoperační diagnostice a zlepšení výsledků chirurgických zákroků.

FYZIKÁLNÍ A TECHNICKÉ CHARAKTERISTIKY

Indocyaninová zeleň je fluoroforem, který absorbuje světlo určité vlnové délky a reemituje jej jako sekundární záření na jiné vlnové délce. Excitace indocyaninové zeleně probíhá při vlnové délce 778–810 nm s vrcholem kolem 800 nm, zatímco reemise nastává v rozmezí 820–845 nm, s vrcholem kolem 820 nm. Nízké pozadí autofluorescence v infračerveném spektru zajišťuje vysoký kontrast obrazu a umožňuje přesnou detekci přítomnosti/nepřítomnosti ICG.^(6,7)



Obr. 1: Fyzický princip fluorescenční angiografie s využitím indocyaninové zeleně v NIR spektru

ICG – indocyaninová zeleň; NIR – near infrared



Obr. 2: Schematické zobrazení kamerového systému pro otevřenou chirurgii

Peroperační využití fluorescenční angiografie začíná intravenózní aplikací ICG. Doba mezi podáním barviva a dosažením dostatečné fluorescence je klíčová a obvykle se pohybuje mezi 15 až 40 sekundami.⁽⁸⁾ Fluorescenci detekuje kamerový systém vybavený specifickým filtrem pro NIR (near infrared) spektrum (obr. 1). Moderní endoskopické systémy určené pro laparoskopickou chirurgii mají v sobě integrovanou technologii pro fluorescenční angiografii pomocí ICG. Následně byly vyvinuty také kamerové systémy pro otevřenou chirurgii, které umožňují využití ICG v průběhu otevřených (laparotomických) výkonů.⁽⁹⁾ V dětské chirurgii, zejména pak v neonatologické chirurgii, je výhodné využívat především systémy určené pro otevřenou chirurgii (vzhledem k malým rozměrům novorozence a velkým rozměrům laparoskopického endoskopu) (obr. 2).

DÁVKOVÁNÍ A BEZPEČNOST

Dávkování ICG u dospělých je standardizováno – obvykle intravenózně aplikujeme dávku 0,1–0,5 mg/ml/kg ICG.^(10,11) Maximální denní dávka by neměla být vyšší než 5 mg/kg.⁽¹²⁾

Optimální dávkování ICG u dětských pacientů je stále předmětem zkoumání. Dávkování se odvozuje od hmotnosti pacienta (< 25 kg, 25–45 kg, > 45 kg), aby byly minimalizovány nežádoucí účinky, jako je nadměrná fluorescence.⁽¹³⁾ Dávkování ISC, které je doporučováno výrobcem a schválené Státním ústavem pro kontrolu léčiv, je zobrazeno v tab. 1.

Dostupná literatura uvádí velmi nízké riziko anafylaxe (incidence 1 : 333 000) a dalších nežádoucích účinků, jako je

Tab. 1: Dávkování ICG u jednotlivých věkových skupin

Věk	Jednorázová dávka	Celková denní dávka
0–2 roky	0,1 až 0,3 mg/kg	≤ 1,25 mg/kg
2–11 let		≤ 2,5 mg/kg
11–18 let		≤ 5 mg/kg

hypotenze nebo tachykardie.^(14,15) Publikované klinické práce potvrdily vysokou bezpečnost ICG při intraoperačním využití.^(16,17)

Nežádoucí účinky po podání ICG jsou vzácné, avšak opatrnost je nutná u pacientů s alergií na jod, jelikož přípravek obsahuje stopové množství jodidu sodného. Navíc může ICG interferovat s laboratorními krevními testy, jako je stanovení bilirubinu a estradiolu, což vyžaduje interpretaci výsledků s ohledem na aktuální přítomnost barviva v krvi.^(18,19)

U nezralých novorozenců s vysokými hladinami bilirubinu může dojít k interferenci při stanovování některých laboratorních parametrů. Vzorčky obsahující ICG by neměly být využívány pro stanovení celkového bilirubinu, protože mohou ovlivnit přesnost výsledků. Tato interference je způsobena podobnými spektrálními vlastnostmi bilirubinu a ICG, což může vést k nesprávné interpretaci laboratorních testů.⁽²⁰⁾

KVANTIFIKACE SNÍMANÉHO OBRAZU

Kvantifikace perfuze tkání pomocí ICG umožňuje objektivní měření perfuze a redukuje subjektivní chyby v interpretaci. Existuje několik metod kvantifikace, které lze v klinické praxi využít.

Time-intensity curve analysis (analýza časově-intenzitních křivek): metoda založená na sledování změny intenzity fluorescence v čase, která umožňuje kvantifikovat rychlost, maximální hodnotu a dobu do dosažení vrcholu fluorescence. Hlavní měřitelné parametry:

- time-to-peak (TTP): čas, za který tkáň dosáhne maximální fluorescence (delší TTP naznačuje hypoperfuzi tkání);
- maximal intensity: maximální úroveň fluorescence dosažená tkání;
- wash-in rate: rychlost vzestupu fluorescence po podání ICG.⁽²¹⁾

Region of interest analysis (analýza zájmové oblasti): kvantifikuje fluorescenci v definované oblasti tkáně a srovnává intenzitu fluorescence mezi perfuzně normální a podezřelou ischemickou oblastí. Hlavní měřitelné parametry:

- fluorescence ratio: poměr fluorescence mezi normální a ischemickou tkání;
- tissue perfusion index: index vyjadřující množství prokrvené tkáně v dané oblasti.⁽²¹⁾

Automatizovaná analýza obrazu: pokročilé softwarové algoritmy využívající umělou inteligenci k analýze fluorescenčních obrazů. Automatická interpretace snižuje variabilitu mezi jednotlivými chirurgy, umožňuje anticipovat komplikace, jako je anastomotický leak nebo tkáňová nekróza. Software je schopen identifikovat optimální oblasti měření bez nutnosti manuálního výběru.⁽²²⁾

Širší implementace kvantifikace snímaného obrazu by mohla významně přispět ke standardizaci hodnocení perfuze tkání a snížit variabilitu při rozhodování. Vzhledem k technické náročnosti je v klinické praxi doposud upřednostňováno vizuální hodnocení perfuze operátorem, které je zatíženo značnou mírou subjektivitu.

MOŽNOSTI KLINICKÉHO VYUŽITÍ ICG V DĚTSKÉ CHIRURGII

Využití fluorescenční angiografie s indocyaninovou zelení (ICG) v dětské chirurgii je stále více diskutovaným tématem, a to nejen pro rostoucí využití této techniky v praxi, ale také pro zvyšující se počet publikovaných prací zaměřených na efektivitu a bezpečnost metody. Nejnovější systematické přehledy a metaanalýzy z let 2023–2024 potvrzují přínos využití ICG v pediatrické chirurgii a její roli v optimalizaci intraoperačního rozhodování.

Delgado-Miguel et al. v systematické review (analyzující 11 studií zaměřených na ICG v dětské chirurgii) konstatuje, že fluorescenční angiografie signifikantně redukuje četnost a závažnost anastomotických leaků. Autoři doporučují rozšíření standardizovaných protokolů pro dávkování a interpretaci fluorescenčních signálů.⁽²³⁾

Systematický přehled Breuking et al., zahrnující 91 pediatrických pacientů, potvrzuje bezpečné využití ICG s minimálním výskytem nežádoucích účinků. Autoři konstatují, že metoda je snadno proveditelná a může být rutinně využívána v širokém spektru pediatrických chirurgických výkonů. Je diskutována potřeba standardizace protokolů k zajištění srovnatelnosti klinických výsledků mezi jednotlivými centry.⁽²⁴⁾

Lim et al. v metaanalýze týkající se využití ICG v dětské kolorektální chirurgii uvádí, že ICG významně snižuje počet ischemických komplikací u dětských pacientů. Autoři zdůrazňují důležitost kvantifikace fluorescence a použití softwarových algoritmů pro objektivní hodnocení perfuze tkání.⁽²⁵⁾

U dospělých pacientů představuje již rutinně zaběhlou součást miniinvasivních (laparoskopických a robotických) urologických a onkochirurgických operací na gastrointestinálním traktu. Využití ICG v dětské chirurgii však bohužel doposud značně zaostává – chybí jasné indikace využití metody, standardizace dávkování i výsledky využití ICG u jednotlivých operačních zákroků v rámci dětské chirurgie. V české a slovenské odborné literatuře zatím žádný autor o využití ICG v dětské chirurgii nereféroval.

Indikace/potenciál využití ICG v dětské chirurgii můžeme pouze odhadovat z velmi limitovaných zkušeností, které byly doposud publikovány v zahraniční odborné literatuře. Níže nabízíme stručný přehled možného konkrétního využití ICG u jednotlivých operačních výkonů v rámci dětské neonkologické gastrointestinální chirurgie.

Nekrotizující enterokolitida je závažná, život ohrožující porucha adaptace trávicího systému novorozence (většinou nedonošeného) na extrauterinní život. Jde o postnatálně získané akutní onemocnění charakterizované hemoragicko-nekrotizujícím, ulcerujícím zánětem. Nejtěžším stadiem je transmuralní nekróza – gangréna střeva s perforací a peritonitidou.⁽²⁶⁾ Operační revize novorozenců s nekrotizující enterokolitidou často končí rozsáhlou střevní resekcí a vysokým rizikem vzniku syndromu krátkého střeva v budoucnu.

Na druhé straně může u některých novorozenců dojít k podcenění rozsahu postižení (nekrózy) střeva s následnou nedostatečnou resekcí a s tím souvisejícími velmi vážnými komplikacemi. Numanoglu et al. popisují použití

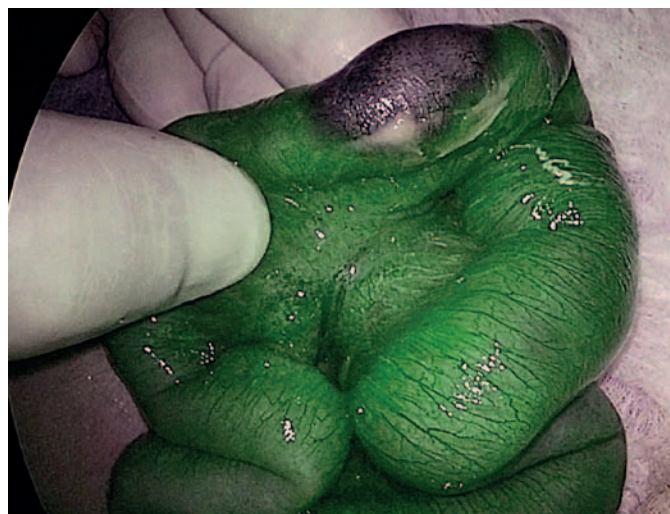
fluorescenční angiografie pomocí ICG při laparoskopické diagnostice u novorozenců s nekrotickou enterokolitidou. U tří novorozenců bylo pomocí ICG dodatečně odhaleno gangrenózní postižení další části střeva vyžadující resekci.⁽²⁷⁾

Atrezie jícnu patří mezi nejčastější závažné vrozené vývojové vady, u kterých je nutná chirurgická léčba brzy po narození. Operační korekce této vrozené vady poměrně často vede ke vzniku komplikací v pooperačním období, mezi které patří striktura jícnu. Výskyt striktury v anastomóze jícnu je uváděn mezi 18–50 %. Strikтуры bývají častější u dětí s tzv. long gap atrezií jícnu. U těchto novorozenců je zhoršené krevní zásobení anastomózy důsledkem zvýšeného mechanického napětí jícnu/anastomózy. Vzniká tak jizva, která je tužší (obsahuje více vazivové tkáně), není elastická a má tendenci ke svrašnění.

Onishi et al. referují, že anastomóza pro long gap atrezií jícnu v novorozeneckém období pomocí vnitřní trakce a ICG navigované fluorescence je bezpečná a proveditelná.⁽²⁸⁾ Autoři použili ICG intravenózně v dávce 0,5 mg / kg tělesné hmotnosti. Fluorescenční angiografie byla prováděna za účelem intraoperačního hodnocení perfuze stěny jícnu a anastomózy. Výskyt striktury byl vždy spojen s nedostatečným a signifikantně sníženým prokrvením. Zvýšené napětí mezi konci jícnu při konstrukci anastomózy lineárně koreluje s poklesem perfuze v této oblasti. Fluorescenční angiografie tak umožňuje stanovit, zda nastal čas pro anastomózu jícnu, nebo zda je potřebné ještě rekonstruovat anastomózu s časovým odstupem.

Velmi důležitou **zkušenost s hodnocením krevní perfuze v oblasti střevní anastomózy** pomocí ICG publikovali Yasushi Iinuma et al.⁽²⁹⁾ Autoři popisují případ 15letého chlapce, u kterého došlo ke vzniku opožděné střevní striktury v oblasti anastomózy poté, co podstoupil rozsáhlou střevní resekci v důsledku těžkého volvulu tenkého střeva. Po rozsáhlé střevní resekci byla vytvořena anastomóza mezi krátkým segmentem jejunu a ilea. Opakovaná peroperační fluorescenční angiografie vykazovala abnormálně snížený cévní průtok v oblasti anastomózy. Bez ohledu na tuto skutečnost byla provedena primární anastomóza bez rozšíření rozsahu resekce (ve snaze zachovat chlapci co nejdelší tenké střevo). V pooperačním období (22. den) však byla pro známky střevní neprůchodnosti indikována opětovná operační revize – nález striktury v anastomóze vynutil resekci anastomózy (zúžený segment odpovídal oblasti, která vykazovala sníženou ICG perfuze v průběhu předchozí operace).

Rekonstrukční techniky pro léčbu kloaky, anorektálních malformací (ARM) a Hirschsprungovy choroby (HD) často vyžadují použití střevních laloků na cévních pediklech. Tyto laloky slouží k vaginální rekonstrukci nebo provedení koloanální pull-through anastomózy. Rentea et al. publikovali zkušenosti s využitím ICG při operační léčbě skupiny 13 dětských pacientů (9 pacientů podstoupilo rekonstrukci kloaky, 3 pacienti léčbu HD a jeden pacient operační výkon pro ARM).⁽³⁰⁾ U všech těchto pacientů byla použita fluorescenční angiografie k perioperačnímu posouzení perfuze tlustého střeva, konečníku, vaginy a neovaginální tkáně. Hodnocení perfuze pomocí fluorescenční angiografie (ICG v dávce 0,2 mg/kg) bylo provedeno vždy po předchozím



Obr. 3: Absence perfuze ve střevě

vizuálním klinickým hodnocením. Využití ICG vedlo ke změně operačního plánu u 4 ze 13 případů (31 %). V těchto 4 případech prokázala fluorescenční angiografie nutnost resekce distální části tlustého střeva ve vzdálenosti větší než 10 cm od původně plánované úrovně. Autoři konstatují, že využití ICG umožnilo identifikovat pacienty s vysokým rizikem komplikací způsobených nedostatečnou perfuzí tkání.

Rekonstrukce kontinuity gastrointestinálního traktu po předchozím vytvoření derivační střevní stomie představuje poměrně běžný operační výkon v dětské chirurgii, zejména u pacientů s vrozenými nebo získanými onemocněními GIT. Přestože se operační techniky neustále zdokonalují, výskyt pooperačních komplikací, jako je dehiscence anastomózy, vznik fekální píštěle, infekce operační rány a parastomální kýly, zůstává významným problémem v této skupině pacientů.⁽³¹⁾

Kaygo Yado et al. referovali o dvou případech využití ICG při obnově kontinuity zažívacího traktu u pediatrických pacientů.⁽³²⁾ Jednalo se o děti ve věku 11 a 16 měsíců s vrozenou atrezií rekta, u kterých byla po narození založena dočasná sigmoidestomie. Střevní vitalita byla hodnocena po preparaci střeva a založení anastomózy. Pacientům byl podán bolus v dávce 0,3 mg/kg. Krevní perfuze byla považována za adekvátní, pokud byla fluorescence pozorována do 30 sekund od podání a intenzita fluorescence se jevila být srovnatelná s kontrolní oblastí.

ZÁVĚR

Peroperační fluorescenční angiografie přináší do dětské gastrointestinální chirurgie nesporné benefity. Nejnovější systematické přehledy a metaanalýzy potvrzují rostoucí význam ICG v dětské chirurgii a ukazují, že tato technologie přispívá ke snížení komplikací, zlepšení intraoperačního rozhodování a zvýšení bezpečnosti chirurgických výkonů. S ohledem na nejnovější vědecké důkazy by mělo být širší využití ICG v dětské chirurgii podpořeno standardizací

protokolů a dalším výzkumem v oblasti kvantifikace fluorescence a automatizované analýzy dat.

Spolehlivá klinická data by pak mohla přispět k vytvoření doporučení pro širší implementaci této technologie

do klinické praxe. Jsme přesvědčeni, že fluorescenční angiografie pomocí ICG představuje velmi slibnou metodu, která má potenciál stát se standardní součástí pediatrické chirurgické péče. |

LITERATURA

- Urbanavičius L, Pattyn P, Van de Putte D, Venskutonis D. How to assess intestinal viability during surgery: a review of techniques. *World J. Gastrointest. Surg* 2011; 3: 59.
- Reinhart MB, Huntington CR, Blair LJ, et al. Indocyanine green: historical context, current applications, and future considerations. *Surg Innov* 2016; 23: 166–175.
- Cherrick GR, Stein SW, Leevy CM, Davidson CS. Indocyanine green: observations on its physical properties, plasma decay, and hepatic extraction. *J Clin Investig* 1960; 39: 592–600.
- Ris F, Hompes R, Cunningham C, et al. Near-infrared (NIR) perfusion angiography in minimally invasive colorectal surgery. *Surg Endosc* 2014; 28(7): 2221–6.
- Martínek L, Bergamaschi R, Hoch J. Intraoperative verification of colorectal anastomotic integrity. *Rozhl Chir* 2015; 94: 185–188.
- Polom K, Murawa D, Rho YS, et al. Current trends and emerging future of indocyanine green usage in surgery and oncology: a literature review. *Cancer* 2011; 117(21): 4812–22.
- Luo S, Zhang E, Su Y, et al. A review of NIR dyes in cancer targeting and imaging. *Biomaterials* 2011; 32(29): 7127–38.
- Le-Nguyen A, Bourque CJ, Trudeau MO, et al. Indocyanine green fluorescence angiography in pediatric intestinal resections: a first prospective mixed methods clinical trial. *J Pediatr Surg* 2023; 58: 82–88.
- Diana M. Enabling precision digestive surgery with fluorescence imaging. *Transl Gastroenterol Hepatol* 2017; 2: 97.
- Boni L, David G, Mangano A, et al. Clinical applications of indocyanine green (ICG) enhanced fluorescence in laparoscopic surgery. *Surg Endosc* 2015; 29: 2046–2055.
- Mizrahi I, Wexner SD. Clinical role of fluorescence imaging in colorectal surgery – a review. *Expert Rev Med Devices* 2017; 14: 75–82.
- Alander JT, Kaartinen I, Laakso A, et al. A review of indocyanine green fluorescent imaging in surgery. *Int J Biomed Imaging* 2012; 2012: 940–585.
- Esposito C, Coppola V, Del Conte F, et al. Near-infrared fluorescence imaging using indocyanine green (ICG): emerging applications in pediatric urology. *J Pediatr Urol* 2020; 16: 700–707.
- Hellan M, Spinoglio G, Pigazzi A, et al. The influence of fluorescence imaging on the location of bowel transection during robotic left-sided colorectal surgery. *Surg Endosc* 2014; 28: 1695–1702.
- Boni L, David G, Mangano A, et al. Clinical applications of indocyanine green (ICG) enhanced fluorescence in laparoscopic surgery. *Surg Endosc* 2015; 29: 2046–2055.
- Alander JT, Kaartinen I, Laakso A, et al. A review of indocyanine green fluorescent imaging in surgery. *Int J Biomed Imaging* 2012; 2012: 940–585.
- Cahill RA, Mortensen NJ. Intraoperative augmented reality for laparoscopic colorectal surgery by intraoperative near infrared fluorescence imaging and optical coherence tomography. *Minerva Chir* 2010; 65: 451–462.
- Gurtner GC, Jones GE, Neligan PC, et al. Intraoperative laser angiography using the SPY system: review of the literature and recommendations for use. *Ann Surg Innov Res* 2013; 7: 1.
- Ris F, Hompes R, Cunningham C, et al. Near-infrared (NIR) perfusion angiography in minimally invasive colorectal surgery. *Surg Endosc* 2014; 28: 2221–2226.
- Sonntag O, Scholer A. Drug interference in clinical chemistry: recommendation of drugs and their concentrations to be used in drug interference studies. *Ann Clin Biochem* 2001; 38: 376–385.
- Van Den Hoven P, Tange F, Van Der Valk J, et al. Normalization of time-intensity curves for quantification of foot perfusion using near-infrared fluorescence imaging with indocyanine green. *J Endovasc Ther* 2023; 30(3): 364–371.
- Nijssen DJ, Joosten JJ, Osterkamp J, et al. Quantification of fluorescence angiography for visceral perfusion assessment: measuring agreement between two software algorithms. *Surg Endosc* 2024; 38(5): 2805–2816.
- Delgado-Miguel C, Camps J, Hernandez Oliveros F. The role of indocyanine green in pediatric gastrointestinal surgery: systematic review. *Eur J Pediatr Surg* 2024; 34(1): 2–8.
- Breuking EA, van Varsseveld OC, Harms M, et al. Safety and feasibility of indocyanine green fluorescence angiography in pediatric gastrointestinal surgery: a systematic review. *J Pediatr Surg* 2023; 58(8): 1534–1542.
- Bokova E, Elhalaby I, Saylor S, et al. Utilization of indocyanine green (ICG) fluorescence in patients with pediatric colorectal diseases: the current applications and reported outcomes. *Children (Basel)* 2024; 11(6): 665.
- Zibolen M, Zbojan J, Dluholucky S, et al. *Praktická neonatologie*. 1. vydání. Martin 2001.
- Numanoglu A, Millar AJ. Necrotizing enterocolitis: early conventional and fluorescein laparoscopic assessment. *J Pediatr Surg* 2011; 46(2): 348–51.
- Onishi S, Muto M, Yamada K, et al. Feasibility of delayed anastomosis for long gap esophageal atresia in the neonatal period using internal traction and indocyanine green-guided near-infrared fluorescence. *Asian J Endosc Surg* 2022; 15(4): 877–881.
- 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 Pediatr Surg* 2013; 48: 1123–1128.
- 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. *Eur J Pediatr Surg* 2020; 30(6): 505–511.
- Chandramouli B, Srinivasan K, Jagdish S, Ananthakrishnan N. Morbidity and mortality of colostomy and its closure in children. *J Pediatr Surg* 2004; 39(4): 596–9.
- Yada K, Migita M, Nakamura R, et al. Indocyanine green fluorescence during pediatric stoma closure. *J Pediatr Surg Case Rep* 2020; 61: 101595.