

Technologie používané v digestivní endoskopii v diagnostice a léčbě

MUDr. Peter Slodička^{1,2}, MUDr. Vít Navrátil, Ph.D.^{1,2}, MUDr. Vincent Dansou Zoundjiekpon, Ph.D.^{1,2},
doc. MUDr. Lumír Kunovský, Ph.D.^{1,2,3,4,5}

¹II. interní klinika – gastroenterologická a geriatrická, Fakultní nemocnice Olomouc

²Lékařská fakulta Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc

³Chirurgická klinika, Fakultní nemocnice, Brno

⁴Lékařská fakulta Masarykovy univerzity, Brno

⁵Gastroenterologické oddělení a digitální endoskopie, Masarykův onkologický ústav, Brno

Digestivní endoskopie, klíčová metoda pro diagnostiku a léčbu onemocnění gastrointestinálního traktu, se neustále vyvíjí. Novinky v této oblasti zahrnují pokroky v technologii, nové diagnostické techniky a inovace v terapeutických přístupech. Moderní endoskopická zařízení nyní nabízejí vyšší rozlišení obrazu díky pokročilé optice a kamerovým systémům, což umožňuje lépe identifikovat a charakterizovat patologické změny v gastrointestinálním traktu. Nový vývoj technik jako je endoskopická ultrasonografie (EUS), rozšiřuje možnosti diagnostiky tím, že umožňuje vizualizaci hloubkových struktur a vyšetření okolních tkání. Cholangioskopie vhodně doplňuje endoskopickou retrográdní cholangiopankreatikografii (ERCP) v diagnostice biliárních stenóz nejasné etiologie a umožňuje jejich cílenou biopsii. Enteroskopie přinesla významné rozšíření diagnostických a terapeutických postupů zaměřených na tenké střevo. V terapeutických přístupech zaznamenáváme rozvoj minimálně invazivních metod, které umožňují odstranění lézí a léčbu různých gastrointestinálních onemocnění bez nutnosti otevřené chirurgické intervence. Tyto inovace nejen zvyšují přesnost diagnostiky, ale také rozšiřují možnosti léčby, čímž přispívají k lepší péči o pacienty. Budoucnost digestivní endoskopie bude pravděpodobně zaměřena na další zlepšení endoskopických technik s cílem optimalizovat výsledky a minimalizovat invazivitu, a také využití umělé inteligence.

Klíčová slova: nové techniky v digestivní endoskopii, EUS, cholangioskopie, ESWL, G-POEM, enteroskopie.

Technologies used in digestive endoscopy in diagnosis and treatment

Digestive endoscopy, a key method for the diagnosis and treatment of diseases of the gastrointestinal tract, is constantly evolving. New developments in this field include advances in technology, new diagnostic techniques, and innovations in therapeutic approaches. Modern endoscopic equipment now offers higher image resolution thanks to advanced optics and camera systems, which allow better identification and characterization of pathological changes in the gastrointestinal tract. New techniques, such as endoscopic ultrasonography (EUS), are expanding diagnostic capabilities by allowing visualization of deep structures and examination of surrounding tissues. Cholangioscopy appropriately complements endoscopic retrograde cholangiopancreatography (ERCP) in the diagnosis of biliary strictures of uncertain etiology and allows their targeted biopsy. Enteroscopy has brought a significant extension of diagnostic and therapeutic procedures targeting the small intestine. In therapeutic

DECLARATIONS:

Declaration of originality:

The manuscript is original and has not been published or submitted elsewhere.

Ethical principles compliance:

The authors attest that their study was approved by the local Ethical Committee and is in compliance with human studies and animal welfare regulations of the authors' institutions as well as with the World Medical Association Declaration of Helsinki on Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects adopted by the 18th WMA General Assembly in Helsinki, Finland, in June 1964, with subsequent amendments, as well as with the ICMJE Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing, and Publication of Scholarly Work in Medical Journals, updated in December 2018, including patient consent where appropriate.

Conflict of interest:

Not applicable.

Consent for publication:

Not applicable.

Cit. zkr: *Med. Praxi.* 2025;22(2):111-118

<https://doi.org/10.36290/med.2025.009>

Článek přijat redakcí: 8. 10. 2024

Článek přijat k tisku: 17. 2. 2025

MUDr. Peter Slodička

peter.slodicka@fnol.cz

approaches, we have seen the development of minimally invasive methods that allow the removal of lesions and the treatment of various gastrointestinal diseases without the need for open surgical intervention. These innovations not only increase the accuracy of diagnosis but also expand treatment options, thus contributing to better patient care. The future of digestive endoscopy will likely focus on further improvements in endoscopic techniques to optimize outcomes and minimize invasiveness.

Key words: new digestive endoscopy techniques, EUS, cholangioscopy, ESWL, G-POEM, enteroscopy.

Úvod

Endoskopie je zlatým standardem pro diagnostiku a léčbu onemocnění gastrointestinálního traktu a stala se nepostradatelnou součástí moderní medicíny. Tato minimálně invazivní metoda umožňuje lékařům nejen vizualizovat vnitřní orgány a tkáně, ale také provádět širokou škálu diagnostických a terapeutických výkonů. Tento přehledový článek se zaměřuje na nové endoskopické výkony a technologie, které významně rozšiřují možnosti diagnostiky a léčby různých gastrointestinálních onemocnění. Tyto pokročilé techniky umožňují přesnější detekci a charakterizaci lézí, cílenou biopsii, minimálně invazivní léčbu a v některých indikacích i nahradit chirurgickou léčbu a metody invazivní radiologie. Cílem tohoto článku je poskytnout praktickým lékařům ucelený přehled o současných možnostech endoskopie, jejich indikacích, výhodách a limitacích. V následujících sekcích se budeme podrobně věnovat jednotlivým endoskopickým metodám, jejich principům a klinickému využití. V posledních letech došlo v endoskopii k převratnému vývoji. Flexibilní endoskopy byly do běžné klinické praxe zavedeny v šedesátých letech 20. století. Původní přístroje byly vybaveny vláknovou optikou. Rozlišovací schopnost těchto přístrojů byla limitována počtem světelných vláken. V osmdesátých letech byly tyto přístroje postupně nahrazeny videoendoskopy (1). Použití nových endoskopických systémů zvýšilo míru diagnostiky prekancerózních lézí a časných stadií rakoviny. Odstranění prekanceróz a karcinomů v časném stadiu endoskopickými metodami snižuje frekvenci karcinomů GIT a související morbiditu a mortalitu (2).

Diagnostické a terapeutické metody v gastrokopii a koloskopii

Chromoendoskopie nabízí lepší vizualizaci slizničních lézí použitím několika barviv a umožňuje histopatologickou diagnostiku

během výkonu (3). Chromoendoskopie přispívá k diagnostice střevní metaplazie, dysplazie, časných stadií GI karcinomů a kolorektálních polypů (4). Mezi hlavní nevýhody chromoendoskopie patří potřeba zkušeného endoskopisty a prodloužení výkonu. Výkon začíná standardní endoskopií následovanou zvětšením v úzkém poli a chromoendoskopickým vyšetřením podezřelých lézí. Transparentní krytky připojené ke konci endoskopu udržují vzdálenost 2–3 mm od léze/sliznice, což je optimální pro vizualizaci. Barvivo se nastříká na podezřelou oblast povrchu sliznice pomocí katétru přes studijní kanál endoskopu a poté na celý povrch sliznice (3). Používají se speciální barviva, jako jsou 0,2% indigokarmín, 0,1% metylénová modř, 0,05% krystalická violeť, Lugolov roztok a 1,5% kyselina octová (Obr. 1) (1). V případě indigokarmínu se hodnotí sliznice ihned po aplikaci, v případě metylénové modři a Lugolova roztoku za 2–3 minuty. Přebytková tekutina a barvivo na sliznici se odsají. Povrchové rysy léze, jemné detaily a vaskulární vzory jsou podrobně zkoumány a porovnávány se znaky normální sliznice a současně se vyšetřují hranice lézí. Po tomto histopatologickém vyšetření se odeberou biopsie z podezřelých oblastí. Kontrola povrchu musí být dokončena před odběrem biopsií, protože krvácení způsobené postupem biopsie snižuje kvalitu kontroly povrchu (4).

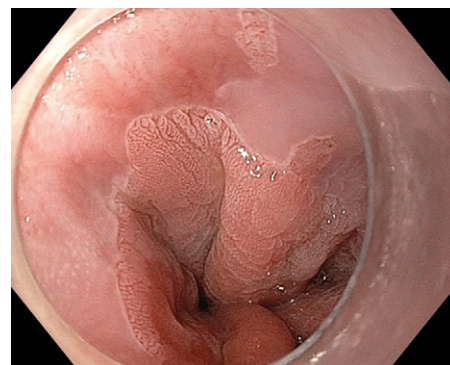
NBI (narrow band imaging) je virtuální chromodiagnostikou využívající odrazu bílého světla používaného v konvenční endoskopii od povrchu sliznice v úzkopásmovém (Obr. 2). Zobrazené kontrastní rozdíly, povrchové vzory lézí a vaskulární architektury umožňují vizualizaci jemných detailů (3). Funkce je aktivována tlačítkem na ovládací části endoskopu, změna obrazu je okamžitá v reálném čase. Na rozdíl od konvenční chromoendoskopie je změna obrazu reverzibilní opakovanou aktivací tlačítka a nevyžaduje použití barviv (5). NBI využívá rozptylu filtrovaného světla o dvou vlnových délkách – modré (390–445 nm) a zelené

(530–550 nm) a jejich absorpci hemoglobinem, což vede ke zvýraznění cév a povrchové struktury sliznice (6).

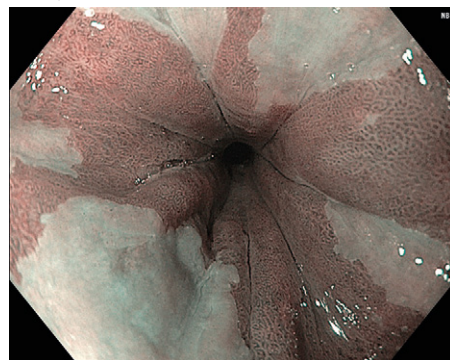
RDI (Red dichromatic imaging – červené dichromatické zobrazování) je metoda vyvinutá společností Olympus, která umožňuje pozorování hlubších vrstev tkání s využitím světla delších vlnových délek. Účelem RDI je snížit riziko krvácení při endoskopické léčbě zlepšením viditelnosti tlustých cév v hlubších tkáních (7). RDI byla vyvinuta jako unikátní pokročilá opticko-digitální zobrazovací technologie, která přispívá k dosažení rychlé a efektivní hemostázy a přesné identifikaci hlubokých cév v gastrointestinálním traktu, čímž se snižuje riziko krvácení a usnadňuje hodnocení terapeutické účinnosti (7).

FICE (Flexible Spectral Imaging Color Enhancement) je softwarový systém, který

Obr. 1. Diagnostika patologických lézí v Barretově jícnu pomocí 1,5% roztoku kyseliny octové (Zdroj: archiv II. interní kliniky Fakultní nemocnice Olomouc)



Obr. 2. Diagnostika patologických lézí v Barretově jícnu pomocí NBI (Zdroj: archiv II. interní kliniky Fakultní nemocnice Olomouc)



mění barvu endoskopických snímků v reálném čase. Snímky jsou zpracovány modrým, zeleným a červeným filtrem. Technologie FICE vytváří kontrastní rozdíl změnou vlnové délky světla pomocí virtuálních optických filtrů a software vytváří 10 různých snímků (3). Takto vytvořený kontrastní rozdíl umožňuje detekci časného stadia rakoviny (8). FICE nezvyšuje frekvenci detekce kolorektálních polypů (9), ale může určit, zda je adenom neoplastický (10).

BLI (Blue light imaging) a LCI (Linked color imaging) jsou endoskopické režimy vyvinuté pro zlepšení detekce a charakterizace neoplazií (11). V letech 2016 až 2017 uveden na trh inovativní endoskopický systém využívající technologii čtyř světelných diod emitujících světlo. BLI světlo je vyrobeno kombinací silného laserového světla o vlnové délce 410 nm, slabého laserového světla o vlnové délce 450 nm a fluorescenčního světla. BLI světlo je užitečné pro získávání informací o povrchu sliznice, jako jsou vzory povrchových krevních cév a struktur (11). LCI je režim vytvořený kombinací světelných podobných vlnových délek jako BLI. LCI zobrazuje patologické léze více načervenalé a okolní sliznice zase bělejší, což vytváří dobrý kontrast pro detekci neoplazií (11).

I-Scan je softwarová zobrazovací metoda. Technologie I-Scan na rozdíl od chromoendoskopie nepoužívá žádné barvivo ani kontrastní látku a nevyužívá kontrastu vytvářeného světlem různých vlnových délek, jako to dělá NBI (12). Tato technologie zahrnuje modifikaci obrazových prvků (kontrastu a tónu) získaných pomocí bílého světla, které lze přepnout, aby se maximalizovala účinnost zobrazování (13). Snímky získané endoskopií jsou převedeny na nové snímky zpracováním v softwaru. Jsou tak vizualizovány povrchové detaily a kapilární architektura sliznice, což umožňuje detekci dříve neviditelných lézí (14).

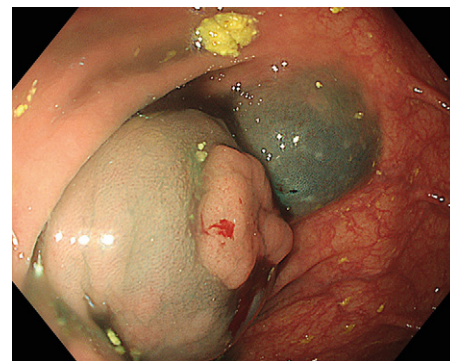
Zvětšovací endoskopie (ME – Magnification Endoscopy) umožňuje endoskopické obrazy zvětšit několikrát a je lepší než konvenční endoskopie v detekci změn vzoru polypů tlustého střeva a změn na sliznicích u zánětlivého onemocnění střev (3). ME usnadňuje histologickou diagnostiku lézí během vyšetření. Pokud je oblast, která má být zvětšena a vyšetřena, velká, postup výkon výrazně prodlužuje. Na začátku ME pro-

cedury, stejně jako u konvenční endoskopie, je nejprve vyšetřena sliznice; když se objeví podezřelá léze, stisknutím tlačítka zvětšení se obraz zvětší. ME v kombinaci s technikami jako je chromoendoskopie, FICE a NBI umožňuje podrobné vyšetření povrchového vzoru a mikrovaskulární architektury (3). Po podrobném vyšetření demarkační čáry mezi lézí a normální sliznicí se odeberou biopsie z podezřelých oblastí, kde se obrazce liší. Diagnostická hodnota této cílené biopsie je vyšší než u náhodných biopsií. Kromě zajištění toho, že biopsie jsou odebírány ze správných cílů, se ME vyhýbá zbytečným biopsiím (3).

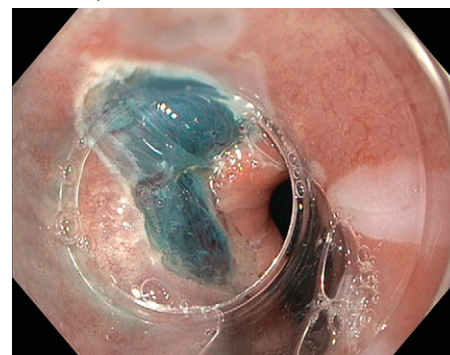
CLE (Confocal laser endomicroscopy) je optické neinvazivní zobrazení sliznice pomocí laserového skenování o určité vlnové délce (15). Analyzuje lézi na základě odraženého světla sliznicí v hloubce 200–500 nm. Sliznici lze vyšetřit miniaturním mikroskopem umístěným na horní části endoskopu za pomoci aplikace kontrastní látky (např. fluorescein sodný intravenózně), což umožňuje současnou *in vivo* histologickou diagnostiku lézí v reálném čase (16).

Endoskopická resekce umožňuje odstranění neoplastické léze a současně poskytuje reprezentativní vzorek umožňující detailní histopatologické vyšetření. Předpokladem kurativní endoskopické resekce je endoskopická dostupnost léze, velikost umožňující její kompletní odstranění a příznivý histopatologický staging. Hlavní podmínkou je minimální riziko metastazování do lymfatických uzlin, které nejsou odstranitelné endoskopickou léčbou (17). Určení jednotlivých morfologických typů a správný předpoklad histologické struktury léze představují důležité faktory pro určení správné volby terapie (5). V současnosti se používá Pařížská endoskopická klasifikace (Tab. 1) (1, 18). Pokročilejší neoplazie, určené na základě definitivní histologie, jsou obvykle indikovány k dodatečné chirurgické resekci (18). Pařížská klasifikace je určena ke klasifikaci patologických lézí dle jejich tvaru. Rozděluje vlastně typ 0, který Japonská klasifikace nádorů žaludku (JGCA – Japanese Gastric Cancer Association) přiřadila k původní Borrmannově klasifikaci pokročilých nádorů žaludku (typy 1–5) s cílem odlišit povrchové neoplastické léze. Dnes je tato klasifikace využívána u neoplazií v ce-

Obr. 3. Podpich methylenovou modří před provedením EMR. Patrný lifting sign (Zdroj: archiv II. interní kliniky Fakultní nemocnice Olomouc)

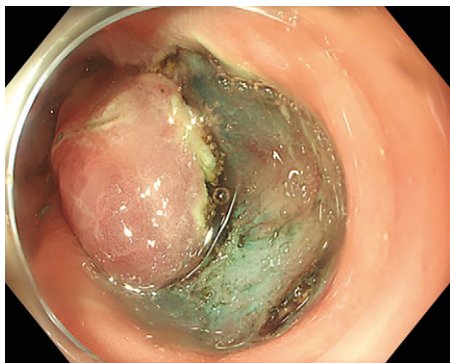


Obr. 4. Spodina po EMR v distálním jícnu. Na obrázku patrný cap umístěný na konci endoskopu (Zdroj: archiv II. interní kliniky Fakultní nemocnice Olomouc)



lé trávící trubici, kde tvar léze spoluurčuje pravděpodobnost submukózní invaze a její hloubky, a hraje tedy významnou roli v indikaci endoskopické terapie (19). Typickými komplikacemi endoskopické resekce je krvácení a perforace (14, 17). Krvácení během výkonu není považováno za komplikaci a je většinou zastaveno během výkonu. Opožděné krvácení ale může vyžadovat hospitalizaci, opakování endoskopie i podání krevních transfuzí. Při perforaci dochází k porušení kontinuity stěny orgánu řezem přes muscularis propria a serózu s rizikem vzniku peritonitidy. Perforace vzniklé během endoskopického výkonu jsou většinou uzavřeny ihned aplikací klipů. Při neúspěšném uzávěru nebo opožděné perforaci je obvykle nutná chirurgická léčba (14, 17). Mezi standardní techniky endoskopické resekce kolorektálních lézí patří endoskopická polypektomie (EPE) a endoskopická mukózní (slizniční) resekce (EMR). **EPE** je endoskopická metoda, kdy dochází k odstranění polypu pomocí polypektomické kličky (5). Používáme EPE studenou kličkou (cold snare) nebo s využitím elektrokoagulace (hot snare). Metodu cold snare používáme k odstranění

Obr. 5. Průběh ESD v tlustém střevě (Zdroj: archiv II. interní kliniky Fakultní nemocnice Olomouc)



Obr. 6. Léze odstraněna ESD a odeslána k histologickému vyšetření (Zdroj: archiv II. interní kliniky Fakultní nemocnice Olomouc)



Obr. 7. Provádění HALO 90 v distálním jícnu (Zdroj: archiv II. interní kliniky Fakultní nemocnice Olomouc)



přisedlých nebo plochých polypů o velikosti 4–9 mm. Metodu hot snare využíváme hlavně u stopkatých polypů (20). Při EPE je na stopku tvořenou normální sliznicí nasazena polypektomická klička. Zaškrcením kličky (a případně současnou aplikací elektrokoagulačního proudu) dochází k resekci polypu. Časné neoplastické léze jícnu, žaludku a tenkého střeva jsou většinou odstraňovány technikami EMR a ESD (17). **EMR** umožňuje snesení plochých neoplastických lézí a široce přisedlých polypů o velikosti nad 10 mm. Základním principem je podpich pomocí injekční aplikace roztoku s metylenovou modří do submukózy pod lézi. To vede k oddělení léze od svaloviny střešní stěny (lifting sign) a umožní vést řez kličkou ve střední třetině submukózy (Obr. 3). Pokud

k oddělení nedojde (non-lifting), jedná se o fixaci léze buď hluboce invadující neoplazii, nebo submukózní fibrózou (5). Submukózním podpichem se snižuje riziko perforace a elektrického poškození střeva (Obr. 4), spodina po EMR. Léze tračnicku o průměru ≤ 20 mm či léze rekta o průměru ≤ 25 mm lze odstranit en bloc s možností přesného histopatologického posouzení resekčních okrajů, větší musejí být resekovány po částech (piece meal EMR) či jinou endoskopickou technikou (např ESD) (21). V těchto případech je ale vyšší riziko vzniku lokálních reziduálních neoplazií – LRN (22). Endoskopická submukózní diskce (**ESD**) je resekční technika umožňující en bloc snesení lézí, které by metodou EMR musely být odstraněny po částech. ESD se používá v tračnicku a v rektu k en bloc snesení plochých povrchových lézí a široce přisedlých polypů velikosti ≥ 20 mm či lézí, u kterých lze na základě jejich charakteristiky předpokládat přítomnost povrchově (sm1) invadujícího karcinomu (23). V současnosti se tato metoda používá i v léčbě časného karcinomu žaludku a časného spinocelulárního karcinomu jícnu nebo adenokarcinomu jícnu vzniklého v terénu Barrettovské sliznice (24). Po submukózní injekci je nejprve provedena cirkulární incize submukózy kolem léze. Poté sérií řezů pod lézí v submukózním prostoru speciálním nožem provedeme její odstranění (Obr. 5, 6). Nevýhodou ESD je vyšší riziko perforace a delší čas výkonu (2–4 hodiny). Pro technickou a časovou náročnost je tato terapeutická metoda soustředěna do specializovaných endoskopických center. **FTR** (Full thickness resection) je nová endoskopická technika, která umožňuje provedení endoskopické resekce celé stěny trávicí trubice s uzávěrem vzniklého defektu. Výhodou je vyšší radikalita výkonu, která může zabránit nutnosti operačního výkonu (5). Na konci endoskopu je připekněn systém OVESCO (OverTheScope) klip na průhledném plastovém nástavci – capu, uvnitř kterého je umístěna polypektomická klička. Do capu je pomocí kleští vtahována léze s celou stěnou tračnicku. Po vtažení celé léze do capu je na její spodinu aplikován OVESCO klip a následně je provedena resekce léze pomocí polypektomické kličky. Vzniká tak perforace, která je však uzavřena pomocí klipu ještě předtím, než je vytvořena (25). Hlavní indikací jsou adeno-

my nebo časné karcinomy tračnicku s příznakem non-liftingu, neuroendokrinní tumory, léze v obtížných lokalizacích (ústí apendixu či divertiklu), obtížné lokální reziduální neoplazie po EMR a reresekce inkompletně odstraněného časného karcinomu. V těchto indikacích může nahradit technicky náročné ESD nebo chirurgickou resekci. Limitací metody je maximální průměr léze 25 mm. Vzhledem k rozměrům setu je jeho užití limitováno na oblast tračnicku (kromě rekta, jehož stěna je fixována), jsou však i studie o jeho použití v léčbě adenomů duodena (26).

Endoskopická ablace spočívá v destrukci sliznice fyzikálními principy. Její výhodou je možnost bezpečného a rychlého ošetření větších ploch sliznice, nevýhodou je absence vzorku k histologickému vyšetření. Indikací k ablaci jsou proto pouze benigní choroby (cévní malformace), prekancerózní stavy (Barrettův jícen – BJ), povrchové neoplazie (dysplazie v terénu BJ, drobné LRN tlustého střeva) anebo naopak jinak neřešitelné pokročilé nádory, u kterých chceme pouze zmenšit masu nádorové tkáně. Metodou volby v ošetření BJ je radiofrekvenční ablace – **RFA** (17). Jedná se o bipolární kontaktní aplikaci radiofrekvenčního proudu s termální destrukcí sliznice. K ošetření větších ploch se používá cirkulární elektroda HALO 360, pro cílené ošetření menších ploch plochá elektroda HALO 90 (Obr. 7). V terapii vaskulárních malformací (nejčastěji se jedná o sporadické angiektázie) je zlatým standardem argonová plazmakoagulace – **APC** (27). APC je nekontaktní monopolární termální metoda využívající ionizovaného argonového plynu jako média pro průchod elektrického proudu.

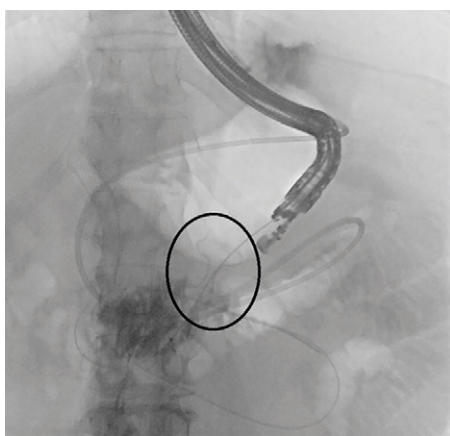
EUS (Endoscopic ultrasonography)

EUS je kombinovaná endoskopická a sonografická metoda, kterou využíváme k diagnostice, stagingu a terapii onemocnění trávicí trubice, přilehlých orgánů a struktur (Obr. 8). K EUS vyšetření používáme speciální přístroje, tzv. echoendoskopy. Podle sklonu roviny ultrazvukového zobrazení rozlišujeme přístroje radiální – rovina zobrazení je kolmá na dlouhou osu endoskopu, a lineární – rovina zobrazení je paralelní s osou endoskopu (28). Oba typy přístrojů umožňují dopplerovské vyšetření

Obr. 8. *Wirsungolithiáza (šipka) zobrazena pomocí EUS (Zdroj: archiv II. interní kliniky Fakultní nemocnice Olomouc)*



Obr. 9. *Úspěšně vytvořená GEA pomocí LAMS (v kroužku) u pacientky s tumorem pankreatu a stenózou duodena (Zdroj: archiv Fakultní nemocnice Olomouc)*



cévních struktur, lineární echoendoskop lze navíc využít k provedení tenkojehlové aspirace tekutiny (FN-A, Fine needle aspiration) na cytologické vyšetření nebo biopsie (FN-B, Fine needle biopsy). Cílem EUS není nahradit ostatní zobrazovací metody, ale vhodným způsobem je doplnit. Jde o vyšetření s expert-dependentními výsledky (28).

CH-EUS (Contrast enhanced EUS) a EUS elastografie vylepšují standartní EUS hodnocením vaskularity a elasticity tkání pankreatických lézí a nabízí tak způsoby, jak zlepšit jejich charakterizaci. Konvenční EUS je rozhodující pro identifikaci pankreatických lézí a stanovení stadia karcinomu pankreatu. Provádění diferenciální diagnostiky pankreatických lézí však může být stále obtížné (29). CH-EUS je založena na hodnocení vaskularity pomocí kontrastních látek, zatímco EUS elastografie měří elasticitu tkáně. CH-EUS a EUS elastografie se stále více používají v diferenciální diagnostice pankreatických lézí a nabízejí

výhody oproti kontrastní počítačové tomografii (CT, computed tomography) a zobrazování magnetickou rezonancí v případech, kdy existují kontraindikace těchto modalit, např. u pacientů se selháním ledvin a pacientů s alergií na kontrastní látky (29). CH-EUS a EUS elastografie zlepšují diferenciální diagnostiku pankreatických lézí a staging karcinomu pankreatu a poskytují doplňkové diagnostické informace v reálném čase (29).

ROSE (Rapid on-site evaluation) cytologie (resp. histologie) sprostředkovaná pomocí EUS-FNA (resp. FNB) je hodnocení adekvátnosti vzorku a diagnostického výtěžku v reálném čase, kdy je patolog hodnotí vzorek přímo na sále při provádění EUS. Tato technika má potenciál zkrátit dobu diagnostiky a snížit počet průchodu jehlou nutných k odebrání kvalitního vzorku nutného pro určení finální diagnózy (30). Patolog určí, zda je odebraný vzorek dostatečně průkazný, což by mělo za následek menší počet výkonů nutných k odebrání adekvátního vzorku k cytologickému/histologickému hodnocení. ROSE však zůstává jedním z nejkontroverznějších témat v oblasti EUS-FNA (30). Byly publikovány studie kdy EUS-FNA s ROSE nezvýšila diagnostickou výtěžnost cytologických vzorků (30). Důkazy o tom, zda by ROSE mohla zlepšit výsledky EUS-FNA, proto zůstávají rozporuplné. V diskuzi o použití této metody je vždy klíčovým problémem nedostatek patologů přítomných na pracovišti, zvýšené náklady a prodloužení daného výkonu (30). ROSE se ukázala být přínosná zejména pro endoskopisty ve fázi učení EUS-FNA a pro centra, ve kterých míra přiměřenosti vzorků není dostatečně vysoká (30).

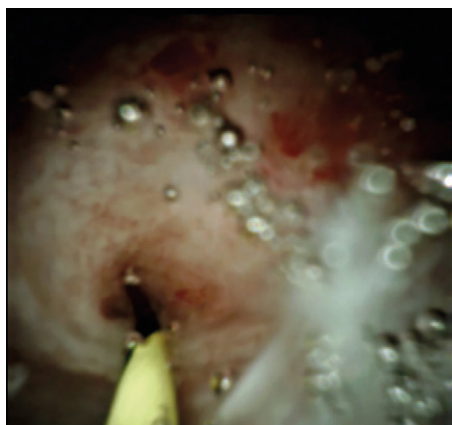
LAMS (lumen-apposing metal stents). Zavedení (LAMS) pro (EUS) naváděné drenáže znamenalo zlom v oblasti intervenčního ultrazvuku a v různých klinických prostředích se celosvětově rozšiřuje (31). Pokrok v intervenční endoskopii, zejména v oblasti endoskopického ultrazvuku (EUS), změnil léčebné algoritmy pro trávicí a pankreatobiliární onemocnění. Vývoj zařízení v kombinaci se zlepšením endoskopických technik umožnil přístup k miniinvasivním terapeutickým řešením pro komplexní onemocnění, která postihují oblasti mimo gastrointestinální trakt. Intervenční EUS dnes dokáže zvládnout lokální komplikace

akutní pankreatitidy jako je WON (Walled-off pancreatic necrosis), drénovat žlučový strom a žlučník, případně zavést gastrointestinální anastomózy. Příkladem tohoto vývoje je přístup k biliopankreatické drenáži – dosažení transduodenální biliární drenáže v případě obstrukčního ikteru pod EUS kontrolou u pacienta s tumorem hlavy pankreatu po neúspěšné ERCP pomocí choledochoduodenostomie LAMStentem (31). LAMS se úspěšně používají i v transluminálním stentování mezi dvěma neadherentními lumeny trávicího traktu pomocí lumen-to-lumen, typicky u symptomatických pankreatických pseudocyst a akutní cholecystitidy u pacientů nezpůsobilých k operaci (31). V současné době jsou komerčně dostupné dva LAMS v různých průměrech a délkách: stent Hot Axios a stent Hot Spaxus (31). Zavedení LAMS vyžaduje přesné provedení některých sekvenčních kroků – propíchnutí cílového lumen, otevření a zatažení distálního konce stentu k sousední stěně dutiny, rozvinutí a uvolnění proximálního konce stentu (Obr. 9) (31).

Cholangioskopie

ERCP je metoda používaná k diagnostice a léčbě stavů postihujících žlučové cesty, pankreatický vývod a žlučník. Kombinuje vyšetření pomocí endoskopie a fluoroskopie, což lékařům umožňuje zobrazení a případnou intervenci ve výše zmíněných strukturách. Cholangioskopie je miniinvasivní endoskopický výkon, který spočívá v přímé intraduktální vizualizaci žlučových cest. Cholangioskopii lze provádět perorálním, perkutánním transhepatálním nebo intraoperačním transcystickým nebo transcholedochálním přístupem – (Obr. 10) (32). Klinické aplikace cholangioskopie jsou četné, od vizuálního zobrazení a opticky řízených biopsií neurčitých biliárních striktur po léčbu obtížných konkrementů, navádění před biliárním stentováním a vyhledávání migrovaných duktálních stentů (32). Cholangioskopie je doplňkem k ERCP (Endoskopická retrogradní cholangiopankreatikografie) a EUS pro hodnocení náročných klinických situací. Prokázala vynikající přesnost při rozlišování maligních stavů od benigních zánětlivých striktur a také hraje roli v léčbě benigních stavů, jako je obtížná choledocholithiáza (33). V případě

Obr. 10. Cholangioskopie transcholedochálním přístupem (Zdroj: archiv II. interní kliniky Fakultní nemocnice Olomouc)



obtížně řešitelné choledocholithiázy nemusí být možné dosáhnout úplné biliární drenáže pomocí standardního ERCP. Litotrypse řízená terapeutickou cholangioskopií umožňuje fragmentaci litů a kompletní biliární drenáž (33). Mezi techniky intraduktální litotrypse patří laserová litotrypse a elektrohydraulická litotrypse. Elektrohydraulická litotrypse se aplikuje pomocí jednorázové sondy s různým nastavením výkonu. Zásadní je použití vhodného média pro přenos rázové vlny, nejčastěji se používá fyziologický roztok (33). Laserová litotrypse je laserové světlo s přesnou vlnovou délkou, které dodává impuls k vyvolání vlnou zprostředkované fragmentace kamene. Po litotrypsi jsou fragmenty kamenů následně extrahovány standardními technikami (33). Použitím cholangioskopie v případě selhání jiných technik (např. získávání tkáně během ERCP/EUS-FNB nebo standardní extrakce konkrémentu), se můžeme vyhnout potřebě invazivnějších postupů nebo nesprávné indikace léčby, např. operace benigní striktury žlučových cest (33).

ESWL (Extracorporeal shock wave lithotripsy)

Endoskopickou léčbu chronické pankreatitidy (CP) lze kombinovat s extrakorporální litotrypsií rázovou vlnou (ESWL), což je metoda spočívající v opakované aplikaci tlakové energie dostatečné k narušení konkrémentu. Endoskopická léčba bolestivé CP je indikována při přítomnosti konkrémentů v hlavním pankreatickém vývodu (MPD), symptomatických nebo refrakterních MPD strikturách nebo v případě lokálních komplikací, např. stenózy společného

žlučovodu nebo stenózy duodena (34). ESWL je dle ESGE (European Society for Gastrointestinal Endoscopy) guidelines doporučena jako léčba první volby u konkrémentů v pankreatickém vývodu (35). ESGE doporučuje ESWL pro odstranění obstrukčních konkrémentů větších než 5 mm lokalizovaných v hlavě/těle pankreatu a endoskopickou retrográdní cholangiopankreatografii (ERCP) pro konkrémenty, které jsou radiolucenční nebo menší než 5 mm. Klinická odpověď by měla být vyhodnocena po 6–8 týdnech; pokud se jeví jako neuspokojivé, měly by být zváženy chirurgické možnosti terapie (35).

G-POEM (Gastric peroral endoscopic myotomy)

Gastrická perorální endoskopická myotomie (G-POEM) je nová endoskopická technika pro léčbu refrakterní gastroparézy s vynikajícími dlouhodobými výsledky (36). G-POEM byl odvozen z perorální endoskopické myotomie (POEM), která se zaměřuje na dolní jícnový svěrač k léčbě achalázie. Tyto postupy využívají submukózní tunelování k disekci specifických svalů, G-POEM konkrétně svalů pyloru při gastroparéze. Proces G-POEM zahrnuje submukózní injekci, mukózní incizi, vytvoření submukózního tunelu, myotomii a uzavření slizničního vstupního místa klipy (37). G-POEM má vysokou technickou a klinickou úspěšnost s minimálními nežádoucími účinky, kolem 10 % (37). Délka procedury se pohybuje mezi 50 a 70 min, přičemž průměrná doba hospitalizace je 2–3 dny (37). Možnosti konzervativní léčby a jiné alternativní způsoby léčby gastroparézy jsou omezeny jejich vedlejšími účinky a krátkodobou účinností (36). Zahrnují dietní opatření, podávání prokinetik a antiemetik, kompenzaci základního onemocnění, nutriční podporu, elektrickou stimulaci žaludku, chirurgickou pyloroplastiku, injekce botulotoxinu a transpylorické stentování (38). Tyto terapie však nebyly uznány jako standard především kvůli nedostatku vědeckých důkazů o jejich klinické účinnosti. Bylo prokázáno, že u těžké gastroparézy má G-POEM lepší dlouhodobé výsledky než výše uvedené postupy, co se týče symptomů i vyprazdňování žaludku (38).

Enteroskopie

Enteroskopie je endoskopická metoda sloužící k vyšetření tenkého střeva. Bylo vyvinuto několik různých typů enteroskopie.

Indikací je zejména došetřování anémie a krvácení z GIT nejasné etiologie, pokud gastroskopie a koloskopie neobjasnily příčinu krvácení a může pomoci při diagnostice idiopatických střevních zánětů (39, 40). Nejčastěji **využívaná kapslová endoskopie** je procedura, která zahrnuje polknutí kapsle, která zcela přirozeně projde GIT, a přitom dojde k obrazovému záznamu střev. Záznam je přenášen do senzorové jednotky, která je připevněná na břicho pacienta (39). U jedinců se suspektní nebo známou stenózou GIT je metoda kontraindikována, pokud není potvrzena průchodnost střeva (41). V případě poruch polykání nebo motility žaludku lze zvážit možnost endoskopického umístění kapsle (42). Navzdory svým úspěchům má však kapslová enteroskopie určitá omezení, jako je nedostatek kontroly v reálném čase a nemožnost provádět biopsie nebo provádět terapeutické intervence (43). Systém dvoubalonové enteroskopie (**DBE** – Double ballon enteroscopy), se skládá z enteroskopu, overtuby a dvou nafukovacích balonků – jeden na distálním konci endoskopu a druhý připojený k overtubě – funguje pomocí techniky pull-and-push. Distální balonek pomáhá ukotvit endoskop na místě a zabraňuje jeho vyklouznutí, zatímco proximální balonek pomáhá posouvat endoskop hlouběji do tenkého střeva (44). Jsou možné dva způsoby zavedení, buď antegrádní, přes ústa, nebo retrográdní přes anální otvor (45). Antegrádní přístup obvykle zajišťuje délku inzerce mezi 230–360 cm, u retrográdního přístupu je odhadovaná délka vyšetřovaného tenkého střeva 100–130 cm (46). Výhody DBE spočívají v jeho schopnosti provést biopsii a terapeutické techniky, jako je polypektomie, argon-plazmatická koagulace, umístění stentu, odstranění cizího tělesa, hemostáza a dilatace striktur (47). Celková míra komplikací DBE je kolem 3,5 %, včetně perforace, krvácení a pankreatitidy; jejich frekvence se liší podle typu DBE, je nižší u diagnostických DBE (pod 1 %) a vyšší (4,3 %) u terapeutických postupů (47). Mezi další nevýhody DBE patří strmá křivka učení, časová náročnost a nutnost provedení v celkové anestezii. Technika jednobalonkové enteroskopie (**SBE** – Single ballon enteroscopy) byla navržena tak, aby zjednodušila metodu

Tab. 1. Pařížská endoskopická klasifikace povrchových neoplastických lézí. Podle této klasifikace je léze označena jako povrchová (superficial) v případě, že na základě endoskopického vzhledu usuzujeme na hloubku nádorové invaze maximálně do submukózy (typ 0). Na rozdíl od pokročilých (typ 1–5) jsou povrchové neoplazie častým cílem endoskopické terapie

	Klasifikace povrchových lézí (typ 0) dle Pařížské klasifikace	
1. Polypoidní	stopkaté	0–Ip
	přisedlé (sesilní)	0–Is
2. Nepolypoidní (ploché)	lehce vyvýšené vzhledem k okolní sliznici	0–Ila
	v úrovni sliznice	0–Ilb
	lehce vkleslé pod úroveň sliznice	0–Ilc
3. Vyhlobené		0–III

push-and-pull a spoléhá na použití jediného balonku připojeného ke špičce overtuby, což má za následek zkrácení doby nastavení a uživatelsky přívětivější ovládání balonku (48). Uváděná hloubka inzerce je mezi 133 a 270 cm za Treitzovým vazem pro anterográdní přístup a 73 a 199 pro retrográdní intubaci (49).

Ramanova spektroskopie

Ramanova spektroskopie je spektroskopická technika založená na neelastickém rozptylu monochromatického světla, které odráží molekulární složení tkáně. V endoskopii se zatím jedná o experimentální metodu, kdy Ramanova spektroskopie může odlišit Barrettův jícen bez dysplazie od dysplazie jícnu vysokého stupně a adenokarcinomu (50). To umožňuje přesné cílové biopsie namísto vícenásobných náhodných klešťových biopsií. Očekává se, že tato nová technika zlepšit in vivo prekancerózní diagnostiku tkáně Barrettova jícnu. Ramanova spektroskopie byla úspěšně použita i v sliznici žaludku,

kde dokáže odlišit normální žaludeční tkáň od premaligní a maligní tkáně v reálném čase (50). Molekulární složení premaligní (střevní metaplasie, dysplazie vysokého stupně) a maligní tkáně umožňuje zobrazení charakteristických Ramanových spekter v reálném čase během 0,5 s (51), s vysokou senzitivitou (89,3 %), specificitou (92,2 %) pro žaludeční střevní metaplazii (52), což snižuje potřebu biopsií. Ramanovou spektrofotometrii jsme na našem pracovišti experimentálně použili v diagnostice maligní biliární striktury (53). Prokázali jsme, že měření Ramanovou spektrofotometrií ve žlučových cestách je proveditelné (53), zatím se ale pomocí této metody nepodařilo odlišit malignitu od zdravé tkáně žlučových cest (53).

Umělá inteligence

S neustálým pokrokem v informačních technologiích se **umělá inteligence (AI)** začala uplatňovat také v digestivní endoskopii. Dvě hlavní kategorie systémů umělé inteligence jsou počítačově asistovaná

detekce pro detekci lézí a počítačově asistovaná diagnostika pro optickou biopsii a charakterizaci lézí (53). V endoskopické praxi je nyní implementováno několik softwarů AI. Některé systémy AI nabízejí terapeutickou pomoc, jako je vymezení lézí pro kompletní endoskopickou resekcii nebo predikce možné infiltrace lymfatické tkáně. Celkový výsledek vyšetření ale pořad závisí na lékaři. AI je průlom v digestivní endoskopii (54). V nejbližší době se očekává přínos ve screeningových vyšetřeních horního a dolního GIT zejména mimo odborná centra. Před zavedením nových softwaru AI do klinické praxe jsou nadále nutné prospektivní a multicentrické studie (54).

Závěr

Vývoj v oblasti digestivní endoskopie za posledních několik let umožnil přesnější diagnostiku patologických lézí a zdokonalení endoskopické terapie. Pokroky v obrazové technologii a minimálně invazivní terapeutické metody, zlepšují nejen diagnostickou přesnost, ale i možnosti léčby. Použití endoskopických diagnostických a miniinvazivních terapeutických metod je v současnosti vhodnou alternativou k radiologickým a chirurgickým metodám, se kterými se vzájemně doplňuje a ve vybraných případech je i nahrazuje. Integrace nových technologií do zavedených lékařských postupů umožňuje efektivnější řízení péče o pacienty.

LITERATURA

- Duda M, Suchánek Š, Soumarová R, et al. Onkologie horní části trávicího traktu. Zhoubná onemocnění foregut. Praha: Společnost pro gastrointestinální onkologii (SGO) ČLS JEP; 2018. Duodenum: 5. 2. Endoskopie.
- Zauber AG, Winawer SJ, O'Brien MJ, et al. Colonoscopic polypectomy and long-term prevention of colorectal-cancer deaths. *N Engl J Med.* 2012;366:687–696.
- Akarsu M, Akarsu C. Evaluation of New Technologies in Gastrointestinal Endoscopy. *JLS.* 2018 Jan-Mar;22(1):e2017.00053.
- Bartel MJ, Picco MF, Wallace MB. Chromocolonoscopy. *Gastrointest Endosc Clin N Am.* 2015;25:243–260.
- Brogyuk N, Grega T, Zavoral M, et al. Novinky v endoskopické terapii kolorektální neoplázie. *Medicina po Promoci.* 2019;20(3):210.
- Urban O. Endoskopická léčba časných kolorektálních neoplazií. *Onkologie.* 2013;7:183–187.
- Uraoka T, Igarashi M. Development and clinical usefulness of a unique red dichromatic imaging technology in gastrointestinal endoscopy: A narrative review. *Therap Adv Gastroenterol.* 2022 Sep 2;15:17562848221118302.
- Tanioka Y, Yanai H, Sakaguchi E. Ultraslim endoscopy with flexible spectral imaging color enhancement for upper gastrointestinal neoplasms. *World J Gastrointest Endosc.* 2011;16:11–15.
- Aminalai A, Rösch T, Aschenbeck J, et al. Live image processing does not increase adenoma detection rate during colonoscopy: a randomized comparison between FICE and conventional imaging. *Am J Gastroenterol.* 2010;105:2383–2388.
- Pohl J, Lotterer E, Balzer C, et al. Computed virtual chromoendoscopy versus standard colonoscopy with targeted indigocarmine chromoscopy: a randomised multicentre trial. *Gut.* 2009;58:73–78.
- Yoshida N, Dohi O, Inoue K, et al. Blue Laser Imaging, Blue Light Imaging, and Linked Color Imaging for the Detection and Characterization of Colorectal Tumors. *Gut Liver.* 2019 Mar 15;13(2):140–148.
- Neumann H, Fujishiro M, Wilcox CM, et al. Present and future perspectives of virtual chromoendoscopy with i-scan and optical enhancement technology. *Dig Endosc.* 2014 Jan;26 Suppl 1:43–51. doi: 10.1111/den.12190. Epub 2013 Oct 23. PMID: 24373000.
- Anandasabapathy S, Naymagon S, Carlos RM. PENTAX medical i-SCAN technology for improved endoscopic evaluations: special report. *Gastroenterol Endosc News;* May 2014.
- Pentax Medical. Pentax i-SCAN: functional, application, and technical analysis: technical whitepaper. Montvale, NJ: PENTAX Medical; 2013.
- Kunovský L, Kala Z, Kroupa R, et al. Confocal laser endomicroscopy in the diagnostics of esophageal diseases: a pilot study. *Vnitř Lék.* 2020;66(2):e26–e32.
- Jeremy H, David S, Brian JE, et al. Status of confocal laser endomicroscopy in gastrointestinal disease. *Trop Gastroenterol.* 2012;33:9–20.
- Falt P, Urban O. Terapeutická digestivní endoskopie I. *Vnitř Lék.* 2018;64(6):684–692.
- Falt P, Cyrany J, Kunovský L, et al. Doporučené postupy České gastroenterologické společnosti ČLS JEP pro diagnostickou a terapeutickou koloskopii – aktualizované vydání 2024. *Gastroent Hepatol.* 2024;78(3):197–235.
- Cyrany J, Balihar K, Falt P, et al. Gastrokopie – standardy kvality České gastroenterologické společnosti ČLS JEP. *Gastroent Hepatol.* 2022;76(3):194–211.
- Tranquillini CV, Bernardo WM, Brunaldi VO, et al. Best polypectomy technique for small and diminutive colorectal polyps: A systematic review and metaanalysis. *Gastroenterol.* 2018;55:358–368.
- Belderbos TD, Leenders M, Moons LM, et al. Local recurrence after endoscopic mucosal resection of nonpedunculated colorectal lesions: systematic review and metaanalysis. *Endoscopy.* 2014;46:388–402.

22. Urban O, Kijonkova B, Kajzrlíkova IM, et al. Local residual neoplasia after endoscopic treatment of laterally spreading tumors during 15 months of follow up. *Eur J Gastroenterol Hepatol.* 2013;25(6):733-738.
23. Urban O. Endoskopická submukózní disekce. In: Falt P, Urban O, Vitek P Koloskopie. Grada Publishing: Praha 2015. ISBN 978-80-247-5284-6.
24. Takahashi, H, Arimura, Y, Masao, H, et al. Endoscopic submucosal dissection is superior to conventional endoscopic resection as a curative treatment for early squamous cell carcinoma of the esophagus (with video). *Gastrointest Endosc.* 2010;72:255-264.
25. Schmidt A, Meier B, Caca K, et al. Endoscopic full-thickness resection in the colorectum using an overthescope device – interim results of a prospective multicenter study. *Gastrointest Endosc* 2016;83(Suppl 5):AB119.
26. Schmidt A, Meier B, Cahyadi O, et al. Duodenal endoscopic full-thickness resection (with video). *Gastrointest Endosc.* 2015;82(4):728-733.
27. Urban O, Chalupa J, Vitek P, et al. Treatment of chronic postirradiation proctitis with argon plasma coagulation. *Vnitř Lék.* 2004;50(3):218-221.
28. Duda M, Suchánek Š, Soumarová R, et al. Onkologie horní části trávicího traktu. *Zhoubná onemocnění foregutů. Praha: Společnost pro gastrointestinální onkologii (SGO) ČLS JEP; 2018. Duodenum: 5. 3. Endosonografie.*
29. Yamashita Y, Kitano M. Role of contrast-enhanced harmonic endoscopic ultrasonography (EUS) and EUS elastography in pancreatic lesions. *Clin Endosc.* 2024 Mar;57(2):164-174.
30. Yang F, Liu E, Sun S. Rapid on-site evaluation (ROSE) with EUS-FNA: The ROSE looks beautiful. *Endosc Ultrasound.* 2019 Sep-Oct;8(5):283-287.
31. Armellini E, Metelli F, Anderloni A. Lumen-apposing-metal stent misdeployment in endoscopic ultrasound-guided drainages: A systematic review focusing on issues and rescue management. *World J Gastroenterol.* 2023 Jun 7;29(21):3341-3361.
32. Becq A, Soualy A, Camus M. Cholangioscopy for biliary diseases. *Curr Opin Gastroenterol.* 2023 Mar 1;39(2):67-74.
33. Mauro A, Mazza S, Scalvini D, et al. The Role of Cholangioscopy in Biliary Diseases. *Diagnostics (Basel)* 2023 Sep; 13(18):2933.
34. Tichý T, Vaněk P, Falt P, et al. Extrakorporální litotrypse rázovou vlnou v kombinaci s endoskopií jako léčebná modalita u aligické obstrukční chronické pankreatitidy – kazuistika. *Rozhl. Chir.* 2022;101(11):544-547.
35. Dumonceau JM, Delhay M, Tringali A, et al. Endoscopic treatment of chronic pancreatitis: European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE) Guideline – Updated August 2018. *Endoscopy.* 2019 Feb;51(2):179-193.
36. Vohra I, Gopakumar H, Adler DG. G-POEM for gastroparesis: past, present and future. *Curr Opin Gastroenterol.* 2023 Sep 1;39(5):390-396.
37. McCurdy GA, Gooden T, Weis F, et al. Gastric peroral endoscopic pyloromyotomy (G-POEM) in patients with refractory gastroparesis: a review. *Therap Adv Gastroenterol.* 2023 Mar 26;16:17562848231151289.
38. Martinek J, Hustak R, Mares J, et al. Endoscopic pyloromyotomy for the treatment of severe and refractory gastroparesis: a pilot, randomised, sham-controlled trial. *Gut.* 2022 Nov;71(11):2170-2178.
39. Xin L, Liao Z, Jiang YP, et al. Indications, detectability, positive findings, total enteroscopy, and complications of diagnostic double-balloon endoscopy: a systematic review of data over the first decade of use. *Gastrointest Endosc.* 2011 Sep;74(3):563-70.
40. Pennazio M, Rondonotti E, Despott EJ, et al. Small-bowel capsule endoscopy and device-assisted enteroscopy for diagnosis and treatment of small-bowel disorders: European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE) Guideline – Update 2022. *Endoscopy.* 2023 Jan;55(1):58-95.
41. Singeap AM, Sfarti C, Minea H, et al. Small Bowel Capsule Endoscopy and Enteroscopy: A Shoulder-to-Shoulder Race. *J Clin Med.* 2023 Dec;12(23):7328.
42. Bandorski D, Kurniawan N, Baltés P, et al. Contraindications for video capsule endoscopy. *World J. Gastroenterol.* 2016;22:9898-9908.
43. Koulaouzidis A, Iakovidis DK, Karargyris A, et al. Wireless endoscopy in 2020: Will it still be a capsule? *World J. Gastroenterol.* 2015;21:5119-5130.
44. Elena RM, Riccardo U, Rossella C, et al. Current status of device-assisted enteroscopy: Technical matters, indication, limits and complications. *World J. Gastrointest. Endosc.* 2012;4:4534-4561.
45. Tee HP, How SH, Kaffes AJ. Learning curve for double-balloon enteroscopy: Findings from an analysis of 282 procedures. *World J. Gastrointest. Endosc.* 2012;4:368-372.
46. May A, Nachbar L, Ell C. Double-balloon enteroscopy (push-and-pull enteroscopy) of the small bowel: Feasibility and diagnostic and therapeutic yield in patients with suspected small bowel disease. *Gastrointest. Endosc.* 2005;62:62-70.
47. Yamamoto H, Despott EJ, González-Suárez B, et al. The evolving role of device-assisted enteroscopy: The state of the art as of August 2023. *Best Pract. Res. Clin. Gastroenterol.* 2023;64-65:101858.
48. Kawamura T, Yasuda K, Tanaka K, et al. Clinical evaluation of a newly developed single-balloon endoscope. *Gastrointest. Endosc.* 2008;68:1112-1116.
49. ASGE Technology Committee. Chauhan S, Manfredi M, Abu Dayyeh B, et al. Enteroscopy. *Gastrointest. Endosc.* 2015;82:975-990.
50. Teh JL, Shabbir A, Yuen S, So JB. Recent advances in diagnostic upper endoscopy. *World J Gastroenterol.* 2020 Jan 28;26(4):433-447.
51. Huang Z, Teh SK, Zheng W, et al. In vivo detection of epithelial neoplasia in the stomach using image-guided Raman endoscopy. *Biosens Bioelectron.* 2010;26:383-389.
52. Lin K, Wang J, Zheng W, et al. Rapid Fiber-optic Raman Spectroscopy for Real-Time In Vivo Detection of Gastric Intestinal Metaplasia during Clinical Gastroscopy. *Cancer Prev Res (Phila)* 2016;9:476-483.
53. Slodička P, Falt P, Ranc V, et al. Raman spectroscopy in the diagnosis of malignant biliary stricture: A feasibility study. *Hepatobiliary Pancreat Dis Int.* 2025 Apr;24(2):211-216. doi: 10.1016/j.hbpd.2024.11.003. Epub 2024 Nov 16. PMID: 39603958.
54. Rey JF. Artificial intelligence in digestive endoscopy: recent advances. *Curr Opin Gastroenterol.* 2023 Sep 1;39(5):397-402.