

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Hana Hajková

Vyšetřovací metody gastrointestinálního traktu

Bakalářská práce

Vedoucí práce: MUDr. Radim Kovář

Olomouc 2024

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje

Olomouc: 13. dubna 2024

Hana Hajková

Moje první poděkování směřuje panu MUDr. Radimu Kovářovi za vedení bakalářské práce, za jeho ochotu, trpělivost, odborné rady a připomínky. Druhé poděkování patří mojí rodině a všem, kteří mě podporovali v průběhu celého studia.

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Bakalářská práce

Téma práce: Vyšetřovací metody gastrointestinálního traktu

Název práce: Vyšetřovací metody gastrointestinálního traktu

Název práce v AJ: Examination methods of the gastrointestinal tract

Datum zadání: 2023-11-30

Datum odevzdání: 2024-04-13

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav radiologických metod

Autor práce: Hajková Hana

Vedoucí práce: MUDr. Radim Kovář

Oponent práce: Mgr. Lada Skácelová, MBA

Abstrakt v ČJ: Cílem bakalářské práce je sumarizovat vyšetřovací metody, které se používají při zobrazení gastrointestinálního traktu. Vyšetřovací metody hrají zásadní roli v diagnostice onemocnění, proto je důležité mít o nich přehled a znalosti. Bakalářská práce je rozdělena do čtyř částí. V této přehledové práci je v její první části popsána anatomie gastrointestinálního traktu, jejíž znalost je zásadní pro orientaci v tématu. V druhé dílčí části jsou popsány principy základních zobrazovacích metod. Další z dílčích částí se věnuje kontrastním látkám, jejich rozdělení, využití a možné nežádoucí účinky. Poslední dílčí část práce se věnuje popisu konkrétních zobrazovacích metod při vyšetření gastrointestinálního traktu. Jsou zde popsány jednotlivé zobrazovací metody, jejich indikace a kontraindikace, příprava pacienta a popis jednotlivých kroků při daném vyšetření, výhody a nevýhody. Bakalářská práce byla vypracována na základě vyhledaných poznatků z knih, periodik a elektronických databází PubMed, Google Scholar a Medvik. Tato přehledová práce by mohla sloužit jako výukový materiál pro studenty.

Abstrakt v AJ: The aim of the bachelor's thesis is to summarize various examination methods that are used in the imaging of the gastrointestinal tract. Examination methods play a fundamental role in the diagnosis of diseases, so it is important to have an overview and knowledge about them. The bachelor thesis is divided into four parts. The anatomy of the gastrointestinal tract is described in the first part of this overview, the knowledge of which is essential for orientation in the topic. In the second part, the principles of basic imaging methods are described. Another of the sub-parts deals with contrast agents, their distribution, use and possible side effects. The last partial part of the work is devoted to the description of specific imaging methods in the examination of the gastrointestinal tract. Individual imaging methods, their indications and contraindications, patient preparation and description of the individual steps in the given examination, advantages and disadvantages are described here. The bachelor's thesis was developed on the basis of knowledge found in books, periodicals and electronic databases PubMed, Google Scholar and Medvik. This overview work could serve as teaching material for students.

Klíčová slova v ČJ: gastrointestinální trakt, kontrastní látky, magnetická rezonance, skiografie, skiaskopie, ultrasonografie, výpočetní tomografie

Klíčová slova v AJ: gastrointestinal tract, contrast agents, magnetic resonance, skiagraphy, fluoroscopy, ultrasonography, computed tomography

Rozsah: 48/0

OBSAH

Úvod.....	8
1. Rešeršní činnost	10
2. Anatomie GIT	11
2.1 Jícen.....	11
2.2 Žaludek	11
2.3 Tenké střevo	11
2.4 Tlusté střevo.....	12
3. Principy základních zobrazovacích metod.....	13
3.1 Skiografie – snímkování	13
3.2 Skiaskopie – prosvěcování	14
3.3 Ultrasonografie.....	15
3.4 Výpočetní tomografie (CT)	16
3.5 Magnetická rezonance (MR)	19
4. Kontrastní látky (KL).....	21
4.1 Pozitivní KL baryové.....	21
4.2 Kontrastní látky s obsahem jodu.....	21
4.2 Nežádoucí účinky kontrastních látek	22
4.4 Negativní kontrastní látky.....	23
5. Vyšetření gastrointestinálního traktu.....	24
5.1 Zobrazení jícnu pomocí kontrastní látky	24
5.2 Vyšetření žaludku a duodena kontrastní látkou.....	25
5.3 Enteroklýza	26
5.4 CT enterografie	26
5.5 CT enteroklýza.....	28
5.6 MR enterografie	29
5.7 MR enteroklýza.....	32

5.8 CT kolografie	33
5.9 Irigografie	36
5.10 Defekografie	37
5.11 Magnetická rezonance rektu.....	38
5.12 Magnetická rezonance fistulografie	39
Závěr	40
Referenční seznam	42
Seznam zkratk.....	45
Seznam tabulek.....	47
Seznam obrázků.....	48

Úvod

Vyšetřovací metody gastrointestinálního traktu zahrnují celé spektrum různých vyšetření. Mezi vyšetřovací metody patří anamnéza, fyzikální vyšetření, laboratorní vyšetření a zobrazovací metody. Z důvodu zaměření mého studia se v této přehledové práci budu věnovat zobrazovacím metodám.

Gastrointestinální (trávicí) trakt je soustava orgánů, které vedou od ústní dutiny přes žaludek až po konečník. Zahrnuje duté orgány, ve kterých probíhá zpracování a vstřebávání potravy, a přídatné žlázy dodávající sekrety potřebné k procesům trávení (Dylevský, 2019).

Vyšetřovací metody a především zobrazovací, kterým se věnuje tato práce, hrají významnou a nezastupitelnou úlohu v diagnostice široké škály onemocnění trávicí trubice. Zahrnují metody od těch základních (skiaskopické a skiagrafické) zobrazovacích metod až po moderní a rychle se rozvíjející metody (CT, MR enterografie, virtuální CT kolonoskopie).

Mezi nejčastěji diagnostikované onemocnění gastrointestinálního traktu, které pomohou odhalit zobrazovací metody, řadíme funkční poruchy, nádorová onemocnění a idiopatické střevní záněty. Pro dosažení optimálního výsledku zobrazení je důležité dodržet postupy jednotlivých vyšetření od přípravy pacienta, aplikaci kontrastní látky, po správné zaměření a nastavení přístroje. To vše je náplní práce radiologického asistenta, který má v oboru radiologie nezastupitelnou roli.

Protože je téma Vyšetřovací metody gastrointestinálního traktu zajímavé a velmi pestré, vybrala jsem si jej jako téma mojí bakalářské práce. Účelem této práce je uvést čtenáře do dané problematiky a docílit toho, aby se popsáných výkonů pacienti nebáli a pochopili smysl vyšetření.

V kontextu s těmito informacemi je možno si položit otázku: „Jaké jsou aktuální poznatky k jednotlivým vyšetřením gastrointestinálního traktu pomocí zobrazovacích metod?“

Cílem bakalářské práce je dohledat, utřídit a prezentovat poznatky k problematice týkající se vyšetřovacích metod gastrointestinálního traktu. Cíl práce je dále specifikován ve čtyřech dílčích cílech:

Cíl 1: Popsat anatomii jednotlivých částí GIT

Cíl 2: Popsat principy vybraných zobrazovacích metod

Cíl 3: Předložit informace o kontrastních látkách

Cíl 4: Popsat vybraná vyšetření, která se používají při vyšetření GIT

Před tvorbou bakalářské práce byly prostudovány následující publikace:

Ferda, J., Mírka, H., Baxa, J., & Malán, A. (2015). *Základy zobrazovacích metod*. Galén.

Fiala, P., Valenta, J., & Eberlová, L. (2015). *Stručná anatomie člověka*. Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum.

Heřman, M. (2014). *Základy radiologie*. Univerzita Palackého v Olomouci.

Malíková, H. (2022). *Základy radiologie a zobrazovacích metod (Druhé, aktualizované vydání)*. Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum.

Súkupová, L. (2018). *Radiační ochrana při rentgenových výkonech – to nejdůležitější pro praxi*. Grada Publishing.

Vomáčka, J., Nekula, J., & Kozák, J. (2023). *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty (Třetí, doplněné vydání)*. Univerzita Palackého v Olomouci.

1. Rešeršní činnost

Pro tvorbu této bakalářské práce byly použity aktuální a validní zdroje. Vyhledávání zdrojů bylo vymezeno na období od roku 2013 do roku 2024. Vyhledávacím kritériem pro tvorbu této práce byla klíčová slova v českém a anglickém jazyce.

V první fázi rešeršní činnosti byly použity knihy z Knihovny Univerzity Palackého v Olomouci a z online knihovny Bookport. V bakalářské práci bylo celkem použito 12 knih v českém jazyce.

Další fáze rešeršní činnosti byla zaměřena na vyhledávání v elektronických databázích, a to konkrétně z PubMed, Medvik, Google Scholar a také z českých periodik, ze kterých byly vyhledány a použity odborné vědecké články. Po všech vyřazovacích kritériích bylo pro tvorbu této práce použito 20 článků, z toho 6 v českém jazyce a 14 v anglickém jazyce.

2. Anatomie GIT

2.1 Jícen

Jícen latinsky oesophagus je svalový orgán trubicovitého tvaru dlouhý přibližně 25 cm. Je spojnicí mezi hltanem a žaludkem. Má tři části – horní krční část se nachází mezi 6.krčním obratlem a 1.hrudním obratlem. Střední hrudní část je nejdelší, spodní břišní část je dlouhá 2–3 cm, prochází přes bránici a zde ústí do horní části žaludku tzv. česla – kardie. Pokud musí být pacient vyživován nasogastrickou sondou, která se zavádí nosní dutinou, určí se její délka změřením vzdálenosti od špičky nosu přes ucho až ke spodní části hrudní kosti, což je u dospělého člověka asi 40 cm (Fiala et al., 2015).

2.2 Žaludek

Žaludek latinsky gaster, ventriculus je orgán, který je součástí trávicí trubice, má tvar vaku. Je uložen v horní části břišní dutiny. Na žaludek z přední části naléhají játra, za ním se nalézá levá ledvina a slinivka břišní (Dylevský, 2019).

Žaludek se skládá z kardie (horní část), těla žaludku (corpus ventriculi) a pyloru, který žaludek uzavírá před průchodem natrávené potravy do dvanáctníku. Žaludeční sliznice produkuje díky velkému množství drobných žláz žaludeční šťávu a ochranný hlen (mucin), který chrání sliznici před porušením kyselinou chlorovodíkovou. Žaludeční šťáva obsahuje trávicí enzymy a kyselinu chlorovodíkovou, štěpí jednotlivé složky potravy a okyseluje střevní obsah. Po příjmu rozkousané potravy do žaludku se pomalými stahy jeho obsah dále promíchává a rozmělnuje. Natrávená potrava se v po malém množství přesouvá do dvanáctníku. Žaludek dospělého člověka má kapacitu asi 1-2 litry, tvar záleží na poloze těla, somatotypu a na množství obsahu (Dylevský, 2019).

2.3 Tenké střevo

Tenké střevo latinsky intestinum tenue navazuje na žaludek a je nejdelší částí trávicí trubice. Má délku 3–5 m a tři části – dvanáctník, lačník, kyčelník. Hlavním úkolem střeva je trávení a vstřebávání látek z potravy, tuto funkci pomáhají plnit mikroklky, které zvětšují prostor pro vstřebávání. Sliznici tenkého střeva pokrývá velké množství žláz, které produkují střevní šťávu (Kachlík, 2018).

Dvanáctník (duodenum) má v těle fixní polohu (je částečně srostlý k zadní stěně břicha), tvarem podkovy obepíná slinivku břišní. Dvanáctník je v horní části napojen na žaludek, do jeho střední části ústí vývod ze slinivky a žlučovodu, spodní část přechází do lačníku. Dvanáctník díky tvorbě lokálních hormonů ovlivňuje trávení tím, že stimuluje tvorbu žaludečních a střevních šťáv, ovlivňuje vylučování žluči a slinivkových šťáv (Kachlík, 2018).

Dvanáctník má v trávicí soustavě klíčovou úlohu. Po malých částech přijímá natrávenou potravu ze žaludku, kterou šťávami naředí a zneutralizuje. Po vstřebání šťáv z pankreatu a žluči je trávenina připravena na další štěpení a vstřebávání látek potřebných pro organismus (Kachlík, 2018).

Lačník latinsky jejunum má délku 2 metry, navazuje na dvanáctník a díky řasám s klky, které násobně zvětšují plochu jeho povrchu, vstřebává tráveninu. Kyčelník latinsky ileum má délku zhruba 3,5m, řasy se na sliznici vyskytují v menší intenzitě. Díky mezenteriu, které fixuje tenké střevo k dutině břišní, je lačník a kyčelník bohatě zásoben krví (Fiala et al., 2015). K ideálnímu trávení, promísení obsahu střeva a jeho posunu jsou klíčové peristaltické pohyby svalů střeva (Kachlík, 2018).

2.4 Tlusté střevo

Tlusté střevo latinsky itestinum crassum je poslední, 1,5 metru dlouhá část trávicí soustavy. Tlusté střevo má několik částí. Slepé střevo navazuje na kyčelník, je to nejširší část střeva. Na něj navazuje tračník (vzestupný, příčný, sestupný a esovitý). Konečník je poslední částí tlustého střeva. Žlázy sliznice produkují ochranný hlen, který brání jejímu poškození hnilobnými procesy, které zde probíhají. V tlustém střevě se z jeho obsahu vstřebává voda, cukry a minerály, čím se zahušťuje a tvaruje stolice. Při vyprázdnění stolice z konečníku dochází k ochabnutí jeho svěrače, stáhnutí bránice a svalů břicha (Dylevský, 2019).

3. Principy základních zobrazovacích metod

Základním zdrojem většiny zobrazovacích metod je rentgenové záření (dále jen rtg záření) (Malíková et al., 2022). „Rentgenové (RTG) záření je elektromagnetické vlnění vlnových délek 10^{-8} – 10^{-12} m, které vzniká při interakci rychle letících elektronů s atomy kovu, kdy se jejich energie přemění na elektromagnetické záření“ (Malíková et al., 2022, s. 11). Mezi základní vlastnosti rtg záření patří penetrace (pronikání) hmotou, luminiscenční účinek (tvorba viditelného záření při kontaktu s vybranými materiály), fotochemický efekt (mění bromid stříbrný v neutrální atomy na rtg filmu), je ionizující, a tím má nepříznivý účinek na tkáň organismu (biologický účinek) (Vomáčka et al., 2023). Rentgenové záření se využívá například při skiaskopii, skiografii, výpočetní tomografii, DSA nebo při PET/CT a SPECT/CT (Malíková et al., 2022).

Základním zdrojem záření je rentgenka. Rentgenka je vakuovaná dioda, jejíž součástí jsou dvě elektrody – záporná katoda a kladná anoda. V okamžiku, kdy je rentgenka zapojena do obvodu vysokého napětí (20 – 200kV), dochází k přesunu svazku elektronů z katody na anodu, kde se 99% energie změní na teplo a pouhé 1 % na rentgenové záření. Vzniklé rtg záření dále dělíme na brzdné a charakteristické. Brzdné záření vzniká při reakci letícího elektronu s anodou, při které dojde ke změně kinetické energie na energii fotonů elektromagnetického záření. Toto záření je využíváno v praxi. Při charakteristickém záření dochází k přeskupení elektronů (Malíková et al., 2022).

3.1 Skiografie – snímkování

Při skiografii prochází tělem pacienta rtg záření. Část záření se v těle absorbuje, rozptyluje, a po průchodu je zaznamenáno na detekčním médium. Jako médium se používala kazeta s filmem, kde byla přidána zesilující folie – vše je uzavřeno tak, aby bylo zamezeno působení světla. Po ozáření se film z kazety vyvolává podobným způsobem jako fotografie. V současnosti se k vytvoření snímku používají digitální technologie (Ferda et al., 2015).

Při snímkování může pacient na vyšetřovacím stole ležet, sedět, nebo snímkovanou končetinu položit. Při snímkování vstojе se používá tzv. vertigraf. Primární clonou je vymezena oblast, která se má zaznamenat, a zároveň se tím chrání pacient před zbytečnou radiační zátěží. Při vstupu primárního svazku rtg záření do těla dochází ke vzniku sekundárního záření, které je zaznamenáno na detekční médium. Ke korigování směru a množství sekundárního záření se používají sekundární clony s velkým počtem lamel, které zamezí zhoršení kontrastu výsledného obrazu na detekčním médium. Pro správný provoz rentgenky je potřeba stejnosměrný proud o vysokém napětí. Zdrojem tohoto napětí je generátor vysokého napětí a usměrňovač (Ferda et al., 2015).

U pacientů, kteří nemohou být vzhledem k jejich zhoršenému zdravotnímu stavu dopraveni na rentgenové pracoviště, se využívá mobilní rentgenový přístroj. Výsledný rtg snímek je dvourozměrný. Na snímku se může vytvářet buďto projasnění (oblasti, které vstřebávají méně záření), nebo zastínění (oblasti, které vstřebávají více záření). Ve většině případů se při snímkování zhotovují snímky ve dvou projekcích, které jsou na sebe kolmé (nejčastěji předozadní a bočné). U rtg snímku by nemělo chybět stranové označení (R/L nebo P/L) (Ferda et al., 2015).

V současnosti se využívá digitální radiografie, která umožňuje dodatečné úpravy snímků a také přispívá ke snížení radiační zátěže pacienta. Digitální zobrazovací systémy se dělí na přímou radiografii (DR) a nepřímou radiografii (CR). U přímé radiografie dochází k převodu rtg záření na elektrický signál, který je následně převeden do digitální podoby a poté zpracován. Součástí nepřímé radiografie jsou paměťová fólie a digitizér (speciální skener), díky kterému se po expozici získá výsledný obraz (Ferda et al., 2015).

3.2 Skiaskopie – prosvěcování

Skiaskopie je zobrazovací metoda, pomocí které lze hodnotit dynamické děje v těle. Využívá rtg záření o nízké energii, které prostupuje tělem pacienta a dopadá na skiaskopický štít. Součástí skiaskopického štítu je luminiscenční látka, na které se vytváří viditelný obraz. Následně je tento obraz v zesilovači obrazu zesílen a dále pomocí digitální kamery nebo televizního řetězce převeden a zobrazen na monitoru. V případě, kdy je potřeba vyšetřit pacienta v jiné než vodorovné poloze, se dá sklopný stůl nastavit do vzpřímené nebo šikmé polohy (Ferda et al., 2015).

V porovnání se skiagrafií je u skiaskopických vyšetření větší radiační zátěž (v důsledku delší expozice) a také horší kvalita (kontrast) obrazu. Skiaskopii lze provádět i na operačních sálech u vybraných operací (například hodnotit postavení zlomenin). Zde se používá mobilní skiaskopický přístroj (Ferda et al., 2015).

3.3 Ultrasonografie

Diagnostický ultrazvuk je jedním z nejvíce využívaných zobrazovacích metod. Ve srovnání s CT nebo MR je tato metoda dostupnější, levnější, rychlejší a vůbec nezatěžuje pacienta. Jedná se metodu, která se používá například v kardiologii, gynekologii, u traumat a v dalších lékařských oborech. Umožňuje nám také zobrazit vyšetřovanou oblast ve 3D nebo 4 D (Vomáčka et al., 2023).

Ultrazvuk je mechanické vlnění, které se šíří prostředím. Ultrazvukové vlnění má frekvenci, která je nad hranicí 20kHz. Tato metoda využívá odrazů ultrazvukových vln od rozmezí tkání, které mají různou akustickou impedanci. Zdrojem ultrazvukového vlnění je piezoelektrický krystal. Dochází zde k přeměně elektrické energie na mechanickou a naopak. Tyto krystaly jsou umístěné v sondě, která vysílá ultrazvukové vlnění (0,5 %), ale i přijímá odrazy (99,5 %). Vyšetřovací sonda je zároveň vysílačem i přijímačem (Heřman et al., 2014).

V praxi nejčastěji využíváme sondy lineární, sektorové a konvexní. Každá z těchto sond vysílá jinou frekvenci. Před přiložením vyšetřovací sondy na tělo pacienta je důležité využít kontaktní gel na kůži. Kontaktní gel slouží k odstranění tenké vrstvy vzduchu, která je lokalizována mezi sondou a kůží, a zabraňovala by přechodu vlnění do vyšetřované oblasti (Heřman et al., 2014).

Mezi nejvíce využívaný typ ultrazvukového zobrazení patří dynamický B – mode, který je založen na echogenitě tkání. Ze zachycených odrazů (ech) vzniká výsledný obraz. K jednotlivým zachyceným echům se na monitoru přiřazuje příslušný stupeň šedi. Hypoechogenní tkáně mají nižší echogenitu a jsou na monitoru tmavší (například obsah abscesu nebo parenchym ledvin). Hyperechogenní tkáně mají vyšší echogenitu, jsou světlejší (například hematom nebo fibróza). Izoechoenní tkáně mají stejnou echogenitu. Tekutiny (například krev v cévách, moč) se zobrazují černě, to znamená, že jsou anechoenní (bez vnitřních ech). K vyšetření srdce se využívá M – mode. Jednou z dalších možností je využití doplerovské ultrasonografie, díky které lze změřit směr a rychlost toku krve v cévách (Heřman et al., 2014).

Ultrazvukový přístroj je složen z několika částí – již zmíněné vyšetřovací sondy spolu s kabeláží, dále z monitoru, samostatné elektronické jednotky vlastního ultrazvuku a také láhve s kontaktním gelem nacházející se po stranách obrazovky. Místo, kde se provádějí ultrazvuková vyšetření, nevyžaduje ochranu proti záření nebo žádné stínění (Vomáčka et al., 2023).

3.4 Výpočetní tomografie (CT)

Tato zobrazovací metoda způsobila průlom v radiologii, hraje klíčovou roli v dalším rozvoji rentgenové diagnostiky a má velmi pozitivní dopad na většinu oborů medicíny (Lell et al., 2015). Tato metoda se zasloužila o odstranění řady bolestivých do těla zasahujících vyšetření a také došlo ke zrychlení a zpřesnění diagnostiky. Samotné vyšetření je hotové za krátkou dobu a má minimum kontraindikací (Nekula et al., 2014). Dávky, které jsou potřeba k samotnému vyšetření, jsou relativně vysoké, proto se výpočetní tomografie řadí k vysokodávkovým modalitám (Súkupová, 2018).

Výpočetní tomografie jako metoda používá rentgenové záření, které je při průchodu jednotlivými tkáněmi lidského těla rozdílně absorbováno a při dopadu na detektory se mění v elektrický signál dále počítačově zpracovaný do výsledného obrazu. Zdrojem je rentgenka vysílající záření, které se rozprostře ve tvaru vějíře, a po průchodu tkáněmi je snímáno systémem detektorů umístěných kolmo proti zdroji záření. Rentgenka se s detektory otáčí kolem vyšetřovacího stolu s pacientem o 360° a je zpracováno množství měření průchodu tkáněmi ve zvolené rovině (sekvenční skenování) (Nekula et al., 2014).

U moderních víceřadých CT přístrojů se při skenování kontinuálně pohybuje v gantry nejen rentgenka s detektory, ale i vyšetřovací stůl s pacientem. Tím je na detektorech v krátkém čase zachyceno záření z mnoha rovin a lze vytvořit obraz libovolné vrstvy. Obsahují také desítky až stovky tenkých detektorů umístěných v mnoha řadách, což umožňuje během jedné otáčky zobrazit více vrstev ve vysokém rozlišení (Malíková et al., 2022).

Jak již bylo uvedeno, různé tkáně v těle nemají stejnou absorpci (denzitu) rtg záření. Denzita jednotlivých tkání se uvádí v Hounsfieldových jednotkách (HU) a každý naměřený čtvereček sítě – pixel má vypočítanou hodnotu absorpce. Hypodenzní struktury propouštějí více záření (tmavě šedé zobrazení), hyperdenzní propouštějí méně záření (světle šedé zobrazení). Výpočetní tomografie umí rozlišit 4096 denzit, proto byla stanovena referenční hodnota vody na 0 HU a od toho se odvíjí kladné (hyperdenzní struktury) a záporné (hypodenzní struktury) hodnoty škály (Malíková et al., 2022). V následující tabulce je uveden přehled denzit vybraných struktur lidského těla.

Tabulka 1: Denzity některých tkání

Tkáň	Denzita (HU)
vzduch	-1000
tuk	-100 až -50
voda	0
mozkomíšní mok	+15
bílá hmota mozková	+20 až +30
šedá hmota mozková	+37 až +45
nekoagulovaná krev	+30 až +45
játra	+50 až +65
koagula	+60 až +80
kost	> +700
kovy	až +3000

Zdroj: Ferda et al., 2015, s.18

Lidské oko je schopné odlišit 16 odstínů šedé barvy z celé škály šedi, proto se při vyšetření konkrétních orgánů nastavuje určité rozmezí denzit - tzv. okno (window). Při nastavení okna pracujeme se středem (C) a šířkou vybraného okna, které zobrazuje denzitu určité struktury (Nekula et al., 2014). Při vyšetření konkrétních oblastí už je přednastaveno rozmezí denzit – například při vyšetření plic používáme tzv. plicní okno, které má nastavené rozpětí denzit -1024 až +300HU, nebo při vyšetření skeletu se zadává tzv. kostní okno s rozpětím -200 až 3072HU (Malíková et al., 2022). Následující tabulka uvádí základní prohlížečí okna u vybraných CT vyšetření.

Tabulka 2: Základní prohlížečí okna u CT vyšetření

Vyšetřovaný orgán	Šířka okna	Střed okna
Mozek	75-90	30
Břicho	350	35
Mediastinum	400	40
Plíce	1 600	-600
Skelet 1	1 300	300
Skelet 2	3 700	600

Zdroj: Vomáčka et al., 2023, s.46

K dosažení zvýraznění absorpce ve vyšetřovaných strukturách se intravenózně aplikuje jódová kontrastní látka. Kontrastní látka se podává i z důvodu zhodnocení nasycení patologických ložisek ve vyšetřované oblasti (Malíková et al., 2022). Kontrastní látka se podává buďto ručně nebo z tlakového injektoru. Množství kontrastní látky závisí na rozsahu a typu vyšetřované oblasti. Množství se pohybuje od 40 -120ml rychlostí v průměru 2-5 ml/s (Ferda et al., 2015).

Provedení CT vyšetření

Pokud pacient dorazí na CT vyšetření s kontrastní látkou, je potřeba, aby vlastnímu vyšetření předcházela příprava pacienta. Alespoň 6 hodin před výkonem je pacient nalačno, důležitá je dostatečná hydratace. Podstatné je zaznamenat alergologickou anamnézu a také musí být známy hodnoty, jak kvalitní jsou renální funkce (kreatinin, glomerulární filtrace), protože jódová kontrastní látka se vylučuje ledvinami. Těsně před samotným vyšetřením pacient doplní a podepíše informovaný souhlas. Pacientovi se zajistí nitrožilní vstup plastikovou kanylou, do které se následně přepojí tlakový injektor (Vomáčka et al., 2023).

Následně se vyšetřovaná osoba položí na vyšetřovací stůl. U CT hlavy a mozku je potřeba hlavu zafixovat. Nejdříve se vytvoří plánovací sken dané oblasti, dále se zvolí optimální rozsah daného vyšetření. Dělá se to proto, aby nadbytečné části nezvyšovaly radiační dávku. Poté následuje nastavení akvizičních dat. Data, které se získají z tohoto vyšetření se nazývají hrubá data (raw date). Tato získaná data jsou potřeba k produkci výsledných rekonstrukčních obrazů (Vomáčka et al., 2023). Získané obrazy i s rekonstrukcemi se ukládají do PACS systému. Dříve se záznamy ukládaly na DVD nebo CD (Nekula et al., 2014).

Indikace k CT vyšetření

CT vyšetření má zásadní roli v traumatologii (akutní polytraumata, u život ohrožujících stavů). Dále se provádí u akutních cévních mozkových příhod k vyloučení možnosti krvácení, ale také ke zhodnocení průchodnosti tepen u cévní mozkové příhody (Malíková et al., 2022). Pomocí CT se může diagnostikovat nádorová onemocnění (převážně parenchymových orgánů) nebo čerstvé krvácení. CT vyšetření má zásadní význam při nejasné diagnóze nebo při potížích u pacientů po operaci v oblasti břicha i pánve nevyjímaje retroperitonea (Vomáčka et al., 2023). CT se také využívá ke kontrole prováděných biopsií nebo při drenážích tekutinových kolekcí (Heřman et al., 2014).

Kontraindikace k CT vyšetření

U nativního CT není ani jedna absolutní kontraindikace. Relativní kontraindikací u tohoto typu vyšetření je těhotenství. Absolutní kontraindikací u CT vyšetření s použitím kontrastní látky je alergie na danou látku (Malíková et al., 2022).

3.5 Magnetická rezonance (MR)

Magnetická rezonance je technologicky nejnáročnější vyšetřovací metoda. Je to neinvazivní metoda, která má mnoho výhod. Podrobně zobrazuje lidské tělo – jeho vnitřní strukturu, fyziologii i patofyziologii, a velmi podrobně zobrazuje kontrast měkkých tkání (Rosina et al., 2021). V oblasti diagnostiky udělala MR obrovský skok vpřed, a to díky tomu, že zde pacient není vystaven ionizujícímu záření (Grover et al., 2015).

Různé struktury lidského těla mají odlišné vlastnosti během působení v magnetickém poli, a to vytváří výsledné zobrazení. Magnetická rezonance využívá fyzikální jev, kdy jsou atomová jádra s lichým počtem protonů mírně magneticky aktivní a při působení silného magnetického pole přijímají i vysílají energii jako elektromagnetické vlnění. Jediným chemickým prvkem, který se v MR využívá je vodík, protože má atomové jádro s pouze jedním protonem a je v lidském těle bohatě zastoupen. Aby došlo k relevantnímu zobrazení, musíme poskytnout protonům vodíku energii (radiofrekvenční RF impulzy) a pomocí cívek zachycujeme radiofrekvenční energii protonů, které v rozličných tkáních tuto energii ztrácejí (relaxace) (Malíková et al., 2022).

Atomy tkání lidského těla mají atomová jádra s obsahem protonů a neutronů. Tyto protony se otáčejí kolem svojí osy (spin), a protože mají elektrický náboj, vzniká v jejich okolí magnetické pole (magnetický moment). Při MR se využívají jádra atomů s lichým nukleonovým číslem, protože mají snadno detekovatelný magnetický moment (Ferda et al., 2015).

Jak již bylo výše uvedeno, nejčastěji využívaným atomem obsaženým v lidské tkáni je vodík s jedním protonem. Mohou se využívat i atomy jiných prvků, ty ale vysílají mnohem menší signál. Normálně jsou v tkáních vektory magnetického momentu protonů vodíku neuspořádané a nevykazují magnetickou aktivitu. Při působení silného magnetického pole se vektory magnetického pole protonů vodíku uspořádají paralelně s jeho vektorem, pouze malá část antiparalelně (Ferda et al., 2015).

V statickém magnetickém poli konají protony rotační pohyb ve tvaru kužele (precese) a jeho frekvence záleží na síle magnetického pole (Larmorova frekvence). Pokud dodáme rotujícím protonům energii – radiofrekvenční impulz (který je podobný krátkým rozhlasovým vlnám), dojde ke změně směru jejich magnetického momentu a ten se nyní dá zaznamenat. Excitované protony změní svůj směr o 90° nebo 180° (rezonance) a precese je synchronní. Když dojde k přerušení impulzu, protony i jejich precesní pohyb se vrátí do dřívější polohy (relaxace) (Vomáčka et al., 2023).

Během relaxace vydávají protony energii jako elektromagnetické záření, které prostupuje různými tkáněmi různě dlouhou dobu (relaxační čas), což je zobrazeno v různých odstínech šedé barvy. Tato uvolněná elektromagnetická energie se díky cívkám umístěným blízko povrchu těla přemění na energii elektrickou a ta se zaznamenává. Mezi jednotlivými fázemi relaxace se radiofrekvenční impulzy několikrát opakují (sekvence) (Vomáčka et al., 2023).

Indikace k vyšetření MR

Přesné zobrazení jednotlivých struktur lidského těla, které by byly jinými zobrazovacími metodami špatně posuzovatelné (zadní jáma mozku, hypofýza, postižení míchy, vyšetření malé pánve). Vyšetření bez ionizujícího záření vhodné hlavně pro děti a mladé ženy v plodném věku (Malíková et al., 2022).

Kontraindikace k MR

Kontraindikací k vyšetření magnetickou rezonancí jsou implantáty, které v sobě mají elektronické zařízení (např. neurostimulátory, kardiostimulátory, defibrilátory, kochleární implantáty, inzulinové pumpy), respektive typy, které nejsou MR kompatibilní. Vyšetřovaný pacient nesmí mít žádný kovový předmět v oblasti oka. Vyšetření MR se nedoporučuje v těhotenství, i když v indikovaných případech se při podezření na vrozenou vadu provádí MR plodu (Heřman et al., 2014).

Relativní kontraindikací při MR vyšetření jsou kovové předměty, které i když se při vyšetření zahřejí, neohroží pacienta na životě. Po voperování implantátů (endoprotézy, stenty, osteosyntézy, srdeční chlopně) se doporučuje MR vyšetření minimálně 6 týdnů po zákroku. Další relativní kontraindikací je klaustrofobie (Malíková et al., 2022).

4. Kontrastní látky (KL)

Brzy po objevení rentgenových paprsků bylo jasné, že je třeba zvýšit kontrast rentgenových snímků. Kontrastem se rozumí rozdíl v projasnění jednotlivých tkání a jejich patologie, struktur, funkčnosti jednotlivých tkání zhotoveného snímku. Postupně byly objeveny chemické látky, které mají tyto vlastnosti – nejprve se experimentovalo s bismutem, který je ale toxický. V roce 1909 bylo poprvé použito baryum, v roce 1950 jodová kontrastní látka, pro magnetickou rezonanci se v roce 1988 začala používat gadoliniová KL (Malíková et al., 2022).

Podle typu kontrastu se KL dělí na pozitivní a negativní. Pozitivní KL pohlcují více záření než kosti a tkáně, proto jsou na snímcích zobrazeny bíle. Tuto vlastnost mají KL s obsahem barya a jódu, používají se při skiaskopickém, skiagrafickém a CT zobrazení. Negativní KL snižují absorpci záření a na snímcích jsou zobrazeny černě. Jsou to vzduch, oxid uhličitý, roztoky alkoholických cukrů (sorbitol, manitol), metylcelulóza (Malíková et al., 2022). V současnosti se negativní KL používají v kombinaci s pozitivními KL především při vyšetření trávicí trubice jako metoda dvojího kontrastu (Nekula et al., 2014).

4.1 Pozitivní KL baryové

Suspenze síranu barnatého se používá k rentgenové diagnostice trávicí trubice a vyšetření tenkého střeva (enteroklýza). Kromě základní látky obsahuje suspenze i pomocné látky. Důležité jsou stabilizátory, které oddalují proces sedimentace a vločkování síranu barnatého. Podle typu vyšetření se používají různé denzity přípravku od pasty po řidší suspenzi. Aktuálně se používá přípravek Micropaque a Prontobario. KL s obsahem barya mají minimum kontraindikací (Vomáčka et al., 2023). Při průchodu trávicí trubici se baryum nevstřebává, nesmí však proniknout mimo GIT, protože může způsobit zánět. Proto je baryová suspenze při podezření na protržení nebo uzávěr trávicího traktu kontraindikována (Malíková et al., 2022).

Mezi vyšetřovací metody gastrointestinálního traktu, které jako kontrastní látku používají suspenzi síranu barnatého, patří skiaskopické vyšetření celé pasáže GIT od polykání, přes zobrazení tlustého střeva, konečníku až po CT zobrazení břicha a pánve (Malíková et al., 2022).

4.2 Kontrastní látky s obsahem jodu

Jodové KL mající na benzenovém jádře připoutány tři atomy jodu se aplikují intravenózně při angiografickém, urografickém a CT vyšetření. Mohou mít pevné, olejové a vodné skupenství (Vomáčka et al., 2023).

Pevná forma tablet se využívala při vyšetření žlučníku, olejová KL s obsahem jodu k zobrazení lymfatického systému a sialografii. Pevné a olejové formy se v podstatě nepoužívají. Olejové se v současnosti využívají při označení embolizačního materiálu, nevýhodou je riziko plicní embolie při průniku do cévního systému (Vomáčka et al., 2023).

Jodové ve vodě rozpustné KL jsou využívány nejčastěji, i když mají potenciaální riziko nepříznivých reakcí. Jsou vylučovány játry – hepatotropní nebo ledvinami – nefrotropní. Hepatotropní KL se používaly k vyšetření žlučníku a žlučových cest, ale v současnosti se nepoužívají. Nefrotropní KL mají různé koncentrace, které jsou uvedeny v miligramech jodu v 1ml kontrastní látky. Čím je vyšší koncentrace, tím je lepší kontrast a možnost použít menší množství roztoku. Při patologických změnách proniká KL do intracelulárního prostoru nebo přes hematoencefalickou bariéru (Vomáčka et al., 2023).

Pro použití kontrastní látky je ideální, aby byla jeho osmolarita stejná jako u krevního séra (izoosmolární). Pokud je osmolarita KL 2x větší než u séra, jedná se o nízkoosmolární KL, vysokoosmolární KL mají osmolaritu 7x větší (Nekula et al., 2014).

4.2 Nežádoucí účinky kontrastních látek

Každé pracoviště, které používá kontrastní látky, musí být vybaveno na případnou akutní nežádoucí událost a kardiopulmonální resuscitaci. Při podání může dojít k alergoidním reakcím. KL mohou mít nefrotoxický účinek, což je limitující faktor u rizikových pacientů. Nejvíce nežádoucích účinků mají jodové kontrastní látky. Reakcí na jejich podání (alergoidní reakce) je uvolnění histaminu a serotoninu do organismu a rychlý projev příznaků, které nesouvisí s množstvím podané KL. Mírným příznakem je urtika, střední reakci doprovází tachykardie, pokles krevního tlaku, laryngální edém nebo bronchospasmus. Těžkou reakcí na podání je anafylaktický šok a selhání oběhu. Rizikovým pacientům se před vyšetřením podávají kortikoidy. Při současném podávání nízkoosmolálních KL je riziko nežádoucích účinků menší než 1 % (Ferda et al., 2015).

Chemotoxická reakce ovlivňuje při podání KL konkrétní orgán a úměrně roste s podaným množstvím KL. Nejčastěji postihuje ledviny – nefrotoxicita, méně častá je kardiotoxicita a neurotoxicita. Prevencí těchto stavů je podání nejmenšího možného množství KL a dostatečná hydratace pacienta (Ferda et al., 2015). Po aplikaci KL musí pacient alespoň 30 minut setrvat v čekárně a dostatečně pít. Riziková jsou pacienti do 15 a nad 70 let věku, nemocní s různými alergiemi, diabetem, onemocněním ledvin, cévní mozkovou příhodou, mnohočetným myelomem (Vomáčka et al., 2023).

4.4 Negativní kontrastní látky

Negativní KL se používají na zvýšení kontrastu tak, aby byl vyšetřovaný orgán dobře diferencovatelný od okolní tkáně. Do tělních nebo orgánových dutin se vhání vzduch nebo jiný plyn, který je na snímcích zobrazen černě a dává vyniknout parenchymatózním orgánům. V současnosti se negativní KL kombinují s pozitivními KL – metoda dvojího kontrastu. Používá se především při vyšetření trávicí trubice, kdy je jako negativní KL použitý plyn nebo různé roztoky. Jedná se o roztoky alkoholických cukrů (manitol, sorbitol) nebo methylcelulózy, které pohlcují rentgenové záření jen minimálně (Vomáčka et al., 2023).

5. Vyšetření gastrointestinálního traktu

5.1 Zobrazení jícnu pomocí kontrastní látky

Jedná se o dynamické vyšetření, které se provádí pod skiaskopickou kontrolou. Tímto vyšetřením se sleduje, jakým způsobem podaná kontrastní látka v horním oddílu trávicí trubice prochází (Ferda et al., 2015).

Indikace ke kontrastnímu vyšetření trávicí trubice se vzhledem k vývoji endoskopie a dalších zobrazovacích modalit (CT a MR) významně zmenšil (Malíková et al., 2022).

Vyšetření, u kterých se využívají kontrastní látky, dělíme na monokontrastní (jedna KL – většinou pozitivní) a dvojkontrastní (kombinace negativní a pozitivní KL). V dnešní době však převažuje dvojkontrastní vyšetření – výsledný rtg obraz je z pohledu diagnostiky kvalitnější a lépe hodnotitelný (Nekula et al., 2014).

Indikace

Tento způsob vyšetření je hlavně prováděn u pacientů, kteří mají problémy při polykání. Mezi poměrně časté indikace jsou pacienti, u kterých byly na jícnu nebo žaludku provedeny resekční výkony. V tomto případě se pomocí tohoto vyšetření hodnotí průchodnost anastamózy (Ferda et al., 2015).

Příprava pacienta

Příprava pacienta k vyšetření není složitá. Není nutné být před tímto vyšetřením nalačno (Vomáčka et al., 2023).

Postup vyšetření

Vyšetření se provádí zpravidla ve stoje. Dále se může vyšetřovat vleže, a to při průkazu varixů nacházejících se v jícnu. V případě dětských pacientů se mnohdy do jícnu zavádí cévka z důvodu zabránění proniknutí podané kontrastní látky do vzduchové trubice (Vomáčka et al., 2023).

Ve většině případů je postačující monokontrastní vyšetření. V některých případech lze udělat vyšetření dvojkontrastní v hypotonii. Po spolknutí kontrastní látky se pozorují peristaltické vlny. Snímkuje se v momentu, kdy je jícen zaplněný vzduchem. Díky tomu vznikne výsledný dvojkontrastní obraz. Při tomto vyšetření se zpravidla využívá hustší suspenze barya (Vomáčka et al., 2023).

Pokud vyšetření ukazuje na případné protržení jícnu, vždy se aplikuje jodová kontrastní látka (Vomáčka et al., 2023).

5.2 Vyšetření žaludku a duodena kontrastní látkou

Při vyšetřování žaludku se ve většině případů využívá endoskopie (Malíková et al., 2022). Při pasáži traktem nebo při vyšetření jícnu může být žaludek zobrazen jako součást těchto vyšetření (Ferda et al., 2015).

Monokontrastní vyšetření

Monokontrastní vyšetření se volí pouze při pooperačních stavech nebo výjimečně v rámci frakcionované náplně v tenkém střevě. U tohoto vyšetření se využívá baryová kontrastní látka. Na začátku vyšetření se nejdříve vytvoří reliéfová náplň. Po vypití pár doušek baryové kontrastní látky se zhotoví snímky (vertikální a horizontální rovina). Po vypití 0,5 l kontrastní látky se vytvoří náplň odlitková (Vomáčka et al., 2023).

Dvojkontrastní vyšetření žaludku

Jedná se o druh vyšetření, při kterém se využívá jak negativní kontrastní látky (oxid uhličitý), tak i pozitivní kontrastní látky (baryová směs ve formě suspenze). Pomocí tohoto vyšetření se může zobrazit i velice jemný slizniční reliéf, a to v kombinaci s hypotonií (Ferda et al., 2015).

Dvojkontrastní vyšetření žaludku se může využít ke zhodnocení pohyblivosti žaludku. Odlitková náplň se využívá k diagnostice bráničních hernií (Ferda et al., 2015).

Příprava pacienta k dvojkontrastnímu vyšetření

Pacient přichází na samotné vyšetření nalačno. Večer před vyšetřením pacient má zakázáno kouřit z důvodu zvyšování sekrece šťáv v žaludku a peristaltiky (Vomáčka et al., 2023).

Postup k dvojkontrastnímu vyšetření

Nejdříve se pacientovi podá negativní kontrastní látka ve formě šumivého prášku (Vomáčka et al., 2023). Z tohoto prášku se v žaludku uvolní oxid uhličitý (Heřman et al., 2014). Díky tomu se v této oblasti vytvoří plynová náplň negativního kontrastu. Následně se pacientovi podá 50ml baryové suspenze. Tuto suspenzi pacient vypije. Poté se pořizují snímky v klasických projekcích a dle doporučení radiologa také v Trendelenburgově nebo v jiné šikmé poloze (Vomáčka et al., 2023).

Pokud by u pacienta byla výrazná hypotonie a nebyla přítomna peristaltika, je možné teoreticky použít Morfin nebo Paspertin. Buscopan se naopak aplikuje v případě odchýlené rychlosti od normálního stavu (abnormální rychlost) a při hluboké peristaltice (Vomáčka et al., 2023).

5.3 Enteroklýza

Enteroklýza je dvojkontrastní vyšetření tenkého střeva sloužící k detailnímu zhodnocení slizničních změn vyskytujících se na tenkém střevě (Lukáš et al., 2018). V sedmdesátých až devadesátých letech patřila k hlavní zobrazovací metodě tenkého střeva. V dnešní době je enteroklýza ve většině případů nahrazena MR a CT (Ferda et al., 2015).

Indikace

Touto zobrazovací metodou se nejvíce vyšetřovala Crohnova choroba (idiopatický střevní zánět), v některých případech se využívala při podezření na primární nádor nebo u malabsorbčního syndromu (Lukáš et al., 2018).

Příprava pacienta

Pacient přichází na toto vyšetření nalačno (Lukáš et al., 2018).

Postup vyšetření

Na začátku vyšetření se pacientovi do nosní dutiny nebo přes ústní dutinu zavede sonda do žaludku. Pod skiaskopickým dohledem se odtud sonda díky říditelnému vodiči dostane do duodenojejunální flexury. Nejdříve se pacientovi skrz tuto sondu podá pozitivní kontrastní látka, konkrétně se jedná o 300 ml roztoku Micropaque suspenze, který se zředí s vodou, a jehož aplikační rychlost je 75ml/min. Rovnoměrnému naplnění celého tenkého střeva se docílí Jannetovou stříkačkou nebo rotační pumpou. Následně se pacientovi aplikuje negativní kontrastní látka - 0,5 % MTC (metylcelulóza) nebo HP 7000 (glycerin) (Vomáčka et al., 2023). Celé vyšetření trvá přibližně 15-20 minut. Za tuto dobu výplň dosáhne Bauhinovy chlopně (Nekula et al., 2014). Výsledkem enteroklýzy jsou snímky získané v různých projekcích pod skiaskopickou kontrolou (Heřman et al., 2014).

Nevýhody

Toto vyšetření představuje jak pro lékaře provádějící výkon, tak i pro pacienta vyšší radiační zátěž (Vomáčka et al., 2023).

5.4 CT enterografie

CT enterografie je zobrazovací metoda, která se využívá k zobrazení a vyšetření tenkého střeva. Pomocí tohoto vyšetření lze posoudit stěnu střeva nebo zhodnotit parenchymové orgány a jejich okolí (Ferda et al., 2015). Oproti CT kolonoskopii je u tohoto vyšetření lehčí příprava pacienta před vyšetřením a také zde není nutnost mít speciální software (Malíková et al., 2022). V této době se prakticky častěji využívá CT enterografie (Vomáčka et al., 2023).

Indikace a kontraindikace

V posledních 20 letech dochází jak v ČR, tak i v ostatních státech ke stále zvyšujícímu se výskytu pacientů, kteří trpí idiopatickými střevními záněty – Crohnova choroba, ulcerózní kolitida (Hrdlička, 2018).

Toto vyšetření se obvykle provádí u Crohnovy choroby k odhalení a posouzení oblastí, kde se vyskytují zánětlivé aktivity (Marion et al., 2014). K dalším indikacím patří podezření na maligní tumory tenkého střeva (Ferda et al., 2015). V posledních 50 let se incidence tohoto druhu maligního onemocnění zvyšuje. Mezi hlavní příčiny tohoto stoupajícího výskytu je nezdravý životní styl obyvatelstva (Barsouk et al., 2019).

Dále se využívá při vyhledávání zdrojů okultního (skrytého) krvácení (Lukáš et al., 2018). CT enterografie se nesmí provádět v průběhu těhotenství (Malíková et al., 2022).

Příprava pacienta

Na samotné vyšetření pacient přichází nalačno (Malíková et al., 2022).

Postup vyšetření

Hodinu před samotným vyšetřením pacient vypije 1 000 – 2000 ml roztoku Mannitolu. Roztok Mannitolu roztáhne a vyplní střevní kličky (Heřman et al., 2014). Tento roztok po ukončení vyšetření způsobuje u většího počtu pacientů řídkou stolicí, protože se Mannitol v těle neabsorbuje (Lukáš et al., 2018). Pro zastavení střevní peristaltiky se intravenózně pacientovi aplikuje 20mg Buscopanu. Poté se pacientovi aplikuje jódová kontrastní látka a provede se CT. Z tohoto vyšetření se získají hrubá (raw) data, která se následně zrekonstruují v měkkotkáňovém algoritmu v MPR koronární rovině. Lze použít i jiné algoritmy (Vomáčka et al., 2023).

Výhody a nevýhody

Ve srovnání s enteroklýzou, CT enterografie zobrazuje střeva i jeho okolí struktury trojrozměrně při přibližně stejném radiačním zatížením. Způsob provedení CT enterografie je jednodušší (Lukáš et al., 2018).

Nevýhodou této zobrazovací metody je relativně vysoká radiační zátěž pro pacienta (Lukáš et al., 2018).

Obrázek 1: CT enterografie v koronární rovině



Zdroj: archiv Radiologické kliniky FNOL

Obrázek 2: CT enterografie v sagitální rovině



Zdroj: archiv Radiologické kliniky FNOL

5.5 CT enteroklýza

CT enteroklýza se využívá k zobrazení tenkého střeva pomocí výpočetní tomografie. CT enteroklýza se od CT enterografie v podstatě moc neliší. Liší se pouze ve způsobu podání kontrastní látky. Perorálně se kontrastní látka podává u pacientů, kteří jsou objednáni na CT enterografii (Vomáčka et al., 2023).

Postup vyšetření

Kontrastní látka se u CT enteroklýzy aplikuje do nazojejunální sondy, která se pomocí skiaskopie zasune do oblasti přechodu duodena a jejunu. U tohoto vyšetření se například aplikuje 0,5 % karboxymethylcelulóza o objemu 1,5 l. Při této skiaskopické kontrole se aplikuje z celého objemu této kontrastní látky její první polovina. Druhá polovina se pacientovi aplikuje na CT. Poté se pacientovi intravenózně aplikuje Buscopan, jódová kontrastní látka a dále následuje samotné CT, ze kterého se získávají výsledná data, která se dále zpracovávají a rekonstruují ve všech rovinách po 5 mm vrstvách (Vomáčka et al., 2023).

5.6 MR enterografie

Magnetická rezonance se v dnešní době preferuje při diagnostice onemocnění gastrointestinálního traktu (Heřman et al., 2014). MR enterografie slouží k vyšetření a zobrazení trávicího traktu, především tenkého střeva pomocí magnetické rezonance (Grand et al., 2013). V dnešní době tento způsob vyšetření nahrazuje klasickou enteroklýzu (Nekula et al., 2014). MR enterografie nevyužívá rentgenového záření, což je jedna z výhod tohoto způsobu zobrazení (Heřman et al., 2014).

Ve srovnání s konvenčními RTG technikami poskytuje MR přímou vizualizaci stěn střev a jeho okolí. Přímá vizualizace pomáhá radiologům vyhodnotit, jak velká část střeva je postižena zánětem nebo jinými změnami. Pomocí MR lze i stanovit aktivitu daného onemocnění (Vaniček et al., 2015).

Indikace

Nejčastěji se MR enterografie uplatňuje u Crohnovy nemoci (Vaniček et al., 2015). Tato metoda se uplatňuje při diagnostikování Crohnovy nemoci, sledování případné progresse onemocnění nebo také při vyhodnocování efektu léčby (Lišková et al., 2018).

Dále se uplatňuje při diagnostice chronických onemocnění střev. U chronických onemocnění by MR enterografie měla mít přednost, protože nevyužívá ionizující záření, tudíž pacient není vystaven radiační zátěži (Malíková et al., 2022). Z tohoto důvodu je MR enterografie dobrá pro vyšetření, které se po určité době opakují (Ferda et al., 2015). Také je vhodné tuto metodu indikovat u velmi mladých pacientů, u kterých bylo chronické onemocnění diagnostikováno (Malíková et al., 2022). MR enterografie se může využít i u pacientů, kteří mají nežádoucí účinky při CT vyšetření (Lišková et al., 2018).

Příprava pacienta

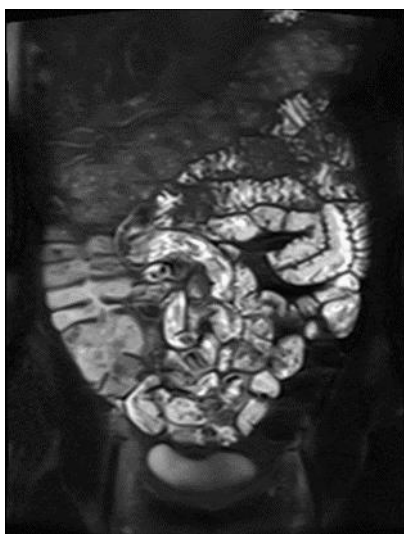
Příprava pacienta k MR enterografii je obdobná jak u CT enterografie (Ferda et al., 2015). Čtyři hodiny před tímto vyšetřením pacient nejí (Vomáčka et al., 2023).

Postup vyšetření

Před samotným vyšetřením pacient vypije 2 000 ml hyperosmolárního roztoku (Heřman et al., 2014). Například se pacientovi podá 2,5 % Manitol. Tato KL způsobí rozšíření kliček střev. Následně se phased array cívkou umístí k vyšetřovanému. Jednu minutu před zahájením vyšetření se pacientovi intravenózně podá 1 ml Buscopanu. Toto spasmolytikum způsobí zpomalení pohybu střev. Další krok spočívá v intravenózním podání paramagnetické kontrastní látky. Následně se provedou série jednotlivých sekvencí, přičemž k nejvíce využívaným se řadí nativní single shot v koronární (frontální) a axiální (transverzální) rovině. Využívají se také sekvence potlačující tuk (Vomáčka et al., s. 2023). U MR enterografie se může současně použít i ultrasonografické vyšetření (Nekula et al., 2014).

Jako experiment se perorálně pacientovi podávají supramagnetické kontrastní látky, které způsobují, že lumen střev je tmavý. Zatímco gadoliniové kontrastní látky, které také podáme perorálně způsobí, že lumen střev je bílý (Nekula et al., 2014).

Obrázek 3: MR enterografie v koronární rovině, T2 vážená sekvence s vysokým rozlišením



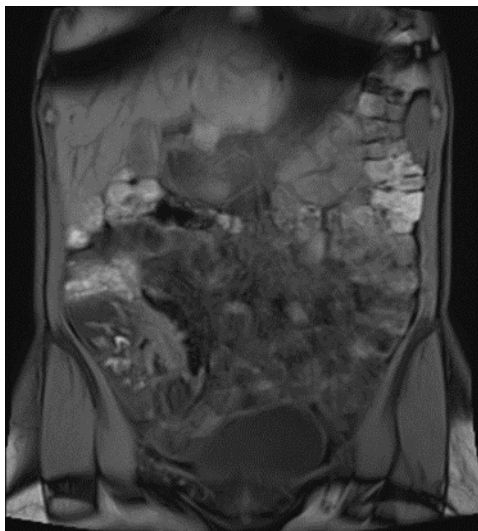
Zdroj: archiv Radiologické kliniky FNOL

Obrázek 4: MR enterografie v koronární rovině, T1 vážená sekvence s vysokým kontrastem



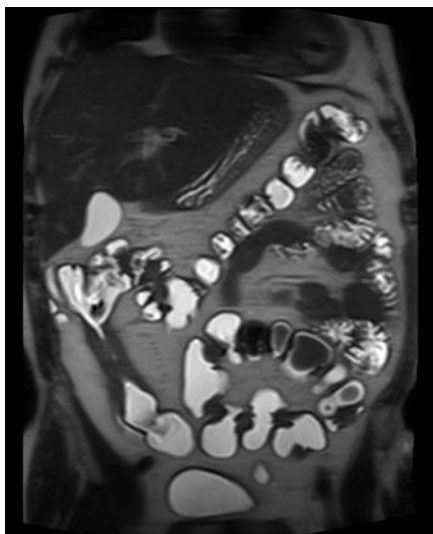
Zdroj: archiv Radiologické kliniky FNOL

Obrázek 5: MR enterografie v koronární rovině, Crohnova choroba



Zdroj: archiv Radiologické kliniky FNOL

Obrázek 6: MR enterografie v koronární rovině, recidiva Crohnovy choroby



Zdroj: archiv Radiologické kliniky FNOL

Výhody a nevýhody CT/MR enterografie

V porovnání s CT MR enterografie lépe rozlišuje kontrast v měkkých tkání (Moy et al., 2016). Jedna z výhod MR oproti CT je také nižší výskyt účinků, které mají negativní vliv na lidský organismus (Yoon et al., 2015).

CT enterografie využívá ionizující záření. Z tohoto důvodu by tato metoda neměla být často využívána u dětských pacientů (Masselli et al., 2016).

Výhodou CT enterografie jsou nižší náklady na samotné vyšetření a zkrácený čas vyšetření (Masselli et al., 2016).

5.7 MR enteroklýza

MR enteroklýza je výborný způsob zobrazení anomálií nacházející se v oblasti tenkého střeva (El Fattach et al., 2015). MR enteroklýza poskytuje spolehlivější zobrazení tenkého střeva než MR enterografie. Z důvodu nezbytného zavedení nazojejunální sondy je tento druh vyšetření v praxi méně používán (Heřman et al., s. 2014).

Příprava pacienta a postup vyšetření

Pacient 3 dny před samotným vyšetřením úplně vyloučí stravu obsahující vlákninu (Faggian et al., 2016). Pacientovi se zavede nazojejunální sonda stejným způsobem jak u CT enteroklýzy a to za kontroly skiaskopie. Poté se pacientovi skrze sondu aplikuje kontrastní látka na bázi methylcelulóza-voda. MR enteroklýza využívá stejných sekvencí jak MR enterografie (El Fattach et al., 2015).

5.8 CT kolografie

CT virtuální koloskopie je moderní zobrazovací metoda, která se využívá při zobrazení tlustého střeva v oblasti tračniku pomocí výpočetní tomografie (CT) (Malíková et al., 2022). V polovině devadesátých let 20. století byla tato zobrazovací metoda představena a od této chvíle se nadále zdokonaluje. Výsledkem tohoto vyšetření je trojrozměrný virtuální obraz, který je následně upravován pomocí postprocessingu (Falt et al., 2015).

V porovnání s klasickou kolonoskopií je tento způsob vyšetření rychlejší, pro pacienty přijatelnější a dovoluje ve výjimečných případech zhodnotit i patologie nacházející se mimo oblast střev. U CT virtuální koloskopie nelze vyjmout nalezené léze nebo vykonat biopsie (Malíková et al., 2022).

Indikace

Tato metoda se volí po neúspěšné endoskopii. Příčiny nevydařené endoskopie spočívají v srůstech, v případě částečného nebo úplného uzávěru střeva, nebo u velkého vinutí střeva (Nekula et al., 2014). CT kolografie pomáhá nalézt polypy, případně nádory tlustého střeva (Lambert & Šimáková, 2017).

Nádor kolorekta (nádor tlustého střeva) patří mezi závažné onkologické onemocnění, které se řadí mezi druhou příčinu úmrtí na světě. V západních státech toto nádorové onemocnění převládá. Jedním z důvodů vzniku kolorektálního karcinomu je nepříznivý životní styl (konzumace alkoholu, kouření, nedostatek fyzické aktivity, obezita). K rizikovým faktorům tumoru kolorekta se řadí i pozitivní rodinná anamnéza (Sisková et al., 2020).

Tato metoda se volí u pacientů, kteří odmítnou optickou kolonoskopií nebo v případech, kdy nelze kolonoskopií zrealizovat (Falt et al., 2015).

U zánětlivých změn na střevech není tento druh vyšetření ideální. V případech, kdy má lékař podezření na Crohnovo onemocnění, je lepší využít CT enterografii (Falt et al., 2015).

Kontraindikace

Mezi kontraindikace u tohoto typu vyšetření se řadí těhotenství, podezření na perforaci střeva, střevní neprůchodnost, akutní kolitida, nebo u kýly obsahující obsah tlustého střeva (zvýšené riziko uskřinutí během výkonu) (Lambert & Šimáková, 2017). K relativním kontraindikacím se řadí polypektomie či provedená biopsie (Falt et al., 2015).

Příprava pacienta

Před zahájením samotného vyšetření je podstatné pacientovi podat informace o přípravě a průběhu výkonu. Doporučuje se týden před tímto vyšetřením nebrat léky, které ve svém složení obsahují železo (Falt et al., 2015).

Dále se pacientům doporučuje tři dny před tímto výkonem vynechat potraviny obsahující vlákniny (bezezbytková strava). Podstatné je také dodržovat pitný režim (Falt et al., 2015). K dosažení lepšího vyprázdnění střev se doporučuje zkombinovat bezezbytkovou stravu a laxativa. Alespoň tři hodiny před zahájením vyšetření se pacientovi podá neředěná kontrastní látka, která má za cíl označit zbývající obsah střev. Tato kontrastní látka pomáhá rozeznat obsah, který se ve střevě nachází od případně nalezeného ložiska ve střevní stěně, a tím zjednodušuje vyhodnocení celého vyšetření (Malíková et al., 2022).

Průběh vyšetření

Pacientovi se zavede rektální rourka, do které se postupně vpraví plyn (CO₂ nebo vzduch). V této části vyšetření je pacient uložen na pravý bok (Vomáčka et al., 2023). Použití CO₂ je pro pacienta méně bolestivé v porovnání se vzduchem. Roztažení (distenze) střev se uskutečňuje díky insuflačnímu setu, který monitoruje množství podaného plynu a intraluminálního tlaku (Falt et al., 2015). Poté se pacientovi aplikuje Buscopan (Nekula et al., 2014). V první fázi tohoto vyšetření pacient zaujme polohu na břiše. V druhé fázi pacient leží zádech (Vomáčka et al., 2023). Výměnou těchto dvou poloh se zamezí zakrývání ponořených lézí a také lze vidět případné změny ve dvou rovinách (Falt et al., 2015). Následně proběhne vlastní skenování a zhodnocení získaných dat. Tyto data se dále pomocí softwaru upravují a umožňují tyto data zobrazit v podobě 3 D virtuální kolonoskopie, nebo upozornit na podezřelé léze (Malíková et al., 2022). Po dokončení tohoto vyšetření je nutné uvolnit plyny nacházející se v tračníku (Nekula et al., 2014).

Výhody a nevýhody

Oproti kolonoskopii je CT kolografie méně invazivní (Laghi, 2014). U tohoto vyšetření není potřeba analgosedace, nezavádí se kolonoskop do oblasti tračníku. Z hlediska bezpečnosti je tento druh vyšetření bezpečný, pouze v malých procentech mohou vzniknout komplikace například perforace. K dalším výhodám je i možnost prohlédnout si lézi z většího počtu úhlů, dostat se skrz zúžení střev, anebo vyhodnotit postižení lymfatických uzlin (Falt et al., 2015). Ve srovnání s kolonoskopií je CT kolografie z hlediska přípravy méně složitá (Gandon, 2014).

Největší nevýhodou CT kolografie je, že nelze z podezřelého útvaru odebrat vzorek k následnému histologickému zhodnocení. Také není možné tento útvar odstranit. Cena CT kolografie je dvojnásobně vyšší než u optické kolonoskopie. V České republice nelze provést screeningovou CT kolografií v porovnání s některými vyspělými státy, kde je to možné (Lambert & Šimáková, 2017).

Obrázek 7: CT virtuální kolonoskopie, poloha na břiše



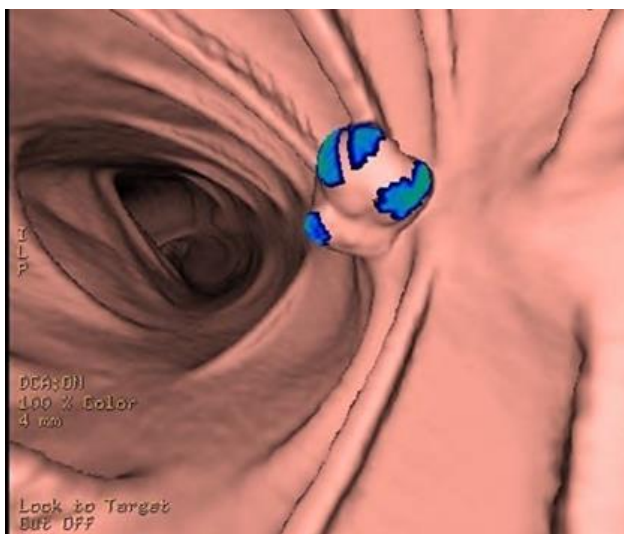
Zdroj: archiv Radiologické kliniky FNOL

Obrázek 8: CT virtuální kolonoskopie, poloha na zádech



Zdroj: archiv Radiologické kliniky FNOL

Obrázek 9: CT virtuální kolonoskopie, polyp (označený modrou barvou)



Zdroj: archiv Radiologické kliniky FNOL

5.9 Irigografie

Irigografie je zobrazovací metoda, která slouží k zobrazení tlustého střeva (Nekula et al., 2014). Jedná se o dvojkontrastní zobrazení tračníku (Heřman et al., 2014). V minulosti byl tento druh vyšetření hojně využíván, nyní se upřednostňují endoskopické metody nebo výpočetní tomografie (Ferda et al., 2015). Oproti endoskopii má tento způsob zobrazení nižší citlivost k vyhledávání plochých a malých ložisek a také pomocí této metody nelze vzít vzorek k histologii. Irigografie se uskutečňuje pod skiaskopickou kontrolou (Falt et al., 2015).

Indikace a kontraindikace

Nejčastěji je irigografie v dnešní době používána ke zhodnocení stavu anastomózy po výkonech prováděných na tlustém střevě. Také může pomoci při posuzování délky a velikosti zasažené části střeva. Irigografie se nejvíce používá k vyšetření dětí (Falt et al., 2015).

Vyšetření se nesmí provádět v případě podezření perforace nacházející se v oblasti tlustého střeva (Falt et al., 2015).

Příprava pacienta

Příprava spočívá přijímáním kašovitě stravy a nutnosti den před vyšetřením vypít dva litry Fortransu (hypertonický roztok) (Vomáčka et al., 2023). Je důležité, aby před tímto vyšetřením ve střevech nezbyly žádné zbytky, které by mohly způsobit vážné diagnostické omyly (Heřman et al., 2014).

Průběh vyšetření

Pacientovi se intravenózně aplikuje 2 ml Buscopanu. Následně se do střeva aplikuje v množství 500 ml baryová suspenze, po které se do střeva insufluje vzduch (Nekula et al., 2014). Díky vzduchu se tlusté střevo rozpíná a současně posouvá pozitivní kontrastní látku do ostatních částí tlustého střeva. V průběhu insuflace se pacient polohuje proto, aby se suspenze dostala do všech částí tračníku (Heřman et al., 2014). Celé vyšetření se odehrává na skiaskopickém stole pod skiaskopickou kontrolou. Před tímto vyšetřením je podstatné, aby ve střevech nezbyly žádné zbytky, které by mohly způsobit vážné diagnostické omyly (Heřman et al., 2014). Výsledkem jsou projekce, které jsou standardizované, a skládají se z jednotlivých částí tlustého střeva. Během vyšetření pacient leží jak na zádech, tak i na břiše (Falt et al., 2015).

Výhody a nevýhody

V porovnání s CT kolografií má irigografie výhodu v zobrazení úseků tlustého střeva pod skiaskopickou kontrolou – sledování částí tlustého střeva v reálném čase. Nízká cena a přístrojově dostupné vybavení také patří k výhodám této zobrazovací metody (Falt et al., 2015).

Radiační zátěž je vyšší než u CT kolografie. Vzhledem k tomu, že je toto vyšetření nahrazováno jinými metodami, dochází také ke snížení počtu lékařů, kteří toto vyšetření svedou jak kvalitně provést, tak i ho podrobně vyhodnotit (Falt et al., 2015).

5.10 Defekografie

Defekografie je zobrazovací metoda, která se využívá u dynamického zobrazení rektální evakuace (Heřman et al., 2014). Tento druh vyšetření pomáhá při nacházení anomálie, které se těžce detekují jiným způsobem vyšetření (Berková et al., 2020).

Indikace

Tento druh vyšetření se indikuje u pacientů, kteří cítí bolest v pánvi nebo konečníku během stolice, při nechtěném úniku stolice, nebo u obtížného vyprazdňování (Vomáčka et al., 2023).

Příprava pacienta

Příprava pacienta před tímto výkonem není složitá. Příprava spočívá v zavedení čípku, díky kterému se rektum vyprázdní, a následně se může provést samotné vyšetření (Heřman et al., 2014).

Postup vyšetření

Na úplném začátku vyšetření se pacientovi podá zředěná baryová kontrastní látka v množství 400 ml. Po vypití kontrastní látka zaplní tenké kličky. Následně se rektálně aplikuje speciálně upravená baryová kontrastní látka obdobné hustoty, jako má stolice. V této fázi je pacient na levém boku. Další krok spočívá v přemístění pacienta na speciální defekační křeslo. Součástí tohoto křesla je i zařízení pro skiografii a skiaskopii. Pomocí monitoru lékař sleduje pacientův průběh vyprazdňování. V průběhu tohoto vyšetření se zpravidla pořídí 6 snímků v různých fázích vyšetření (Vomáčka et al., 2023).

5.11 Magnetická rezonance rekta

Magnetická rezonance má ve stanovování stadiu (rozsahu) karcinomu rekta velmi zásadní roli. Výhodou této metody je kromě nepřítomnosti ionizujícího záření i výborný kontrast v měkkých tkáních, kterým lze lépe rozlišit zdravou tkáň od té poškozené. Vyšetření magnetickou rezonancí je vykazováno vysokou specificitou. Tato zobrazovací metoda hraje také důležitou roli při rozhodování chirurgů, zda provést či neprovést zákrok (Bohatá, 2017). Touto metodou lze zobrazit i postižení uzlin eventuálně vyhodnotit odpovědi na léčbu tumoru (Ferda et al., 2015).

Touto metodou se vyšetřuje, jak hluboko pronikl karcinom do mezorekta. Dle těchto naměřených hloubek vznikla klasifikace T3 karcinomů, které jsou dále rozděleny do 4 podskupin (Pazdírek et al., 2022).

Hodnotnější výsledky u nižších stádií tumoru má endorektální ultrasonografie (EUS) (Bohatá, 2017).

Příprava pacienta

Před tímto vyšetřením není potřeba žádná příprava (Bohatá, 2017).

Postup vyšetření

Standartní protokol k tomuto vyšetření by měl obsahovat převážně T2 vážené časy v axiální rovině, dále se používají sekvence v sagitální a koronární rovině. K lepšímu zobrazení primární nádoru se využívají difuzně vážené časy (Bohatá, 2017).

5.12 Magnetická rezonance fistulografie

Magnetickou rezonanci lze využít pro zhodnocení perianálních píštělí. Tato zobrazovací metoda by měla být provedena ještě před samotným chirurgickým řešením, a to převážně u lidí, kteří mají Crohnovu chorobu. Při tomto vyšetření se hodnotí průběh a napojení vyšetřovaných píštělí na struktury, které se vyskytují v okolí. Také je možné zhodnotit činnost (aktivitu) zánětu píštěle, a to pomocí nasycení jejich stěn. Díky tomu je možné rozlišit zahojené píštěle (Lukáš et al., 2018).

Závěr

Bakalářská práce se věnuje problematice vyšetřovacích metod gastrointestinálního traktu. Tyto vyšetřovací metody se neustále rozvíjejí a hrají podstatnou roli při správném určení diagnózy. Jedná se o standardní zobrazovací vyšetření, které se provádějí na většině radiologických pracovišť. Z tohoto důvodu je důležité, aby měl radiologický asistent o těchto jednotlivých typech vyšetření dobré znalosti, protože je nezbytnou součástí týmu.

Cílem bakalářské práce bylo podat ucelené informace o zobrazovacích modalitách při vyšetřování gastrointestinálního traktu. Popsat jeho anatomii a vybraná vyšetření od těch starších a aktuálně již méně používaných až po ty současné, které směřují k využíváním nových technologií ke kvalitnějšímu zobrazení. Přehledová práce se také věnuje používáním kontrastních látek, které jsou nezbytnou součástí řady vyšetření.

Prvním dílčím cílem práce bylo detailní popsání anatomie jednotlivých částí gastrointestinálního traktu (jícen, žaludek, tenké střevo, tlusté střevo).

Druhým dílčím cílem práce bylo podat informace o principech jednotlivých zobrazovacích metod. Popsala jsem zde rentgenové záření, jakým způsobem vzniká a jaký je rozdíl mezi skiagrafickým a skiaskopickým zobrazením. Dále je vysvětleno fungování a možnost použití ultrasonografie, výpočetní tomografie a magnetické rezonance. Všechny z uvedených zobrazovacích metod se využívají při zobrazení jednotlivých částí gastrointestinálního traktu.

Třetím dílčím cílem bylo uvést informace o kontrastních látkách, jejich rozdělení, využití a možné nežádoucí účinky.

Posledním cílem této práce byl rozbor vybraných jednotlivých vyšetření. V této kapitole jsem popisovala, v jakých případech se vyšetření indikují a případně kontraindikují. Nejčastější indikací při vyšetření střeva jsou idiopatické střevní záněty nebo onkologické nálezy. Indikací při vyšetřování žaludku je pooperační stav nebo zhodnocení jeho peristaltiky. K vyšetření jícnu přicházejí pacienti s problémem s polykáním, nebo po resekčních výkonech. Nejčastější kontraindikací je těhotenství, v případě MR vyšetření to jsou kovové implantáty.

Dále jsem popisovala přípravu pacienta k danému vyšetření. U zobrazení žaludku a střeva přichází pacient nalačno. V případě tlustého střeva je důležité absolutní vyprázdnění vyšetřované pasáže podáním laxativ a dodržení bezesbytkové stravy alespoň tři dny před vyšetřením.

Součástí této kapitoly byl popis postupu vybraných vyšetření. Konkrétně použití jednotlivých kontrastních látek a způsoby snímání. U některých vyšetření byly uvedeny výhody a nevýhody.

Všechny dílčí cíle, které jsem si na začátku bakalářské práce určila, byly splněny. Dohledané informace potvrzují, že zobrazovací metody jsou nedílnou součástí při správné diagnostice onemocnění gastrointestinálního traktu.

Referenční seznam

1. Barsouk, A., Rawla, P., Barsouk, A., & Thandra, K. C. (2019). Epidemiology of Cancers of the Small Intestine: Trends, Risk Factors, and Prevention. *Medical sciences (Basel, Switzerland)*, 7(3), 1-13. <https://doi.org/10.3390/medsci7030046>
2. Berková, A., Vlček, P., Korbička, J., & Vystrčilová, T. (2020). Obstipace jako projev obstrukčního defekačního syndromu a možnosti chirurgické terapie. *Medicína pro praxi*, 17(2), 114-117. <https://doi.org/10.36290/med.2020.022>
3. Bohatá, Š. (2017). Význam magnetické rezonance u nádorů rekta. *Onkologie*, 11(2), 61-65. <https://doi.org/10.36290/xon.2017.013>
4. Dylevský, I. (2019). *Somatologie: pro předmět Základy anatomie a fyziologie člověka* (3., přepracované a doplněné vydání). Grada Publishing
5. El Fattach, H., Dohan, A., Guerrache, Y., Dautry, R., Eveno, C., Boudiaf, M., Hoeffel, C., & Soyer, P. (2015). MDCT and MR imaging of the jejunum. *Diagnostic and interventional imaging*, 96(3), 227–237. <https://doi.org/10.1016/j.diii.2014.11.008>
6. Faggian, A., Fracella, M. R., D'Alesio, G., Alabiso, M. E., Berritto, D., Feragalli, B., Miele, V., Iasiello, F., & Grassi, R. (2016). Small-Bowel Neoplasms: Role of MRI Enteroclysis. *Gastroenterology research and practice*, 2016, 1-6. <https://doi.org/10.1155/2016/9686815>
7. Falt, P., Urban, O., & Vitek, P. (2015). *Koloskopie*. Grada Publishing
8. Ferda, J., Mírka, H., Baxa, J., & Malán, A. (2015). *Základy zobrazovacích metod*. Galén.
9. Fiala, P., Valenta, J., & Eberlová, L. (2015). *Stručná anatomie člověka*. Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum.
10. Gandon Y. (2014). Screening for colorectal cancer: the role of CT colonography. *Diagnostic and interventional imaging*, 95(5), 467–474. <https://doi.org/10.1016/j.diii.2014.03.012>
11. Grand, D. J., Beland, M., & Harris, A. (2013). Magnetic resonance enterography. *Radiologic clinics of North America*, 51(1), 99–112. <https://doi.org/10.1016/j.rcl.2012.09.007>
12. Grover, V. P., Tognarelli, J. M., Crossey, M. M., Cox, I. J., Taylor-Robinson, S. D., & McPhail, M. J. (2015). Magnetic Resonance Imaging: Principles and Techniques: Lessons for Clinicians. *Journal of clinical and experimental hepatology*, 5(3), 246–255. <https://doi.org/10.1016/j.jceh.2015.08.001>
13. Heřman, M. (2014). *Základy radiologie*. Univerzita Palackého v Olomouci.
14. Hrdlička, L. (2018). Péče o IBD pacienty v terénní praxi. *Vnitřní lékařství*, 64(6), 654-658. <https://doi.org/10.36290/vnl.2018.089>

15. Kachlík, D. (2018). *Anatomie pro nelékařské obory*. Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum.
16. Laghi A. (2014). Computed tomography colonography in 2014: an update on technique and indications. *World journal of gastroenterology*, 20(45), 16858–16867. <https://doi.org/10.3748/wjg.v20.i45.16858>
17. Lambert, L., & Šimáková, L. (2017). Přínos CT kolografie v klinické praxi. *Vnitřní lékařství*, 63(3), 183-187. <https://doi.org/10.36290/vnl.2017.038>
18. Lell, M. M., Wildberger, J. E., Alkadhi, H., Damilakis, J., & Kachelriess, M. (2015). Evolution in Computed Tomography: The Battle for Speed and Dose. *Investigative radiology*, 50(9), 629–644. <https://doi.org/10.1097/RLI.0000000000000172>
19. Lišková, Z., Sláviková, K., Mikula, P., & Lehotská, V. (2018). MR enterographic evaluation of the small bowel Crohn's subtypes: MR enterografické hodnotenie podtypov Crohnovej choroby tenkého čreva. *Česká radiologie*, 72(3), 151-160. http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad_1803_151_160.pdf
20. Lukáš, K., & Hoch, J. (Eds.). (2018). *Nemoci střev*. Grada Publishing.
21. Malíková, H. (2022). *Základy radiologie a zobrazovacích metod* (Druhé, aktualizované vydání). Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum.
22. Marion, Y., Lebreton, G., Le Penec, V., Hourn, E., Viennot, S., & Alves, A. (2014). The management of lower gastrointestinal bleeding. *Journal of visceral surgery*, 151(3), 191–201. <https://doi.org/10.1016/j.jviscsurg.2014.03.008>
23. Masselli, G., Mastroiacovo, I., De Marco, E., Francione, G., Casciani, E., Poletini, E., & Gualdi, G. (2016). Current techniques and new perspectives research of magnetic resonance enterography in pediatric Crohn's disease. *World journal of radiology*, 8(7), 668–682. <https://doi.org/10.4329/wjr.v8.i7.668>
24. Moy, M. P., Sauk, J., & Gee, M. S. (2016). The Role of MR Enterography in Assessing Crohn's Disease Activity and Treatment Response. *Gastroenterology research and practice*, 2016, 1-13. <https://doi.org/10.1155/2016/8168695>
25. Nekula, J., Krupa, P., Kozák, J., & Houserková, D. (2014). *Klinická radiologie: skriptum*. Ostravská univerzita v Ostravě.
26. Pazdírek, F., Vjaclovský, M., Grega, M., & Hoch, J. (2022). Možnosti léčby karcinomu rekta. *Onkologie*, 16(1), 33-37. <https://doi.org/10.36290/xon.2022.006>
27. Rosina, J., Vránová, J., & Kolářová, H. (2021). *Biofyzika: pro zdravotnické a biomedicínské obory* (2., doplněné vydání). Grada Publishing.

28. Siskova, A., Cervena, K., Kral, J., Hucl, T., Vodicka, P., & Vymetalkova, V. (2020). Colorectal Adenomas-Genetics and Searching for New Molecular Screening Biomarkers. *International journal of molecular sciences*, 21(9), 1-23. <https://doi.org/10.3390/ijms21093260>
29. Súpová, L. (2018). *Radiační ochrana při rentgenových výkonech – to nejdůležitější pro praxi*. Grada Publishing.
30. Vaníček, J., Hruška, L., & Kianička, B. (2015). Vyšetření tenkého střeva pomocí magnetické rezonance. *Vnitřní lékařství*, 61(2), 125-128. <https://www.casopisvnitrnilekarstvi.cz/pdfs/vnl/2015/02/08.pdf>
31. Vomáčka, J., Nekula, J., & Kozák, J. (2023). *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty* (Třetí, doplněné vydání). Univerzita Palackého v Olomouci.
32. Yoon, K., Chang, K. T., & Lee, H. J. (2015). MRI for Crohn's Disease: Present and Future. *BioMed research international*, 2015, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2015/786802>

Seznam zkratek

3D – trojrozměrný

4D – čtyřrozměrný

C – střed okna u výpočetní tomografie

ca – karcinom

CD – Compact Disc

cm – centimetr

CO₂ – oxid uhličitý

CR – nepřímá radiografie

CT – výpočetní tomografie

ČR – Česká republika

DR – přímá radiografie

DSA – digitální subtrakční angiografie

DVD – Digital Video Disc

EUS – endoskopická ultrasonografie

FNOL – Fakultní nemocnice Olomouc

GIT – gastrointestinální trakt

HU – Hounsfieldovy jednotky

kHz – kilohertz

KL – kontrastní látka

kV – kilovolt

l – litr

m – metr

MDCT – multidetektorová výpočetní tomografie

mg – miligram

ml – mililitr

ml/min – mililitr za minutu

ml/s – mililitr za sekundu

mm – milimetr

MPR – multiplanární

MR – magnetická rezonance

MTC – methylcelulóza (negativní kontrastní látka)

PACS – Picture Archiving and Communication System

PET/CT – pozitronová emisní tomografie/výpočetní tomografie

RF – radiofrekvenční

R/L nebo P/L – značky určující strany (pravá/levá strana)

RTG záření – rentgenové záření

SPECT/CT – jednofotonová emisní výpočetní tomografie/výpočetní tomografie

tzv – takzvaný

Seznam tabulek

Tabulka 1: Density některých tkání	17
Tabulka 2: Základní prohlížečí okna u CT vyšetření.....	17

Seznam obrázků

Obrázek 1: CT enterografie v koronární rovině	28
Obrázek 2: CT enterografie v sagitální rovině	28
Obrázek 3: MR enterografie v koronární rovině, T2 vážená sekvence s vysokým rozlišením	30
Obrázek 4: MR enterografie v koronární rovině, T1 vážená sekvence s vysokým kontrastem	31
Obrázek 5: MR enterografie v koronární rovině, Crohnova choroba.....	31
Obrázek 6: MR enterografie v koronární rovině, recidiva Crohnovy choroby	32
Obrázek 7: CT virtuální kolonoskopie, poloha na břiše	35
Obrázek 8: CT virtuální kolonoskopie, poloha na zádech	35
Obrázek 9: CT virtuální kolonoskopie, polyp (označený modrou barvou).....	36