

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zdravotně sociální fakulta

Vyšetření střev výpočetní tomografií, užití, výhody a nevýhody této metody

Bakalářská práce

Eva Smoláková
MUDr. Hynek Mírka PhD
2007

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním mé bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích15.5.2007

Eva Smoláková

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala zejména svému vedoucímu bakalářské práce MUDr. Hynku Mírkovi PhD za poskytnutí materiálů a cenných rad. Též musím poděkovat celé svojí rodině a všem svým drahým kolegům za trpělivost a duševní podporu při mém studiu.

Abstract

Computed tomography of the intestinal tract: usage, advantages and limitations.

In presented essay author tries to offer comprehensive overview of possibilities of computer tomography (CT) in examination of the intestinal tract at her radiologic department. Introduction of Multidetector CT represents outstanding advance in spatial resolution in z - axis and accelerated data acquisition without increase of radiation dose. All these advantages of Multidetector CT project strongly onto examination of the intestines. At author's department CT enterography and CT colonography replaced to the background classic methods as irrigoscopy and enteroclysis. The feasibility of assessment of the intestinal tract and other abdominal organs at the same time is the most significant contribution of this method. At our department we note progressive decrease of number of enteroclysis examinations since the year 2003. In the year 2006 was enteroclysis completely replaced by CT enterography. CT enterography is together with ultrasonography and magnetic resonance one of the methods of the first choice for examination of the small intestine. This method is very credible in diagnostics and follow-up of Crohn's Disease. Furthermore this examination is suitable for detecting other inflammatory diseases, tumors and other intestinal disorders. Same trend we observe in the examination of the large bowel. In the year 2006, CT colonography represented 91,8 % of all examinations of the large bowel. It was made in 67 cases and irrigoscopy was performed only in 6 cases (8,2%). The main indication of this method is detection of colorectal polyps and tumors in patients with nonrealizable or incomplete optical colonoscopy. It has almost 100% sensitivity in detection of colorectal carcinoma. This method also enables complex depiction of extracolonic spread of the tumor and metastatic disease. This is one of the the fittest methods for comprehensive staging of colorectal carcinoma. CT colonography is also suitable for diagnostics of diverticular disease and its complications. Limitations of this method are radiation exposure, intravenous application of iodine contrast medium and impossibility to obtain specimens for histologic examination. We expect, that future technologies will reduce some of these disadvantages.

Obsah

Úvod.....	7
1.Současný stav CT vyšetření střev.....	8
1.1 Anatomie tenkého a tlustého střeva.....	8
1.1.1 Tenkého střeva.....	8
1.1.2 Tlusté střeva.....	9
1.1.3 Patologie střev.....	12
1.1.3.1 Vývojové poruchy střeva.....	12
1.1.3.2 Divertikulární choroba.....	12
1.1.3.3 Cévní odchylky.....	12
1.1.3.4 Malabsorpční syndrom.....	13
1.1.3.5 Střevní záněty.....	14
1.1.3.6 Nespecifické střevní záněty.....	14
1.1.3.7 Tuberkulóza.....	15
1.1.3.8 Akutní apendicitida.....	15
1.1.3.9 Perforace střev.....	15
1.1.3.10 Neprůchodnost střev (ileus).....	16
1.1.3.11 Nádory střev.....	16
1.2 Princip výpočetní tomografie.....	17
1.2.1 Typy CT přístrojů.....	18
1.2.2 Artefakty CT obrazu.....	20
1.2.3 Akviziční parametry spirálního CT.....	22
1.2.4 Obrazové parametry spirálního CT.....	23
1.3 Virtuální endoskopie.....	24
1.4 Kontrastní látky pro výpočetní tomografii používané při vyšetření střev.....	26
1.4.1 Dělení kontrastních látek.....	26
1.4.2 Druhy a způsoby aplikace kontrastních látek.....	27
1.4.3 Intravenózní kontrastní látky.....	28
1.4.4 Strategie aplikace kontrastní látky.....	29
1.4.5 Rizika spojená s podáním kontrastní látky.....	30

2. Cíl práce a hypotézy.....	32
2.1 Starý algoritmus vyšetření střev bez použití multidetektorové výpočetní tomografie.....	33
2.2 Nový algoritmus vyšetření střev s použitím multidetektorové výpočetní tomografie.....	36
3. Metodika.....	39
3.1 Vlastní CT vyšetření střev, vyšetřovací protokol, úloha radiologického laboranta při těchto vyšetřeních.....	39
3.1.1 CT enteroklýza.....	39
3.1.2 CT enterografie.....	40
3.1.3 CT kolografie.....	41
4. Výsledky.....	45
4.1 Soubor pacientů.....	45
4.1.1 Vyšetření tenkého střeva.....	45
4.1.2 Vyšetření tlustého střeva.....	46
4.1.3 Finanční rozvaha vyšetření při onemocnění střev.....	47
5. Diskuse.....	49
5.1 Diskuse k vyšetření tenkého střeva.....	49
5.2 Diskuse k vyšetření tlustého střeva.....	50
6. Závěr.....	52
7. Seznam použité literatury.....	53
8. Klíčová slova.....	55
9. Použité zkratky.....	56
10. Přílohy	

Úvod

Choroby střev velmi úzce souvisí s naším životním stylem. Stres, kalorická jídla, málo vlákniny a vitamínů, málo pohybu, přemíra alkoholu a cigaret, obezita a spousta dalších nešvarů moderní doby se podílejí na nárůstu incidence těchto onemocnění. Kolorektální karcinom je druhý nejčastější nádor, který postihuje naši populaci. Každý rok se objeví 70 nových případů na 100 000 obyvatel a více jak 4000 lidí na toto onemocnění zemřou. Za podstatnou příčinu vysoké úmrtnosti se považuje skutečnost, že více jak polovina nádorů je zjištěna až v pokročilém stadiu. Česká republika má smutné prvenství na světě ve výskytu tohoto onemocnění. Nemoci tenkého i tlustého střeva byly v minulosti jen výjimečnou indikací k provedení výpočetní tomografie. Pokusy o systematické zobrazování střev byly učiněny nejprve u akutních onemocnění. Další indikací byla Crohnova choroba, kde v průběhu 90. let minulého století byla klinicky vyzkoušena metoda CT enteroklýza. Pomocí jedno- až dvouřadých systémů byly orgány v dutině břišní zobrazeny s dostatečným rozlišením, ale vzhledem k prostorově komplikovanému uložení střev, zejména pak střeva tenkého, bylo díky nízkému rozlišení v dlouhé ose těla (osa z) obtížné některé komplikované patologické stavy interpretovat. Se zavedením multidetektorové výpočetní tomografie došlo k výraznému zlepšení prostorového rozlišení v ose z, urychlení akvizice dat a oproti starším systémům i k redukci dávky záření. Všechny tyto výhody se výrazně promítly i do možností zobrazení střev. CT enterografie a CT kolografie na našem pracovišti (Radiodiagnostická klinika Fakultní nemocnice v Plzni) zcela vytěsnila klasickou enteroklýzu a v drtivé většině i klasickou irigoskopii. Ve své práci chci podat ucelený obraz dané problematiky a ukázat model vyšetřování střev v podmínkách našeho pracoviště vybaveného multidetektorovým přístrojem.

1 Současný stav problematiky

1.1 Anatomie tenkého a tlustého střeva

1.1.1 Tenké střevo (intestinum tenue)

Jedná se o nejdelší úsek trávicí trubice, spojující pylorus žaludku s tlustým střevem. V této oblasti probíhá největší část trávení potravy a vstřebávání jejích jednoduchých složek. Tenké střevo začíná ve výši obratlového těla L 1 (zde se projikuje pylorus) a končí v pravé jámě kyčelní. Délka tenkého střeva je variabilní: za živa 3-5 metrů, po smrti až 7 metrů vzhledem k uvolnění svalového tonu. Tenké střevo má 3 části: duodenum, jejunum a ileum.

Histologická stavba

Střevní stěna střeva je složena ze sliznice, podslizničního vaziva, svaloviny a serosy (peritoneum). Na povrchu sliznice je jednovrstevný cylindrický epitel s resorpčními schopnostmi, jehož základní součástí jsou enterocyty produkující trávicí enzymy. Resorpční plocha sliznice je zvětšena výchlípkami (klky). Klky obsahují krevní a lymfatické cévy, které odvádějí vstřebané cukry, aminokyseliny a tuky. Mezi klky jsou prohlubně zvané krypty obsahující Lieberkühnovy žlázy secernující isotonicickou tekutinu, ve které se rozpouštějí trávicí enzymy. Slizniční vazivo obsahuje lymfatickou tkáň ve formě jednotlivých nebo nakupených lymfatických uzlíků.⁽¹⁴⁾

Dvanáctník (duodenum)

Jeho délka je kolem 25 - 28cm , průsvit 3,5 – 4,5 cm. Průběh duodena má tvar písmene C v jehož konkavitě leží hlava pankreatu (tento útvar se v rentgenové anatomii nazývá duodenální okénko). Má 4 části, pars superior (bulbus duodena, D1), pars descendens (D2), pars horizontalis (D3) a pars ascendens (D4). Pars superior je uložena napravo od páteře ve výši prvního bederního obratle. Začíná rozšířením (bulbem). Díky chudšímu cévnímu zásobení je častým místem vředů. Jeho zadní stěnu křížuje vertikálně vrátnicovou žílu (vena portae) a žlučový vývod (ductus choledochus). Pars descendens směřuje kaudálně do úrovně třetího bederního obratle, je ventrálně křížena horizontálně probíhajícím mesocolon transversum. Vzadu naléhá na pravou nadledvinu a na hilus pravé ledviny. Pars horizontalis běží zprava doleva pod hlavou pankreatu. Za zadní části duodena leží dolní dutá žíla (vena cava inferior), aorta a z ní odstupující

horní mezenterická tepna (arteria mesenterica superior). Končí nalevo od bederní páteře, kde na ni navazuje pars ascendens stoupající šikmo kraniálně do úrovně obratle L2, poté se obrací kaudálně a dopředu. Ohyb se nazývá duodenojejunální ohbí (flexura duodenojejunalis).

Lačník a kyčelník (jejunum a ileum).

Tyto části jsou uloženy v oblasti pod mesocolon transversum v inframezokolické části pobřišnicové dutiny. Jejunum tvoří asi $\frac{2}{5}$ délky střeva, je v levé horní části břišní dutiny. Ileum leží v její pravé dolní části a představuje $\frac{3}{5}$ délky střeva. Tenké střevo je zavěšené na peritoneální duplikatuře (mesenteriu). Jeho úpon (radix mesenterii) začíná při flexura duodenojejunalis a směřuje obloukem do pravé jámy kyčelní. Jejunum je širší, průměru 3cm, narůžovělé díky mohutnějším arteriálním pletením, které tvoří na mesenteriálním okraji jednu řadu cévních arkád. Na sliznici jsou patrné vyšší cirkulární řasy. Z arkád odstupují přímé tepénky ke stěně střeva. Přechod jejunum do ileum je nezřetelný. Ileum je tenčí, průměru 2,5 cm a bledší. Slizniční cirkulární řasy se aborálním směrem snižují, až téměř vymizí. Ileum se napojuje v pravé jámě kyčelní ileocekálním ústím (ostium ileocaecale) na tlusté střevo. Má zde vytvořenou chlopeň (Bauhinská chlopeň), která směřuje střevní obsah do tračníku. Za normálních podmínek zabraňuje zpětnému pronikání střevního obsahu do ileum. Za patologických podmínek může být tato funkce porušena.⁽¹⁴⁾

1.1.2 Tlusté střevo (intestinum crassum)

Má tyto části: cékum (caecum), vzestupný tračník (colon ascendens), příčný tračník (colon transversum), sestupný tračník (colon descendens), esovitou kličku (colon sigmoideum) a konečník (rectum).

Obecná charakteristika

Tlusté střevo je dlouhé 1,2 až 1,5 metru a 4 - 8 cm široké. Má typickou trojici poznávacích znaků: 1) appendices epiploicae, což jsou výchlípky peritonea pokrývajícího střevo vyplněné tukem, 2) taeniae, které v počtu tří pruhů tvořených longitudinální svalovinou jsou rozloženy po jeho obvodu. Markantní je taenia libera

volně přístupná, dobře viditelná a končící na apendixu, 3) haustra, což jsou vyklenutí střevní stěny mezi teniemi. Jednotlivá vyklenutí jsou oddělena poloměsíčitými řasami - plicae semilunares, které prominují do dutiny střeva. Jejich podkladem jsou kontrahované snopce cirkulární svaloviny.

Histologická stavba

Členění stěny tračníku je obdobné jako u tenkého střeva. Slizniční epitel se skládá z cylindrických buněk, mezi nimiž je velké množství buněk pohárkových. Ty jsou nejvíce koncentrované v Lieberkühnových kryptách (klky nejsou v tlustém střevě vytvořeny). Sliznice dále, stejně jako v tenkém střevě, obsahuje žlázy. Ve slizničním vazivu jsou v celém průběhu rozloženy lymfatické uzlíky. Sliznice červovitého výběžku se vyznačuje velkým množstvím lymfatické tkáně, která vytváří téměř souvislou vrstvu.

Slepé střevo (caecum)

Je dlouhé 10 cm a nachází se v pravé jamě kyčelní. Vytváří slepý vak, který v úrovni Bauhinské chlopně přechází do vzestupného tračníku. Z jeho dna odstupuje červovitý výběžek (appendix vermiformis). Appendix je silný jako tužka, průměrně dlouhý 5 - 10 cm, vzácně dosahuje délky 2 až 50 cm. Je fixován svým závěsem ke slepému střevu. Vyznačuje se nahromaděním lymfatické tkáně, která může být postižena zánětem (appendicitis). Appendix může mít různé polohy. Sahá nejčastěji do pánve, dále za slepé střevo, méně často probíhá před a po jeho stranách.

Vzestupný tračník (colon ascendens)

Vzestupný tračník plynule navazuje na slepé střevo, je dlouhý 16-20 cm a táhne se vzhůru až pod játra. Je přisedlý na zadní stěnu břišní před svaly lumbální krajiny a dolním pólem pravé ledviny. Pod játry přechází jaterním ohbím (flexura coli dextra, hepatica) do příčného tračníku.

Příčný tračník (colon transversum)

Je dlouhý v průměru 50 cm, prochází v mírném oblouku napříč dutinou břišní na levou stranu, kde je další ohyb střeva – slezinné ohbí (flexura coli sinistra, lienalis). Příčný tračník se promítá přibližně do úrovně pupku a jeho levá část je uložena kraniálněji než pravá. Je zavěšen na peritoneální duplikatuře zvané mesocolon

transversum. Závěs dovoluje značnou pohyblivost této části střeva. Levý ohyb je uložen v hloubce břišní dutiny pod slezinou. Přechází v sestupný tračník.

Sestupný tračník (colon descendens)

Je dlouhý 20-30 cm a stejně jako vzestupný tračník je přirostlý na zadní stěnu břišní. Dosahuje do levé jámy kyčelní, kde přechází v esovitou kličku.

Esovitá klička (colon sigmoideum)

Tato část tlustého střeva přechází svým volným peritoneálním závěsem (mesosigmoideum) přes musculus psoas major, levý močovod a vasa iliaca sinistra do pánve, kde navazuje na konečník.

Konečník (rectum)

Je konečným úsekem tlustého střeva. Dělí se na dvě části: horní, rozšířený, v pánvi uložený úsek, cca 10 cm dlouhý (ampula recti) a dolní, úzký 2 - 4cm dlouhý úsek (řitní kanál, canalis analis). Konečník se klade do vyhloubení křížové kosti a je zakřiven v rovině frontální i sagitální. Na sliznici odpovídají těmto zakřivením tři poloměsíčitě příčné řasy. Řitní kanál prochází svalovou hrází (diaphragma pelvis) a vyústí ze zevně řitním otvorem (anus).

Stavba stěny rekta a anu

Obě části jsou složeny z typických vrstev. Silná sliznice, vytváří v rektu tři poloměsíčitě příčné řasy: horní, dolní a silněji vytvořená řasa střední. V řitním kanálu vybíhá v podélné řasy (columnae anales) které nad řitním otvorem přecházejí do cirkulárně zesíleného slizničního prstence. Zde jsou nahromaděny žilních pleteně (zona haemorrhoidalis interna) a zesílená svalová vrstva tvořící vnitřní svěrač. Výstelka sliznice, která je v začátku kanálu tvořena cylindrickým epitelem, se při zevním ústí kanálu mění v dlaždicový epitel. V této zevní části anu je další nahromadění žilních pletení (zona hemorrhoidalis externa). Pokud se žilní pleteně rozšíří, vznikají hemorhoidy. Svalovina rekta je tvořena hladkou vnitřní, cirkulární a silnou zevní, longitudinálně probíhající vrstvou. Obě části svaloviny přecházejí do stěny řitního kanálu. Vnitřní, cirkulární, složka obsahuje hladkou svalovinu (musculus sphincter ani internus). Zevně od něho svalovina hráze vytváří příčně pruhovaný (musculus sphincter ani externus), ovládaný naší vůlí. Zevní vrstvu horní části rekta tvoří peritoneum. Dolní

část rekta obaluje řidší vazivo a řitní kanál je kryt tužší vazivovou vrstvou (paraproctium).⁽¹⁴⁾

1.1.3 Patologie střev

1.1.3.1 Vývojové poruchy střeva

Mezi vzácné malformace patří stenóza, atrezie a duplikatura. Meckelův divertikl vzniká v důsledku neúplné obliterace omfaloenterického ductu. Bývá lokalizován v ileu a uspořádáním stěny se neliší od tenkého střeva. Může ale obsahovat ektopickou tkáň žaludku nebo slinivky břišní. Poruchy uložení vznikají při nedokončené rotaci střevního základu během nitroděložního vývoje. Příkladem je mesocolon ileocolicum commune, kdy se vytváří společný závěs pro tenké i tlusté střevo. Všechny tenké kličky jsou uloženy v pravé části břišní dutiny a celé tlusté střevo je vlevo. Při malrotaci duodena jsou jeho aborální části (D3 a D4) uloženy v pravé části břišní dutiny.^(obr.8) Cékum může být dystopicky uloženo v úrovni hepatální nebo dokonce lienální flexury. Kongenitální megakolon (Hirschprungova choroba) vzniká při porušené migraci buněk z neurální lišty do stěny tlustého střeva. Následkem je funkční obstrukce postižené části střeva a dilatace jeho proximálních úseků (megakolon). Stěna dilatovaného střeva je ztenčelá a ve sliznici se někdy tvoří vředy, které mohou být někdy příčinou perforace.^(1,15)

1.1.3.2 Divertikulární choroba

Divertikly tlustého střeva se dělí na vrozené a získané. Získané nemají vlastní svalovou stěnu, jde tedy o nepravé divertikly (pseudodivertikly), které odpovídají výhřezu sliznice štěrbinou ve svalové vrstvě. Jsou lokalizovány podél laterálních téníí a nejčastěji postihují esovitou kličku a sestupný tračník. Při jejich vzniku hrají významnou roli buď ložiskové oslabení stěny střevní nebo porucha peristaltiky. Divertikly obsahují zahuštěný střevní obsah^(obr.18). Závažnou komplikací je divertikulitida, ta může vést až k perforaci stěny, při níž vznikají perikolické abscesy, většinou se vyvíjí peritonitida. Chronická divertikulitida podmiňuje segmentální vazivové ztlustění stěny a stenózu lumina.⁽¹⁵⁾

1.1.3.3 Cévní odchylky

Ischémie střeva může být omezena na tenké nebo tlusté střevo, případně může postihnout obě části. Příčinou je nejčastěji uzávěr tepny či žilní trombóza.^(obr.13) Rozsah změn závisí na velikosti uzavřené cévy, v lehčích případech dochází pouze k postižení sliznice v nejtěžších případech nekrotizuje střevní stěna v celé šíři. Ischemie postihuje nejčastěji tenké střevo. Peristaltika v nekrotickém střevě zcela ustává, střevo dilatuje a vytváří se paralytický ileus. V místě nekrózy vzniká gangréna a hrozí perforace střeva. V tlustém střevě vzniká při chronickém průběhu ischemická kolitida.

Angiodysplazie je ložiskový výskyt nápadně dilatovaných a nepravidelně vinutých submukózních žil. Nejčastěji se nacházejí v céku a ve vzestupném tračníku. Tento obraz může vznikat i v rámci ischemické kolitidy.^(1,15)

1.1.3.4 Malabsorpční syndrom

Jedná se o souhrn příznaků, které vznikají u chorob spojených s poruchami trávení, vstřebávání, sekrece nebo motility tenkého střeva. Malabsorpční syndrom se dělí na primární – příčina je v enterocytech a na sekundární – příčina je mimo enterocyty. Poruchy transportu glukózy, fruktózy, galaktózy a aminokyselin vznikají na vrozeném podkladě a nelze je morfologicky diagnostikovat.

Primární malabsorpce

Nejčastějším primárním malabsorpčním onemocněním je celiakie.^(obr.16) Je charakterizována trvanlivou nesnášenlivostí lepku, při které vzniká poškození sliznice tenkého střeva. Většinou se projeví v dětství, v některých případech však může vzniknout až v dospělosti. Dochází k dilataci střevních kliček, které mají prosáklou stěnu. Sliznice je ztenčená s nízkými, rozšířenými klky nebo může být povrch sliznice úplně vyhlazen. Jejunum pak připomíná svým vzhledem ileum (tzv. jejunizace ilea).

Sekundární malabsorpční syndrom

Do této skupiny patří řada onemocnění tenkého střeva (záněty, poškození ionizujícím zářením, nádory, blokády lymfatických cév, Whippleova choroba aj.). Whippleova choroba je poměrně vzácné onemocnění způsobené infekcí tyčinkovitou bakterií *Tropheryma Whipplei*. V rozšířených klcích se nacházejí makrofágy s pěnitou

plazmou. U tohoto onemocnění se setkáváme se zesílením střevních řas provázeným zvětšením a tukovou degenerací lymfatických uzlin.^(1,15)

1.1.3.5 Střevní záněty

Střevní záněty (enteritidy v širším slova smyslu) mohou postihovat celý střevní trakt (enterokolitidy) nebo jen jednu z jeho částí. Enteritida v užším slova smyslu postihuje tenké kličky. Kolitidou nazýváme zánět tlustého střeva.^(1,15)

Infekční záněty

Příčinou infekčních enterokolitid mohou být viry, bakterie, houby a prvoci. Onemocnění se projevuje průjmy. Často bývá postižena ileocékální oblast. Při vyšetřeních zobrazovacími metodami nacházíme obvykle zesílení střevní stěny a zvětšené uzliny v okolí postiženého úseku. Jako komplikace se může vyvinout absces nebo perforace. U nemocných s poruchami imunity se jako patogeny uplatňují oportunní mikroorganismy, například cytomegalovirus, kandida nebo aspergilus. U této skupiny nemocných představují střevní záněty vážný stav, který může ohrozit život.^(1,15)

1.1.3.6 Nespecifické střevní záněty

Crohnova choroba

Nejrozšířenější zánět nejasné etiologie je Crohnova choroba^(obr.18). Je to chronický zánětlivý proces, který se může vyskytovat v jakékoliv části zažívacího traktu, ale nejčastěji se vyskytuje v oblasti terminálního ilea. V časně fázi má postižený segment střeva ztlustělou, hyperemickou stěnu a na sliznici nepravidelné protáhlé vředy. Typickým nálezem jsou hluboké štěrbínovité fisury, pronikající hluboko do stěny a ve srůstech do okolních orgánů, kdy z nich vznikají píštěle. Postupná fibróza stěny vede k zhrubění slizničního reliéfu a zúžení průsvitu. Hluboké fisury a píštěle mají za následek rozsáhlé adheze v dutině břišní. Mezi časté komplikace Crohnovy choroby patří zúžení průsvitu střeva, perforace stěny s peritonitidou. Píštěle mohou komunikovat s okolními orgány (močový měchýř, vagína). Závažnou, avšak vzácnou komplikací může být masivní krvácení.

Ulcerózní kolitida

Ulcerózní kolitida^(obr.17) je chronický zánět nejasné etiologie, v jehož průběhu se střídají akutní stadia s ústupem zánětlivých projevů a remisemi. Onemocnění začíná v rektu a šíří se orálním směrem na další části tlustého střeva. Ulcerózní kolitida má řadu společných znaků s Crohnovou chorobou. Na rozdíl od ní je ale omezena na tlusté střevo, pouze při postižení celého kolon může přecházet na terminální ileum. Zánět je omezen na sliznici a nevyvolává nápadnější fibrózu v okolí. Typickým projevem je vyhlazení hauster a zkrácení flexur (obraz olověné trubky). Ve sliznici se vytvářejí ulcerace (které při pohledu z boku mají tvar manžetových knoflíků) a pseudopolypy. Obávanou komplikací je toxické megacolon. Při něm dochází k dilataci tračníku, jeho stěna je zeslabená a hrozí perforace s peritonitidou. Po mnohaletém průběhu mají nemocní zvýšené riziko vzniku kolorektálního karcinomu.^(1,15)

1.1.3.7 Tuberkulóza

Tuberkulóza střeva může vznikat buďto jako primární onemocnění střev (velmi vzácně) nebo sekundárně při otevřené plicní tuberkulóze. Obvyklou lokalizací je ileocékální oblast. Charakteristickým nálezem je tuberkulózní vřed, jehož zvětšování probíhá v příčném směru a může zaujímat celý obvod střeva. Hluboké vředy mohou vést až k perforaci. V okolí jsou zvětšené uzliny. V peritoneální dutině může být ascites, který má typicky zvýšené denzity. Onemocnění může mít podobné radiologické projevy jako Crohnova choroba. K určení diagnózy je u sekundární formy nápomocný plicní nález.

1.1.3.8 Akutní apendicitida (appendicitis acuta)

Apendicitida přichází jako samostatné zánětlivé onemocnění. Je nejčastější příčinou akutní břišní příhody, která vyžaduje okamžitou chirurgickou léčbu. Při vyšetřeních zobrazovacími metodami je možno nalézt zesílený prosáklý appendix, infiltraci okolního tuku a zvětšené uzliny. Onemocnění může být komplikováno perforací spojenou se vznikem peritonitidy nebo periapendikálního abscesu.^(obr.15)

1.1.3.9 Perforace střev

Perforace střeva může být spontánní (perforace divertiklu, vředu, zánětu nebo nádoru) traumatická^(obr.9) (při tupém nebo perforujícím poranění) nebo iatrogenní (po endoskopických výkonech, punkcích).^(obr. 14) Operační výkony na trávicím traktu mohou být spojené s rozpadem anastomózy (insuficience), jehož následkem je rovněž perforace.^(obr.23) Projeví se přítomností plynu nebo střevního obsahu v peritoneální dutině. Jejím následkem je peritonitida.

1.1.3.10 Neprůchodnost střev (ileus)

Ileus dělíme na dva základní typy, ileus mechanický^(obr. 11) (jehož příčinou jsou organické poruchy, vedoucí k zúžení nebo uzávěru průsvitu) a ileus dynamický (který je důsledkem poruchy motility střeva). Mechanický ileus tenkého střeva je nejčastěji způsoben adhezemi.^(obr.10) V tlustém střevě je nečastější příčinou mechanického ileu karcinom. Dalšími příčinami mohou být získané poruchy polohy střeva jako je kýla (výhřez střev do peritoneálního vaku prolabujícího defektem v břišní stěně), prolaps (výhřez střeva defektem v břišní stěně, který není krytý peritoneem), volvulus (otočení střeva kolem osy), strangulace (uskřínutí cévní stopky) či invaginace^(obr.12) (teleskopické zasunutí jedné části střeva do druhé). Při ileu je břicho vzedmuté, bránice je vysoko postavená a střevo je rozšířené. V lumen je nahromaděn tekutý a plyný obsah vytvářející hladinky. U obstrukčního ileu nacházíme rozšíření lumen, které se zvětšuje až k místu obstrukce. Za ním je kolabované. V úseku před obstrukcí je vystupňovaná peristaltika. U dynamického ileu nacházíme uniformní rozšíření všech částí střevního traktu bez zjevné překážky. Peristaltika je vymizelá.^(1,15)

1.1.3.11 Nádory střeva

Střevní polypy

Obvykle jsou podmíněny patologickými změnami ve sliznici, ve které se vytvářejí patologické útvary prominující do lumen.⁽²¹⁾ Dělíme na nádorové (nejčastěji adenomy) a nenádorové (např. hyperplastické). Podle vzhledu se pak dělí na stopkaté a přisedlé.

Pomocí zobrazovacích metod nelze jednotlivé typy polypů odlišit. Hyperplastický polyp je podmíněn zbytněním slizniční tkáně a není u něj riziko maligního zvratu. Dosahuje obvykle malé velikosti. Juvenilní polypy nacházíme u dětí do 5 let, mohou být zdrojem krvácení. Mnohočetné polypy tohoto typu se vyskytují u juvenilní polypózy, kdy se na rozdíl od solitárních, mohou maligně transformovat. Adenomy jsou charakterizovány pomalým, léta trvajícím růstem a možností maligního zvratu, který vykazuje závislost na velikosti polypu. Všeobecně se předpokládá, že většina kolorektálních karcinomů vznikla maligním zvratem adenomů.

Familiární polypózy

Jedná se o dědičná onemocnění vyznačující se přítomností velkého množství polypů ve sliznici tlustého střeva. Mohou ale postihovat i jiné části trávicí trubice. Familiární adenomatózní polypóza je charakterizována mnohočetným výskytem adenomů. Jejich velikost kolísá od minimálních rozměrů do 3 cm. Objevují se kolem 25 let a v průběhu 10 až 15 let se na jejich podkladě téměř ve 100% vyvíjí karcinom. Výskyt mnohočetných adenomů se současným nálezem osteomů a fibromatózy se označuje jako Gardnerův syndrom. Dalšími typy familiárních polypóz je Peutzův-Jeghersův syndrom a Juvenilní polypóza. Polypy u těchto dvou onemocnění patří mezi hamartomy.

Karcinom tlustého střeva

Karcinom tlustého střeva je jedno z nejčastějších nádorových onemocnění. V naší populaci se jedná o druhý nejčastější zhoubný nádor. Každý rok na toto onemocnění v České republice zemře více jak 4000 lidí. Za podstatnou příčinu této vysoké úmrtnosti se považuje skutečnost, že více jak polovina nádorů je zjištěna až v pokročilém stadiu. V tenkém střevě se naproti tomu karcinom vyskytuje velmi vzácně. Kolorektální karcinom je nejčastěji lokalizován v rektu a sigmoideu, méně často v céku a ostatních částech tlustého střeva. Levostranné karcinomy obvykle rostou po obvodu stěny a poměrně brzy vedou ke stenóze, šíří se do lymfatických cév a zakládají vzdálené metastázy, nejčastěji v játrech. Pravostranné karcinomy vykazují sklon k polypovitému růstu a někdy tvoří objemné útvary, které vyplňují cékum nebo vzestupný tračník. Přes lymfatické uzliny velice často metastazují do jater. Často zůstávají dlouho

bez klinických příznaků. ^(obr.22)

Ostatní nádory

Dále se mohou vyskytnout ještě další nádory např. lymfom, gastrointestinální stromální nádor (GIST), leiomyom, leiomyosarkom nebo metastázy. ^(1,15)

1.2 Princip výpočetní tomografie

Tato metoda je metodou denzitometrickou, kdy je detekována denzita jednotlivých bodů zobrazované vrstvy tkáně během rotace systému rentgenka-detektor. Denzita je dána úbytkem procházejícího rentgenového záření ve tkáni. Složitým matematickým výpočtem na základě Fourierovy transformace počítač vytvoří matici bodů, tzv. pixelů (picture element), respektive voxelů (volume element), protože se nejedná o denzitu v ploše, ale v prostoru, kde osa Z je dána kolimací vrstvy. Každý voxel je tedy definován souřadnicemi X, Y, tloušťkou vrstvy Z a denzitou. Nejmodernější multidetektorové přístroje pracují již s tzv. izotropními voxely, jejichž rozměry jsou ve všech osách stejné. Toho lze s výhodou využít u postprocessingové rekonstrukce ve všech rovinách bez ztráty informace.

Denzita jednotlivých elementů je definována pomocí Hounsfieldovy stupnice se 4096 stupni Hounsfieldových jednotek (HU). V tomto rozmezí je definována hodnota denzity vzduchu -1000 HU, denzita vody je 0 HU, kovy mohou dosahovat denzity až 3096 HU.

Pro zobrazování jednotlivých tkání používáme jen výsek z celé škály denzit, tzv. „okno“, ve kterém se denzity vyšetřované tkáně vyskytují. Vše, co je mimo okno směrem k záporným hodnotám, je černé, vše směrem ke kladným hodnotám je bílé. Okno je charakterizováno dvěma parametry – středem C (z anglického center) a šíří W (z anglického width). ⁽⁵⁾

1.2.1 Typy CT přístrojů

CT přístroje se dělí na konvenční, helikální a multidetektorové.

Konvenční CT přístroje jsou přístroje kde vyšetřování probíhá tak, že jsou zhotovovány postupně jednotlivé vrstvy, mezi nimiž se vyšetřovací stůl s pacientem posune o zvolenou

vzdálenost. Šířka vrstvy a posunu stolu jsou stejně velké, čím je pokryta celá vyšetřovaná oblast. Konvenční CT pracuje na rotačně-otačném principu, kdy detektory (může jich být až 1000) jsou rozloženy v kruhové výseči, která rotuje kolem pacienta synchronně s rentgenkou v plném kruhu. Během jedné otáčky rentgenky je proveden 1 sken, vyšetřovací stůl se posunuje mezi jednotlivými expozicemi na úroveň další vrstvy. Vzdálenost mezi vrstvami je volitelná, stejně tak jako i doba mezi skeny.^(5,12)

Způsob skenování u spirálního (lépe helikálního) přístroje je odlišný od konvenčního CT. Rentgenka rotuje bez přerušení kolem pohybujícího se stolu s pacientem. Celá vyšetřovaná oblast je tak snímána jednou expozicí. Stálou jednosměrnou rotaci umožnilo zavedení nového způsobu přenosu signálu z detektorů k rentgence, nazvaného slip-ring technology. Pevné kabely, které byly u konvenčních přístrojů, jsou nahrazeny systémem po sobě klouzajících prstenců z vodivého materiálu. Doba jedné otáčky rentgenky může být od 0,5 s do 2 s. Název spirální neodpovídá skutečné trajektorii systému rentgenky a detektorů, který ve skutečnosti nevytváří spirálu, ale šroubovici (latinsky helix), proto je vhodnější užívat termín helikální. Zásadními výhodami helikálního CT je volumetrické (objemové) nabírání dat a výrazné zkrácení celkového skenovacího času. Proto je možné vyšetřit značný tělesný rozsah bez mezer při jediném zadržení dechu nemocného.

Vývoj helikálních CT přístrojů započal u jednovrstevného (single-slice) CT a v současné době pokračuje vývojem stále výkonnějších vícevrstevných (multi-slice nebo multi-detector) CT přístrojů. Dnešní moderní přístroje mají více řad detektorů, což umožňuje současné získávání více vrstev (od 2 do 64) v rámci jediné otáčky rentgenky a tím další podstatné zkrácení expoziční doby.^(5,12)

Technologie multidetektorového CT (MDCT) představuje významný posun k možnosti izotropního geometrického rozlišení ve všech třech rovinách, tedy např. k tvorbě diagnosticky multiplanárních obrazových rekonstrukcí rovnocenných zdrojovým řežům. Výhody této techniky jsou rozsáhlé. Výrazně se zkrátila doba skenování a tím se výrazně omezily pohybové artefakty a zvýšil komfort pacientů. To se odrazí i v možnosti kvalitně vyšetřovat malé děti a neklidné pacienty. Zvýšení rozlišovací schopnosti umožňuje zachycení menších lézí. Taktéž použití menšího množství kontrastní látky není zanedbatelné a na našem pracovišti k menší spotřebě kontrastní látky přispívá ještě použití

dvoupístového přetlakového injektoru. V prostorově kontinuální akvizici obrazových dat můžeme rekonstruovat obraz v libovolné pozici. V neposlední řadě dochází ke zlepšení kvality 3D rekonstrukcí. Postprocessing se stává výrazně flexibilnějším.

Radiační zátěž pacienta je závislá na velikosti proudu, napětí, délce skenování, šíři vrstvy a hodnotě faktoru stoupání (pitch). Nové typy CT přístrojů využívají ultracitlivé keramické detektory, které umožňují nastavení nižších hodnot miliampérsekund a tím snižují radiační zátěž nemocných. Ke snížení radiační expozice přispívá rovněž kvalitní zobrazení při vyšších hodnotách pitch a možnost opakovaných obrazových rekonstrukcí, které umožňují komplexně vyšetřit požadovanou oblast a tím zamezit opakování vyšetření. Přesto jsou dávky při CT vyšetření podstatně vyšší než u klasické skiografie. Při vhodném uspořádání vyšetřovacích parametrů ve specifických případech lze však dávku významně snížit.

Na našem pracovišti využíváme od poloviny roku 2005 dvaatřicetirádý výpočetní tomograf Siemens Somatom Sensation 64.^(obr.1) Ten díky speciální konstrukci rentgenky (technologie létajícího ohniska) umožňuje získat během jedné otáčky 64 dat. Akvizice dat se provádí kolimací 2 x 32 x 0,6 mm nebo 20 x 1,2 mm. Rekonstrukce ve všech třech základních rovinách jsou vytvářeny přímo z hrubých dat a rutinně je provádějí radiologičtí asistenti.⁽⁵⁾

1.2.2 Artefakty CT obrazu

CT obraz může být zkreslen řadou artefaktů, z nichž některé vznikají nevhodnými postupy nebo nevhodnými podmínkami při vyšetření. Jiné jsou přímým důsledkem technologie tvorby CT obrazu a tedy technicky redukovatelné, ovšem zcela je odstranit nelze.

Pohybové artefakty patří mezi artefakty, které jsou typické pro neklidné pacienty. Projevují se jako různě denzní, pruhovitě se šířící linie. Některým takovým artefaktům se nelze vyhnout (pulzace srdce a větších cév), většina je však podmíněna nespokojeností nemocného (například neschopností zadržet dech nebo neklidem). Redukce těchto artefaktů docílíme poučením pacienta o řádném zadržení dechu a zkrácením skenovacího času. Pokud klinický stav pacienta nedovolí úplné zadržení dechu při vyšetření hrudníku

nebo břicha, poučíme pacienta, aby dýchal velmi mělce. Artefakty ze srdečních pulzací je možno odstranit pomocí synchronizace s EKG. Tato technika je využívána zejména při zobrazování srdce, věnčitých a plicních tepen. Vzácněji se uplatňuje při detailním vyšetřování oblastí plicního parenchymu přilehlých k srdci.

Dalším typem artefaktu je artefakt částečného objemu (partial volume artifact). Vychází z toho, že denzita uvnitř voxelu je homogenní. Pokud se však do jednoho voxelu částečně promítá i struktura výrazně odlišné denzity než je denzita ve zbylém objemu voxelu, je výsledná denzita pixelu v CT obraze průměrem obou denzit přítomných v tomto voxelu (tedy např. průměrem denzity kosti a k ní přilehlých měkkotkáňových struktur). Měření denzity v tomto místě pak neodpovídá denzitě ani jedné ze dvou tkání. Tento artefakt lze redukovat zmenšením tloušťky vrstvy.

Třetí významný artefakt je spjat s vlastní CT technologií výstavby obrazu, je nazýván artefakt utvrzení svazku záření (beam hardening artifact). Při průchodu záření denzním objektem ve směru jeho krátké osy je absorpční koeficient rozdílný ve srovnání s projekcí ve směru jeho dlouhé osy. Artefakty utvrzení svazku záření se typicky zobrazují jako směs výrazně tmavých i světlých linií, šířící se pruhovitě do okolí struktur, které způsobují vysokou absorpci (a tím i filtraci) svazku záření. Typickými představiteli jsou pruhovité rušivé artefakty v oblasti zadní jámy lební způsobené utvrzením svazku záření v denzních skalních kostech, v okolí kovových implantátů, ale i např. zbytků baryové kontrastní látky ve střevě po vyšetření GIT, které mohou znehodnotit CT vyšetření břicha.

Šum v obraze (kvantový šum) je zaviněn sníženým počtem registrovaných kvant rentgenového záření. Snížení kvantového šumu je možné jenom zvýšením počtu fotonů, především zvětšením tloušťky vrstvy nebo hodnoty mAs.. Zvýšení hodnoty proudu však způsobuje zvýšení dávky záření. Udržení obrazového šumu v přijatelných mezích je tak vždy kompromisem mezi kvalitou obrazu a požadavky radiační hygieny. Kvantový šum představuje největší problém u tenké kolimovaných vrstev.

Některé artefakty vznikají chybnou funkcí CT přístroje. Jsou to tenké denzní pruhovité artefakty a dále kruhové artefakty se středem v centru otáčení systému rentgenka – detektory, které vznikají výpadkem dat z jednoho či více detektorů v dané projekci, případně nedokonalou kalibrací systému detektorů.⁽⁵⁾

1.2.3 Akviziční parametry spirálního CT

Mezi akviziční parametry patří napětí – kV, proud – mAs, posun stolu během jedné otáčky rentgenky (pitch), doba jedné rotace komplexu rentgenky a detektorů (rotační perioda) a šíře vrstvy (kolimace). Skenovací parametry musíme vhodně nastavit již před zahájením skenování, protože mají přímý vliv na výslednou podobu hrubých dat (raw data). Nelze je měnit dodatečně po ukončení skenování při následné tvorbě obrazových dat.

Napětí přiváděné na rentgenku se ve většině indikací nemění a pohybuje se mezi 120 a 140 kV. Vysoké napětí zajišťuje dobrou penetraci i u vysoce denzních struktur. Navíc klesá podíl nízkoeenergetické složky záření, která nepřispívá k tvorbě obrazu, neboť je plně absorbována tělem vyšetřovaného a zvyšuje tak jeho radiační zátěž. Nastavení vyššího napětí snižuje maximální přípustnou hodnotu proudu. Hodnota proudu v rentgence je jednou ze zásadních proměnných ovlivňujících charakter a kvalitu jak hrubých dat, tak i výsledného obrazu. Nastavením proudu lze bezprostředně ovlivnit míru kvantového šumu, který zatěžuje zobrazení snížením rozlišovací schopnosti. Důležitou roli hraje tepelná zatížitelnost rentgenky, která nedovoluje libovolné nastavení mAs. Nastavované hodnoty se značně liší podle typu přístroje a druhu vyšetření. V praxi se můžeme setkat s hodnotami v rozmezí 20 - 400 mAs. U moderních multidetektorových přístrojů jsou obvykle využívány hodnoty do 160 mAs.

Rotační perioda je doba, za kterou se soustava rentgenky a detektorů otočí o 360 stupňů. Krátká perioda je vhodná pro vyšetření rychle se pohybujících struktur, ascendentní aorta, srdce a u neklidných pacientů. Běžná hodnota rotační peritody je u současných přístrojů 0,5 - 1 s. U nejvýkonnějších multidetektorových zařízení je rotační perioda zkrácena až na 0,33 s.

Kolimaci nebo-li šíři vrstvy volíme s ohledem na rozměry vyšetřované struktury, čím menší objekt chceme vyšetřit, tím menší kolimaci použijeme. V praxi jsou využívány kolimace od 0.6 do 10 mm.

Pitch je poměr mezi hodnotou posunu stolu za jednu rotaci rentgenky ke tloušťce (kolimaci) vrstvy. Jde o bezrozměrné číslo nabývající u standardních spirálních CT

přístrojů nejčastěji hodnot 1,0-3,0. Jestliže tedy nastavíme tloušťku vrstvy 5 mm a rychlost posunu stolu za jednu rotaci 5 mm, skenujeme s hodnotou stoupání (pitch) = 1,0. ^(5,12)

1.2.4 Obrazové parametry spirálního CT

Obrazové parametry určují, jakým způsobem budou přepočítána hrubá data na diagnostický obraz. Moderní přístroje umožňují jejich dodatečnou změnu, což dovoluje vyšetřit z jedné akvizice dat více orgánů nebo tkání v optimální kvalitě (například současné vyšetření plic, mediastina, měkkých tkání hrudní stěny a skeletu hrudníku).

Mezi obrazové parametry patří matice, velikost zobrazeného pole (field of View, FOV), rekonstrukční algoritmus a v případě spirální akvizice i stanovení vzdálenosti mezi rekonstruovanými vrstvami (increment).

Matice (nebo-li matrix) udává počet bodů, které tvoří axiální obraz. Čím jemnější matrice je použita, tím má axiální obraz za použití optimální expozice větší geometrické rozlišení. V současnosti je obvyklou hodnotou 512 x 512 bodů.

FOV je významným prvkem ovlivňujícím rozlišovací schopnost obrazu. Velikost pole a jeho střed nastavujeme na zhotoveném plánovacím skenu - topogramu. Tak lze například z přehledných tomogramů baze lební nebo hrudníku zhotovit cílené obrazy pyramid nebo jednotlivých plicních křídel s vyšším rozlišením. Jedním ze základních pravidel CT diagnostiky je obecná snaha o použití co nejmenší možné velikosti zobrazovaného pole. Právě nedůsledně zvolené a nepřiměřeně velké FOV je častou chybou obsluhy a připravuje nás zbytečně o jemné anatomické detaily. Obzvláště nežádoucí je to např. při HRCT plic, kdy FOV by mělo zahrnovat pouze oblast plic a nikoliv jejich okolí. Následné zvětšení (magnification, zoom) již skutečnou velikost pixelů změnit nemůže a tudíž nemá na primární rozlišovací schopnost CT obrazu vliv.

Rekonstrukční inkrement je parametr, který udává o kolik se jednotlivé obrazy překrývají. Máme-li kolimaci 10 mm, rekonstrukční inkrement 8 mm, překrývají se jednotlivé obrazy o 2 mm. Doporučené překrývání je pro zhotovení kvalitních multiplanárních a trojrozměrných zobrazení je podle kolimace 25 - 50%. Větší překrytí vrstev volíme u širší kolimace, oproti tomu u submilimetrové obvykle postačuje překryv menší. Tento parametr spolu se zvolenou kolimací zásadně ovlivňuje rozlišení v ose Z.

Běžně platí, že pokud neplánujeme vytváření multiplanárních nebo trojrozměrných rekonstrukcí, volíme rekonstrukční interval shodný s výchozí kolimací vrstev.

Volbou vhodného výpočetního algoritmu pro zpracování naměřených hrubých dat významně ovlivňujeme kvalitu konečného zobrazení tkání. Chceme-li obraz „vyhladit“ (smoothing) a tím snížit množství viditelného šumu pro lepší rozlišení různých měkkých tkání, volíme měkký („soft“) rekonstrukční algoritmus, tzv. „low spatial frequency algorithm“. Tento postup zajistí optimální tkáňový kontrast, takže ve výsledném obraze bude možné rozlišit od sebe dvě struktury, jejichž denzity se liší pouze minimálně. Naopak volba rekonstrukčního algoritmu s vysokým geometrickým rozlišením (high resolution), tzv. „high spatial frequency algorithm“, vede ke zvýraznění tkáňových rozhraní, zvýšení ostrosti a rozlišení CT obrazu a tím i možnosti zobrazení velmi drobných struktur. Bohužel použití takového algoritmu zvyšuje i množství obrazového šumu, což snižuje tkáňový kontrast. Tento typ algoritmu v kombinaci s úzce kolimovanými vrstvami (1 - 2 mm) se používá především pro zobrazování kostí a plic (tzv. HRCT - High Resolution Computed Tomography). Kompromisem mezi oběma krajními alternativami jsou tzv. standardní algoritmy s vyváženým geometrickým a kontrastním rozlišením.^(5,12)

Softwarové vybavení různých výrobců umožňuje v rámci volby obrazových parametrů i některé další úpravy obrazu (např. redukce artefaktů z utvrzení svazku záření).

1.3 Virtuální endoskopie

Virtuální endoskopie je postprocessingová metoda určená k vyšetřování dutých orgánů. Poskytuje interaktivní trojrozměrné zobrazení lumen podobné endoskopickému obrazu. Má celou řadu aplikací, z nichž nejvýznamnější jsou virtuální koloskopie. S nástupem multidetektorových přístrojů a výkonných pracovních stanic se virtuální endoskopie stává snadno proveditelnou metodou s vysokou rozlišovací schopností. Krátký čas akvizice dat výrazně snižuje vliv pohybových artefaktů.⁽¹¹⁾

Lumen dutých orgánů lze zobrazit technikou SSD (shaded surface display)^(obr.2) nebo VRT (volume rendering technique).^(obr.3) SSD rekonstrukce zobrazí neprůhledně povrch objektu, který je definován pomocí intervalu denzit. Prostorového dojmu se

docílí stínováním imitujícím odraz světla. VRT umožňuje pomocí intervalů denzit definovat

více tkání, jimiž jsou přiřazeny různé barvy a transparency. Lze tak odlišit například kalcifikaci nebo materiál stentu od stěny tepny při virtuální angioskopii. Pro zobrazení střev se hodí lépe technika SSD.

Základní podmínkou pro virtuální endoskopii je přítomnost výrazného rozhraní denzit, jakým je přechod plyn – měkké tkáně nebo kontrastní látka – měkké tkáně.

Při vytváření rekonstrukcí je nutné správné nastavení tohoto rozhraní, protože i relativně malé odchylky mohou být zdrojem artefaktů. Kvalita zobrazení závisí mimo to na dalších parametrech, jako jsou expozice, šíře řezu, increment a rekonstrukční algoritmus. Expoziční parametry jsou obvykle stejné jako při rutinním vyšetření. Ve vhodných indikacích lze ale využít i protokoly se sníženou dávkou, které umožňují za cenu přijatelné ztráty rozlišovací schopnosti významně snížit dávku pacienta. Šíře řezu závisí na technických možnostech přístroje a vyšetřované oblasti. Obecně jsou nejvhodnější tenké řezy o efektivní šíři do 1,5 mm. Virtuální kolonoskopii lze ale provést i řezy o šíři 3 mm.⁽¹¹⁾

Rekonstrukce se vytvářejí pomocí uživatelského rozhraní, které zobrazuje nejen endoskopický obraz, ale také polohu virtuální kamery, což je nutné pro orientaci vyšetřujícího a přesnou korelaci nálezů s dvourozměrným obrazem. K té slouží navigační čáry nebo jiné grafické prvky (v závislosti na použitém software). Velkou výhodou této metody je zejména malá invazivita a možnost dodatečného vytváření rekonstrukcí, které jsou prováděny již bez účasti pacienta. Tento druh rekonstrukcí je také srozumitelnější pro neradiology, kteří jsou na endoskopický obraz zvyklí. Hodnocení celého nálezů je komplexnější, protože nám umožňuje hodnotit i okolní struktury. Největší nevýhoda je nemožnost odběru biologického materiálu nebo terapeutického zákroku. Radiační zátěž a aplikace jodové kontrastní látky jsou dalšími nevýhodami. Morfologie endoluminálních změn je obdobná jako u optické koloskopie. Optická endoskopie umožňuje též posuzování i barevného vzhledu povrchu sliznice a endoluminálních útvarů a tím usnadňuje rozlišení mezi např. fekálními zbytky a polypy. Výhodou virtuální endoskopie je oproti tomu možnost posouzení invaze případného

karcinomu do okolí, přítomnosti regionální lymfadenopatie, a vzdálených metastáz (nejčastěji do jater). Tím se významně uplatňuje v komplexním stagingu nádorových onemocnění.^(3,11)

1.4 Kontrastní látky pro používané při vyšetření střev

1.4.1 Dělení kontrastních látek

Kontrastní látky pro výpočetní tomografii dělíme na látky hypodenzní, izodenzní a hyperdenzní. Hypodenzní kontrastní látky jsou plyny (vzduch nebo oxid uhličitý) podávané per rektum nebo přes zavedenou sondu, vzácně pak per os ve formě efervescentního prášku. Izodenzní kontrastní látky jsou voda, roztok hydroxymethylcelulózy, manitolu nebo sorbitolu. Hyperdenzní kontrastní látky jsou roztoky jodových kontrastních látek nebo stabilizované suspenze síranu barnatého.

Hypodenzní kontrastní látky se používají v případech, kdy potřebujeme zajistit dobré rozpětí trávicí trubice (nejčastěji se jedná o tlusté střevo). Jejich aplikace je pro část pacientů bolestivá. Aby bylo dosaženo co největšího rozpětí střeva a snížila se bolestivost, je před aplikací podáváno spasmolytikum. Insuflace plynu není vhodná u pacientů s rizikem perforace GIT (například u těžších zánětů). Oxid uhličitý může být podán ve formě šumivého prášku (při vyšetření jícnu a žaludku). K perrektální aplikaci je nutné speciální zařízení, proto je pro tento způsob podání využíván jen vzácně. Vzduch je oproti tomu zdarma a vždy dostupný.

Vodu jako izodenzní kontrastní látka je možno využít po perorální aplikaci pro zobrazení horní části trávicí trubice (žaludek, duodenum). Není však vhodná pro zobrazení dalších částí střevního traktu, protože se vstřebává a neumožňuje docílit dostatečné náplně. Kontraindikací je zde srdeční selhání, renální insuficience a problémy s retencí moči.^(4,6)

Koloidní roztoky makromolekulárních látek jsou výhodné vzhledem k jejich adhezivitě k povrchu klků střevní sliznice. Jejich konzistence je vazká. Mezi nejznámější patří 0,5 % roztok karboxymethylcelulózy. Ta není pro své chuťové a fyzikální vlastnosti příliš vhodná k fracionovanému pití, proto je podávána nasojejunální sondou. Roztoky manitolu či sorbitolu (2,5%), které mají podobné

fyzikální vlastnosti je možno podávat i perorálně (při CT enterografii). Velkou výhodou izodenzních kontrastních látek je jejich kontrast oproti slizniční vrstvě, jejíž posouzení je důležité zejména při diagnostice zánětlivých lézí (např. Crohnovy choroby).

Jodové kontrastní látky pro perorální přípravu musí být naředěné vzhledem k jejich vysoké denzitě. Optimální ředění je 10 ml kontrastní látky o koncentraci 350 mg/ml v 500 ml vody nebo fyziologického roztoku. Nevýhoda jodové kontrastní látky tkví v nestejněm denzitě náplně v případě, že se ředí v přirozeném střevním obsahu. Zároveň splývá se slizniční vrstvou a ztěžuje tak její hodnocení. Nesmíme ji podat při krvácení do zažívacího traktu, kdy by maskovala krev, která je rovněž hyperdenzní.

Suspenze síranu barnatého je klasická kontrastní látka pro vyšetření trávicí trubice, která je vhodná jak pro perorální tak i pro perrektální aplikaci. Pro CT vyšetření musí být, stejně jako jodová kontrastní látka, naředěna. Velkou výhodou je dosažení homogenní denzity v různých částech trávicí trubice. Nevýhodou je kontraindikace u náhlých stavů kde nemůžeme vyloučit perforaci střeva.

1.4.2 Druhy a způsoby aplikace kontrastních látek

Endoluminální kontrastní látky

Endoluminální (perorální či perrektální) podání kontrastních látek nám zajistí nejen identifikaci tenkého nebo tlustého střeva, ale i správné rozpětí lumina což umožní hodnocení stěny trávicí trubice a také slizničního reliéfu. U náhlých stavů nás limituje čas a stav pacienta, proto se většinou tato příprava neprovádí. U ileozních stavů se ale zmnožený plynný a tekutý obsah střev stává sám o sobě kontrastní látkou.

Způsoby podání

Frakcionované pití – pacient vypije 1500-2500 ml ředěné kontrastní látky postupně rozdělené do malých porcí. K naplnění celé trávicí trubice dojde přibližně za 45-90 min. Tento způsob přípravy se využívá u všech typů vyšetření břicha a u cílených vyšetření tenkého střeva CT enterografií. Nevýhodou je dlouhá doba přípravy, ale výhodou je vysoká tolerance vyšetřovanými.

Aplikace duodenální sondou je rychlá a umožňuje velmi dobré zobrazení tenkého střeva. Zavádění sondy se však provádí pod skiaskopickou kontrolou, což znamená přídatnou radiační zátěž. Výkon je navíc pro pacienty často nepříjemný.⁽⁴⁾

Perrektální aplikace kontrastních látek se využívá u cílených vyšetření tračníku. Upřednostňována je plynná hypodenzní kontrastní látka (vzduch nebo vzácně oxid uhličitý), která umožňuje provedení virtuální endoskopie. Pro vyšetření karcinomu rekta je rovněž možno použít menší množství naředěné jodové kontrastní látky. Tlusté střevo je možno zobrazit i po řádné perorální přípravě hyperdenzní nebo izodenzní kontrastní látkou. Kvalita rozpětí střeva však obvykle není tak dobrá jako při perrektálním podání.

1.4.3 Intravenozní kontrastní látky

Intravenozní kontrastní látky slouží k posuzování parenchymových orgánů, měkčotkáňových struktur a cév. Po aplikaci se v různé míře distribuují v jednotlivých tkáních, čímž zvyšují jejich kontrast proti okolí. Nezbytné jsou ke zjišťování ložiskových lézí v parenchymových orgánech a k hodnocení cév. Při vyšetření střev nám umožňují odlišit jednotlivé vrstvy střevní stěny a hodnotit její prokrvení.

Intravenozní aplikaci kontrastních látek musí vždy předcházet sepsání alergické anamnézy. Indikující lékař musí zvážit rizika aplikace kontrastních látek a to zejména u dětí, u pacientů s onemocněním štítné žlázy, se srdečním selháním, s chronickou renální insuficí, s diabetem a paraproteinémií. Před vyšetřením s jodovou kontrastní látkou pacienty premedikujeme 2 tabletami Dithiadenu (nebo ekvivalentní dávkou jiného antihistaminika). Musíme znát aktuální hodnotu hladiny kreatininu v séru. Nemocný musí být nalačno, 4 hodiny před vyšetřením nesmí přijmout pevnou stravu. Pokud provádíme vyšetření u rizikového pacienta, použijeme nízkoosmolární kontrastní látku a zajistíme hydrataci před i po vyšetření. Rizikového pacienta premedikujeme 40 mg prednisonu 12 hodin před vyšetřením a 20 mg 6 hodin před vyšetřením, pokud je vyšetření akutní podáváme kortikoidy a antihistaminikum i.v. Při vyšetření vysoce rizikového pacienta se doporučuje přítomnost anesteziologa při vyšetření. Tento postup zachováme též u urgentních vyšetření a u septických stavů. Před aplikací kontrastní

látky musíme zajistit bezpečný cévní přístup pomocí plastické flexibilní kanyly (18 – 20 G), pokud má pacient centrální žilní kanylu, můžeme ji využít. V závislosti na typu vyšetření je třeba správně nastavit celkový objem podané látky, rychlost aplikace a zpoždění skenování (k tomu nám pomáhají automatické monitorovací systémy, například tzv. bolus tracing). Na našem pracovišti používáme dvoupístový přetlakový injektor Medrad Stellant, který umožní po podání kontrastní látky provést proplach fyziologickým roztokem, který ušetří přibližně 1/3 podávaného objemu kontrastní látky.^(4, obr. 6,7)

1.4.4 Strategie aplikace jodové kontrastní látky

Při CT vyšetření provádíme skenování v různých fázích cirkulace kontrastní látky. Jedná se o fázi arteriální, časnou portální, vrcholnou portální a pozdní. Cirkulační fáze nastupují u jednotlivých pacientů individuálně a závisí na věku, tělesném objemu a na srdečním výdeji pacienta. Určení momentu začátku akvizice dat provádíme buďto empiricky nebo pomocí automatických monitorovacích systémů. Arteriální fáze zobrazí tepenný systém a patologické útvary s výrazným arteriálním zásobením (například karcinoid nebo jiné neuroendokrinní tumory). Nastupuje 15-30 s po začátku aplikace. Časná fáze portální je optimální doba pro akvizici dat u vyšetření střevní stěny. V ní dochází k maximálnímu nasycení kontrastní látkou. Odstup od arteriální fáze je 10-15 s. Vrcholná fáze portální je vhodná k posouzení portálního řečiště ale též k posouzení jater a ostatních parenchymatózních orgánů. Odstup od arteriální fáze je 25-35s. Fáze pozdní se využívá při diagnostice střevních onemocnění jen vzácně při detekci zdroje krvácení do trávicího ústrojí. Odstup od arteriální fáze je 120s až 5 minut.^(4,6,18)

Základním parametrem pro stanovení počátku akvizic je cirkulační čas. U mladých a astenických lidí je tento čas výrazně zkrácen. U pacientů s kardiálním selháním je naopak prodloužen. Empirické časování je vhodné jen u pomalých akvizic na jedno či dvouřadových systémech, kdy rozdíly 10 s nehrají žádnou roli. Další možností je testování bolusu (bolus timing). Jedná se o zkusmý nástřik 10 ml kontrastní látky a jeho následné monitorování ve vyšetřované cévě. Metoda přináší značné nepřesnosti, které vyplývají z odlišené reakce srdce na rozdílné množství kontrastní látky. Na našem

pracovišti využíváme metodu monitorování bolusu (bolus tracking). Ta se jeví jako nejpřesnější a nezvyšuje množství aplikované kontrastní látky. Monitorování se provádí pomocí oblasti zájmu (ROI) umístěné do aorty nebo jiné vhodné cévy v závislosti na vyšetřované oblasti a požadované cirkulační fázi. Při vyšetření břicha se obvykle umísťuje do aorty těsně nad bránici. Přístroj v tomto místě měří průměrnou denzitu. Pokud se zvýší o předem nastavenou hodnotu, spustí se automaticky skenování. V případě vyšetření břicha nastavujeme 100 HU. Popsaný postup umožňuje zachytit arteriální fázi. Pokud provádíme vyšetření v jiné fázi, odvozujeme zpoždění od tohoto momentu. Pro časnou portální fázi nastavujeme zpoždění 10 - 15 s, pro vrcholnou portální fázi 25 - 35 s. Pro akvizici v odložené fázi (která je obvykle součástí vícefázového vyšetření) volíme zpoždění v rozsahu 2 - 5 min. ⁽⁴⁾

1.4.5 Rizika spojená s podáním jodové kontrastní látky při CT vyšetření

Mezi faktory, které zvyšují riziko nežádoucích reakce na kontrastní látky, patří diabetes mellitus, renální insuficience, těžké kardiální a plicní onemocnění, astma bronchiale, předchozí reakce na kontrastní látku, polyvalentní alergie, dětský nebo vysoký věk nemocných, hyperthyreóza a mnohočetný myelom. Po aplikaci jodové kontrastní látky může nastat celá řada nežádoucích účinků. Především se jedná o alergoidní (alergii podobnou) reakci. Významné jsou ale i projevy chemo-, osmo- a nefrotoxicity. K dalším nežádoucím účinkům patří neuro- a kardiotoxicita.

Riziko alergoidní reakce závisí na typu použité kontrastní látky. Je vyšší u kontrastních látek ionických a vysokoosmolárních (6 - 8%), u neionických a nízkoosmolárních jodových kontrastních látek je toto riziko podstatně nižší (0,2 - 0,7 %). Do nedávné doby byly používány pouze látky výrazně hypertonické vzhledem k osmolaritě plazmy. Bylo to nezbytné k dosažení koncentrace jodu, postačujícího k zobrazení vaskulárního řečiště nebo dutých orgánů. Pro prevenci nežádoucích efektů byla vyvinuta nová generace nízkoosmolárních kontrastních látek. Radiokontrastní látky jsou v organismu distribuovány zejména v extracelulárním prostoru, v menším množství pronikají i intracelulárně a dostávají se do kontaktu se všemi plazmatickými proteiny i jednotlivými buňkami těla. To je příčinou poškození

prakticky kteréhokoliv orgánu nebo funkčního systému. Mechanismus vzniku dalších příznaků, jako je nauzea, zvracení, hyperventilace s pocitem dušnosti a urtika v místě aplikace je méně jasný. Pacienti s mírnými projevy by měli být sledováni pro případný rozvoj vážnějších příznaků s nutností intenzivní léčby. Pacienti, kteří prodělali reakci, po podání radiokontrastní látky mají vyšší riziko reakce při další aplikaci. Naopak se předpokládá, že pacienti s anamnézou alergické reakce vyvolané jinými alergeny nevyžadují podání neionizované kontrastní látky. Při použití nízkoosmolární látky je riziko reakce ještě dále redukováno pod 1 %. Premedikace je jedním ze způsobů jak předejít alergoidní reakci. Na našem pracovišti jsou pacientovi podány 2 tablety Dithiadenu což prezentuje 4 mg účinné látky. Pokud je vyšetření akutní, aplikujeme 100 mg hydrokortizonu i.v. nebo 1 mg dithiadenu i.m. a vyšetření můžeme jej provádět ihned. Jediné, co hovoří proti nízkoosmolárním kontrastním látkám je jejich vysoká cena.

Chemotoxická reakce se projevuje nauseou a zvracením. Osmotoxicita způsobuje pocity tepla a bolesti v místě aplikace kontrastní látky. Zároveň se podílí na vzniku poškození ledvin..

Kontrastní nefropatie se vyznačuje akutním zhoršením ledvinných funkcí po podání kontrastní látky. Je definována jako zvýšení hladiny sérového kreatinu o více než 25 % během 48 hodin oproti hodnotě před podáním kontrastní látky. Její incidence u zdravých jedinců je 0 – 10 %. Prevence kontrastní nefropatie je dostatečná hydratace před i po vyšetření, ale 4 hodiny před vyšetřením je třeba omezit příjem tekutin na 100 ml za hodinu z důvodů rizika alergoidní reakce. Dále 48 hodin před vyšetřením vysadit nefrotoxické léky a zvážit podání nefroprotektivních látek. Maximální doporučená dávka u nemocných s normální funkcí ledvin (hladina sérového kreatininu je menší než 100 mikromol/l) a při dostatečné hydrataci je horní orientační hranice dávky do 300 ml jodové kontrastní látky s koncentrací 300 mg I/ml. U nemocných s poškozenými renálními funkcemi lze vypočítat maximální dávku jodové kontrastní látky při optimální hydrataci dle vzorce

Objem kontrastní látky (300mg jódu /ml) = $\frac{5 \times \text{hmotnost (max. 60 kg)}}{\text{hladina kreatininu v } \mu\text{mol/l} / 88}$ ^(4,6,18)

2 Cíl práce a hypotézy

Vyšetření tenkého střeva

Průnik endoskopie do této oblasti není tak výrazný jako u vyšetření tlustého střeva. Až na krátký úsek orálně a aborálně je tenké střevo prakticky nedosažitelné pro klasickou endoskopii. Celé tenké střevo je v současné době možno vyšetřit pomocí kapslové endoskopie, která je však zatím málo rozšířená a nákladná. Vyšetření tenkého střeva tak nadále zůstává doménou radiologie. Klasická pasáž tenkým střevem pomocí baryových nebo jodových kontrastních látek, se většinou využívá pouze při poruchách pasáže nebo po chirurgických operacích, při posouzení průchodnosti a suficiency anastomóz. Enteroklýza – dvojkontrastní vyšetření tenkého střeva při němž aplikujeme pomocí nazojejunální sondy pozitivní kontrastní látku (baryová suspenze) a posléze negativní kontrastní látku (roztok metylcelulózy), byla na našem pracovišti zcela vytlačena CT enteroklýzou. Při tomto typu vyšetření je podáván nazojejunální sondou pouze roztok karbohydromethylcelulózy. Vzhledem k tomu, že je sonda zaváděna pod skiaskopickou kontrolou, dochází ke zvyšování radiační zátěže. Tato nevýhoda byla odstraněna zavedením CT enterografie, při je nemocným perorálně aplikován 2,5% roztok manitolu (u dospělých) nebo sorbitolu (u dětí). Nespornou výhodou CT vyšetření je rovněž možnost posoudit všechny břišní orgány. A tak komplexnější posouzení patologie i mimo trávicí trubici posouvá CT vyšetření do první linie.^(16,17)

Při vyšetřování tlustého střeva se po zavedení studených optických vláken stala metodou první volby koloskopie. Její velkou výhodou je možnost odebrání histologie, umožňuje posuzovat barevný vzhled sliznice (což například usnadňuje odlišení polypů od fekálních zbytků), možnost terapeutického zásahu již při samotném vyšetření a nulová radiační zátěž. Limitací této metody je horší tolerance u některých nemocných, nemožnost proniknout za těsnou stenózu, či ostré ohyby. Jedinou alternativou byla do nedávna irigografie. V poslední době je však nahrazována CT kolografií, která umožňuje posoudit nejen tlusté střevo, ale i jeho okolí a všechny břišní orgány, což je důležité při vyhledávání komplikací zánětlivých onemocnění a známek generalizace nádorů. Dalšími metodami zavedenými v posledních letech jsou ultrazvuk a magnetická rezonance. Ultrazvuk se využívá zejména u nemocných s Crohnovou chorobou

při opakovaných kontrolách, při sledování dynamiky procesu, též při diagnostice akutní apendicitidy je ultrazvuk výhodnou metodou. Magnetická rezonance má nespornou výhodu v tom, že pacient není zatížen rtg zářením. Je však časově i finančně velmi náročná a tak se zpravidla používá pouze ve vybraných případech. Především u dětí, mladých dospělých a žen v produktivním věku.

Cílem mojí práce je podat ucelený obraz CT vyšetření střev na našem pracovišti, včetně argumentů, proč zvolit nový algoritmus vyšetření střev. Též by tato práce mohla sloužit jako výukový materiál, pro pracoviště která s těmito metodami začínají.^(10,17)

2.1 Starý algoritmus vyšetření střev bez použití multidetektorové výpočetní tomografie

Algoritmus vyšetření střev se liší dle diagnózy pacienta. Na našem pracovišti používáme 3 základní algoritmy vyšetřování – 1) při podezření na kolorektální karcinom, 2) při poruchách pasáže a při náhlých příhodách břišních, 3) při podezření na střevní zánět. Ve třech schématech jsou uvedeny algoritmy vyšetření, které jsme dodržovali před zavedením multidetektorové výpočetní tomografie.^(schéma 1,2,3)

Schéma 1. Algoritmus vyšetření při podezření na kolorektální karcinom

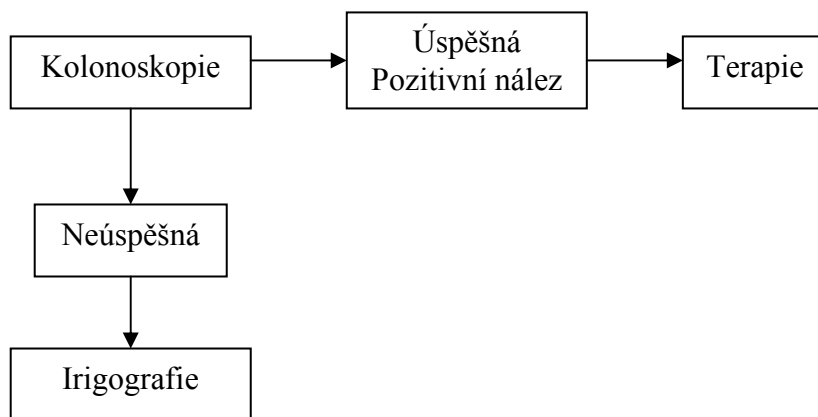


Schéma 2. Algoritmus vyšetření při poruchách pasáže nebo při náhlé příhodě břišní

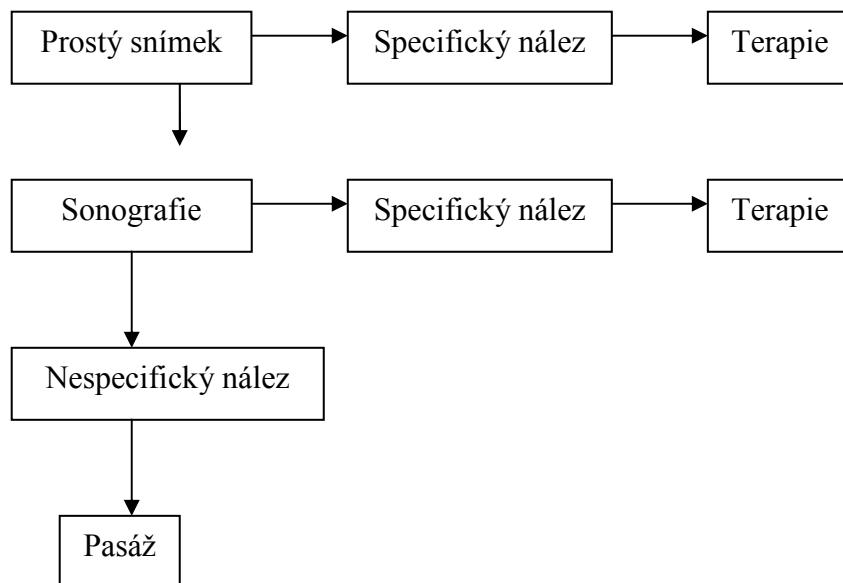
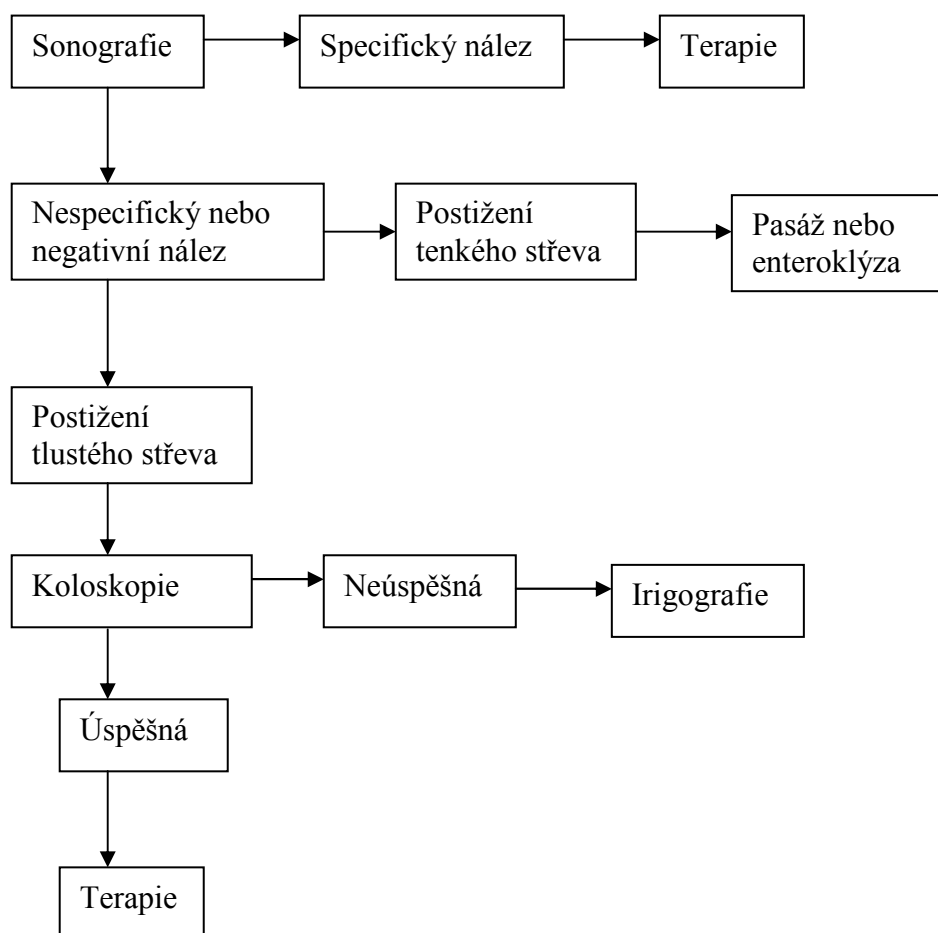


Schéma 3. Algoritmus vyšetření při podezření na střevní zánět



2.2 Nový algoritmus s použitím multidetektorové výpočetní tomografie

V následujících schématech jsou nové algoritmy vyšetření střev s použitím multidetektorové výpočetní tomografie. ^(schéma 4,5,6)

Schéma 4. Algoritmus vyšetření při podezření na kolorektální karcinom

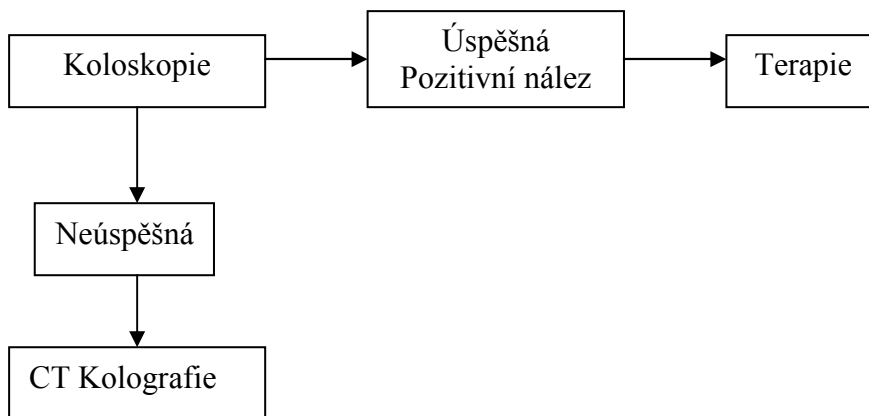


Schéma 5. Algoritmus vyšetření při poruchách pasáže nebo při náhlé příhodě břišní

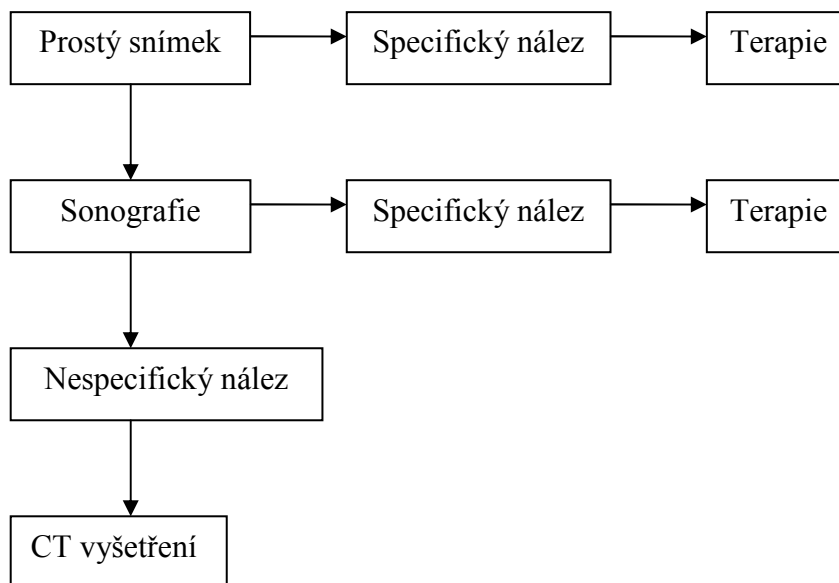
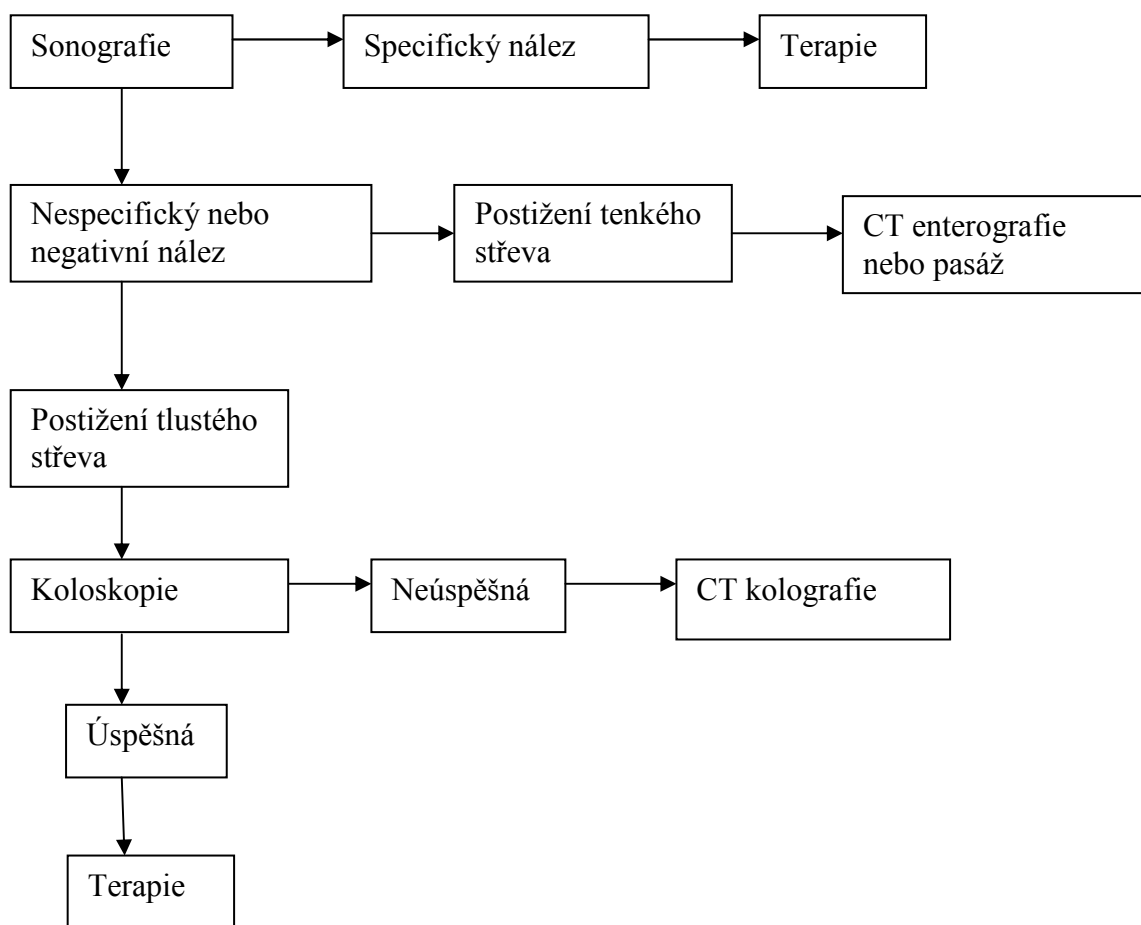


Schéma 6. Algoritmus vyšetření při podezření na střevní zánět



Shrnutí výhod vyšetření střev pomocí multidetektového CT

- komfort pacienta
- časově méně náročné
- možnost postprocesingu bez jakékoliv radiační zátěže pacienta
- posouzení stavu orgánů v okolí střev
- monitoring komunikace postižení střev s okolními orgány
- komplexní vyšetření i mimo trávicí trubici
- vyšší senzitivita i specifická vyšetření
- zobrazení některých změn přímo ve stěně střeva
- neustálý vývoj technologie a vlastních protokolů, které povedou ke snížení radiační dávky

Shrnutí nevýhod vyšetření střev pomocí multidetektorové CT

- radiační zátěž vyšší než při konvenčním vyšetření
- vyšší cena vyšetření
- použití jodové kontrastní látky i.v.
- nutnost vysoce kvalifikovaného personálu

3 Metodika

3.1 Vlastní CT vyšetření střev, vyšetřovací protokol, úloha radiologického asistenta při těchto vyšetřeních

3.1.1 CT enteroklýza

Vyšetření se provádí po aplikaci izodenzní kontrastní látky do nasojejunální sondy. Sonda je zavedena pod skiaskopickou kontrolou. Poté pacient přichází do vyšetřovny CT. Po odložení spodního prádla v kabině ulehne na vyšetřovací stůl do polohy na zádech hlavou do gantry. Vertikální zaměřovací laserový paprsek prochází sagitální rovinou, horizontální laser je umístěn v polovině předozadního rozměru těla. Ujistíme se, že pacientovi můžeme aplikovat kontrastní látku (alergická anamnéza) a zjistíme, zda je poučen o průběhu vyšetření. Bohužel z vlastní zkušenosti vím, že informovanost pacienta o tom co dané vyšetření obnáší je zpravidla velmi malá a my poučením pacienta snížíme riziko pohybových artefaktů. Sestra zajistí žilní přístup a aplikuje 2 mg Buscopanu i.v. Radiologický asistent podává stříkačkou kontrastní látku v množství 1500 - 2300 ml (dle tolerance nemocného) do nasojejunální sondy.

Před zahájením vyšetření dá pacient ruce nad hlavu a k nitrožilní kanyle je připojena hadička přetlakového injektoru (pro každého pacienta musí být použita nová). Poté je možno provést topogram a řez pro zaměření monitoringu bolusu kontrastní látky (tzv. premonitoring). Skenování se provádí v časně portální fázi po aplikaci 100 ml intravenózní kontrastní látky rychlostí 3 ml/s (na našem pracovišti je vždy používána neionická kontrastní látka o koncentraci 350 mgI/ml) od úrovně bránice po sedací hrboly. Po ukončení skenování se ujistíme, že je pacient v pořádku, odpojíme hadičku přetlakového injektoru, odstraníme nitrožilní kanylu a vyzveme jej, aby setrval v čekárně dalších 30 minut, kvůli možné pozdní reakci na kontrastní látku. Laborant provede základní rekonstrukce CT obrazu v axiální, koronární a sagitální rovině. Další případné rekonstrukce provádí dle dodatečných instrukcí lékaře. Pro vyšetření střev jsou využívány řezy o šíři 3 - 5 mm rekonstruované pomocí algoritmu s potlačením šumu. Intravenózní kontrastní látka je nezbytná k posouzení parenchymových břišních orgánů, cév, ale i střevní stěny. Umožňuje detekovat hypervaskularizaci u zánětlivých onemocnění a je přínosná i při diferenciální diagnostice nádorů.

Výhodou této metody je rychlá aplikace endoluminální kontrastní látky zabezpečující dobré rozpětí střeva. Značnou nevýhodou je přídatná radiální zátěž při skiaskopii a dyskomfort nemocného.

3.1.2 CT enterografie

CT enterografie je novější metoda zobrazení střeva, která do značné míry eliminuje výše uvedené nevýhody CT enteroklýzy. Izodenzní kontrastní látka (v tomto případě 2,5% roztok manitolu nebo sorbitolu) je podávána per os. Pacient obdrží celkem 2 l roztoku. Nejprve vypije naráz 0,5 l, zbytek vypije frakcionovaně (ve 2 - 5 sekundových intervalech). Příprava obvykle trvá 1 hodinu. Odpadá tak nepříjemné a radiací zatěžující zavádění nasojejunální sondy. Další postup vyšetření se neliší od CT enteroklýzy. Výhodou této modifikace vyšetření tenkého střeva je velmi dobrá tolerance nemocnými. Nevýhodou je menší rozpětí střeva ve srovnání s CT enteroklýzou. Obraz ale i při horší kvalitě distenze lumen umožňuje stanovit diagnózu.^(obr.4) Manitol není vhodné podávat dehydratovaným nemocným, protože ještě více prohlubuje odvodnění organismu. V literatuře je rovněž uváděna možnost vzniku výbušných produktů, proto po dobu 1 týdne po jeho aplikaci nesmí být prováděna endoskopická vyšetření spojená s elektrokoagulací (např. polypektomie).^(tab 1)

Tabulka 1. Vyšetřovací protokol pro přístroje Somatom Sensation 64

Effektivní mAs	160
kV	120
kolimace	2 x 32 x 0,6 mm
pitch	1,4
směr skenování	kraniokaudální
rekonstruovaná šíře řezu	5 mm (axiální, koronární a sagitální rovina)
increment	0,7
rekonstrukční algoritmus	B 25 f smooth
window	abdomen
množství kontrastní látky	100 ml + 50 ml fyziologického roztoku
průtok	3 ml/s
zpoždění aplikace kontrastní látky	20 s

3.1.3 CT kolografie

Jedná se o CT vyšetření tlustého střeva pomocí hypodenzního kontrastního média. Pacient přichází na vyšetření vyprázdněn s použitím perorálního laxativa (fosfátové či makrogelové projímadlo), které pacient požije ve dvou frakcích ráno a večer 1 den před vyšetřením. Dále je premedikován obvyklým způsobem 2 tabletami Dithiadenu per os. V kabině si pacient odloží a oblékne se do připraveného empíru. Chránit stud pacienta je velmi důležité a výrazně tím potlačíme nepříjemné zážitky z vyšetření. Zjistíme alergickou anamnézu, pacienta poučíme a položíme na vyšetřovací stůl. Pacient leží na zádech hlavou do gantry, vertikální laser prochází středem pacienta, horizontální laser je ve středu objemu pacienta. Sestra zajistí žilní přístup, aplikuje 2 mg Buscopanu i.v. a pacient dá ruce nad hlavu, poté ho napojíme na tlakový injektor, kde máme připraveno 100 ml neionické kontrastní látky o koncentraci 350 ml I/ml a 50 ml fyziologického roztoku. Rychlost průtoku kontrastní látky i fyziologického roztoku je 3 ml/s. Sestra zavede pacientovi rektální rourku do konečníku a aplikuje do střev vzduch dle tolerance pacienta (průměrné množství je 2l). Laborant zhotoví topogram, ve kterém

naplánuje rozsah vyšetření (od bránice po spodní okraj hýždí). Na topogramu současně kontrolujeme míru rozvinutí střeva. Pokud je nedostatečná, pokračujeme ještě v aplikaci vzduchu. Rektální rourka zůstává stále zavedena. Poté je provedeno skenování stejným způsobem jako při vyšetření tenkého střeva. Po jeho skončení přetočíme pacienta na břicho a provádíme další vyšetření na břiše. Způsob provedení je stejný jako na zádech. Před zahájením skenování se na topogramu opět ujistíme, že je rozpětí střeva dostatečné. Pokud ne aplikujeme ještě potřebné množství vzduchu. Rektální rourku odstraňujeme až po skončení druhé fáze vyšetření.

Vyšetření ve dvou polohách je nezbytné pro zobrazení tlustého střeva v celém rozsahu. Často v něm totiž po přípravě zůstává menší množství tekutiny, která by mohla maskovat patologické útvary. Při změně polohy se vrstva tekutiny přelije do jiné části střevního lumen. Dalším důvodem pro tento postup je skutečnost, že při vyšetření na zádech jsou často problémy s rozvinutím sigmatu. Na břiše se pak rozvíjí lépe. Aplikace intravenózní kontrastní látky je nezbytná nejen pro zobrazení parenchymových břišních orgánů a cév, ale i pro odlišení zbytků stolice od polypů. Polypy se, narozdíl od zbytků stolice, sytí kontrastní látkou. Fekální residua navíc obsahují bubliny plynu.

Tabulka 2. Vyšetřovací protokol pro přístroje Somatom Sensation 64 – na zádech

Effektivní mAs	50
kV	120
kolimace	2 x 32 x 0,6 mm
pitch	1,4
směr skenování	kraniokaudální
rekonstruovaná šíře řezu	5 mm (axiální a koronární rovina), 1 mm (ax. rovina pro virt. endoskopii)
increment	0,7
rekonstrukční algoritmus	B 25 f smooth
window	abdomen
množství kontrastní látky	100 ml + 50 ml fyziologického roztoku
průtok	3 ml/s
zpoždění aplikace kontrastní látky	15 s

Tabulka 3. Vyšetřovací protokol pro přístroje Somatom Sensation 64 – na břiše

Effektivní mAs	30
kV	120
kolimace	2 x 32 x 0,6 mm
pitch	1,4
směr skenování	kraniokaudální
rekonstruovaná šíře řezu	5 mm (axiální a koronární rovina), 1 mm (axiální rovina pro virtuální endoskopii)
increment	0,7
rekonstrukční algoritmus	B 25 f smooth
window	abdomen
množství kontrastní látky	100 ml + 50 ml fyziologického roztoku
průtok	3 ml/s
zpoždění aplikace kontrastní látky	4 s

Oba protokoly pro CT kolografii využívají snížené hodnoty mAs. Důvodem je snaha o co nejmenší radiační zátěž. Pokud je CT kolografie provedena tímto způsobem, je radiační zátěž stejná jako při rutinním jednofázovém vyšetření břicha.

V poslední době se objevují nové protokoly pro přípravu před CT kolografií zahrnující perorální aplikaci pozitivní kontrastní látky (baryové nebo jodové) v malých dávkách po každém jídle po dobu několika dnů před CT kolografií. Smyslem je označení zbytků stolice, které jsou pak hyperdenzní a je možno je dobře odlišit od polypů. Na našem pracovišti metodu označování stolice (anglicky fecal tagging) právě zavádíme.

4 Výsledky

4.1 Soubor pacientů

Soubor pacientů zahrnuje všechna vyšetření střev v roce 2006 od 1.1. 20006 do 31.12.2006. Pro srovnání uvádím i další rentgenová vyšetření provedená ve stejném období. U vyšetření tenkého střeva se jedná o pasáž tenkým střevem a enteroklýzu a u vyšetření tlustého střeva je to irigoskopie.

4.1.1 Vyšetření tenkého střeva

V roce 2006 jsme na našem pracovišti provedli celkem 161 CT enterografií, průměrný věk pacientů byl 40 let, věkové rozpětí pacientů bylo mezi 7 až 80 lety. Enteroklýza v roce 2006 nebyla provedena žádná, zcela ji vytěsnila CT enterografie. Pasáží tenkým střevem jsme provedli celkem 127, vždy byly indikovány chirurgem po břišní operaci, průměrný věk pacientů byl 59 let, nejstaršímu pacientovi bylo 93 let a nejmladšímu 24 let. Pokud bychom to vyjádřili v procentech, tak u vyšetření tenkého střeva se 56 % podílela CT enterografie a 44 % pasáž tenkým střevem, enteroklýza 0 %.

(tab. 4)

Tabulka 4. Porovnání četnosti jednotlivých rentgenových metod při vyšetření tenkého střeva v roce 2006

CT enterografie	161	55,9 %
Pasáž tenkým střevem	127	44,1 %
Enteroklýza	0	0 %

Nálezy při CT enterografii

Při třídění konkrétních nálezů u pacientů je nejčastějším onemocněním tenkého střeva Crohnova choroba, ta se vyskytla v 64 případech což činí 40 %, přičemž ve 22 případech (14 %) se jednalo o prvozáhyt onemocnění, ve 42 případech (26 %) se jednalo o recidivu.^(tab.5) Při CT enterografii dochází i k proplnění tlustého střeva kontrastní látkou, a tak velká část vedlejších nálezů se týká právě tlustého střeva.

Tabulka 5. Třídění nálezů tenkého střeva při vyšetření CT enterografií

Crohnova choroba celkem	–	64	39,8 %
Crohnova choroba prvozáchyt	-	22	13,7 %
Crohnova choroba recidiva	-	42	26,1 %
Infekční enteritida		5	3,1 %
Aorto mezenterální komprese		4	2,5 %
Nádory		4	2,5 %
Celiakie		3	1,9 %
Ostatní		17	10,6 %
Normální nález		64	39,8 %

4.1.2 Vyšetření tlustého střeva

V roce 2006 jsme na naší klinice provedli 67 kologafií. Věkový průměr pacientů činil 62 let, přičemž nejstarší byl 86 letý pacient a nejmladší 25 letý. Irigoskopií bylo provedeno pouze 6, věkové rozmezí u tohoto vyšetření bylo 13 až 86 let a průměrný věk vyšetřovaných byl 51 let. Takže CT kolografie se podílí 92 % u vyšetření tlustého střeva a irigoskopie pouze 8 %^(tab. 6)

Tabulka 6. Porovnání četnosti jednotlivých metod při vyšetření tlustého střeva

CT kolografie	67	91,8 %
Irigoskopie	6	8,2 %

Nálezy při CT kologafii

Mezi chorobami tlustého střeva je nejpočetnější výskyt divertiklů, jejich výskyt byl ve 20 případech to je 13,4 %, v 8 dalších případech se též jednalo o výskyt divertiklů, ale v kombinaci s polypy. Celkově se divertikly vyskytly u 28 pacientů z 67 (41,8 %).

Divertikulóza tračníku je obvyklým vedlejším nálezem. Indikací k vyšetření byla diagnostika polypů, karcinomu nebo zánětlivých lézí.^(tab. 7)

Tabulka 7. Třídění nálezů tlustého střeva při vyšetření CT kolografií

Divertikly	20	29,8 %
Polypy	11	16,4 %
Divertikly + polypy	8	12 %
Divertikulóza	8	12 %
Karcinom	8	12 %
Ostatní	3	4,5 %
Normální nález	9	13,5 %

4.1.3 Finanční rozvaha vyšetření při onemocnění střev

CT vyšetření je samozřejmě dražší vyšetření, ale jeho diagnostický přínos je podstatně větší než u klasických rentgenových metod. A tak záleží na dialogu mezi klinickým lékařem a rentgenologem, jaké vyšetření u konkrétního pacienta zvolí.

Cena vyšetření se skládá z částky za použitou kontrastní látku a z částky za samotné vyšetření, které je ohodnoceno konkrétní výší bodů. Částka vyplacená za 1 bod je pak stanovena dohodou mezi managementem nemocnice a zdravotní pojišťovnou.

V současné době naše nemocnice za jeden bod získá 0,89 Kč.^(tab.8)

Tabulka 8. Finanční rozvaha rentgenových vyšetření tenkého a tlustého střeva

název vyšetření	cena vyšetření v Kč	cena kontrastní látky v Kč	celková cena vyšetření v Kč
Enteroklýza	1.525	154	1.679
CT enterografie	3.378	1.159	4.537
Pasáž tenkým střevem + Urografin	575	418	993
Pasáž tenkým střevem + Miropaque H.D. oral	575	62	637
Irigoskopie + Polibar	797	164	961
Irigoskopie+Urografin	797	418	1.215
CT kolografie	4.503	1.159	5.662

Vysvětlivky k tabulce: Kontrastní látky použité při vyšetření střev^(tab. 8)

Při CT kolografii a CT enterografii používáme neionickou jodovou kontrastní látku Omnipaque 350 – 100 ml pro jednoho pacienta. U enteroklýzy jsme používali Micropaque H.D. oral - 0.5 l na jedno vyšetření. K vyšetření irigografie používáme set Polibar, ve které je nejen kontrastní látka, ale i irigátor na jedno použití. Pokud máme u pacienta podezření na perforaci střeva, používáme jodovou kontrastní látku Urografin 76 % - 100ml a tu samou používáme u pasáží tenkým střevem a to ve stejném množství. U pasáží tenkým střevem pokud není podezření na perforaci střeva používáme Micropaque H.D. oral. Cena izodenzních kontrastních látek se nevykazuje, náklady na její pořízení jsou zahrnuty v částce cena za vyšetření.^(tab.8)

5 Diskuse

5.1 Diskuse k vyšetření tenkého střeva

CT enteroklýza a později CT enterografie se na našem pracovišti provádí od roku 2002, tato metoda v současnosti zcela nahradila klasickou enteroklýzu. Oprávněnost této obměny též dokazuje studie Saliera a kol., ve které se porovnává diagnostická hodnota CT enteroklýzy a klasické enteroklýzy u pacientů s již známou a histologicky potvrzenou Crohnovou chorobou.⁽¹³⁾ CT enteroklýza má vyšší senzitivitu ve všech parametrech. Nejvýraznější je to v případě detekce prestenotické dilatace (CT enteroklýza 40 %, klasická enteroklýza 30 %) a největší rozdíl senzitivity obou vyšetření je v případě odhalování vícečetných postižení úseků střeva (CT enteroklýza 34 %, klasická enteroklýza pouze 6 %).^(tab.9)

Tabulka 9. Porovnání diagnostické hodnoty CT enteroklýzy a klasické enteroklýzy

	CT enteroklýza	klasická enteroklýza
Prestenotická dilatace	40 %	30 %
Píštěle	36 %	16 %
Vícečetné postižení úseků střeva	34 %	6 %

Pasáž tenkým střevem je vyšetření, které má své místo při poruchách pasáže nebo po chirurgických operacích, v jiném případě má toto vyšetření velmi nízkou diagnostickou hodnotu a nedoporučuje se.

Dalšími metodami, které umožňují vyšetřit tenké střevo, jsou sonografie a magnetická rezonance.

Sonografické vyšetření jako levná a neinvazivní metoda, má svoje pevné místo v algoritmu vyšetření tenkého střeva a to zejména na začátku vyšetřování pacienta, u malých dětí a poté při sledování dynamiky již diagnostikovaných procesů.

Vyšetřování tenkého střeva pomocí magnetické rezonance (MR enteroklýza nebo MR enterografie) je vyšetření, které je srovnatelné s vyšetřením pomocí multidetektorové výpočetní tomografie. Jeho hlavní výhodou je, že pacient není vystaven radiační zátěži, dále možnost zhotovit obrazy v různých rovinách, které jsou

velmi výhodné pro posouzení vztahů jednotlivých zobrazených orgánů (toto v současné době dokáže i multidetektorová výpočetní tomografie). Nevýhodou je, že toto vyšetření připadá v úvahu pouze tam, kde jsou nejnovější přístroje. Velmi vysoká pořizovací cena přístroje a podstatně vyšší cena i samotného vyšetření jsou dalšími limitacemi této metody. Na našem pracovišti má tato metoda pevné místo ve vyšetřovacím algoritmu u onemocnění tenkého střeva u dětí, mladých dospělých a žen v produktivním věku.⁽¹⁷⁾

5.2 Diskuse k vyšetření tlustého střeva

Na našem pracovišti se CT kolografie provádí od roku 2003. Toto vyšetření až na malé výjimky nahradilo klasickou irigografií. Z výsledků studie Halligana a kol. zabývající se možností detekce polypů, vyplývá, že CT kolografie je metoda, která má vysokou nejen senzitivitu, ale i specifitu.⁽⁸⁾ Nejlepších výsledků je dosaženo u větších polypů, které zároveň představují vyšší riziko vzniku karcinomu.^(tab.10)

Tabulka 10. Spolehlivost CT kolografie

Velikost polypu	Senzitivita	Specifita
≤ 5 mm	45 – 97 %	26 – 97 %
6 – 9 mm	86 %	86 %
≥ 10 mm	93 %	97 %

Pokud je kolorektální karcinom odhalen včas, je jedním z nejlépe léčitelných zhoubných nádorů. 80 % karcinomů vzniká z adenomů, proto je jejich včasná detekce tak důležitá.^(7,tab.11)

Tabulka 11. Vztah mezi velikostí polypů a adenomů a riziku maligního zvratu těchto lézí

Velikost polypu	malignita	adenom	malignita do 10 let u adenomů	malignita do 10 let celkově
< 5 mm	0.01 %	30 %	5 %	1 %
5 – 9 mm	1 %	50 %	5 – 10 %	2 – 5 %
10 – 15 mm	1 – 5 %	80 %	10 – 15 %	5 – 10 %

CT kolografie se nevyužívá jako screeningové vyšetření, ale o jeho zařazení do screeningu kolorektální karcinomu se diskutuje, kvalita tohoto vyšetření je pro tento účel v současné době již dostatečná.⁽¹⁹⁾

6 Závěr

Zavedení multidetektorové výpočetní tomografie znamenalo výrazný posun prostorového rozlišení v ose Z, urychlení akvizice dat a redukci dávky záření oproti starším systémům. Všechny tyto výhody multidetektorové výpočetní tomografie se výrazně promítly i do aplikací zobrazení střev. CT enteroklýza a později CT enterografie se na našem pracovišti stala nepostradatelnou metodou. Zcela vytlačila klasickou enteroklýzu. Je velmi spolehlivou metodou při diagnostice Crohnovy choroby, velmi se osvědčila i v dalším monitorování průběhu této choroby. Dále je to velmi senzitivní metoda k odhalení tumorů tenkého střeva. I přes sporadický výskyt tohoto onemocnění je tato diagnostika velmi podstatná. Při vyšetřování krvácení do trávicího traktu pomocí CT enterografie, jsou postupně vylučovány jeho zdroje. CT vyšetření má rovněž velký význam při posuzování náhlých příhod břišních. CT kolonografie na našem oddělení až na malé výjimky nahradila klasickou irigografií. V případě polypů a nádorů, což jsou nejčastější indikace tohoto vyšetření, je CT kolografie vhodná a senzitivní metoda. U kolorektálního karcinomu má jeho zjištění téměř 100 % úspěšnost, ale dále je možné komplexně posoudit případné prorůstání mimo trávicí trakt, případně metastazování do jater a podobně. Pro komplexní staging kolorektálního karcinomu je tato metoda nejvhodnější. CT kolografie je rovněž velmi vhodná k detekci divertikulární choroby a jejích komplikací u infekčních i neinfekčních zánětů tlustého střeva. Slibná se jeví technika snížené dávky, která umožňuje snížit radiační expozici vyšetřovaných.

S příchodem nových technologií očekáváme zmírnění nevýhod, které CT vyšetření přináší, zejména se jedná o snížení radiační zátěže a zmenšení diskomfortu nemocných při přípravě k vyšetření. V blízké budoucnosti, až bude k dispozici dostatečné množství údajů o přínosu a bezpečnosti vyšetření, je možno očekávat zařazení této metody do screeningových programů.

Na závěr je možno konstatovat, že cílené a sofistikované CT vyšetření rozhodně není slepá ulička v diagnostice onemocnění střev.

7 Seznam použité literatury

1. Bednář B. a spol. : Patologie II., Praha, Avicenum, 1983, 1210 s.
2. Ferda J., Mírka H., Kreuzberg B., Koželuhová J., Geiger J. : Přínos multidetektorové výpočetní tomografie (MDCT) pro diferenciální diagnostiku zánětů tenkého a tlustého střeva. Česká Radiologie 2004, 58, s. 364-371.
3. Ferda J., Mírka H., Kreuzberg B., Zdeněk P., Koželuhová J. : Multidetektorová CT kolografie, porovnání výsledků virtuální koloskopie a optické koloskopie. Česká Radiologie 2004, 58, s. 373-377.
4. Ferda J., Mírka H., Ferdová E., Kreuzberg B. : CT trávicí trubice Praha, Galen, , 2006, 243 s.
5. Ferda J., Kreuzberg B., Mírka H., Novák M. : Workshop: Multidetektorová výpočetní tomografie (MDCT) . Česká Radiologie 2004, 58, s. 316 – 319.
6. Ferda J., Mírka H. : Diferenciální diagnostika onemocnění tenkého a tlustého střeva v obraze výpočetní tomografie. Česká Radiologie 2002, 56, s. 37 – 39.
7. Ferrucci JT. Virtual colonoscopy for colon cancer screening: further reflections on polyps and politics. AJR 2003;181(3):795-7.
8. Halligan S. et al. CT Colonography in the Detection of Colorectal Polyps and Cancer: Systematic Review, Meta-Analysis, and Proposed Minimum Data Set for Study Level Reporting. Radiology 2005; 237:893–904
9. Klener P., a kol. : Vnitřní lékařství, Praha, Galén, 1999, s. 485 - 486

10. Kreuzberg B. : Diferenciální diagnostika onemocnění trávicí trubice, I. Úvod – současný stav a vývojové trendy. Česká Radiologie 2002, 56, s.34 – 35.
11. Mírka H., Ferda J. : MDCT virtuální endoskopie. Česká Radiologie, 2004, 58, s. 320-322.
12. Nekula J., Heřman M., Vomáčka J., Köcher M. : Radiologie, Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci, 2001, 205 s.
13. Sailer J., Peloschek P., Schober E. : Diagnostic value of CT enteroclysis compared with conventional enteroclysis in patients with Crohn's disease. Am J Roentgenol, 2005, 185, 1575 – 1581.
14. Sinělnikov R.D. : Atlas anatomie člověka 2. díl, Nauka o vnitřních orgánech a cévách, Praha, Avicenum, 1981, 471 s.
15. Stejskal J. a kol. : Speciální patologie II. díl, Praha, Karolinum, 2004, 151s.
16. Válek V. A., a kol.: Tenké střevo – radiologická diagnostika patologických stavů, Brno, Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2003, 288.
17. Válek V. A. : Moderní diagnostické postupy – CT, Brno, IDVPZ, 1998.
18. Vernerová E., Kučera P., Antošová E. : Anafylaktoidní reakce na radiokontrastní látky – stálý otazník v medicíně
<http://www.tigis.cz/alergie/ALERG300/10verner.htm>, 29.10.2006
19. Yee J. : Screening CT colonography . Sem. Ultrasound, CT, MR, 2003, roč.24, č.1, s. 124-127

8 Klíčová slova

multidetektorová výpočetní tomografie – CT enteroklýza - CT enterografie - Crohnova choroba - CT kolografie - kolorektální karcinom - virtuální endoskopie - postprocessing

9 Použité zkratky

ax. - axiální

CT - výpočetní tomografie

FOV - Field of view – velikost zobrazovaného pole

HRCT – High Resolution Computed Tomography

HU – Hounsfieldovy jednotky

i.v. – intravenózní (do žíly)

kol.- kolektiv

kV- kilovolty

L 1 – první bederní obratel

L 2 – druhý bederní obratel

mA- miliampéry

mAs- miliampérsekundy

MDCT – multidetektorová výpočetní tomografie

obr. - obrázek

rtg – rentgenologické

SSD- shaded surface display

tab. - tabulka

tzv. – tak zvané

virt. - virtuální

VRT- volume rendering technique

10 Přílohy

Seznam příloh :

Obr. 1. DCT Somatom Sensation 64

Obr. 2. Virtuální endoskopie

Obr. 3. Virtuální endoskopie

Obr. 4 CT enterografie

Obr. 5 CT kolografie

Obr. 6.Tlakový injektor Stellant Medrad – detail ovladače

Obr. 7.Tlakový injektor Stellant Medrad

Obr. 8. Malrotace tenkého střeva axiální, koronární a sagitální řezy ⁽⁴⁾

Obr. 9. Poranění střeva bezpečnostním pásem, axiální a koronární řezy ⁽⁴⁾

Obr. 10. Ileus s adhezí v axiálních a koronárních řezech ⁽⁴⁾

Obr. 10. Ileus s adhezí v axiálních a koronárních řezech ⁽⁴⁾

Obr. 11. Mechanický ileus v axiálních a koronárních řezech ⁽⁴⁾

Obr. 12. Ileokolická invaginace v axiálních, koronárních a sagitálních řezech ⁽⁴⁾

Obr. 13. Akutní uzávěr mezenterické tepny v koronárních a sagitálních řezech ⁽⁴⁾

Obr. 14. Disekce mezenterální tepny v axiálních, sagitálních řezech a virtuální rekonstrukce ⁽⁴⁾

Obr. 15. Akutní apendicitida v axiálních a koronárních řezech ⁽⁴⁾

Obr. 16 Celiakie v axiálních a koronárních řezech ⁽⁴⁾

Obr. 17 Ulcerózní kolitida v axiálních, koronárních a sagitálních řezech ⁽⁴⁾

Obr. 18 Crohnova choroba v axiálních, koronárních a sagitálních řezech a virtuální rekonstrukce ⁽⁴⁾

Obr. 19 Akutní divertikulitida v koronárních a sagitálních řezech ⁽⁴⁾

Obr. 20 Karcinoid ilea ⁽⁴⁾

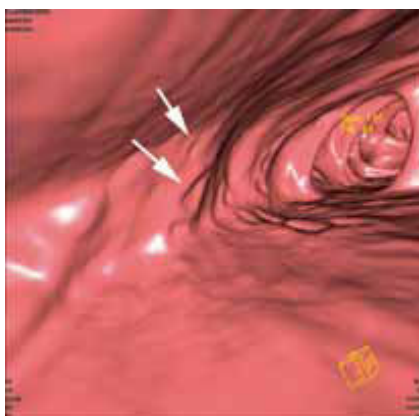
Obr. 21 Polypy rekta a sigmatu v axiálních, koronárních a sagitálních řezech a virtuální rekonstrukce ⁽⁴⁾

Obr. 22 Kolorektální karcinom v axiálních, koronárních a sagitálních řezech a virtuální rekonstrukce ⁽⁴⁾

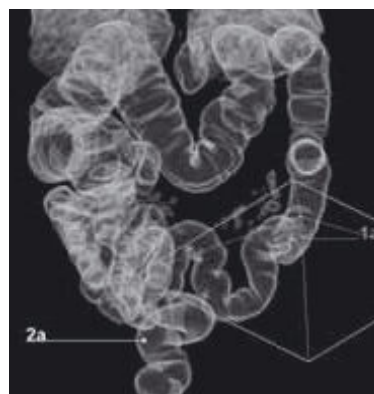
Obr. 23 Rozpad anastomózy s úplným rozpojením v axiálních a sagitálních řezech



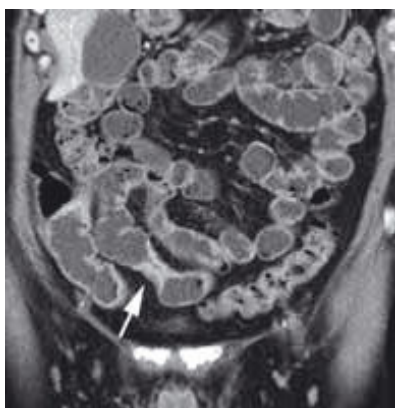
Obr. 1. DCT Somatom Sensation 64



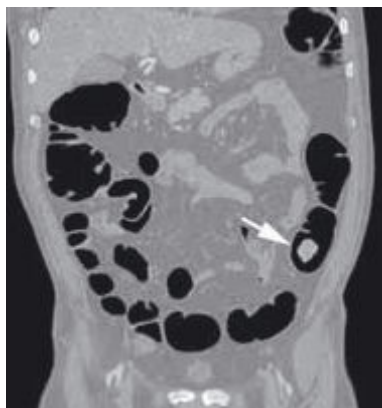
Obr. 2. Virtuální endoskopie



Obr. 3. Virtuální endoskopie



Obr. 4 CT enterografie



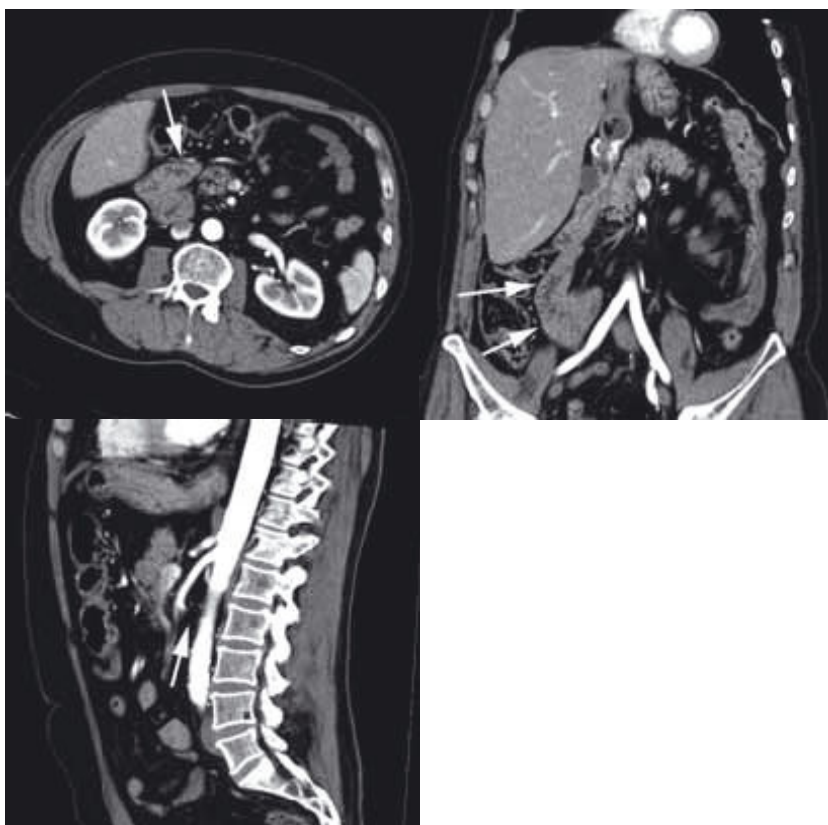
Obr. 5 CT kolografie



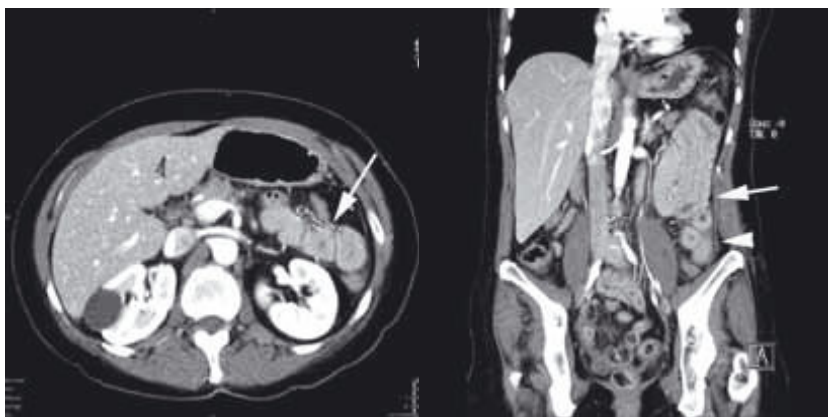
Obr. 6. Tlakový injektor Stellant Medrad – detail ovladače



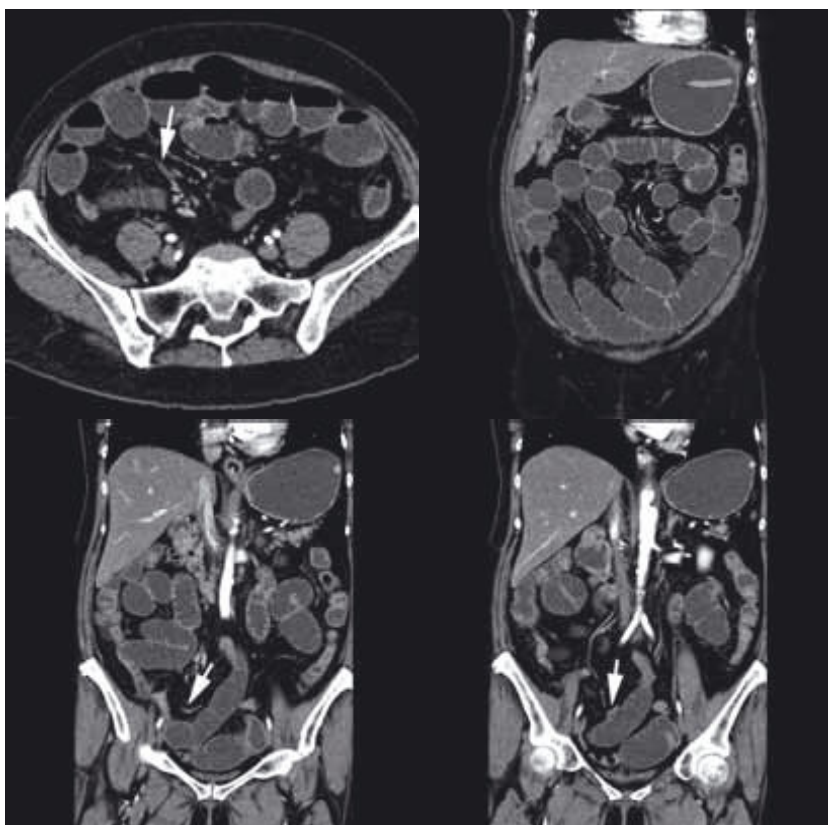
Obr. 7. Tlakový injektor Stellant Medrad



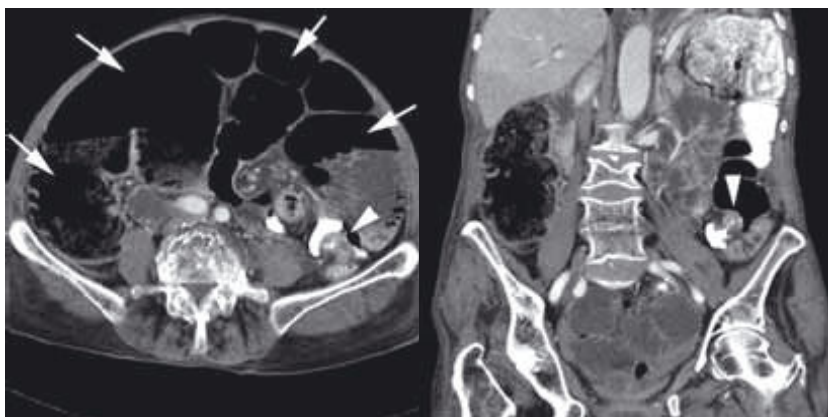
Obr. 8. Malrotace tenkého střeva axiální, koronární a sagitální řezy ⁽⁴⁾



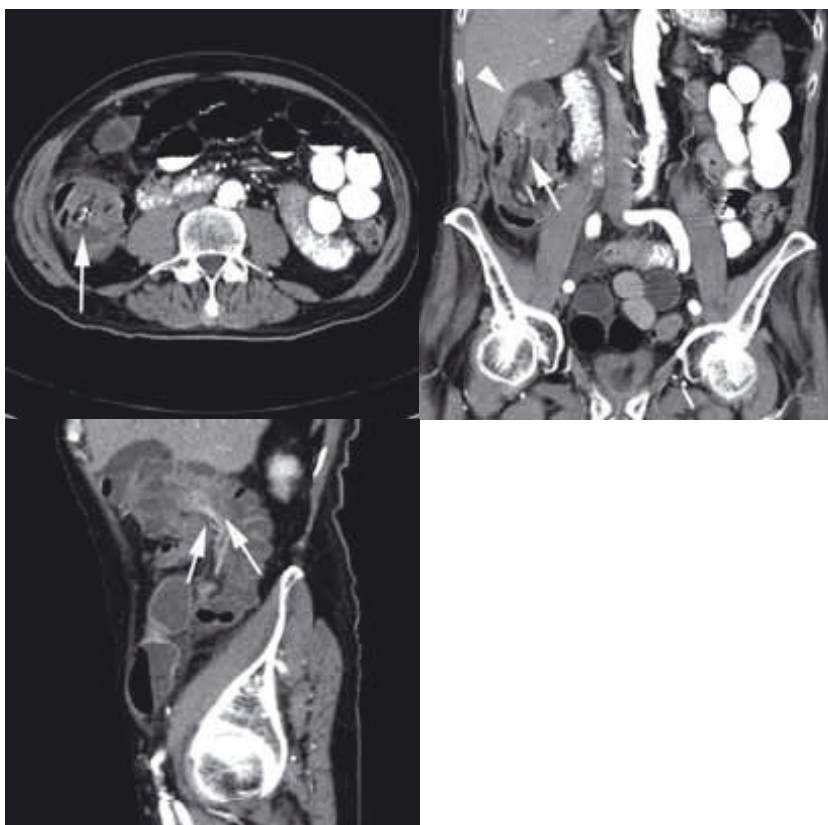
Obr. 9. Poranění střeva bezpečnostním pásem, axiální a koronární řezy ⁽⁴⁾



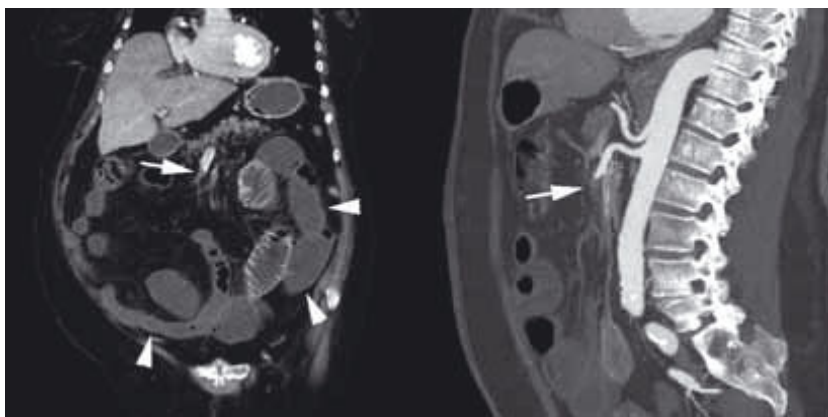
Obr. 10. Ileus s adhezí v axiálních a koronárních řezech ⁽⁴⁾



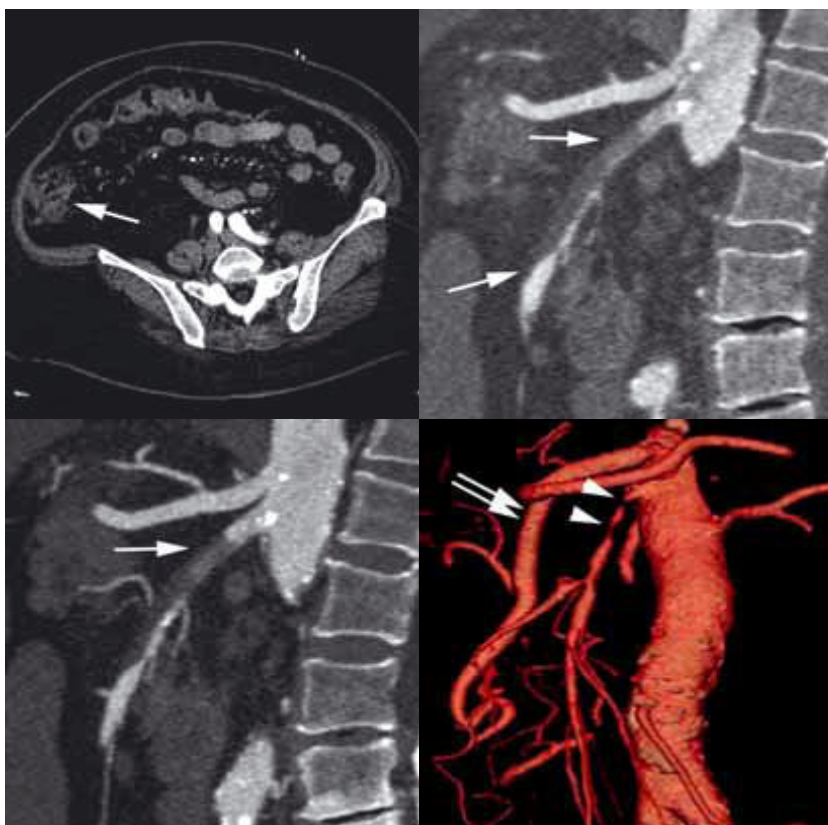
Obr. 11. Mechanický ileus v axiálních a koronárních řezech ⁽⁴⁾



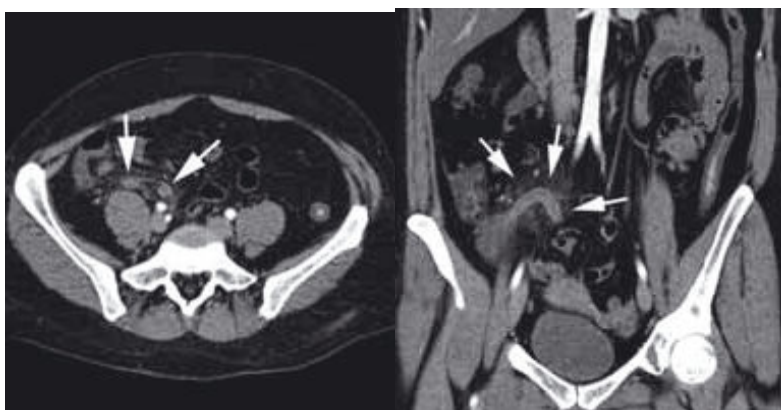
Obr. 12. Ileokolická invaginace v axiálních, koronárních a sagitálních řezech ⁽⁴⁾



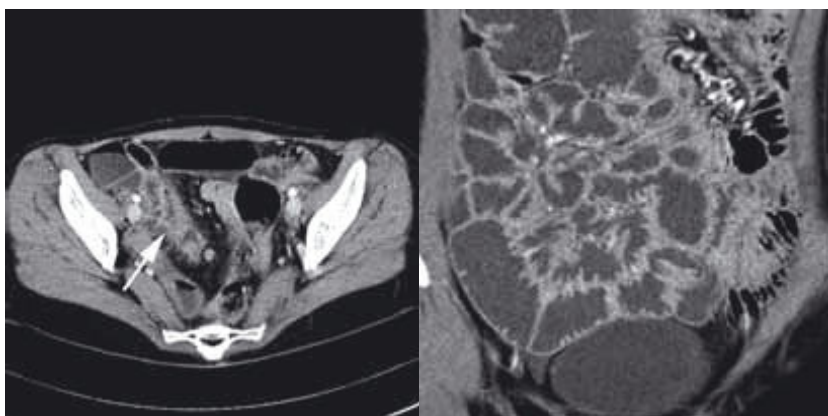
Obr. 13. Akutní uzávěr mezenterické tepny v koronárních a sagitálních řezech ⁽⁴⁾



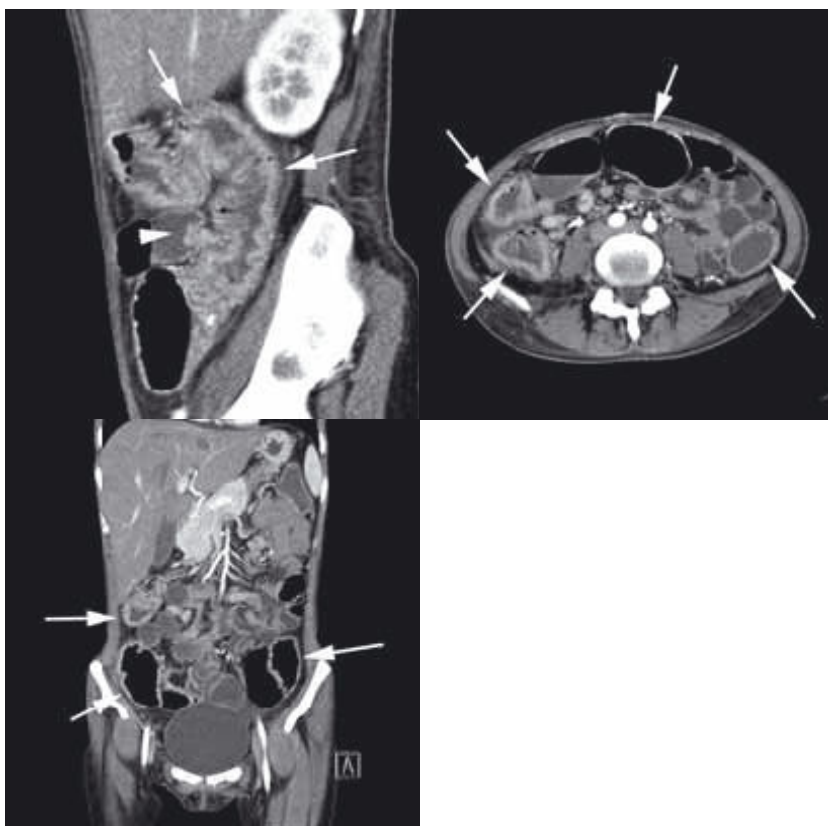
Obr. 14. Disekce mezenterální tepny v axiálních, sagitálních řezech a virtuální rekonstrukce⁽⁴⁾



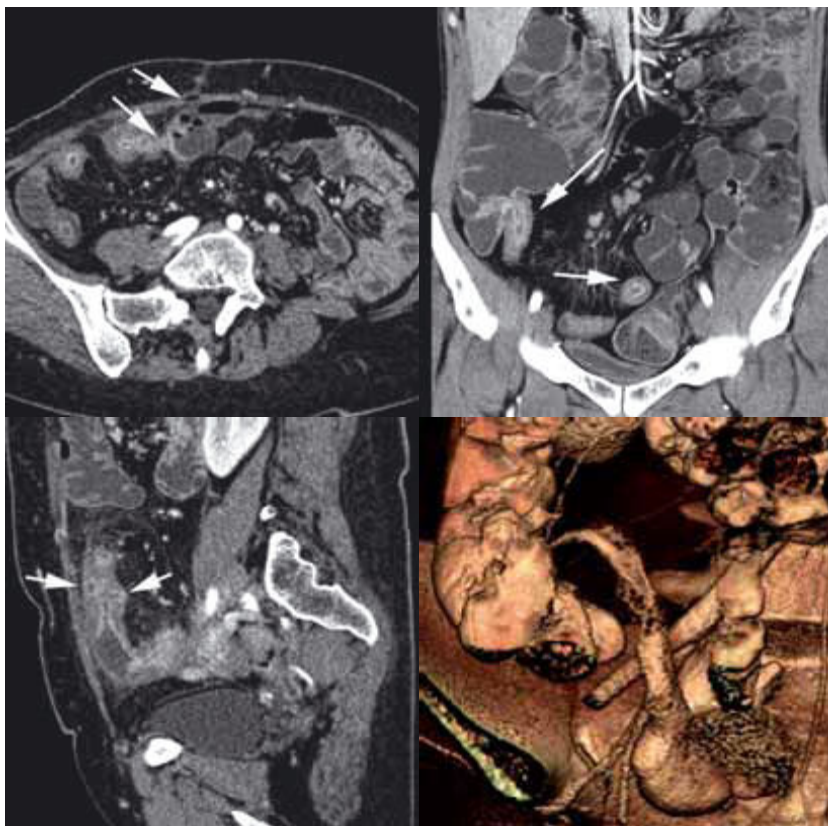
Obr. 15. Akutní apendicitida v axiálních a koronárních řezech⁽⁴⁾



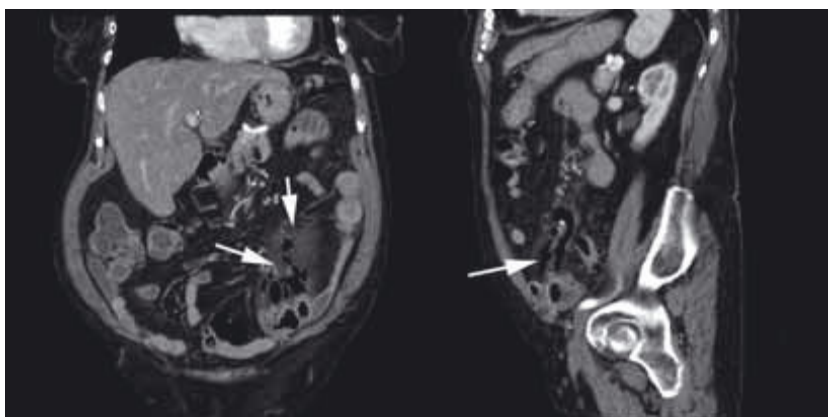
Obr. 16 Celiakie v axiálních a koronárních řezech ⁽⁴⁾



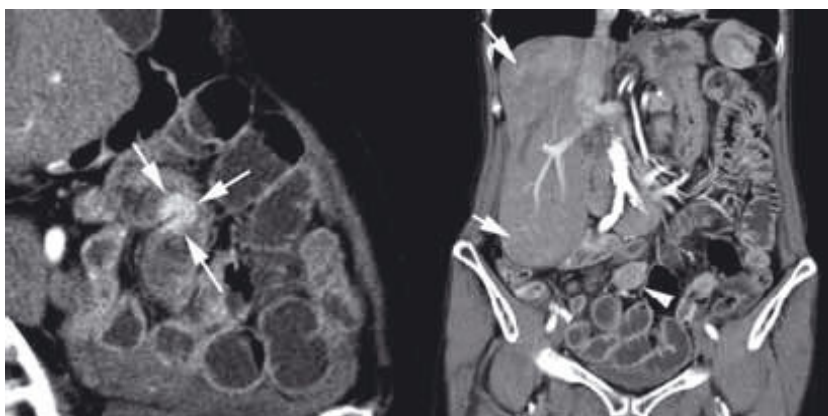
Obr. 17 Ulcerózní kolitida v axiálních, koronárních a sagitálních řezech ⁽⁴⁾



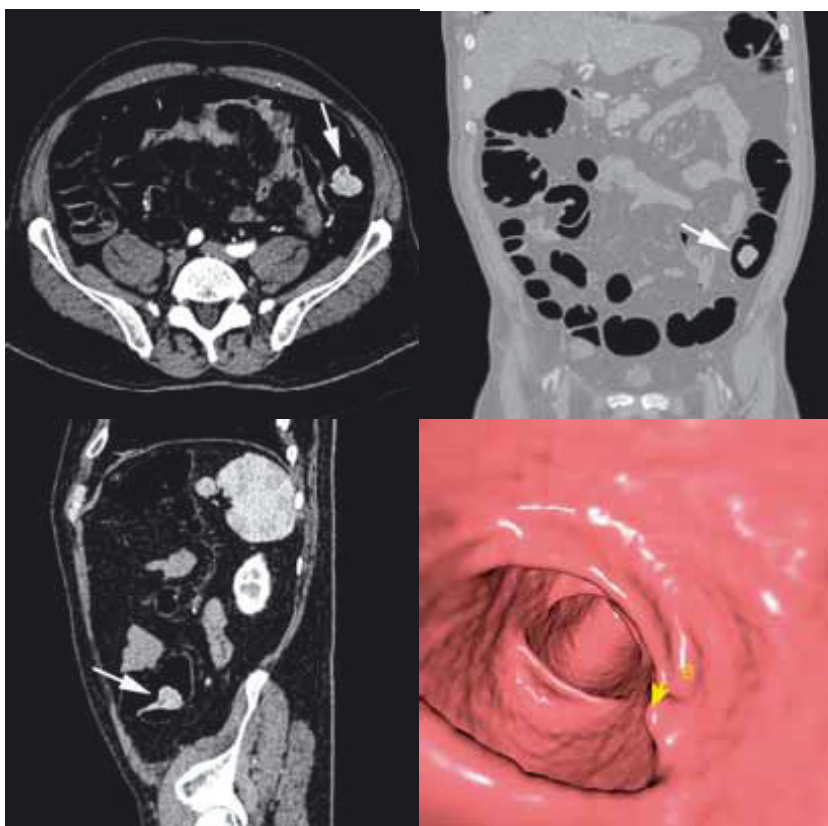
Obr. 18 Crohnova choroba v axiálních, koronárních a sagitálních řezech a virtuální rekonstrukce ⁽⁴⁾



Obr. 19 Akutní divertikulitida v koronárních a sagitálních řezech ⁽⁴⁾



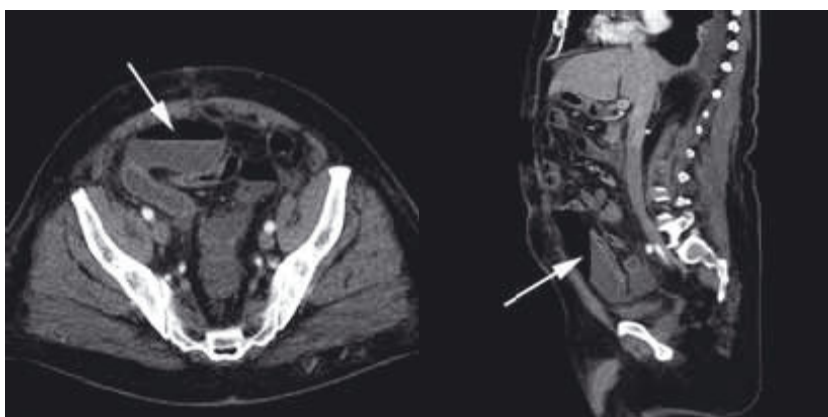
Obr. 20 Karcinoid ilea ⁽⁴⁾



Obr. 21 Polypy rekta a sigmatu v axiálních, koronárních a sagitálních řezech a virtuální rekonstrukce ⁽⁴⁾



Obr. 22 Kolorektální karcinom v axiálních, koronárních a sagitálních řezech a virtuální rekonstrukce ⁽⁴⁾



Obr. 23 Rozpad anastomózy s úplným rozpojením v axiálních a sagitálních řezech

