



UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Vlastimil Polko, DiS.

Metody postprocesingu CT dat a jejich příspěvek k diagnostice

Bakalářská práce

Olomouc 2014

ANOTACE

Druh práce:	Bakalářská práce
Název práce v ČJ:	Metody postprocesingu CT dat a jejich příspěvek k diagnostice
Název práce v AJ:	Methods CT data postprocessing and their contribution to the diagnosis
Datum zadání:	14.11.2013
Datum odevzdání:	30.4.2014
Vysoká škola, fakulta, ústav:	Universita Palackého v Olomouci, Fakulta zdravotních věd, Ústav radiologických metod
Autor práce:	Vlastimil Polko, DiS.
Vedoucí práce:	MUDr. Michal Standara
Oponent práce:	Bc. František Odstrčil
Abstrakt v ČJ:	Cílem této přehledové bakalářské práce bylo pomocí rešerše odborných a vědeckých článků z českých i zahraničních publikací předložit přehled o metodách postprocesingu CT dat a jejich příspěvku k diagnostice. V úvodu práce popisuje roli radiologického asistenta při vytváření postprocesingu. Dále se zaměřuje se na jednotlivé postprocesingové metody (Analýza zobrazení, Multiplanární rekonstrukce, Volume rendering technika, Maximum intensity projection, Minimum intensity projection, Perfuzní zobrazení, Počítačem asistovaná diagnostika, Virtuální endoskopie, Fúze modalit, 4D analýza), které jsou v jednotlivých kapitolách popsány technicky, medicínsky a příkladově pro vybrané diagnózy a vyšetřovací postupy. V závěru práce je poukázáno na úskalí archivace objemových dat, získaných při CT vyšetření.
Abstrakt v AJ:	The aim of this thesis was to survey research using professional and scientific articles from Czech and foreign publications to present an overview of the post-processing

methods and their contribution to the CT diagnosis. The introduction describes the role of radiology assistant in the creation of postprocessing. It also focuses on the various postprocessing methods (analysis view, multiplanar reconstruction, volume rendering technique, Maximum intensity projection, Minimum intensity projection, Perfusion views, Computer-assisted diagnosis, virtual endoscopy, Fusion modalities, 4D analysis), which are described in the individual sections technical, medical and example for selected diagnoses and investigative procedures. In conclusion, the paper pointed out the difficulties of archiving volumetric data acquired during CT examinations.

Klíčová slova v ČJ: CT obrazová analýza, CT postprocesing, multiplanární rekonstrukce, volume rendering technika, maximum intensity projection, minimum intensity projection, perfuzní CT, počítačem asistovaná diagnostika, virtuální endoskopie, fúze modalit, 4D CT, archivace dat, CT pracovní stanice

Klíčová slova v AJ: CT image analysis, CT postprocessing, multiplanar reconstruction, volume rendering technique, maximum intensity projection, minimum intensity projection, perfusion CT, Computer aided diagnosis, virtual endoscopy, modality fusion, 4D CT, CT data archivation, CT workstation

Rozsah práce: 42 stran

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 30. dubna 2014

podpis

Děkuji MUDr. Michalu Standarovi za odborné vedení bakalářské práce.

Obsah

1. Úvod	7
2. Přehled dohledaných informací.....	9
2.1 Analýza zobrazení.....	9
2.2 Postprocesing	10
2.3 Multiplanární rekonstrukce	11
2.4 Volume rendering technika.....	14
2.5 Maximum intensity projection (MIP)	16
2.6 Minimum intensity projection (MinIP).....	18
2.7 Perfuzní zobrazení	19
2.8 Virtuální endoskopie	22
2.9 Počítačem asistovaná diagnostika (CAD).....	24
2.10 Fúze modalit	25
2.11 4D analýza	27
2.12 Archivace dat	29
3. Závěr	31
4. Seznam bibliografických odkazů.....	33
5. Seznam zkratk	40
6. Seznam tabulek, obrázků a schémat	42

1. Úvod

Pracovní stanice je každodenním a dnes již rutinním nástrojem radiologa při práci na CT pracovišti, je důležitým a nepostradatelným článkem v diagnostickém procesu, musí tedy splňovat standardy pro zobrazení medicínských dat. Připojené monitory by měli být konstruovány pro medicínské zobrazení a podporovat zobrazení dle DICOM křivky. Nepostradatelnou vlastností pracovní stanice je zpracování objemových dat metodami rekonstrukcí a postprocesingu, stanice musí tedy mít odpovídající hardwarové vlastnosti, aby datově a operačně náročné aplikace provedla. Jedná se zejména o procesor, operační paměť, pevný disk a grafickou kartu. Nejdůležitější částí stanice je softwarové vybavení pro diagnostiku nebo postprocessing. Pracovní stanice musí být zapojena v nemocniční síti, která zprostředkovává konektivitu s CT modalitou, systémem PACS a Nemocničním informačním systémem (NIS), popřípadě Radiologickým informačním systémem (RIS).

Na základě svých současných znalostí, týkajících se využití pracovní stanice na CT pracovišti jsem formuloval základní problémy, kterým bych se chtěl ve své Bakalářské práci věnovat, a to:

1. Kdo provádí postprocessing na pracovní stanici?
2. Jaké druhy postprocesingu jsme schopni provádět na CT pracovní stanici?
3. Z jakých dat je prováděn postprocessing, kde jsou data v rámci PACS systému ukládána?

Z formulovaných problémů se odvíjí i základní cíle práce, které jsou vyjádřeny třemi otázkami korespondujícími s formou a duchem formulovaných problémů:

1. Může radiologický asistent samostatně provádět postprocessing na pracovní stanici?
2. Které postprocessingové metody jsou v současné době rutinní a které by mohly být označeny jako nadstandardní?
3. Kde jsou v systému PACS ukládána objemová data, ze kterých je prováděn postprocessing?

Pro stanovení základních problémů a cílů Bakalářské práce byla použita tato vstupní literatura:

1. FERDA, Jiří, MÍRKA, Hynek, BAXA, Jan. 2009. Multidetektorová výpočetní tomografie, Technika vyšetření. 1. vyd. Praha: nakladatelství Galén, 2009. ISBN 978-80-7262-608-3.
2. VÁLEK, Vlastimil, ELIÁŠ, Pavel, MÁCA, Petr, NEUWIRTH, Jiří. 1998. Moderní diagnostické metody, 2. díl Výpočetní tomografie. 1. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1998. ISBN 80-7013-294-9.
3. VOMÁČKA, Jaroslav, NEKULA, Josef, KOZÁK, Jiří. 2012. Zobrazovací metody pro radiologické asistenty. 1. vyd. Olomouc: Universita Palackého v Olomouci, 2012. ISBN 978-80-244-3126-0.
4. NAŇKA, Ondřej, ELIŠKOVÁ, Miroslava. 2009. Přehled Anatomie. 2. vyd. Praha: nakladatelství Galén, 2009. ISBN 978-80-246-1717-6.

Pro přehled dohledaných poznatků byla provedena rešerše z recenzovaných odborných článků a publikací. Pro jejich vyhledávání byly použity databáze: Springer, PubMed a Google Scholar. Pro vyhledávání bylo stanoveno datum publikace článků od roku 2003 do současnosti. Základním vyhledávacím jazykem v těchto databázích, byl jazyk anglický. Klíčová slova pro vyhledávání byla: CT image analysis, CT postprocessing, multiplanar reconstruction, volume rendering technique, maximum intensity projection, minimum intensity projection, perfusion CT, Computer aided diagnosis, virtual endoscopy, modality fusion, 4D CT, CT data archivation, CT workstation. Při použití těchto klíčových slov bylo nalezeno 91 článků, z nichž vyhovující pro potřeby bakalářské práce jich bylo 33. Vyhledané a prostudované články, které nebyly použity pro tvorbu práce zpravidla neodpovídaly požadavkům na strukturu práce, nebo se odchylovaly od témat jednotlivých kapitol. Druhým vyhledávacím jazykem byl jazyk český, v němž byla použita tato klíčová slova: CT obrazová analýza, CT postprocesing, multiplanární rekonstrukce, volume rendering technika, maximum intensity projection, minimum intensity projection, perfuzní CT, počítačem asistovaná diagnostika, virtuální endoskopie, fúze modalit, 4D CT, archivace dat, CT pracovní stanice. Výsledkem vyhledávání klíčových slov v českém jazyce bylo celkem 23 článků, z nichž bylo využito pro přehled publikovaných poznatků v bakalářské práci 9 článků.

2. Přehled dohledaných informací

2.1 Analýza zobrazení

Analýza zobrazení je základní hodnocení CT snímků, které by mělo respektovat metodickou jednotnost. Hodnocení je subjektivní posouzení anatomických změn, tvarů jednotlivých orgánů, změn v jejich kontuře a posouzení jejich struktury. Mezi základní postupy při analýze zobrazení patří použití okénka (window), které musí být správně nastaveno. Nastavení okénka se skládá ze dvou částí, středu (center – C) a šíře intervalu denzit (width – W). Protože jednotlivé orgány pro hodnocení požadují různé nastavení kontrastu tkání, je nutné okénka nastavit podle hodnoceného orgánu. Hodnoty nastavení jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1 – Nastavení okénka. (Ferda, 2009, s. 57).

Nastavení okénka (window)		
Zobrazovaná oblast	Střed (center – C)	Šíře (width – W)
Plicní tkáň	-600	1600
Měkké tkáně	0	350
Játra postkontrastně	50-100	300
Mozek	35	85-120
CT angiografie	100-200	500
Skelet	500	2000
Spánková kost	700	4000

Nastavení odpovídající použití napětí 120-140 kV.

Nejjednodušší programové aplikace pro hodnocení CT obrazu jsou: denzita v oblasti zájmu (region of interest – ROI), měření délky a plochy. Mezi složitější postupy objektivní analýzy patří: perfuze tkáně, analýza chemického složení při CT s duální energií a v neposlední řadě hodnocení kinetiky. Se vzrůstajícím objemem dat získává na významu také hodnocení pomocí CAD (Computer aided diagnosis). (Ferda, 2009, s. 56-57).

2.2 Postprocessing

Pracovní stanice na CT pracovišti je základním pracovním nástrojem radiologa, sloužícím nejen pro základní diagnostiku, ale i pro postprocessing objemových dat získaných při CT vyšetření.

Když byl postprocessing v roce 1980 poprvé představen, běžel tento proces na jednoúčelových počítačích, které byly odděleny od PACS pracovních stanic. Uživatelské rozhraní bylo přinejmenším nepřátelské, proces byl časově velmi náročný. CT mělo menší rozlišení, zejména v z-ose, nedosahovalo dnes již běžného izotropního rozlišení, nutného pro kvalitní postprocessing. Díky technologickému vývoji v současné době CT vytváří submilimetrové izotropní voxely. Izotropní voxel má tvar krychle, která má stejné rozměry ve všech 3 osách ($x=y=z$). Postprocessing se odehrává v cloudu nebo PACS pracovní stanici. Uživatelské rozhraní je nyní intuitivní a dostatečně rychlé. (Mezrich, 2011, s. 378-381).

Postprocessing umožňuje rekonstrukci obrazových dat pro získání dalších kvantitativních a kvalitativních údajů. Moderní diagnostické CT generuje velké množství informací, které zlepšují naše diagnostické a terapeutické možnosti. Cílem postprocessingových metod je splnit klinické potřeby, maximalizovat kvalitu, minimalizovat náklady. Postprocessing prošel v posledním desetiletí značným vývojem. Již rutinními jsou multiplanární rekonstrukce, volume rendering, maximal a minimal intenzity projection. Mezi moderní nástroje postprocessingu patří: perfúzní analýza, automatická analýza, generování parametrické mapy, virtuální kolonoskopie a orgánová segmentace. Klinická poptávka po následném zpracování obrázků je vysoká. Při správném použití poskytují pokročilé vizualizační nástroje cenné klinické informace. Náklady a návratnost investice do postprocessingu je obtížné určit, má však okamžitý přínos v péči o pacienty. (Mezrich, 2011, s. 378-381).

S rozšířením postprocessingu do každodenní rutiny vyvstává otázka, kdo by měl postprocessing provádět. Při postprocessingu objemových dat z CT vyšetření je minimální hranice mezi radiologickým asistentem a radiologem. Je postprocessing úkolem radiologického asistenta jako součást vyšetření spojeného s přípravou obrázků, nebo je to začátek diagnostického procesu radiologa? Software a hardware postoupily do bodu, kdy je při vytváření postprocessingu nutná jen malá lidská interakce.

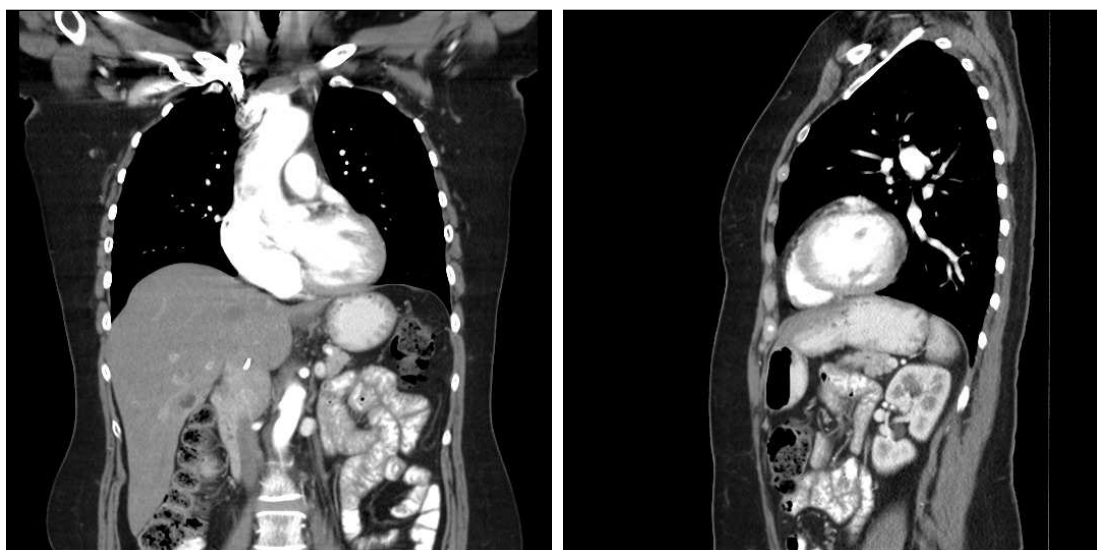
Specializovaný radiologický asistent může vytvářet postprocessingové obrázky stejně kvalitně jako radiolog. (Mezrich, 2011, s. 378-381).

2.3 Multiplanární rekonstrukce

Jsou základním rekonstrukčním algoritmem u CT vyšetření. Obraz je vytvořen z hrubých dat nebo axiálních obrazů. Izotropní zobrazení umožňuje rekonstrukce v libovolné projekci bez ztráty prostorového rozlišení.

U multiplanární rekonstrukce (MPR) je rovinný obraz vytvořen z trojrozměrného obrazu objemových dat. MPR jsou nejčastěji orientovány v rovině frontální (koronární) a sagitální, obr. 1.

Obr. 1 – Multiplanární rekonstrukce



Multiplanární rekonstrukce ve frontální (koronární) a sagitální rovině.

Nejlepší MPR jsou vytvářeny z izotropního zobrazení s voxelu o hraně menší než 1mm. Při vytváření rekonstrukcí z izotropních dat jsou MPR v jakékoliv rovině stejně kvalitní jako axiální obrazy, za podmínky že je rekonstrukční inkrement s překrytím základních axiálních obrazů o 50-70 %. MPR se speciální orientací vytváříme při hodnocení orgánů nebo částí těla s osou mimo základní roviny (srdce, orbity, ramenní či hlezenní kloub). MPR rekonstrukce jsou někdy vytvářeny jako rekonstrukce

zakřivené plochy (curved plane reformation – CPR) a jsou využívány pro hodnocení dlouhých a nepravidelných struktur (cévy, střeva). (Ferda, 2009, s. 58-59).

Andronikou uvádí, že CT postprocessingové techniky umožňují zobrazit jemné anatomické detaily. Poskytují další informace týkající se diagnostiky a léčby onemocnění. Generují obrázky, které lze snadno interpretovat. Výrazně tím usnadňují komunikaci mezi lékařem a pacientem. Pro vnější vizualizaci slouží multiplanární rekonstrukce, je to základní technika vizualizace na CT pracovišti. Je to proces, jak na základě údajů z axiálních CT snímků vytvořit non axiální 2D obrazy. MPR obrázky jsou koronární, sagitální, šikmé nebo zakřivené roviny generované pouze z jednoho voxelu tloušťky. CT postprocessing umožňuje z naskenovaných snímků určit přesnější diagnózu efektivněji, bez nutnosti invazivní klinické diagnostiky. (Andronikou, 2013, s. 269-284).

Následující autor Tamm popisuje roli MPR v diagnostice žlučníků a žlučových cest. Vývoj multidetektorové výpočetní tomografie (MDCT) vedl k získání izotropních voxelů v submilimetrových řezech, které mohou být postprocessingem zpracovány v jakékoliv rovině ve stejném rozlišení. Postprocessing může být využit k posouzení variability anatomie žlučových cest, pro přesné předoperační plánování žlučových obstrukcí a rakoviny žlučníku. Multiplanární rekonstrukce v kombinaci s axiálními řezy poskytují nejlepší rozlišení. Jsou užitečné pro zobrazení cholangiokarcinomu, optimalizují zobrazení společných žlučových cest a slinivky břišní. Při porovnání s přímou cholangiografií má 100% senzitivitu, 87% specifitu a 89% přesnost pro identifikaci junkční anomálie. (Tamm, 2008). Nedávný vývoj MDCT a růst výkonu a schopností pracovní stanice, také dle Kima umožňuje použití vysoce kvalitní multiplanární a trojrozměrné rekonstrukce obrazu. V neinvazivních technikách MDCT nabízí alternativu k MR cholangiografii. (Kim, 2004, s. 472-478).

Dle Dominguese mají MPR význam i v jaterní diagnostice. Multidetektorové CT s možností multiplanárních rekonstrukcí představuje důležitý nástroj pro diagnostiku intrahepatických cyst u nichž lze určit původ a vztahy mezi lézemi. Multiplanární rekonstrukce přináší přehlednější obraz a přirozenou rovinu zobrazení pro mnoho lékařů. (Domingues, 2005, s. 362).

Široký záběr MPR je patrný i z následujících dvou studií zabývajících se srdečními onemocněními, které popisují Francone a Weicht. Ve studii zkoumající diagnostiku IM na EKG synchronizovaném MDCT byly u pacientů se zjištěným infarktem myokardu obrazy z MDCT analyzovány jak v axiálních tak v multiplanárních rekonstrukcích za

účelem potvrzení přítomnosti infarktové oblasti. (Francone, 2004, s. 399). Při CTA u všech zobrazených koronárních sinů byl změřen jejich rozměr v transversální a koronární rovině. Měření bylo provedeno v multiplanárních rekonstrukcích v šikmé koronární a axiální rovině. (Weicht, 2007, s. 91-107).

Kombinace multiplanární rekonstrukce (axiálních, koronálních a sagitálních snímků) a virtuální bronchoskopie v současném zobrazení na pracovní stanici je vhodné pro hodnocení průduškových abnormalit a přináší statisticky významný benefit proti hodnocení samotných axiálních CT snímků. (Matias, 2004, s. 409).

Multiplanární rekonstrukce v traumatologii umožňují skenovat pacienta pouze v jedné poloze, obvykle axiální. Snižuje se tím dávka záření. V některých případech jsou vhodné pro posouzení intraartikulárních zlomenin. Hrají tak důležitou roli v konečné diagnóze u mnoha případů. (Capunay, 2004, s. 467).

Ve svém příspěvku popisuje Lagesen ne zcela běžné použití MPR k post mortem CT vyšetření novorozenců v případě intrauterinní smrti nebo syndromu náhlého úmrtí kojence. Multiplanární rekonstrukce z tohoto vyšetření jsou hodnoceny na pracovní stanici. Obrazy mozku a kostí mají vysokou kvalitu a poskytují výjimečné informace. Jsou alternativou ke klasické pitvě. (Lagesen, 2004, s. 506).

Také v zubním lékařství našly MRP své opodstatnění. Pro multiplanární rekonstrukce v ortodoncii byla používána hrubá data s algoritmem pro vysoké zvýraznění rozhraní denzit. Multiplanární rekonstrukce byly prováděny v šíři 1,5mm v axiální rovině paralelně s rovinou tvrdého patra, v koronární rovině kolmé na rovinu tvrdého patra a sagitální rovině. Vyšetření byla prováděna z diagnostického důvodu, nebo pro plánování terapie, což má pro ortodontistu nebo stomatochirurga zásadní přínos. (Baxa, 2007, s. 323)

V diagnostice renálního karcinomu při multidetektorové CT angiografii se používají multiplanární rekonstrukce o šířce vrstvy 3-5mm, aby bylo dosaženo optimálního geometrického a kontrastního zobrazení. Je zhotovena jak základní rovina axiální, tak frontální a sagitální podle dlouhé osy ledviny. (Ferda, 2007, s. 14).

2.4 Volume rendering technika

Volume rendering technika (VRT) umožňuje přehledné zobrazení prostorových poměrů. Často nahrazuje klasické typy trojrozměrných rekonstrukcí. VRT zobrazuje definovaný objekt pomocí denzitního intervalu, kde jsou různým denzitám přiřazeny různé barvy. Vytváření VRT rekonstrukcí usnadňuje přednastavená kombinace intervalů denzit a samotná VRT rekonstrukce je výsledkem superprojekce denzních intervalů, které mají určitou barvu, průhlednost a sytost. V klinické praxi jsou VRT rekonstrukce používány pro rychlé vyhledávání patologických nálezů a pro přehledné zobrazení. (Ferda, 2009, s. 64-65).

Volume rendering je jedna z nejpokročilejších technik, která umožňuje klinicky užitečný postprocesing. Je to 3D metoda rekonstrukce objemových dat, kde každý voxel z objemových dat přispívá k rekonstrukci obrazu. Tato technika se nazývá procentuální klasifikace, kdy hodnotám voxelů jsou přiřazeny úrovně zastínění, které se liší od celkové transparentnosti a celkového zastínění. V procentuální kvalifikaci se předpokládá, že voxel může znamenat jeden nebo více typů tkání a že množství tkáně jako percentuální vyjádření voxelu je mezi 0% až 100%. Jakmile je přiřazena každému voxelu barva a zastínění je vygenerován 3D obraz. Režim volume rendering má nastavitelné parametry, které mohou změnit podobu obrazu, včetně nastavení okna, barvy, stupně zastínění. Volume rendering umožňuje prohlížení v různých pohledech. Porovnání VRT a MinIP/MIP, tab. 2. (Andronikou, 2013, s. 269-284)

Tab. 2 – VRT a MinIP/MIP

Volume rendering technika (VRT)	MinIP/MIP
Přesné zobrazení 3D vztahů.	Nepřesné zobrazení 3D vztahů.
Zobrazení dalších struktur (měkkých tkání, kostí).	Zobrazení pouze dýchacích cest nebo cév.
Barevné zobrazení umožňuje interpretaci složitých vztahů.	Zobrazení pouze ve stupních šedi.
Kalcifikace cévní stěny není limitující pro určení velikosti jejího lumen.	Kalcifikace cévní stěny je limitující pro určení velikosti jejího lumen.
Nevyžaduje úpravy.	Vyžaduje úpravy.

Vyžaduje úpravu parametrů a uživatelskou interaktivitu.	Jednoduchost, nevyžaduje mnoho uživatelské interaktivity, je snadné se naučit.
Schopnost rotovat s obrazem.	Lepší demonstrace menších cév a kolaterál.

Porovnání výhod a nevýhod VRT s MinIP/MIP. (Andronikou, 2013, s. 269-284)

O významném využití VRT v cévní diagnostice hovoří autoři Mikami, Novotný a Ferda. Volume rendering je vizualizační postup, který vytváří trojrozměrný obraz výpočtem z dvourozměrné projekce. Vizualizace dat z CT angiografie pomocí VR je standardní metoda pro hodnocení mozkové léze. Anatomická informace je nejlepší pokud si neurochirurg může hodnotit snímky na pracovní stanici v různých úhlech pohledu, může také provádět předoperační hodnocení arteriovenózních malformací. Pro vytváření volume rendering na povrchu mozku je nutné dobře nastavit opacitu křivky. (Mikami, 2012, s. 393-400). Při CT angiografii představuje problém velký podíl kalcia ve stěně tepny, což ještě nemusí znamenat významnou stenózu. Pro zobrazení cévních struktur použijeme VRT. Musí být použit vhodný typ VRT rekonstrukce, aby nedošlo ke zvýšení významnosti stenózy. VRT rekonstrukce jsou vhodné pouze pro představu průběhu tepny, k posouzení anatomických odchylek a značných patologií (aneurysma). (Novotný, 2010, s. 145-157). Při hodnocení renálního karcinomu se cévní zásobení ledviny a ve vylučovací fázi i dutý systém hodnotí pomocí 3D rekonstrukcí a volume rendering techniky. (Ferda, 2006, s. 11-19).

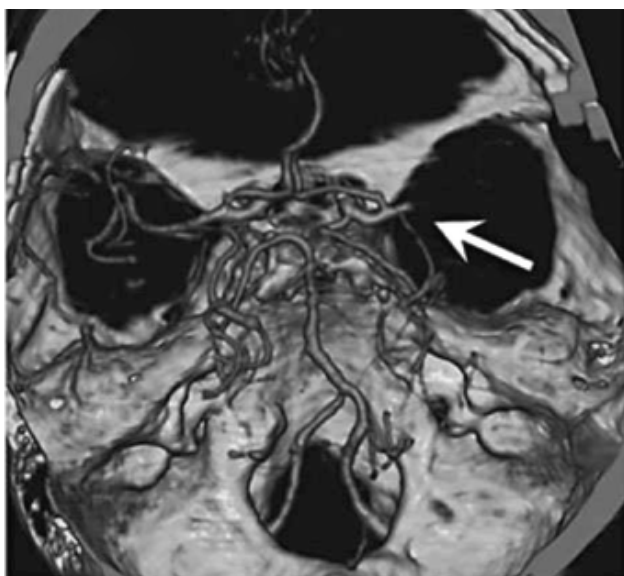
Metody VRT mají svůj nezanedbatelný význam i pro chirurgické obory. Akvizice objemových souborů dat, spolu s paralelním vývojem rekonstrukčního software, zejména perspektivního volume renderingu umožňuje dělat vysoce kvalitní 3D rekonstrukce v rutinním diagnostickém procesu. 3D zobrazení hraje velmi důležitou roli v plánování terapie v chirurgii, laparoskopické chirurgii i nechirurgické intervenční terapii. V břišní chirurgii slouží zejména k definici cévní anatomie a parenchymatózních lézí, což je zvláště důležité při hepatektomii a transplantaci. 3D zobrazení nemá vliv na diagnózu, ale dělá diagnostický proces jednodušší a rychlejší, nabízí doplňující informace a usnadňuje komunikaci mezi radiologií a klinickými obory. (Laghi, 2004, s. 337-538). MDCT s 3D rekonstrukcí a volume rendering zobrazuje játra, jaterní a portální žíly. Toto zobrazení pomáhá chirurgovi při plánování velkých resekcí jater. (Lucidarme, 2004, s. 337-538).

2.5 Maximum intensity projection (MIP)

MIP vzniká na principu paralelních přímk, které prochází trojrozměrným objemem. Denzita pixelů MIP odpovídá maximální denzitě v průběhu paralelních přímk. MIP rekonstrukce jsou realizovány pro zvýraznění struktur s vyšší denzitou (cévy naplněné kontrastní látkou, kosti, konkrementy s obsahem kalcia). Důležité faktory pro kvalitní MIP rekonstrukci jsou: kvalitní náplň cévy kontrastní látkou (denzita vyšší než 200-250 HU), axiální obrazy s nejnižší úrovní šumu (rekonstrukční algoritmus s potlačením denzních rozhraní), axiální obrazy v izotropní kvalitě, rovinu vrstvy dle průběhu cévy. (Ferda, 2009, s. 60-61).

Využití MIP v diagnostickém procesu patologií cév mozku je popsáno v následujících článcích od autorů Zhang, Novotný, Ferda. V procesu detekce akutní ischemické cévní mozkové příhody byly kombinovány Maximal intensity projection (MIP) a Synchrotron Radiation (SR CT - Synchrotron Radiation X-ray Computerized Topography) pro zobrazení střední mozkové tepny, viz obr 2.

Obr. 2 – Okluze střední mozkové tepny



Kombinace Maximal intensity projection a Synchrotron Radiation CT. (Zhang, 2010, s. 640-664).

MIP jsou také využívány u 3D zobrazení. VR a MIP jsou vhodné pro zobrazení žil při CT angiografii. VR a Minimal intensity projection (MinIP) se používá pro zobrazení dýchacích cest a jejich cévních struktur u pacientů po transplantaci plic. MIP a MinIP

jsou široce používané techniky v 3D CT a MR angiografii. MIP a MinIP snímky jsou generovány rychle a jasně zobrazují tekutinu, nádor nebo kost. Tyto dvě techniky mají svá principiální omezení, protože používají jen malý zlomek údajů a obsahují tedy nedostatek informací o hloubce. Nicméně MIP a MinIP jsou používány u 3D zobrazení kde je nižší prostorové rozlišení nepodstatné. (Zhang, 2010, s. 640-664). Při CT angiografiích používáme většinou VRT a MIP. Stenty bývají dobře hodnotitelné v 1mm vrstvě MIP pro intimální hyperplazie uvnitř stentu. Hodnocení významnosti stenózy je nutno provádět v tenkých MIP rekonstrukcích. Karotické sifony díky svému anatomickému umístění je také nutno hodnotit v tenkých MIP rekonstrukcích. (Novotný, 2010, s. 145-157). Při CT angiografii krkavic jsou nejvýznamnější rekonstrukce rovinné a zakřivených ploch pro hodnocení cévního lumina, stěny a aterosklerotických plátů. Prostorové rekonstrukce charakteru maximum intensity projection (MIP) jsou nejstarším rekonstrukčním algoritmem pro hodnocení krkavic. Díky častým kalcifikacím cév se používá vrstevné zobrazení MIP o šíři 5-10mm, znázorní se tím anatomie bifurkace karotidy v několika projekcích. (Ferda, 2007, s. 411). Své nezastupitelné místo má MIP i v diagnostice jaterních chorob. Při perfuzním CT jater se provádí časová MIP rekonstrukce, jedná se o maximum intensity projection rekonstrukci, která je vytvořena sloučením všech fází vyšetření do jednoho obrazu. Používá se pro detekci ložiskových změn a jejich vztahu k cévám. (Mírka, 2010, s. 282). Význam MIP a multiplanární rekonstrukce jaterního prokrvení je v identifikaci přesných objemových tvarů a precizním zobrazením anatomie. Je to jednoduchý způsob jak diagnostikovat arteriální, portální nebo jaterní poruchy a jejich klinické důsledky. Znalost poruch jaterního prokrvení, zabránění častým úskalím při MDCT, což vede ke snížení počtu falešně negativních nebo falešně pozitivních výsledků a zlepšuje se tím staging a detekce nádorů. (Rangheard, 2004, s. 346). Cardone srovnává MDCT v diagnostice urografických novotvarů oproti standardním metodám, vylučovací urografii a konvenčnímu CT. MDCT nabízí vysokou rychlost akvizice a obrázky ve vysokém rozlišení, které umožňují axiální a 3D rekonstrukce. Pro vyhodnocení byly vytvořeny 3D rekonstrukce ve vylučovací fázi na kterých byla následně provedena MIP na nezávislé pracovní stanici a byly hodnoceny neoplastické léze. MDCT s axiální a 3D MIP rekonstrukcí obrazů umožňuje dobré hodnocení neoplazií močového traktu. (Cardone, 2004, s. 430). Venkatesh porovnává maximal intensity projection z tenkých řezů (3mm) a axiálních skenů (3mm) při detekci plicní embolie. MIP z tenkých řezů jsou lepší než z axiálních řezů a jsou vhodnější pro detekci plicní

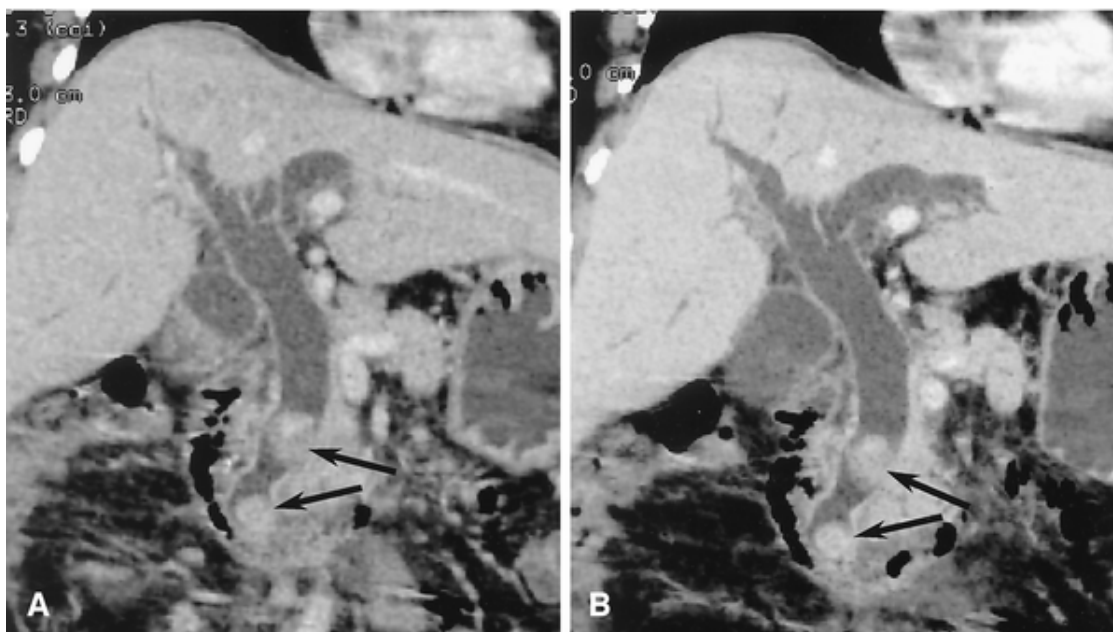
embolie. Výhodou MIP u plicní embolie je diagnostika na subsegmentární úrovni tepny. MIP jsou tedy vhodné pro běžné použití v diagnostice plicní embolie. (Venkatesh, 2004, s. 413).

2.6 Minimum intensity projection (MinIP)

U MinIP se jedná o dvourozměrné rekonstrukce získané z různého objemu, při kterých jsou odpovídající denzity pixelů rovny minimálním denzitám v přímkách kolmých na rovinu zobrazení. Obecně lze říci, že MinIP lze použít pro zobrazení struktur s velmi nízkou denzitou v porovnání s okolními tkáněmi. Největší využití má tedy při zobrazení dýchací soustavy, zejména tracheobronchiálního stromu a paranazálních dutin. Dále lze MinIP využít pro zobrazení tračníku po perrektální insuflaci plynu. Kromě struktur vyplněných vzduchem, lze MinIP použít pro zobrazení žlučových cest (díky nízké denzitě žluči vůči jaternímu parenchymu). (Ferda, 2009, s. 62-63).

Při hodnocení žlučových cest MinIP používá variabilní šíře vrstvy dle velikosti dilatovaného žlučovodu, v koronální rovině dle roviny žlučových cest. MinIP je provedena pro vizualizaci anatomických a patologických detailů žlučových cest. MIP byla provedena v případě obstrukce žlučových cest. MIP obrázky jsou užitečné při diagnostice kamenů ve žlučových cestách, viz obr. 4, kromě toho jsou také dobré pro prokázání vaskulární invaze nádoru. (Kim, 2004, s. 472-478).

Obr. 3 – Žlučové kameny v choledochu



Šikmá koronální rekonstrukce ukazuje dva kameny ve společném žlučovodu. MinIP rekonstrukce ukazuje dilataci intra i extra hepatického traktu, způsobenou právě těmito dvěma kameny. (Kim, 2004, s. 472-478).

STS-MinIP (sliding thin slab, minimum intensity projection) se považuje za vhodnou pro detekci plicních onemocnění. Tato metoda byla použita při studii zabývající se měřením denzity plicního parenchymu u asymptomatických jedinců. (Ishihara, 2006, s. 165-170).

2.7 Perfuzní zobrazení

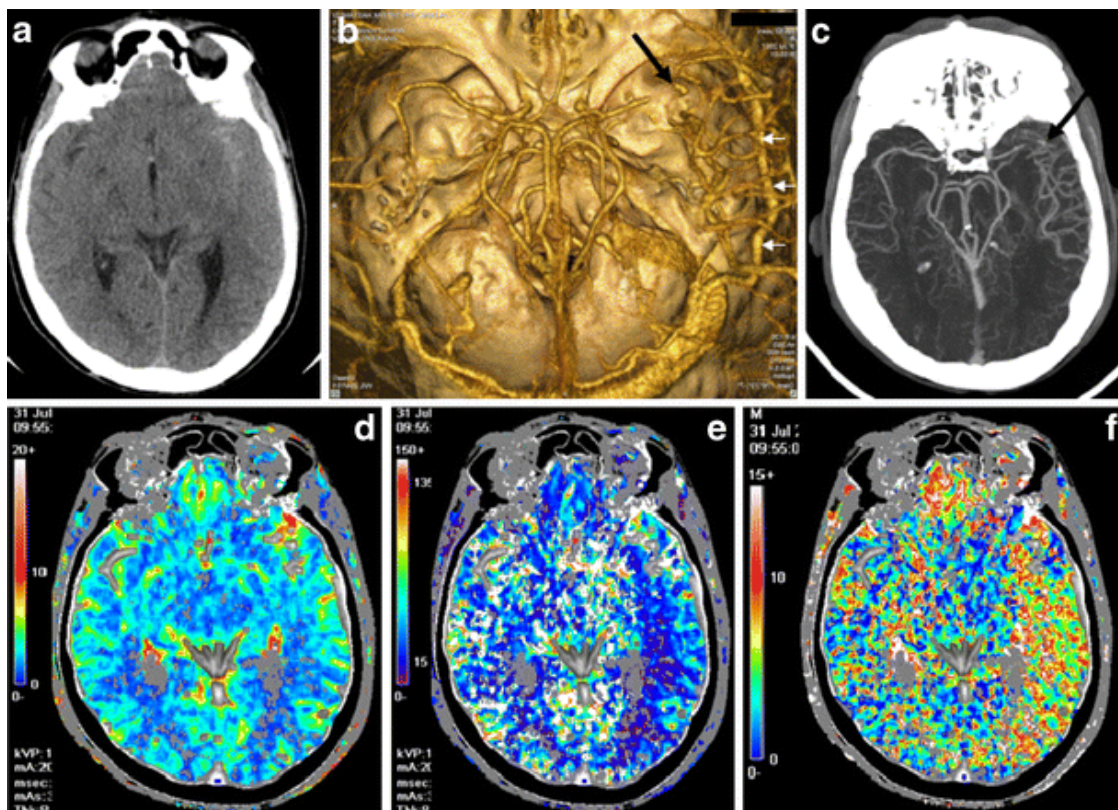
Perfuzní zobrazení dělá z čistě morfologické vyšetřovací metody metodu funkční. Metoda vychází ze skutečnosti, že denzita tkání stoupá lineárně s obsahem jodové kontrastní látky. Na základě této skutečnosti je potom možné stanovit perfuzní parametry vyšetřované oblasti. Perfuzní zobrazení je nejčastěji využíváno k časné diagnostice mozkové ischemie, dále je tato metoda využívána k vyšetření perfuze nádorů nebo myokardu. Po CT vyšetření vyhodnotí specializovaný software změny v denzitě tepen, žil a tkání z čehož vypočítá perfuzní mapy, které díky barevnému zobrazení vyjadřují jednotlivé perfuzní parametry. Pro přesnější hodnocení jsou perfuzní parametry zobrazeny i číselně. Základní perfuzní parametry jsou: objem krve

(tissue blood volume – TBV), průtok (tissue blood flow – TBF), průměrný čas průtoku daným objemem (mean transit time – MTT), čas do dosažení maximální denzity tkáně (time to peak), drenážní čas (time to drain), v onkologii cévní permeabilita, v jaterní diagnostice se hodnotí arteriální perfuze, portální perfuze a arteriální hepatický index. (Ferda, 2009, s. 70-71).

Myruya se zabývá hodnocením perfuzního CT a CT angiografie při diagnostice akutní cévní mozkové příhody. Dostupnost spirálních a multislice CT umožnila zavedení CT angiografie s možností detekce arteriálních stenóz a okluzí v prvních hodinách onemocnění. V poslední době rozvoj perfuzního CT ukázal vhodnost pro časnou detekci ischemických oblastí mozku. Použití perfuzního CT spolu s CT angiografií při posuzování akutní ischemické mozkové příhody otevírá nové diagnostické možnosti. CT angiografie poskytuje velmi cenné informace týkající se cévních stenóz a uzávěrů odpovědných za ischemie. Kvalita CT obrázků umožňuje diagnostiku onemocnění malých cév (arterioskleróza). Perfuzní vyšetření umožňuje analýzu hemodynamických poruch a detekci oblastí výrazné ischemie. Rychlost získávání těchto informací díky multislice CT a novým pracovním stanicím výrazně stoupá, což je důležité v prvních hodinách akutní cévní mozkové příhody. (Maruya, 2005, s. 383-392). Následující z autorů popisuje využití objemové CT perfuze mozku, která hraje důležitou roli v předoperačním posouzení gliomů mozku. CT perfuze je založena na kvantifikaci tkáňové distribuce kontrastní látky. Distribuce kontrastní látky je determinována mikrovaskularizací a šířením přes endoteliární membrány. Objemové perfuzní CT vyšetření umožňuje kvantifikaci absolutních hodnot fyziologických parametrů, včetně objemu krve, krevního toku, kapilární permeability a úniku. Vzhledem k heterogenní povaze mozkových gliomů, s různým stupněm buněčného a jaderného pleomorfismu, s různou mitotickou aktivitou, cévní proliferací a nekrózou má objemové perfuzní CT vyšetření potenciál výrazně zlepšit neurochirurgickou terapii díky zobrazení celého nádoru a všech oblastí se k němu vztahujících. Objemová CT perfuze umožňuje posoudit celý nádor. Je to také nástroj pro předoperační histopatologickou klasifikaci mozkových gliomů. Objemová CT perfuze je tedy nezbytnou součástí předoperačního hodnocení mozkových nádorů. (Xyda, 2011, s. 1811-1819). Aralasmak zkoumá pomocí perfuzního CT zobrazení vliv transluminární angioplastiky na mozkovou perfuzi při léčbě vasospasmu po subarachnoidálním krvácení. Zpožděné sekundární ischemické neurologické deficitu vasospasmem jsou hlavní příčinou morbiditu a mortality po subarachnoidálním

krvácení, proto je nutné hodnotit účinek léčby vasospasmu. To je možné díky dynamickému perfuznímu CT, obr. 4.

Obr. 4 – Perfuzní zobrazení mozku



Nativní obrázek (a), Volume rendering (b), MIP (c), Perfuzní zobrazení (d,e,f). (Aralasmak, 2009, s. 85-93)

Sledované parametry jsou: čas dosažení maximální denzity tkáně, průměrný tranzitní čas, regionální průtok krve mozkem, regionální objem mozkové krve. Závěrem lze tedy konstatovat, že perfuzní CT je užitečnou technikou pro sledování účinnosti léčby vasospasmu po subarachnoidálním krvácení. (Aralasmak, 2009, s. 85-93). Guerrero využívá perfuzní CT v urgentní medicíně pro odlišení cévní mozkové příhody od jiných diagnóz. Kazuistika prezentuje případ, kdy byla původně diagnostikována cévní mozková příhoda. Nicméně perfuzní CT a EEG nakonec vedlo k finální diagnóze status epilepticus. CT perfuze je běžně dostupná, má krátkou dobu akvizice a kvantifikace výsledků. Je tedy velmi vhodná pro použití v urgentní medicíně u pacientů s podezřením na vaskulární patologii. (Guerrero, 2012, s. 1-4).

Další článek se zabývá možnostmi zobrazení pomocí CT perfuze při hepatocelulárním karcinomu a jaterní cirhóze. CT je použito nejen k zobrazení anatomické struktury, ale také k analýze perfuze jater. Perfuzní CT je provedeno sérií

snímků po bolusovém podání kontrastní látky, což umožňuje podrobnou analýzu jaterní hemodynamiky, jejíž součástí jsou následující měření: průtok krve tkání, objem protékající krve, průměrný čas průtoku a jaterní arteriální frakce. Tyto metody mají v klinické praxi význam při hodnocení mikrocirkulace a detekci nádorové angiogeneze. Perfuzní CT vyšetření při jaterní cirhóze pokazuje zvýšené arteriální prokrvení jater. Vyhodnocení místních jaterních funkcí pomocí perfuzního CT je důležité v některých klinických situacích, jako je plánování operací a hodnocení léčby. (Okada, 2011, s. 273-281).

2.8 Virtuální endoskopie

Virtuální endoskopie je metoda zobrazující vnitřní lumen dutých orgánů. Nejvíce používáme tuto metodu pro zobrazení tlustého střeva (virtuální kolonoskopie) a dýchacích cest (virtuální bronchoskopie). Méně často vyšetřované oblasti jsou: žaludek, tenké střevo, žlučovody, močové cesty, vedlejší dutiny nosní nebo velké cévy. Touto metodou lze vyšetřovat orgány, ve kterých je dostatečný rozdíl v kontrastu mezi stěnou a obsahem. Rozdíl denzit mezi stěnou a orgánem je buď přirozený (vzduch v dýchacích cestách), nebo ho docílíme podáním kontrastní látky. Hodnocení virtuální endoskopie probíhá v interaktivním prostředí. Současné systémy dokážou automaticky vyhledávat polypózní léze a fekální zbytky označené kontrastní látkou. Kladnou částí virtuální endoskopie je neinvazivita, zobrazitelnost léze ze všech úhlů pohledu, schopnost proniknout za stenózu nebo uzávěr a zobrazit tak komplexně vyšetřovanou oblast, zobrazení celé stěny a okolních orgánů. Zápornou částí virtuální endoskopie jsou: absence barevného rozlišení, nemožnost odběru histologického materiálu, radiační zátěž. (Ferda, 2009, s. 66-68).

Flicek se zaměřil radiační zátěž při vyšetření a provedl pilotní studii na snížení radiační dávky při CT kolonoskopii použitím iterativní rekonstrukce se zachováním kvality obrazu. Studie prokázala, že u pacientů nebyly zjištěny žádné významné rozdíly v kvalitě obrazu mezi standardní a iterativní rekonstrukcí. Celková kvalita obrázků u obou metod klesala se stoupajícím BMI (body mass index). Výsledky studie ukázaly, že dávka záření může být nižší o 50%, aniž by byla významně ovlivněna kvalita vyšetření. (Flicek, 2010, s. 126-131).

Jak uvádí Johnson, kolorektální karcinom je třetí nejčastější zhoubné onemocnění a druhá nejčastější příčina úmrtí na rakovinu ve Spojených státech. CT virtuální kolonoskopie využívá pokročilé vizualizační technologie, které umožňují minimálně invazivní, strukturální zhodnocení celého kolorekta. Míra účinnosti CT kolonoskopie při detekci asymptomatických lézí tlustého střeva je kontroverzní téma. Proto byla provedena studie kontrolující výsledky virtuální CT kolonoskopie optickou kolonoskopií a histologickým ověřením. Kompletní výsledky z virtuální CT kolonoskopie a optické kolonoskopie byly u 2531 účastníků studie. Ve studii, virtuální CT kolonoskopie identifikovala 90% velkých kolorektálních adenomů a karcinomů ($\geq 10\text{mm}$ v průměru), které byly zjištěny u optické kolonoskopie. Sekundární analýza ukázala, že virtuální CT kolonoskopie měla nižší citlivost na kolorektální léze (6-9mm). Závěrem lze říci, že tato velká, multicentrická studie asymptomatických dospělých poukazuje na vhodnost virtuální kolonoskopie jako na metodu screeningu pacientů s průměrným rizikem kolorektálního karcinomu. (Johnson, 2008, s. 1207-1217). Vhodnost virtuální endoskopie jako screeningové metody popisuje i Stoop, který provedl randomizovanou kontrolovanou studii na porovnání účasti a diagnostické výtěžnosti screeningu kolorektálního karcinomu v Holandsku. Účast ve screeningu kolorektálního karcinomu byla u CT kolonoskopie výrazně vyšší než u optické kolonoskopie. Diagnostická výtěžnost pokročilé neoplazie na 100 pozvaných byla podobná u obou vyšetřovacích metod, což naznačuje, že obě techniky mohou být použity pro populační screening kolorektálního karcinomu. (Stoop, 2012, s. 55-56). Hlubším porovnáním screeningových testů se věnuje také Graser v prospektivní studii pro porovnání výkonnostních charakteristik pěti různých screeningových testů pro detekci pokročilé střevní neoplazie. Byly porovnávány: CT kolonoskopie, optická kolonoskopie, flexibilní sigmoideoskopie, fekální imunochemické testy, fekální krevní testy na okultní krvácení. Na závěr bylo prokázáno, že nízkodávkové CT s vysokým rozlišením je vhodné pro screening rakoviny tlustého střeva a dosahuje citlivosti srovnatelné s optickou kolonoskopií na polypy větší než 5mm. U pacientů odmítajících plnou přípravu před CT kolonoskopií nebo optickou kolonoskopií by měla být použita flexibilní sigmoideoskopie. Při testech stolice by mělo být doporučeno fekální imunochemické vyšetření. (Graser, 2009, s. 241-248). Opletal uvádí, že CT kolonografie je poměrně mladá technika, která je všeobecně přijímaná jako diagnostická metoda s neopomenutelnými přednostmi, která však zdaleka nedospěla k úplné dokonalosti. Virtuální kolonografie je pro pacienta příjemnější než optická

kolonoskopie, s nižším počtem komplikací. Velkou výhodou této metody je současné CT zobrazení i ostatních břišních struktur s posouzením spádových lymfatických uzlin, což je vhodné při sledování pacientů v průběhu léčby maligního onemocnění tlustého střeva, tab. 3. (Opletal, 2012, s. 241-245).

Tab. 3 - CT kolonografie – srovnání s optickou kolonoskopií

Výhody	Nevýhody
Menší invazivita a počty komplikací	Nepřímé zobrazení (nemožnost biopsie)
Zobrazení okolních struktur	Radiační zátěž
Možnost dvojího čtení	Nejistá senzitivita a specificita – různé studie

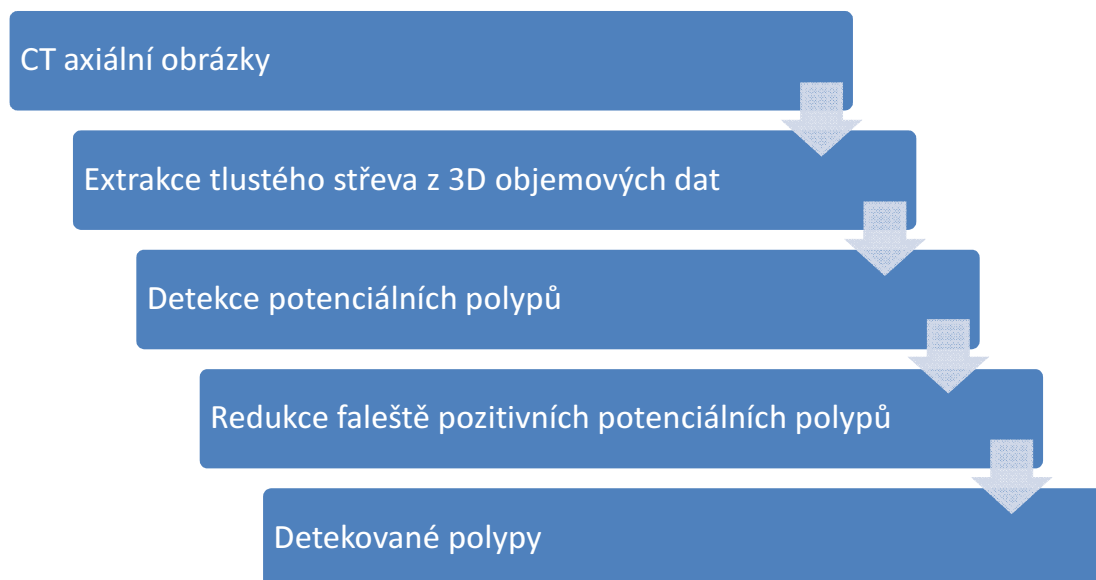
2.9 Počítačem asistovaná diagnostika (CAD)

Počítačem asistovaná diagnostika, Computer aided diagnosis (CAD) je technologie využívající virtuální inteligenci k detekci a hlubšímu posouzení patologických procesů. V současné době nejsou tyto systémy schopny vyloučit člověka z části diagnostického procesu, jsou tedy vhodné pro urychlení práce, zpřesnění diagnostiky a jako druhé čtení. Největší praktické využití mají systémy pro detekci a analýzu plicních uzlů. V onkologii se využívá automatická analýza jaterních lézí, kdy je měřen objem a denzita. Automatické vyhledávací systémy jsou vhodné i pro vyhledávání polypů ve střevě při virtuální kolonoskopii. V cévní diagnostice se používá pro druhé čtení při detekci plicních embolů. (Ferda, 2009, s. 73).

Počítačem asistovaná diagnostika pro virtuální kolonoskopii automaticky detekuje umístění polypů a poskytuje radiologům druhý názor. CAD tedy zvyšuje diagnostický potenciál radiologa a snižuje variabilitu diagnostické přesnosti, aniž by zvyšoval dobu čtení. Ve své nejobecnější formě může být CAD definován jako výstup počítačového systému pro automatickou analýzu obrazu sloužící jako diagnostická pomůcka radiologa. CAD snižuje percepční chyby radiologů, tím že poskytuje konzistentní a objektivní výsledky. Kompletní CAD systém např. určený pro CT kolonografii se skládá z následujících tří složek: segmentace, detekce a klasifikace. V první fázi dochází k extrakci tlustého střeva z trojrozměrných objemových dat

získaných z axiálních CT skenů. Ve druhé fázi jsou detekovány potenciální polypy z extrahovaného tlustého střeva. Třetí fáze má za úkol odstranit falešně pozitivní léze z řad potenciálních polypů.

Schéma 1 - Základní schéma funkce CAD systému pro detekci polypů.



V několika akademických institucích byly provedeny studie na prokázání účinnosti detekce CAD v klinických případech. Jako standard byla použita optická kolonoskopie. Umístění polypů zjištěných systémem CAD bylo srovnáváno s umístěním polypů zjištěných při optické kolonoskopii. Výsledky studií ukazují, že CAD je vhodný pro detekci polypů, díky jeho vysoké citlivosti a relativně nízké falešné pozitivitě záchytů. V nejlepším bylo dosaženo 100% citlivosti a 1,3 falešně pozitivních nálezů na pacienta pro polypy větší než 5mm. Obecně však platí, že výkonnost CAD programů má citlivost mezi 70% a 100% pro polypy větší než 6mm se dvěma až osmi falešně pozitivními nálezy na pacienta. (Yoshida, 2004, s. 26-41).

2.10 Fúze modalit

Fúze modalit spojuje různé způsoby zobrazení do jednoho. Tento způsob diagnostiky je vhodný obzvláště pro hodnocení funkčních změn ve tkáních, jako

perfuze, metabolická aktivita nebo distribuce kontrastní látky. Při fúzi modalit se ve většině případů používá CT, ideálně se submilimetrovým izotropním zobrazením. Fúzí vzniká superpozice dvou typů zobrazení v jednom prostoru. Samozřejmě lze měnit vzájemný poměr ve fúzi, čímž lze posoudit jak změny anatomické tak funkční. Každý voxel tedy současně obsahuje informace ze dvou základních zobrazení. Při hybridním zobrazení je třeba spojit data ze dvou různých zobrazovacích systémů, které mají společnou osu (CT, SPECT, PET). Jak z PET, tak ze SPECT jsou získávána data s odlišným prostorovým zobrazením, proto je vždy skupina voxelů z CT spojena z voxellem ze SPECT nebo PET. Pohyb zejména u časově delšího SPECT nebo PET vyšetření způsobuje při fúzi s obrazy CT, že matematická fúze vzájemně odpovídá z geometrického pohledu nikoliv však z fyziologického, během akvizice pohyblivá ložiska tedy nemusí být v totožné lokalizaci. Další možností je off-line fúze kdy jsou spojovány obrazové informace získané při dvou různých vyšetřeních. Jedná se o spojení dvou prostorů, které nemají společnou osu a je tedy nutno prostory spojit pomocí záchytných anatomických bodů. (Ferda, 2009, s. 76-77).

Během posledních let se PET/CT rychle rozšířila a nahradila konvenční PET. Funkční informaci nesou PET data, CT poskytuje morfologii, jejich kombinace je pak synergická. Fúzované obrázky z PET/CT mají vyšší diagnostickou přesnost s menším počtem nejasných nálezů. Při fúzi těchto modalit je dosaženo vyšší kvality obrazu a kratší vyšetřovací doby než u PET. (Tsukamoto, 2006, s. 255-267). PET/CT spojuje dvě zásadně odlišné zobrazovací technologie do jednoho zařízení. Pozitronová emisní tomografie je čtyřdimenzionální distribuce daného radioizotopu v lidském těle. Je definována jako zobrazovací technologie, která měří a kvantifikuje biochemické procesy. V závislosti na radioizotopu PET může posoudit tkáňový metabolismus, regionální a absolutní průtok krve, syntézu proteinu, exprese genu, tkáňovou hypoxii, přítomnost abnormálních proteinů, kvantifikuje receptory a buněčné membrány. Proto je označován jako funkční zobrazovací modalita. Počítačová tomografie (CT) v první řadě poskytuje informace o anatomii, průtoku krve a tkáňové propustnosti. V praxi jde definovat PET/CT jako zobrazovací technologii spojující vysoce kvalitní PET a CT v jednom zařízení a v současné době poskytuje strukturální a metabolické (biochemické) informace. Fúze obrázku PET a CT nejen zlepšuje interpretaci PET snímků, ale také zvyšuje dostupnost informací z CT. V neposlední řadě mohou být fúzované obrázky z PET/CT použity k vedení biopsie a pro plánování léčby zářením.

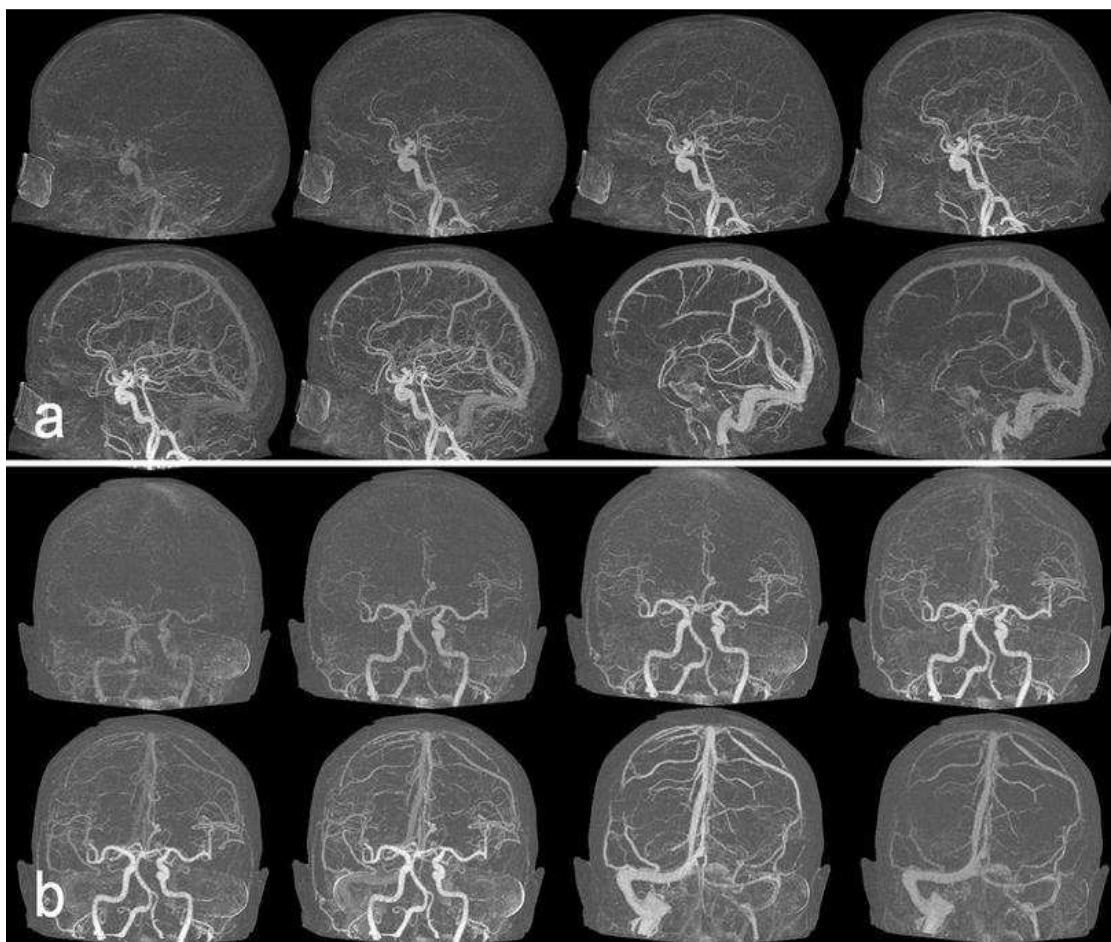
Fúzované obrázky PET/CT ve srovnání s obrázky z PET jsou pro lékaře lépe hodnotitelné. (Schöder, 2003, s. 1419-1437).

2.11 4D analýza

Čtvrtý rozměr karteziánské soustavy je čas. Pod pojmem 4D zobrazení tedy rozumíme zohlednění změn, které probíhají v čase. Při CT tedy dochází k získávání dat, které zohledňuje změny v čase u vyšetření dynamických po podání kontrastní látky, nebo při akvizici srdeční akce s EKG synchronizací. 4D zobrazení spojuje trojrozměrné zobrazení a změny které nastávají v čase (postup plnění cév, změny velikosti srdečních oddílů). Dynamická CT angiografie dovoluje rekonstruovat angiogramy v různých fázích arteriálního a venózního plnění a zobrazovat hemodynamické děje (arteriovenózní zkrat, směr kolaterálního oběhu). Software dovoluje načíst data z několika akvizicí. Pomocí VRT nebo MIP rekonstrukce potom lze sledovat cirkulaci kontrastní látky v krevním řečišti. Při kinetickém zobrazení jsou data získávána v synchronizaci s EKG křivkou a lze je rekonstruovat v jednotlivých fázích R-R intervalu. Umožňuje tedy zobrazit děje probíhající v srdeční revoluci (pulzace, kontrakce, pohyb koronárních arterií). U automatické 4D analýzy jsou data získávána s dynamickou časovou informací, vývoj v čase lze tedy objektivně analyzovat. Parametrické mapy vyjadřující změny probíhající v čase jsou zobrazeny v barevné stupnici, která znázorňuje dynamický děj. Nejčastěji používané mapy jsou při perfuzní analýze. Při zobrazování kinetických parametrů srdce se využívají mapy zobrazující kontraktilitu a kinetické parametry. 4D analýza se používá i pro výpočet srdečních funkcí (ejekční frakce, minutový výdej). (Ferda, 2009, s. 74-75)

Siebert popisuje, jak zavedení CT s 320 řadami detektorů a šíří detektoru 16cm, umožnilo provádět 4D CT angiografii celého mozku. Po podání bolusu jodové kontrastní látky, lze kontinuálním skenováním získat nejen strukturální 3D data intrakraniálních cév, ale také hemodynamické informace (4D). Základní údaje 4D CT angiografie byly rekonstruovány SW modulem 4D DSA pro subtrakci kostí a dynamické zobrazení. Všechna subtrahovaná data byla také hodnocena v multiplanárních rekonstrukcích o tloušťce řezu 0,5mm ve třech rovinách, viz obr. 5.

Obr. 5 – Měření mozkové cirkulace



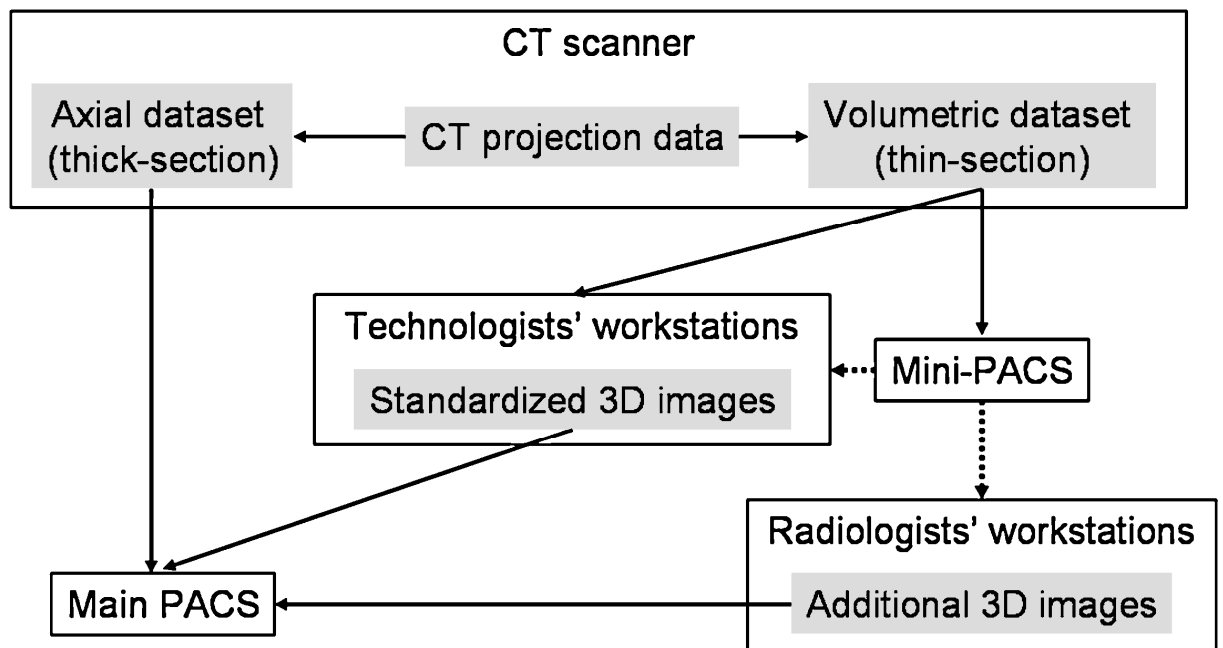
Sagitální (a) a koronální (b) rekonstrukce mozku u 4D CT angiografie. Obrázky znázorňující arteriální přítok, kapilární fázi a venózní odtok. (Siebert, 2011, s. 741-747).

Mozková cirkulace je důležitý parametr, který poskytuje informace o cévní mozkové fyziologii a definuje stav prokrvení mozku. 4D CT angiografie je tedy vhodná k diagnostice arteriovenózních malformací mozkových cév. (Siebert, 2011, s. 741-747). V následující studii bylo cílem zhodnotit využití 4D CT angiografie u pacientů s neléčenou arteriovenózní malformací v mozku ve srovnání katetrizační angiografií (DSA). U pacientů s neléčenou arteriovenózní malformací, prokázanou pomocí DSA bylo provedena 4D CT angiografie pomocí MDCT. 4D CT angiografie detekovala všechny arteriovenózní malformace. Navíc přidává zobrazení z více rovin a perfuzní mapy, užitečné při plánování léčby. Závěrem lze tedy říci, že 4D CT angiografie je cenný doplněk k neinvazivní diagnostice a sledování arteriovenózních malformací v mozku. (Willems, 2012, s. 123-131).

2.12 Archivace dat

Archivace dat z vyšetření je nutná z medicínských (možnost porovnání vývoje nálezů) i legislativních důvodů. Při budování radiologického pracoviště s několika modalitami, akvizičními a pracovními stanicemi je nutné vytvořit fungující síť pro přenos dat. Samozřejmostí je automatické ukládání dat do centrálního úložiště. Archivace a dostupnost dat je základní vlastnost PACSu (Picture archiving and communication in medicine), jenž je v současnosti nedílnou součástí radiologického i nemocničního informačního systému. Základní princip je automatické ukládání, okamžité prohlížení, zpětný import na pracovní stanice. Pro medicínské využití byl vytvořen formát DICOM (digital imaging and communication in medicine), který obsahuje obrazová data a informace o pacientovi, technice akvizice a modalitě. Při CT vyšetření stále roste objem dat, CT plic s kolimací 0,6mm obsahuje 1000 – 1500 obrázků, které mají 700MB. Pokud jsou archivována hrubá data je možno zpětně provádět libovolné rekonstrukce. Objem dat tímto stále roste, hrubá data CT plic s kolimací 0,6mm mají velikost 1,5GB. (Ferda, 2009, s. 78-79). Yoshinobu se zabývá ukládáním dat, protože multidetektorová počítačová tomografie (MDCT) vytváří obrovské množství dat, které mohou přetížit PACS. Pro vyřešení tohoto problému bylo navrženo nové ukládání dat ve stávajícím systému PACS. Dělí získaná data na dva soubory, jeden soubor s daty tenkých řezů je ukládán v dočasném PACS úložišti ve vymezeném prostoru v rámci stávajícího PACS úložiště. Datové soubory s tlustými řezy jsou archivovány natrvalo. (Yoshinobu, 2011, s. 107-113). V dalším publikovaném příspěvku si Lee et al. poradili s ukládáním dat následujícím způsobem. Rozdělili data z vyšetření na dva soubory, z nichž jeden s rekonstruovanými obrazy byl ukládán v hlavním PACS serveru a druhý soubor objemových dat byl ukládán v mini PACS odkud byl směřován do pracovních stanic radiologů, kde byly prováděny 3D rekonstrukce a diagnostika. Datový tok na pracovišti CT, viz tab. 3. (Lee, 2005, s. 188-195).

Schéma 2. – Datový tok na CT pracovišti.



3. Závěr

Cílem bakalářské práce byla analýza poznatků, týkajících se metod postprocesingu na CT pracovní stanici a jejich příspěvek k diagnostice.

První výzkumný problém byl formulován úvodní otázkou: Kdo provádí postprocessing na CT pracovní stanici? Na tuto otázku odpovídá ve svém článku Mezrich. Při postprocesingu objemových dat z CT vyšetření je minimální hranice mezi radiologickým asistentem a radiologem. Je postprocessing úkolem radiologického asistenta jako součást vyšetření spojeného s přípravou obrázků, nebo je to začátek diagnostického procesu radiologa? Software a hardware postoupil do bodu, kdy je při vytváření postprocesingu nutná jen malá lidská interakce. Specializovaný radiologický asistent může vytvářet postprocessingové obrázky stejně kvalitně jako radiolog. (Mezrich, 2011, s. 378-381).

Druhý výzkumný problém byl: Jaké druhy postprocesingu jsme schopni provádět na CT pracovní stanici? Tomuto problému byla věnována převážná část práce. Jednotlivé postprocessingové metody (Analýza zobrazení, Multiplanární rekonstrukce, Volume rendering technika, Maximum intensity projection, Minimum intensity projection, Perfuzní zobrazení, Počítačem asistovaná diagnostika, Virtuální endoskopie, Fúze modalit, 4D analýza) byly popsány jak z technické a teoretické strany, tak ze strany medicínského přínosu jednotlivých postprocessingových metod. Obecnějšímu rozdělení jednotlivých metod se věnoval Mezrich, který tvrdí, že již rutinními jsou multiplanární rekonstrukce, volume rendering, maximal a minimal intensity projection a mezi moderní nástroje postprocesingu patří: perfúzní analýza, automatická analýza, generování parametrické mapy, virtuální kolonoskopie a orgánová segmentace. Postprocessing umožňuje rekonstrukce radiologických snímků pro získání dalších kvantitativních a kvalitativních údajů. Moderní diagnostické CT generuje velké množství informací, které zlepšují naše diagnostické a terapeutické možnosti. Cílem postprocessingových metod je splnit klinické potřeby, maximalizovat kvalitu, minimalizovat náklady. (Mezrich, 2011, s. 378-381).

Poslední vyslovený problém byl: Z jakých dat je prováděn postprocessing, kde jsou data v rámci PACS systému ukládána? Tímto problémem se zabývali autoři Yoshinobu a Lee. Pro vyřešení tohoto problému bylo navrženo nové místo pro

ukládání dat ve stávajícím systému PACS, zmínění autoři navrhuji souhlasně oddělit trvale archivované obrazy a data nutná k interaktivnímu postprocesingu do dvou úložišť s odlišným charakterem přizpůsobeným účelu ukládaných dat.

4. Seznam bibliografických odkazů

ANDRONIKOU S., et al. Technical developments in postprocessing of paediatric airway paging. *Pediatric Radiology* [online]. Vol. 43, no. 3, pp. 269-284, 2013. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN 1432-1998. Dostupné na WWW: <http://link.springer.com/article/10.1007/s00247-012-2468-1/fulltext.html>.

ARALASMAK, A., et al. CT angiography and perfusion imaging in patients with subarachnoid hemorrhage: correlation of vasospasm to perfusion abnormality. *Neuroradiology* [online]. Vol. 51, no. 2, pp. 85-93, 2009. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN 1432-1920. Dostupné na WWW: <http://rd.springer.com/article/10.1007%2Fs00234-008-0466-7/fulltext.html>.

BAXA, Jan. Možnosti využití multidetektorového CT v Ortodoncii. *Česká radiologie* [online]. Březen 2007, roč. 61, č. 3, s. 321 – 326. [cit. 13. 11. 2013]. ISSN 1210-7883. Dostupné na WWW: <http://www.cesradiol.cz/detail.php?stat=87>.

CAPUNAY, C. Advantages of multislice CT in the diagnosis of traumatic osseous disease. *ECR – final programme* [online]. Vol. 14, no. 2, pp. 337-538, 2004. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN 1613-3757. Dostupné na WWW: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10406-005-0142-5>.

CARDONE, G. Urinary tract neoplasms: Multi-detector row computed tomographic (CT) urography evaluation. *ECR – final programme* [online]. Vol. 14, no. 2, pp. 337-538, 2004. [cit. 24. 2. 2014]. ISSN 1613-3757. Dostupné na WWW: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10406-005-0142-5>.

DOMINGUEZ, E. Multidetector CT imaging of common and uncommon large cystic hepatic masses. *ECR 2005 – scientific programme – abstracts* [online]. Vol. 15, no. 1, pp. 1-688, Mar. 2005. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN 1613-3757. Dostupné na WWW: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10406-005-0100-2>.

FERDA, Jiří. Dvoufázová multidetektorová CT-angiografie renálního karcinomu. *Česká radiologie* [online]. Březen 2007, roč. 61, č. 1., s. 14. [cit. 13. 11. 2013]. ISSN 1210-7883. Dostupné na WWW: <http://www.cesradiol.cz/detail.php?stat=74>. ISSN 1210-7883.

FERDA, Jiří. Multidetektorová CT-angiografie krkavic. *Česká radiologie* [online]. Prosinec 2007, roč. 61, č. 4, s. 411. [cit. 30. 11. 2013]. ISSN 1210-7883. Dostupné na WWW: http://www.cesradiol.cz/cislo_akt.php?cis=4.

FERDA, Jiří, MÍRKA, Hynek, BAXA, Jan. 2009. *Multidetektorová výpočetní tomografie, Technika vyšetření*. 1. vyd. Praha: nakladatelství Galén, 2009. [cit. 24. 2. 2014]. ISBN 978-80-7262-608-3.

FLICEK, K. T., et al. Reducing the Radiation Dose for CT Colonography Using Adaptive Statistical Iterative Reconstruction: A Pilot Study. *American Journal of Roentgenology* [online]. 2010. s. 126-131. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN: 1546-3141. Dostupné na WWW: <http://www.ajronline.org/action/showCitFormats?doi=10.2214%2FAJR.09.3855>.

FRANCONE, M. ECG-gated multi-detector row spiral CT (MDCT) in the assessment of myocardial infarction (MI): A retrospective study. *ECR – final programme* [online]. Vol. 14, no. 2, pp. 337-538, 2004. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN 1613-3757. Dostupné na WWW: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10406-005-0142-5>.

GRASER, A., et al. Comparison of CT colonography, colonoscopy, sigmoidoscopy and faecal occult blood tests for the detection of advanced adenoma in an average risk population. *Gut*. [Online]. Vol. 58, no. 2, pp. 241-248, Feb. 2009. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN: 1468-3288. Dostupné na WWW: <http://gut.bmj.com/content/58/2/241>.

GUERRERO, W., DABABNEH, H., EISENSCHENK, S. The role of perfusion CT in identifying stroke mimics in the emergency room: a case of status epilepticus presenting with perfusion CT alterations. *International Journal of Emergency Medicine* [online]. Vol. 5, no. 1, pp. 1-4, Dec. 2012. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN

1865-1380. Dostupné na WWW: <http://rd.springer.com/article/10.1186%2F1865-1380-5-4>.

ISHIHARA, K., et al. Sliding thin slab, minimum intensity projection of the lung in asymptomatic subjects: lower limits of lung attenuation, without airways. *Radiation Medicine* [online]. Vol. 24, no. 3, pp. 165-170, 2006. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN 1862-5274. Dostupné na WWW: <http://link.springer.com/article/10.1007/s11604-005-1476-6>.

JOHNSON, C. D., et al. Accuracy of CT colonography for detection of large adenomas and cancers. *N Engl J Med* [online]. Vol. 359, no. 12, pp. 1207-1217, Sep. 2008. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN 1533-4406. Dostupné na WWW: <http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejmoa0800996>.

KIM, H. C., et al. Three-dimensional reconstructed images using multidetector computed tomography in evaluation of the biliary tract. *Abdominal Imaging* [online]. Vol. 29, no. 4, pp. 472-478, 2004. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN 1432-0509. Dostupné na WWW: <http://link.springer.com/article/10.1007/s00261-003-0123-x/fulltext.html>.

LAGESEN, B. Post mortem CT examination of neonates. *ECR – final programme* [online]. Vol. 14, no. 2, pp. 337-538, 2004. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN 1613-3757. Dostupné na WWW: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10406-005-0142-5>.

LAGHI, A. 3D imaging in therapy planning. *ECR – final programme* [online]. Vol. 14, no. 2, pp. 337-538, 2004. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN 1613-3757. Dostupné na WWW: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10406-005-0142-5>.

LEE, K., et al. Managing the CT data explosion: Initial experiences of archiving volumetric datasets in a Mini-PACS. *Journal of Digital Imaging* [online]. Vol. 18, no. 3, pp. 188-195, 2005. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN 1618-727X. Dostupné na WWW: <http://rd.springer.com/article/10.1007/s10278-005-5163-z/fulltext.html>.

LUCIDARME, O., MALZY, P., VAILLANT, J. C. Acquisition and postprocessing procedures for 3D CT modeling of hepatic vessel architecture and volume calculation in major liver resection and living donated liver transplantation. *ECR – final programme* [online]. Vol. 14, no. 2, pp. 337-538, 2004. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN 1613-3757. Dostupné na WWW: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10406-005-0142-5>.

MARUYA, J., et al. Simultaneous multi-section perfusion CT and CT angiography for the assessment of acute ischemic stroke. *Acta Neurochirurgica* [online]. Vol. 147, no. 4, pp. 383-392, 2005. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN 0942-0940. Dostupné na WWW: <http://rd.springer.com/article/10.1007/s00701-004-0465-3>.

MATIATIS, P. Receiver operator characteristic analysis of observer performance in virtual bronchoscopy. *ECR – final programme*. [Online]. Vol. 14, no. 2, pp. 337-538, 2004. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN 1613-3757. Available: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10406-005-0142-5>.

MEZRICHE R., JULURU K., NAGY P. Should Post-Processing be performed by the radiologist? *Journal of Digital Imaging* [online]. Vol. 24, no. 3, pp. 378-381, Mar. 2011. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN 1618-727X Dostupné na WWW: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10278-011-9370-5/fulltext.html>.

MIKAMI, T., et al. Presurgical planning for arteriovenous malformations using multidetector row CT. *Neurosurgical Review* [online]. Vol. 35, no. 3, pp. 393-400, Mar. 2012. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN 1437-2320. Dostupné na WWW: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10143-012-0383-4/fulltext.html>.

MÍRKA, Hynek. Perfuzní CT jater. *Česká radiologie* [online]. Listopad 2010, roč. 64, č. 4, s. 282. [cit. 26. 11. 2013]. ISSN 1210-7883. Dostupné na WWW: <http://www.cesradiol.cz/detail.php?stat=309>.

NOVOTNÝ, Jiří. CT angiografie – podmínky pro kvalitní zobrazení. *Česká radiologie* [online]. Červenec 2010, roč. 64, č. 2, s. 145-157. [cit 30. 11. 2013]. ISSN 1210-7883. Dostupné na WWW: <http://www.cesradiol.cz/detail.php?stat=285>.

OKADA, M., KIM, T., MURAKAMI, T. Hepatocellular nodules in liver cirrhosis: state of the art CT evaluation (perfusion CT/volume helical shuttle scan/dual-energy CT). *Abdominal Imaging* [online]. Vol. 36, no. 3, pp. 273-281, Jan. 2011. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN 1432-0509. Dostupné na WWW: <http://rd.springer.com/article/10.1007/s00261-011-9684-2>.

OPLETAL, Petr, STANDARA, Michal. CT kolonografie – přehled vývoje metodiky a indikací. *Klinická onkologie* [online]. 2012. 25(4). s. 241-245. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN 1802-5307. Dostupné na WWW: <http://www.linkos.cz/casopis-klinicka-onkologie/hledani-clanku/skupina/a/zobrazit/ids/4008/>.

RADA, Jiří. Dvoufázová multidetektorová CT-angiografie renálního karcinomu. *Česká radiologie*. [online]. Březen 2007, roč. 61, č. 1, s. 14. [cit. 9. 12. 2013]. ISSN 1210-7883. Dostupné na WWW: <http://www.cesradiol.cz/detail.php?stat=74>.

RANGHEARD, A. Hepatic perfusion disorders: Tips and tricks using MDCT. *ECR – final programme* [online]. Vol. 14, no. 2, pp. 337-538, 2004. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN 1613-3757. Dostupné na WWW: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10406-005-0142-5>.

SCHRÖDER, H., et al. PET/CT: a new imaging technology in nuclear medicine. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* [online]. Vol. 30, no. 10, pp. 1419-1437, 2003. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN 1619-7089. Dostupné na WWW: <http://rd.springer.com/article/10.1007/s00259-003-1299-6?no-access=true>.

SIEBERT, E., et al. Measurement of cerebral circulation times using dynamic whole-brain CT-angiography: feasibility and initial experience. *Neurological Sciences* [online]. Vol. 33, no. 4, pp. 741-747, Sep. 2012. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN 1590-3478. Dostupné na WWW: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10072-011-0785-z/fulltext.html>.

STOOP, E. M., et al. Participation and yield of colonoscopy versus non-cathartic CT colonography in population-based screening for colorectal cancer: a randomised

controlled trial. *The Lancet Oncology* [online]. Vol. 13, no. 1, pp. 55-64, Jan. 2012. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN: 1470-2045. Dostupné na WWW: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470204511702832>.

TAMM E., et al. Update on 3D and multiplanar MDCT in the assessment of biliary and pancreatic pathology. *Abdominal Imaging* [online]. Vol. 34, no. 1, pp. 64-74, 2009. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN 1432-0509. Dostupné na WWW: <http://link.springer.com/article/10.1007/s00261-008-9416-4/fulltext.html>.

TSUKAMOTO, E., OCHI, S. PET/CT today: System and its impact on cancer diagnosis. *Annals of Nuclear Medicine* [online]. Vol. 20, no. 4, pp. 255-267, 2006. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN 1864-6433. Dostupné na WWW: <http://rd.springer.com/article/10.1007/BF02984642>.

VENKATESH, S. K. Detection of pulmonary emboli with thin slice (3mm) maximum intensity projection reconstructions of multi-detector CT pulmonary angiogramy. *ECR – final programme* [online]. Vol. 14, no. 2, pp. 337-538, 2004. ISSN 1613-3757. [cit. 24. 2. 2014]. Dostupné na WWW: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10406-005-0142-5>.

WEICHT, Jiří. Zobrazení koronárního žilního řečiště pomocí multidetektorové CT angiografie - vliv šíře ústí koronárního sinu na úspěšnost implantace biventrikulárního kardiostimulátoru. *Česká radiologie* [online]. Březen 2007, roč. 61, č. 1, s. 91 – 107. [cit. 13. 11 2013]. ISSN 1210-7883. Dostupné na WWW: <http://www.cesradiol.cz/detail.php?stat=87>.

WILLEMS, P., et al. The use of 4D-CTA in the diagnostic work-up of brain arteriovenous malformations. *Neuroradiology* [online]. Vol. 54, no. 2, pp. 123-131, Apr. 2012. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN 1432-1920. Dostupné na WWW: <http://link.springer.com/article/10.1007/s00234-011-0864-0/fulltext.html>.

XYDA, A., et al. Brain volume perfusion CT performed with 128-detector row CT system in patients with cerebral gliomas: A feasibility study. *European Radiology* [online]. Vol. 21, no. 9, pp. 1811-1819, May 2011. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN

1432-1084. Dostupné na WWW: <http://rd.springer.com/article/10.1007%2Fs00330-011-2150-2/fulltext.html>.

YOSHIDA, H. DACHMAN, A. H. CAD techniques, challenges, and controversies in computed tomographic colonography. *Abdominal Imaging* [online]. Vol. 30, no. 1, pp. 26-41, Jan. 2004. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN 1432-0509. Dostupné na WWW: <http://link.springer.com/article/10.1007/s00261-004-0244-x/fulltext.html>.

YOSHINOBU, T., et al. Data management solution for Large-Volume computed tomography in an existing picture archiving and communication system (PACS). *Journal of Digital Imaging* [online]. Vol. 24, no. 1, pp. 107-113, 2011. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN 1618-727X. Dostupné na WWW: <http://rd.springer.com/article/10.1007/s10278-009-9251-3/fulltext.html>.

ZHANG, Q., EAGLESON, R., PETERS, T. "Volume visualization: A technical overview with a focus on medical applications. *Journal of Digital Imaging* [online]. Vol. 24, no. 4, pp. 640-664, Aug. 2011. [cit. 24. 2. 2014]. Online ISSN 1618-727X. Dostupné na WWW: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10278-010-9321-6/fulltext.html>.

5. Seznam zkratek

Zkratka	Význam
2D	Dvourozměrný
3D	Trojrozměrný
4D	Čtvrtý rozměr
BMI	Body mass index
C	Střed intervalu denzit (Center)
CAD	Počítačem asistovaná diagnostika (Computer aided diagnosis)
CPR	Rekonstrukce zakřivené plochy (Curved plane reformation)
CT	Výpočetní tomografie (Computed Tomography)
CTA	Angiografie pomocí výpočetní tomografie
DICOM	Standard pro digitální zobrazování, distribuci, ukládání a tisk medicínských dat. (Digital Imaging and Communications in Medicine)
DSA	Digitální subtrakční angiografie
EEG	Elektroencefalografie
EKG	Elektrokardiografie
HU	Hounsfieldovy jednotky (Hounsfield unit)
IM	Infarkt myokardu
MDCT	Multidetektorová výpočetní tomografie (Multidetector Computed Tomography)
MDCTA	Angiografie pomocí multidetektorové výpočetní tomografie
MinIP	Minimum intensity projection
MIP	Maximum intensity projection
MPR	Multiplanární rekonstrukce (Multiplanar reconstruction)
MR	Magnetická rezonance
MTT	Průměrný tranzitní čas (Mean transit time)
NIS	Nemocniční informační systém

PACS	System pro archivaci obrazu a komunikaci v medicíně (Picture archiving and communication in medicine)
PET	Pozitronová Emisní Tomografie
RIS	Radiologický informační systém
ROI	Oblast zájmu (Region of Interest)
SPECT	Jednofotonová emisní výpočetní tomografie (Single photon emission computed tomography)
SR CT	Synchrotron Radiation X-ray Computerized Topography
STS	Sliding thin slab
SW	Programové vybavení (Software)
TBF	Průtok krve (Tissue blood flow)
TBV	Objem krve (Tissue blood volume)
VRT, VR	Volume rendering technique
W	Šíře intervalu denzit (Width)

6. Seznam tabulek, obrázků a schémat

Tabulka	Název tabulky	Strana
Tabulka 1	Nastavení okénka	9
Tabulka 2	VRT a MinIP/MIP	14
Tabulka 3	CT kolonografie – srovnání s optickou kolonoskopií	24

Obrázek	Název obrázku	Strana
Obrázek 1	Multiplanární rekonstrukce	11
Obrázek 2	Okluze střední mozkové tepny	16
Obrázek 3	Žlučové kameny v choledochu	19
Obrázek 4	Perfuzní zobrazení mozku	21
Obrázek 5	Měření mozkové cirkulace	28

Schéma	Název schématu	Strana
Schéma 1	Základní schéma funkce CAD systému pro detekci polypů	25
Schéma 2	Datový tok na CT pracovišti	30