

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**

**Zdravotně sociální fakulta**

**Optimalizace množství jodové kontrastní látky (JKL) při CT vyšetření  
na multislice přístroji (64 řad detektorů).**

**Bakalářská práce**

Vypracoval: Ondřej Krajíček

Vedoucí práce: Doc. MUDr. Petr Krupa, CSc.

3. května 2010

## **Abstract**

### **Optimization of the amount of iodine contrast agent (ICU) in CT scan examinations on a multislice CT scanner (64-detector row)**

In my work, I focused on the optimization of the amount of iodine contrast agent during CT scan examinations by comparing various amounts of the contrast agent per kilogram of a patient's body weight. I compared three groups of weight amounts: 1 mL/kg vs. 1.25 mL/kg vs. 1.5 mL/kg. I measured the differences in the enhancement of organs and blood vessels of the abdominal cavity. Their enhancement levels were compared quantitatively in the areas of interest by determining Hounsfield units in the aorta and parenchyma of the abdominal organs, and qualitatively by using an independent evaluation by a radiologist. Measurements were made on the GE Lightspeed 64-detector row CT scanner with pressure injector. No parameters were changed during the entire study, enabling the maintenance of standard conditions for high-quality comparisons in all examinations. Patients with any significant lesion in the organ to be measured were excluded from the study measurements, and patients at risk of circulation disorder (patients with severe conditions, such as heart failure, shock, and others) were also not enrolled. A contrast agent with a constant amount of iodine amounting to 300 mg/mL was used for the measurements. The study population comprised 120 patients, of which 51 were women and 69 men. The following data were recorded for each measurement: examination number, age, sex, body weight, HU values, and radiologist's evaluation. The data were recorded in tables and further analyzed. Various HU enhancement levels were compared and evaluated and subsequently correlated with the radiologist's evaluation. Optimal values of the amount of contrast agent were also compared with those routinely used at the facility concerned.

This work provided optimal values of the amount of contrast agent for the examination of abdominal organs and adjusted standards for a CT scan facility. I believe my bachelor's thesis contributed to a more precise dosing of the contrast agent during CT scan examinations.

**Prohlášení:**

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

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. platném znění souhlasím se zveřejněním své 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 Budějovicích, 3.května 2010

.....

Ondřej Krajíček

**Poděkování:**

Na této stránce bych rád vyjádřil poděkování Doc. MUDr. Petru Krupovi CSc., vedoucímu mé bakalářské práce, za jeho odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi v průběhu zpracování tématu poskytnul.

Ondřej Krajíček

## OBSAH

<b>Úvod</b>	<b>7</b>
<b>1. Současný stav dané problematiky</b>	<b>8</b>
1.1. Kontrastní látky	8
1.1.1. Definice	8
1.1.2. Základní dělení	8
1.1.3. Zásady intravaskulárního podání kontrastní látky	9
1.1.4. Nebezpečí spojená s aplikací JKL	10
1.2. Metodický list intravaskulárního podání jodových kontrastních látek (JKL)	11
1.3. Doporučení výrobců jodových kontrastních látek	11
1.4. Parametry podání kontrastní látky	12
1.4.1. Cirkulační čas	12
1.4.2. Pozice referenční oblasti pro bolus-timing, - triggering	15
1.4.3. Průtok, rychlost podání	16
1.4.4. Objem fyziologického roztoku	17
1.4.5. Koncentrace kontrastní látky	18
1.4.6. Osmolalita kontrastní látky	19
1.4.7. Viskozita kontrastní látky	20
1.5. Farmakokinetika kontrastní látky	21
1.6. Individuální rozdíly na straně pacienta	22
<b>2. Cíl práce a hypotézy</b>	<b>23</b>
<b>3. Metodika</b>	<b>24</b>
3.1. Použitá přístrojová technika	24
3.2. Materiál a metody	24
3.3. Doba sběru dat	26
3.4. Přehled jednotlivých vyšetření	26
3.5. Angiografie	28

3.6. Analýza	29
3.6.1. HU (Hounsfield Unit)	29
3.6.2. ROI (Region of Interest)	30
3.6.3. Hodnocení radiologa	31
3.6.4. Tabulka	32
<b>4. Výsledky</b>	<b>33</b>
<b>5. Diskuse</b>	<b>43</b>
<b>6. Závěr</b>	<b>45</b>
<b>7. Seznam použité literatury</b>	<b>46</b>
<b>8. Klíčová slova</b>	<b>47</b>
<b>9. Seznam použitých zkratek</b>	<b>48</b>
<b>10. Přílohy</b>	<b>49</b>

## Úvod

Téma množství jodové kontrastní látky při CT vyšetření jsem si vybral, neboť tato problematika je v této odborné oblasti velmi diskutovaná a ne zcela vyjasněná. Činnost radiologického asistenta s touto problematikou úzce souvisí - správná aplikace kontrastní látky je jedním z určujících faktorů co nejkvalitnějšího výsledku CT vyšetření. A radiologický asistent je ten, kdo spolu s vyšetřujícím lékařem za tuto správně provedenou aplikaci zodpovídá.

Množství aplikované jodové kontrastní látky se u stejných protokolů mezi jednotlivými CT pracovišti liší, často je založeno na dlouhodobých zkušenostech aplikujícího personálu i když je jejich množství předepsáno místními radiologickými standardy.

Ve své práci jsem se chtěl touto problematikou blíže zabývat, získat co nejpřesnější výsledky měření a ty poté realizovat na činnosti radiologického asistenta na Klinice zobrazovacích metod ve FN u Sv. Anny v Brně.

Na určení správného množství kontrastní látky a optimalizaci CT protokolů se dá nahlížet různým způsobem, resp. lze použít různé postupy měření či srovnání. Já si pro svou práci vybral postup, ve kterém jsem srovnával různá váhová množství kontrastní látky, tedy množství kontrastní látky na kilogram váhy dospělého pacienta.

## **1. Současný stav dané problematiky**

Aplikace jodové kontrastní látky při diagnostickém vyšetřování pomocí CT přístroje se řídí podle zákona 424/2004 Sb. o činnosti zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků. Přesné množství JKL pro jednotlivá vyšetření nejsou tímto zákonem stanoveny. Každé zdravotnické zařízení musí mít vypracované písemné postupy (standarty) pro každé takovéto vyšetření podle § 63 odst. 1 Vyhlášky č. 307/2002 Sb. na všech pracovištích, kde se provádí aplikace lékařského ozáření s využitím ionizujícího záření. Tyto vlastní místní standarty jsou vytvořeny v souladu s národními standarty a jsou v nich zapracovány konkrétní podmínky lékařského ozáření pro každý přístroj a pro každý standardní výkon, který se na něm provádí.<sup>9)</sup> V národních standardech se neuvádí množství JKL pro jednotlivá vyšetření. V místních standardech se již uvádí množství JKL pro jednotlivá vyšetření, a jejich množství je určeno podle CT přístroje a empirických zkušeností pracoviště.

### **1.1. Kontrastní látky**

#### **1.1.1. Definice**

Kontrastní látky slouží k lepšímu zobrazení anatomických struktur a orgánů, případně jejich funkce. Zvýrazňují (resp. zesilují či zeslabují) jejich rozhraní či obsah. Jsou nejčastěji aplikovány do cévního řečiště, mohou být podávány přímo do tkáně nebo preformovaných dutin lidského těla.<sup>2)</sup>

V současnosti se při rentgenkontrastních vyšetřeních používají k podání do cévního řečiště pozitivní kontrastní látky obsahující jód.

#### **1.1.2. Základní dělení**

Typy jodových kontrastních látek:

Podle osmolality:

- kontrastní látky s vysokou osmolalitou – iontové;
- kontrastní látky s nízkou osmolalitou – neiontové;

(oba typy jsou při splnění všech náležitých postupů bezpečné)



Podle počtu benzenových jader:

- monomerní kontrastní látky obsahující jedno trijodované benzenové jádro;
- dimerní kontrastní látky obsahující dva tyto základní stavební kameny navzájem spojené;

Iontové kontrastní látky v roztoku disociují na aniont a kationt, neiontové nedisociují. Na disociaci a počtu částic závisí osmotický tlak, proto iontové k.l. (které disociují) jsou vysokoosmolální, neiontové jsou naopak nízkoosmolální.

- Iontové monomerní jód/ částice - 3/2 (např. Telebrix, Isopaque)
- Iontové dimerní jód/ částice - 6/2 (např. Hexabrix)
- Neiontové monomerní jód/ částice - 3/1 (např. Omnipaque, Ultravist, Iomeron)
- Neiontové dimerní jód/ částice - 6/1 (např. Visipaque, Isovist)

Jodové neiontové kontrastní látky způsobují menší zátěž pacientovi (pocity tepla, svědění, bolest, nauzeu atd.) a vyskytuje se u nich nižší počet nežádoucích alergických reakcí.

### ***1.1.3. Zásady intravaskulárního podání kontrastní látky***

- vybavené pracoviště, lékař vyškolen v léčbě nežádoucích reakcí a kardiopulmonální resuscitaci <sup>2)</sup>
- před podáním JKL – alergická anamnéza, znalost hladiny kreatininu (pro prevenci kontrastní nefropatie), žilní přístup, dostupnost lékaře ARO, dostatečná hydratace vyšetřované osoby p.o. nebo i.v. (obzvláště u starých osob a v teplých letních měsících) a dále 4 hodiny před výkonem omezit perorální příjem pouze na čiré tekutiny v malém množství (např. 100 ml/hod), již žádná pevná strava <sup>2)</sup>

Vysokoosmolální JKL možno podat:

- u pacientů ve věku 15-70 let s normální funkcí ledvin bez DM
- premedikace není nutná <sup>2)</sup>

Nízkoosmolální JKL podat u rizikových pacientů:

- děti do 15 let, věk nad 70let, nefropatie, nestabilní klinický stav, akutní cévní mozková ischemická příhoda, kumulace kontrastních vyšetření, DM, transplantovaná ledvina, hyperthyreóza, feochromocytom
- polyvalentní alergie, asthma bronchiale, předchozí reakce na JKL
- nutná premedikace <sup>2)</sup>

#### ***1.1.4. Nebezpečí spojená s aplikací JKL***

*Nežádoucí reakce podle časnosti:*

Akutní reakce

- Alergoidní reakce
- Chemotoxické: nefrotoxicita, neurotoxicita, kardiotoxicita
- Osmotoxické: pocit tepla, bolesti, vasodilatace, poškození endotelu <sup>2)</sup>

Pozdní reakce

- mechanismus jejich vzniku je komplexní
- pozor na kontrastní nefropatii <sup>2)</sup>

*Nežádoucí reakce*

- Lehké: nausea, vomitus, bolest, pruritus, bolest hlavy, urtika
- Středně závažné: dyspnoe, lehká hypotenze a bronchospasmus, faciální edém
- Závažné až život ohrožující: laryngeální edém, bronchospasmus, plicní edém, hypotenze, tachykardie, arytmie, srdeční zástava, křeče, poruchy vědomí <sup>2)</sup>

*Incidence nežádoucích alergoidních reakcí*

- na vysokoosmolální JKL 6-8 %
- na nízkoosmolální JKL 0,2-0,7 %
- nízkoosmolální mají 5-10x nižší výskyt nežádoucích reakcí proti vysokoosmolálním
- Vzhledem k rostoucímu počtu vyšetření celkový počet alergických reakcí neklesá ani přes použití nejmodernějších k.l. <sup>2)</sup>

### ***1.2. Metodický list intravaskulárního podání jódových kontrastních látek (JKL)***

Tento metodický list řeší zásady intravaskulárního podání JKL a aktualizuje informace uvedené ve Stanovisku k používání různých intravenózních kontrastních látek (obor 809 – radiodiagnostika), vydaném ve Zpravodaji VZP ČR 5/1993, str. 12.

Tento metodický list sice opět přesně nespecifikuje množství jódové kontrastní látky pro jednotlivá CT vyšetření, ale již definuje tzv. maximální doporučenou dávku jódové kontrastní látky:

U vyšetřovaných s normální funkcí ledvin (hladina sérového kreatininu < 100  $\mu\text{mol/l}$ ) a při dostatečné hydrataci je horní orientační hranice dávky do 300 ml JKL s koncentrací 300 mg jódu/ml. U zhoršené funkce ledvin (kreatinin 130-300  $\mu\text{mol/l}$ ) klesá maximální doporučené množství podané JKL pod 150 ml.

U vyšetřovaných s poškozenými renálními funkcemi lze vypočítat maximální dávku JKL při optimální hydrataci dle vzorce <sup>2)</sup>:

$$\text{objem JKL (300 mg I/ml) v ml} = \frac{5 \times \text{hmotnost (max 60 kg)}}{\text{hladina kreatininu } \mu\text{mol/l} / 88}$$

U pacientů s kreatininem nad 132  $\mu\text{mol/l}$  – neiontová JKL, hydratace, vyšetření s co nejmenším množstvím JKL a vyloučit opakované podání JKL v následujících 3 dnech. <sup>2)</sup>

### ***1.3. Doporučení výrobců jódových kontrastních látek***

Dávka kontrastní látky se přizpůsobuje věku, hmotnosti, vyšetřované oblasti a stavu pacienta. Stavem pacienta se rozumí stav renálních funkcí, alergická anamnéza, probíhající léčba a celkový klinický stav pacienta. Dále se doporučené dávkování liší podle použité koncentrace jódu [mg/ml] – od 250 do 400.

Doporučené dávky se mezi jednotlivými výrobci liší v řádu desítek ml a většinou se pohybují v rozmezí 50 – 200ml, nebo podle váhy pacienta výrobci uvádějí dávkování v rozmezí 1 – 2ml (výjimečně 2,5ml) na 1kg váhy pacienta. <sup>7)</sup>

Tyto doporučené dávky jsou pochopitelně spíše orientační, a nemohou reflektovat širokou škálu kritérií podmiňujících stanovení přesnější dávky (např. použitý přístroj, vyš. oblast, stav pacienta atd.).

#### ***1.4. Parametry podání kontrastní látky***

Je mnoho faktorů, které ovlivňují výsledek kontrastní vyšetření.

Patří sem:

- Zpoždění skenování
- Pozice referenční oblasti pro bolus timing a triggering
- Rychlost aplikace
- Objem kontrastní látky
- Objem fyziologického roztoku
- Koncentrace kontrastní látky
- Osmolalita kontrastní látky
- Viskozita kontrastní látky

Přímo můžeme ovlivnit (a tím i výsledek) zpoždění skenování, rychlost aplikace, objem kontrastní látky a fyziologického roztoku, koncentraci a pozici snímané oblasti při bolus-timingu nebo –triggeringu.<sup>8)</sup>

##### ***1.4.1. Cirkulační čas***

Cirkulační čas je doba, za kterou se dopraví krev z jednoho místa celým kardiovaskulárním systémem znovu na stejné místo, respektive doba od začátku aplikace kontrastní látky po požadovanou denzitu ve vyšetřované cévě. Doba ideálního enhancementu se zjišťuje dynamickým vyšetřením na zvolené anatomické úrovni pomocí tzv. ROI (Region of Interest), a to na základě jedné ze dvou metod:

##### **Bolus timing (test bolus)**

- opakovaně snímujeme (zpravidla frekvencí 1 nebo 2 snímky/s) na stejném místě po podání menšího množství kontrastní látky, většinou 10-20 ml. Dále se

získaný sled snímků vyhodnotí pomocí speciálního softwaru (v ROI v dané cévě), a určí se maximální denzita, a tak se i určí zpoždění hlavního skenování po podání kontrastní látky. Protože lidské tělo se po podání většího množství k.l. chová jinak než po podání malého množství 20 ml, je u této techniky nejisté, že se podaří po aplikaci hlavní dávky kontrastní látky získat ideální enhancement vyšetřované cévy. Navíc se vždy nepodaří přesně určit zpoždění kvůli nepředvídatelným událostem, jako jsou např. pohybové artefakty, čímž se nám na křivce sycení objeví rušivé prudké nárůsty nebo poklesy. Pak je vhodné bolus opakovat nebo v krajní situaci možné zvolit předstih na základě empirických zkušeností vyšetřujícího.

### **Bolus tracking (triggering)**

- tento druhý způsob je také založen na dynamickém snímání. Princip je od předchozí metody odlišný v tom, že se předem nepodává samostatný bolus, ale aplikuje se přímo celé požadované množství kontrastní látky nastavenou rychlostí pro samotné diagnostické skenování. Skenujeme na anatomické úrovni, kterou budeme chtít vyšetřovat, a po dosažení požadované prahové hodnoty denzity ve zvolené cévě spustíme vlastní vyšetření. A to začne buď automaticky – software po dosažení požadované výše (prahové) hodnoty HU (Hounsfield Unit) sám odstartuje vyšetření, nebo vyšetřující personál sleduje monitor, na kterém se mu nárůst denzity ukazuje v reálném čase (graficky i číselně) a v požadovanou chvíli spustí hlavní skenování manuálně.

Nesmíme zapomenout, že s vyšším množstvím aplikované kontrastní látky se také zvyšují rizika vyšetření – nebezpečí alergické reakce nebo hrozící renální selhání (urgentní vyšetřování u těžkých stavů apod.).

Výsledek, který těmito postupy získáme je tzv. zpoždění skenování. Grafickým výstupem je křivka sycení, která má většinou tři hlavní části – nárůst, plató nebo peak, a sestupnou část. Vlivem recirkulačních efektů může být na křivce někdy zobrazeno více peaků (většinou již nemají takovou výšku a jsou již z hlediska výtěžnosti bezvýznamné). (příloha č.1)

Rozdíly ve výsledku u obou technik jsou minimální, někdy se uvádí větší zpoždění a homogennější sycení u bolus-tracking techniky. <sup>1)</sup>

### **PAE (Peak of Aortic Enhancement)**

- jedná se o špičkový aortální enhancement :

- je významný hlavně pro arteriálně zásobené útvary
- závisí především na průtoku, koncentraci a méně na objemu podané kontrastní látky
- enhancement aorty dosahuje rychle plató
- strmost začátku zvyšování denzity je ukazatelem srdečního výdeje, ale je také ovlivněna obstrukcí na žilní straně
- trvání plató aortálního enhancementu roste s délkou injekce – je nutný velký objem s menší rychlostí aplikace
- při rychlém skenování je nutné užít vysoké průtoky - maximum křivky výrazně závisí na objemu podané k.l.
- doba od objevení se kontrastní látky v aortě po dosažení PAE by měla být stejně dlouhá jako doba aplikace k.l., je však silně závislá na srdečním výdeji
- pokud je velmi nízké množství podané k.l. (méně jak 50 ml), na křivce čas-denzita je jen jediný peak <sup>4)</sup>

### **POE (Peak of Organ Enhancement)**

- jedná se o špičkový enhancement vyšetřovaného orgánu :

- arteriálně chudě zásobené orgány mají nejlepší enhancement při špičkovém POE, tedy za 5-15s po PAE
- perfuzní charakteristika ledvin je určena také vylučováním kontrastní látky, proto homogenní úroveň kontrastního enhancementu dosáhneme až za 80-100s po aplikaci k.l.
- játra vyžadují skenování alespoň ve fázi portální, která je kombinací arteriálního a portálního enhancementu
- portální žilní enhancement závisí především na celkovém množství

aplikovaného jodu

- parenchymatosní enhancement arteriálně zásobených orgánů závisí především na PAE a na celkovém množství aplikovaného jodu <sup>4)</sup>

U bifazických záznamů závisí arteriální fáze na průtoku a venózní na množství jodu, bifazickou aplikací lze prodloužit arteriální plató. U pacienta je nejpodstatnější jeho hmotnost, srdeční výdej a překážka na žilní nebo arteriální straně. Čím vyšší je srdeční výdej, tím vyšší je diluce a tím nižší je cévní enhancement.

Hmotnost pacienta málo ovlivní PAE, ale silně POE. PAE nebo POE a trvání fáze plató mohou být kontrolovány adekvátní volbou objemu, koncentrace a průtoku kontrastní látky aplikované tlakovým injektorem. Při skenování orientovaném na zachycení dvou fází enhancementu by aplikace měla být orientována na arteriální fázi. <sup>4)</sup>

#### ***1.4.2. Pozice referenční oblasti pro bolus-timing, - triggering***

Ke kompletnímu smíšení kontrastní látky s neopacifikovanou krví dochází až v pravé srdeční síni. Z aorty se v arteriální, (portální) a venózní fázi dokončuje první oběh kontrastní látky. Poté dochází k recirkulačním efektům. <sup>4)</sup>

Při bolus-timingu (viz 1.4.1.) můžeme většinou na monitoru sledovat všechny fáze změny syčení kontrastní látky na zvolené anatomické úrovni v závislosti na čase. Při bolus-trackingu většinou již nezískáváme sestupnou část křivky, protože hlavní skenování je spuštěno v oblasti peaku syčení.

Tuto referenční oblast (anatomickou úroveň) a umístění ROI volíme s ohledem na vyšetřovanou oblast (klinický problém). Např. pro arteriální fázi volíme umístění ROI spíše do hlavních tepen vyš. oblasti (nejčastěji aorta). Volba ROI v parenchymatosních orgánech je problematická (je lépe ROI do aorty a příslušné zpoždění), protože hrozí nedosažení zvolené denzity (neproběhne skenování nebo jen s předvoleným prodlením, popř. vlivem příliš výrazného enhancement dojde k předčasnému skenování).

Dalším problémem pro ROI mohou být artefakty z dýchání v oblasti bránice, pak je nutné ROI nastavit výš nebo níž (např. do descendentní aorty). Nebo mohou výsledek

negativně ovlivnit artefakty ze srdečního pohybu apod. <sup>4)</sup>

### **1.4.3. Průtok - rychlost podání**

Průtok neboli rychlost aplikace [ml/s] je velmi důležitým faktorem, který ovlivňuje výslednou denzitu v cévě. Rychlosti pro standardní vyšetření nám plně dostačují okolo 2 - 3 ml/s, pro angiografie 3 - 4,5 ml/s a pro perfuzní vyšetření se používají vysoké průtoky okolo 10 ml/s (nutné zajistit širokou kanylu). Při použití extrémně malé rychlosti se kontrastní látka příliš zředí v prvním oběhu a výsledná denzita je slabá, při použití příliš vysokého průtoku je zase riziko prasknutí žíly nebo nám vysokou rychlost nevydrží kanyla.

Při volbě rychlosti průtoku je potřeba si dát pozor na možné artefakty jako je např. hvězdicový artefakt z utvrzení záření - při vysoké rychlosti aplikace (objevuje se např. při angiografii plicnice v horní duté žíle).

U angiografických vyšetření si můžeme snadno vypočítat potřebný objem k.l. Potřebujeme k tomu znát rychlost aplikace a dobu hlavního skenování. Jejich vynásobením získáme potřebný objem kontrastní látky (např. pokud bude průtok 4ml/s a čas hlavního skenování 10s, pak musíme nastavit celkem 40ml kontrastní látky - tím zajistíme, že bude po celou dobu skenování v celé délce vyšetřované cévy stejná denzita kontrastní látky). Pokud chceme zobrazit arterie a zároveň také žilní systém, prodloužíme dobu aplikace k.l. o předstih, který zmenšíme přibližně o 20s. Při tomto postupu dosáhneme vyššího množství kontrastní látky, proto můžeme dávku redukovat pomocí tzv. dvojfázového vyšetření (např. arteriální fáze a následná portální fáze u vyšetření jater). V tom případě se obě skenování provedou během jediného nástřiku hned za sebou (pak počítáme objem k.l. jako by se jednalo o jediné skenování).

Při plánování vyšetření si můžeme zvolit začátek resp. směr skenování. Ten by měl být stejný jako je směr proudění krve s kontrastní látkou. Např. při CT AG aorty nebo dolních končetin by měl být směr skenování kraniokaudální, při CT AG krčních tepen zase kaudokraniální atd. Při CT AG plicnice by se daly v podstatě použít oba směry, ale je lepší použít směr kaudokraniální (méně artefaktů).



#### **1.4.4. Objem fyziologického roztoku**

Následnou aplikací fyziologického roztoku (FR) po k.l. dosáhneme prodloužení plató v oblasti peaku na křivce sycení. Pro kvalitní aplikaci FR je nutné, aby pracoviště CT bylo vybaveno tlakovým injektorem nejlépe se dvěma oddělenými linkami (válcí) - FR a KL. <sup>4)</sup>

(příloha - obr.2)

#### **Bolus FR :**

- je užitečný při požadavku na dosažení arteriální fáze
- všechny techniky s malým množstvím k.l. by rovněž měly být doplněny aplikací FR
- rychlost průtoku krve žilami je nižší než při nástřiku k.l., takže se po jeho ukončení silně zpomalí přísun k.l. centrálním směrem. FR aplikovaný ihned za k.l. nám pomůže udržet tuto rychlost vyšší po delší dobu - zvýší se tak trvání enhancementu a sníží celková spotřeba k.l., což nám ve výsledku umožní vyšší rychlost aplikace při stejném trvání kontrastního enhancementu
- doporučené množství FR je 40-60 ml, větší množství je již neúčinné <sup>4)</sup>

#### **Bolus FR - tlakový injektor se dvěma linkami**

Existuje několik typů injektorů - klíčkové, válcové, rotační. Tyto injektory umožňují separátní a sekvenční aplikaci KL a FR, nebo smíšenou aplikaci KL a FR (kdy dochází ke kontinuálnímu ředění). Laborant chystající aplikaci (injektor) si musí dát dobrý pozor na mrtvý prostor v hadičkách – nutnost pozorně odvzdušnit celý systém. <sup>4)</sup>

#### **Bolus FR- tlakový injektor s jednou linkou**

Pracoviště vybavené pouze jednolinkovým injektorem si může dopomoci k efektu následné aplikace FR pomocí tzv. převrstvení kontrastu fyziologickým roztokem.

K tomuto úkonu je nutné mít válec o objemu alespoň 200ml. <sup>4)</sup>

Jsou dvě možnosti, jak aplikaci přichystat:

- možnost nasát do injektoru skloněného ústím k zemi napřed FR a poté k.l. (mírně se vzájemně promísí, to ale nevádí)
- možnost nasát do injektoru skloněného ústím vzhůru k.l., poté FR (velmi pomalu) a následně injektor obrátit po odvodušnění ústím k zemi. Je to sice pracné, ale dojde k lepšímu oddělení <sup>4)</sup>

Je potřeba si ale uvědomit, že při použití jednolinkového injektoru s výše uvedenou přípravou KL a FR v jednom válci, je poměrně vysoké riziko vzájemného promíchání obou substancí a tím ztráty celého efektu bolusu FR. Tuto přípravu by měl dělat zkušený laborant.

#### ***1.4.5. Koncentrace kontrastní látky***

Jedná se o fyzikální veličinu, která nám udává množství jódu v mg na jeden ml roztoku k.l. V radiodiagnostice se běžně používají koncentrace v rozmezí od 200 do 400 mgJ/ml. Záleží na prováděných výkonech; pro CT se nejčastěji používají k.l. s koncentrací 300mgJ/ml, popř. 370 – 400mgJ/ml (např. angiografie dolních končetin, CT koronarografie).

Kontrastní enhancement je přímo úměrný použité koncentraci jódu a závisí na rychlosti aplikace (400mgJ/ml rychlostí 3ml/s = 300mgJ/ml rychlostí 4ml/s). Použití nižší koncentrace je fyziologičtější (menší intrakapilární diluce během reabsorbce vody z intersticia), dochází k méně vysokokontrastním artefaktům z naplněných žil (časté např. při CT AG plicnice). K dosažení stejného kontrastního enhancementu je ale potřeba vyšší rychlost při aplikaci, nebo naopak k dosažení stejného trvání kontrastního enhancementu je nutné podat větší množství k.l. (ovšem zde jsme limitováni max. množstvím podané k.l.).

Při použití vyšší koncentrace kontrastní látky můžeme stejné množství jódu aplikovat pomaleji. Nevýhodou je vysoká viskozita kontrastní látky. <sup>4)</sup>

#### 1.4.6. Osmolalita kontrastní látky

je celkové množství (v molech) osmoticky aktivních částic (částic neprocházejících membránou bez ohledu na jejich velikost nebo elektrický náboj) rozpuštěných v 1 kg rozpouštědla. Udává se v Osmol/kg [popř. osmolarita v Osmol/l]. <sup>6)</sup>

příklad osmolality u k.l. Ultravist 240, 300, 370:

Koncentrace (mgJ/ml)	240	300	370
Osmolalita při 37°C (Osm/kg)	0,48	0,59	0,77

Iontové kontrastní látky mají vysoký osmotický tlak – až sedmkrát vyšší než je osmolalita krve. U neiontových kontrastních látek se osmolalita blíží osmolalitě krve.

- osmolalita krve: 270 - 320 mOsm/kg

JKL při koncentraci 300 mgJ/ml:

- vysokoosmolální - monomer iontová k.l.: 1570 mOsm/kg
- nízkoosmolální - monomer neiontová k.l., dimer iontová k.l.: 600 mOsm/kg
- izoosmolální - dimer neiontová k.l. 300 mOsm/kg

Osmolalita je podkladem negativně se projevujících celkových reakcí jako jsou bolestivost, reakce endotelu, arachnoiditis, bradykardie, diuréza.

Při ředění k.l. je lepší použít fyziologický roztok než aqua p.i., fyziologický roztok způsobí menší změny osmolality než aqua p.i. Výrazné zředění pomocí aqua p.i. vede k hypotonickému roztoku, a vzniká nebezpečí edému (hypotonický roztok je oproti buňce méně koncentrovaný - méně rozpuštěných látek než v buňce, proto buňka přijímá vodu).

#### 1.4.7. Viskozita

Viskozita k.l. je veličina charakterizující vnitřní tření a závisí především na přitažlivých silách mezi částicemi. Kapaliny s větší přitažlivou silou mají větší viskozitu, větší viskozita znamená pomalejší pohyb k.l. v krvi. <sup>6)</sup>

Viskozita (také vazkost) udává poměr mezi tečným napětím a změnou rychlosti v závislosti na vzdálenosti mezi sousedními vrstvami při proudění kapaliny. Pro ideální k.l. má viskozita co nejnižší hodnotu. Udává se v [mPa.s]. <sup>6)</sup>

Viskozita klesá s rostoucí teplotou a roste s rostoucím tlakem. Vliv tlaku je však obvykle zanedbatelný. <sup>6)</sup>

Vyšší viskozita k.l. se projeví mimo jiné odporem při vstřikování, ovlivněním mikrocirkulace v kapilárách. U k.l. s vyšší viskozitou je před aplikací nutné zahřátí. Po aplikaci k.l. je nutná také aplikace fyziologického roztoku, protože vysoce viskózní kontrastní látky ve větším množství snáze váznou v žilách.

Z následující tabulky lze odvodit, že při zahřátí z 20°C na 37°C klesá viskozita o cca 50%, proto je předehřátí k.l. před aplikací tak důležité.

Příklad viskozity u k.l. Ultravist 240, 300, 370:

<b>Koncentrace kontrastní látky (mgJ/ml)</b>	<b>240</b>	<b>300</b>	<b>370</b>
Viskozita (mPa.s) - při 20°C	4,9	8,9	22
Viskozita (mPa.s) - při 37°C	2,8	4,7	10

Srovnání viskozity a osmolality u některých kontrastních látek s obsahem jódu okolo 300 mgJ/ml:

Kontrastní látka	Obsah jódu [mg/ml]	Osmolalita [mOsm/kg H <sub>2</sub> O]	Viskozita při 37°C[mPa.s]
Telebrix	300	1710	7,5
Omnipaque	300	640	6,1
Visipaque	320	290	12,7
Ultravist	300	590	4,7
Iopamiro	300	616	4,7
Optiray	320	700	6,1

### ***1.5. Farmakokinetika kontrastní látky***

#### *Distribuce*

Po intravaskulárním podání je k.l. velmi rychle distribuována v extracelulárním prostoru s poločasem cca 3min. Nepřekračuje intaktní hematoencefalickou bariéru, ale v nepatrné míře prostupuje placentární bariérou. <sup>7)</sup>

#### *Metabolismus*

Po aplikaci k.l. nevznikají v těle žádné metabolity.

#### *Vylučování*

Výhradně glomerulární filtrací (více jak 99%).

U pacienta s normální funkcí ledvin je poločas vylučování cca 2-3hod nezávisle na velikosti dávky.

- po 1hod vyloučeno 30%
- po 4-6hod vyloučeno 80%
- po 24hod je vyloučeno 85-95% aplikované k.l.

### *Funkce ledvin*

- resorpce i sekrece jsou aktivní procesy
- JKL nejsou reabsorbovány
- iontové k.l. jsou více diuretické - vážou na sebe více vody
- neiontové k.l.- vážou méně vody, moč je více koncentrovaná - lepší zobrazení urotraktu (výhoda např. u intravenózní urografie)

### ***1.6. Individuální rozdíly na straně pacienta***

Je mnoho individuálních kritérií na straně pacienta, které mohou ovlivnit výsledný enhancement kontrastní látky. U pacienta je nejpodstatnější jeho hmotnost, srdeční výdej a překážka na žilní nebo arteriální straně. Čím vyšší je srdeční výdej, tím vyšší je diluce a tím nižší je cévní enhancement. Hmotnost pacienta například málo ovlivní PAE, ale silně ovlivní POE. Nezanedbatelné jsou i věk, tepová frekvence nebo různé nemoci. Někdy může být obtížné na základě těchto individuálních rozdílů určit správné zpoždění skenování a tím obzvláště správně zachytit arteriální fázi. Správné načasování aplikace k.l. je tím významnější, čím rychlejší je skenování (např. u AG plicnice je to 2-4s u MDCT).

## **2. Cíl práce a hypotézy**

### ***Cíl práce:***

- 1) určit optimální množství JKL pro jednotlivá CT vyšetření a vytvořit standardy;
- 2) srovnat získaná data s rutinně používanými dávkami JKL na daném pracovišti.

### ***Hypotéza:***

Současná rutinně používaná množství JKL na daném pracovišti jsou nadhodnocená.

Tato hypotéza vychází z toho, že rutinně používaná množství JKL jsou na daném pracovišti stejná, jako byla při používání předchozího přístroje s „pouze“ čtyřmi řadami detektorů, a nezměnila se. Zavedení mnohem rychlejšího přístroje s 64 řadami detektorů před několika lety mne vedlo k vyslovení výše uvedené hypotézy.

### **3. Metodika**

#### **3.1. Použitá přístrojová technika**

Sběr dat jsem provedl na pracovišti Kliniky zobrazovacích metod ve Fakultní nemocnici u Sv. Anny v Brně, konkrétně na CT přístroji Lightspeed od fy GE, který disponuje 64 řadami detektorů. 64 řad detektorů dnes tvoří běžný standard ve vybavení nemocnic; provádět měření na přístroji s větším počtem detektorů by již nemělo větší efekt, protože tyto přístroje používají u běžných vyšetření víceméně podobné časy akvizic. Jejich výhoda tkví především v menších pohybových artefaktech, čehož se hlavně využívá např. u vyšetření koronárních tepen, neklidných pacientů apod.

(příloha - obr.3)

CT přístroj, resp. pracovní stanice byly vybaveny softwarem Advantage Workstation 4.3, který umožnil provádět potřebná měření denzity.

Pro aplikaci kontrastní látky byl použit dvojlínkový tlakový injektor Stellant od fy Medrad.

(příloha - obr.2)

#### **3.2. Materiál a metody**

Celou analýzu (studii) jsem pojal jako kvantitativní i kvalitativní srovnání různého váhového množství aplikované kontrastní látky. V průběhu sběru dat byla použita kontrastní látka o stejném obsahu jódu – 300 mgJ/ml. Pro srovnávání jsem použil tři váhová množství kontrastní látky na pacienta:

- 1 ml/kg
- 1,25 ml/kg
- 1,5 ml/kg

Použití více jak 1,5 ml/kg (resp. 2 ml/kg) již nemá větší význam. I přes získanou vyšší denzitu v ROI zde již nenajdeme žádný významný rozdíl v diagnostické výtežnosti.<sup>5)</sup> Pochopitelně v takovém případě nemůžeme opomenout i větší nárůst finančních nákladů, který již nemůže vyvážit nízký diagnostický zisk.

A naopak nelze použít nižší množství než 1 ml/kg. Tím bychom již mohli



ohrozit výsledek vyšetření, respektive pacienta, kdy by nedostatek kontrastní látky mohl způsobit i např. falešně negativní nález.

Navíc bylo také důležité pohybovat se v rozmezí doporučeném i výrobcí kontrastních látek, neboť váhová množství výrazně nižší nebo vyšší by vedla z právního hlediska k problémům (a také mnohem náročnějšímu projektu, ve kterém by bylo zapotřebí získat souhlas dokumentující pochopení a ochotu pacientů podílet se na hodnocení, ve kterém by prošli CT vyšetřením s dávkou kontrastu, která se mohla lišit od standardní dávky).

Celkem jsem analyzoval 120 vyšetření, z toho bylo 51 žen a 69 mužů, průměrný věk byl 61,9 let (v celkovém rozmezí od 18 do 95 let) . Průměrná váha byla 77,7 kg (v rozmezí od 46 do 110 kg).

#### *Rychlost aplikace*

Rychlost aplikace se lišila podle jednotlivých druhů vyšetření (viz. jmenovitě v kap. 4.), ale v průběhu sběru dat byla u jednotlivých druhů vyšetření konstantní.

#### *Kanyla*

Protože pro aplikaci k.l. bylo nezbytné použití tlakového injektoru, bylo také nezbytné, aby pacienti byli vybaveni kanylou. Pro unifikovanost (možnost porovnání) jsem zařadil pouze pacienty s kanylou zavedenou v kubitální žíle. Z důvodu použití tlakového injektoru nehrál průměr kanyly až tak rozhodující roli, ale použil jsem kanyly pouze o průměru 20G (růžová) anebo 18G (zelená).

#### *Delay*

Zpoždění (delay) skenování bylo použito s ohledem na druh vyšetření a počet fází kontrastního vyšetření, a jednalo se o zpoždění skenování, která se u sledovaných vyšetření na daném pracovišti běžně používají (podle místních radiologických standardů, blíže specifikováno v odstavci 3.4.).

Odlišná situace je pouze u angiografií, kde se delay určuje přesně u každého vyšetření pomocí bolus-tracking metody (blíže popsáno v 1.4.1.).

### *Čas akvizice*

Pro každý typ vyšetření byly po celou dobu sběru dat používány neměnné protokoly, časy akvizic byly odvislé od délky vyšetřovaného pole (výšky pacienta), v rámci jednoho protokolu se od sebe ovšem lišily maximálně  $\pm 1$ sec, což je zanedbatelné. Časy jednotlivých protokolů jsou rozepsány podrobně v kap. 4.

### *Fyziologický roztok*

U každého vyšetření s použitím tlakového injektoru se na daném pracovišti aplikuje bolus fyziologického roztoku (viz. 1.4.4.). Na uvedeném pracovišti se běžně používá objem 30ml, a stejné množství bylo používáno i během sledovaných vyšetření. Rozdílné – vyšší množství se používá pouze u vyšetření AG DKK (40ml) a koronárních tepen. (60ml).

### *Individuální rozdíly*

Na individuální (skryté) rozdíly pacientů (srdeční výdej apod.) pro svoji těžkou postihnutelnost nebyl brán zřetel.

### **3.3. Doba sběru dat**

Data jsem sbíral od září 2009 do dubna 2010, vyjma listopadu 2009 až ledna 2010 z důvodu vážného úrazu a následné léčby (pracovní neschopnosti).

### **3.4. Přehled jednotlivých vyšetření**

Seznam všech vyšetření s JKL prováděných na CT ve FN u Sv. Anny v Brně (dle současně platného Místního radiologického standardu CT pracoviště):

- mozek
- sella, orbity, PND (méně časté)
- angiografie mozkových tepen
- krk
- angiografie krčních tepen

- hrudník – mediastinum, plíce
- angiografie plic
- angiografie aortálního oblouku
- angiografie srdce (koronarografie)
- břicho přehledně
- pankreas
- játra
- nadledviny
- ledviny
- angiografie descendentní (hrudní a/nebo břišní) aorty
- pánev přehledně
- angiografie dolních končetin (a oblasti pánevní)
- cílená CT vyš. – např. hrudní-břišní stěny, končetin – většinou TU dg. (méně časté)
- speciální CT vyš. – virtuální kolonoskopie apod. (méně časté)

Ve své studii jsem se zaměřil na ta vyšetření, kde lze srovnávat enhancement kontrastní látky v hlavních cévách a v parenchymu orgánů (tzn. orgánů dutiny břišní). Tedy na vyšetření v arteriální fázi, resp. u bifazických (či trifazických – CT jater) vyšetření jsem se zaměřil pouze na první arteriální fázi (popř. i druhou – portální u CT jater). U druhých nebo třetích fází - pozdních venózních (pozdních parenchymatózních fází) není váhové množství rozhodujícím faktorem aplikace k.l (zde např. čekáme na kontrastní náplň dutin - ledvinné pánvičky, močový měchýř, nebo hemangiomy jaterní apod.), a tak srovnávání váhového množství k.l. u těchto pozdních fází pozbývá smysl (i pro již vysokou naředěnost k.l. v krevním oběhu a nemožnost validního srovnání).

U angiografií je princip aplikace k.l. odlišný (viz. 3.5.). Ale do výsledného souhrnu (standardů) jsem je pro úplnost všech kontrastních vyšetření uvedl.

Méně častá, cílená či speciální vyšetření jsem do sledování (sběru dat) nezačlenil, jejich srovnávání by bylo jen velmi obtížné.

### 3.5. Angiografie

Angiografická vyšetření cévního řečiště tvoří specifickou část kontrastních vyšetření, kdy se zaměřujeme na maximální náplň sledovaných cév kontrastní látkou v prvním cirkulačním oběhu. Na výpočet správného množství kontrastní látky je potřeba znát celkovou dobu skenování a rychlost aplikace k.l. Vlastní váha pacienta zde hraje nevýznamnou roli a proto ani nelze u tohoto typu vyšetření srovnávat váhové množství kontrastní látky.

Přesné množství kontrastní látky se na daném pracovišti určuje pomocí vzorce (viz. 1.4.3.); a výpočet se provádí tak, že se vezme doba skenování a přičte se k ní 8 sekund (to je doba potřebná k najetí stolu do startovací pozice a prodleva, kdy přístroj dává pacientovi nahrávkou hlasovou instrukci „nadechnout a nedýchat“) a výslednou hodnotu vynásobíme rychlostí průtoku. Díky modernímu rychlému CT přístroji, kdy dosahujeme opravdu krátkých skenovacích časů – v jednotkách sekund (např. u AG mozkových tepen okolo 4-6 sec) a rychlému průtoku kontrastní látky (3,5 ml/s) dosahujeme velmi nízkých hodnot celkového množství k.l. při vynikajících výsledcích, čímž pochopitelně výrazně šetříme pacienta. Vyšších hodnot množství kontrastní látky (až 160ml) používáme pouze u angiografií aorty a dolních končetin, kde kvůli velkému rozsahu vyšetřovaného pole (od bránice až po konec končetin) dosahují skenovací časy hodnot mezi 30 až 40 sec. Specifickým vyšetřením je angiografie srdce, resp. koronárních tepen. Toto vyšetření se provádí s tzv. EKG triggeringem, kdy přístroj podle srdečního cyklu (rozhodujícím je peak QRS komplexu) spouští vždy ve stejný moment postupně další sérii skenování a po celou dobu vyšetření je aplikováno značnou rychlostí (až 4,5 ml/s) velké množství kontrastní látky (120 ml).

K zjištění hodnoty maximální opacity se používá dynamického skenování – tzv. bolus-trackingu, kde po dosažení „tresholdu“ – nastavené spodní (startovací) hodnoty denzity se manuálně (dle zvyku daného pracoviště) zahájí hlavní skenování.

Na CT pracovišti ve FN u Sv. Anny se pro téměř všechna angiografická vyšetření používá koncentrace kontrastní látky 400 mgJ/ml, pouze u angiografií mozku a krčních tepen se používá pro toto vyšetření dostačující koncentrace 300 mgJ/ml.

Pro venózní angiografie stejně jako pro ostatní vyšetření sledující žilní náplň

nemá porovnávání váhového množství k.l. smysl, a opět jsem jej do sledování (studie) nezačlenil.

### **3.6. Analýza**

Pro analýzu srovnání různého váhového množství aplikované kontrastní látky jsem použil softwarové vyhodnocení úrovně enhancementu kontrastní látky v Hounsfieldových jednotkách (HU) v oblasti zájmu (ROI). Srovnání úrovně kontrastního enhancementu bylo prováděno v aortě a v parenchymatózních orgánech a to vždy za maximálně identických podmínek (delay, rychlost nástřiku, skenovací čas).

Získané hodnoty jsem porovnal mezi jednotlivými váhovými množstvími a také vůči rutinně používaným dávkám kontrastní látky. Nárůst mezi jednotlivými skupinami váhových množství a i vůči standardu potom mělo kvantitativní vypovídací hodnotu o průměrném zisku na denzitě. To vše jsem navíc porovnal i s kvalitativním hodnocením přijatelnosti odečítajícím radiologem (viz 3.6.3.). To nám ukázalo kdy je nebo není vyšší diagnostická výtěžnost a tedy kdy má smysl použít vyšší dávku kontrastní látky na kilogram.

Z analýzy jsem vyloučil pacienty s velkou nebo významnou lézí ve sledovaném orgánu, která mohla výrazně ovlivnit výsledek (např. steatóza jaterní, velké nebo mnohočetné hemangiomy, velké tumory apod.)

#### **3.6.1. HU (Hounsfield Unit)**

- Hounsfieldova jednotka - jednotka útlumu rtg. záření prošlého heterogenním prostředím lidského těla, používaná v interpretaci CT řezu. Charakterizuje relativní hustotu látky a slouží k její kvantitativní analýze změn v rámci obrazu, který je tvořen maticí bodů – pixelů (většinou 512x512, 1024x1024, 2048x2048). Každému pixelu je přiřazena hodnota od -1000 až do +3000 HU.<sup>3)</sup>

Tabulka hodnot HU vybraných tkání lidského těla <sup>3)</sup> :

<b>Tkáň</b>	<b>Denzita HU</b>
Vzduch	-1000
Tuk	-50 až -100
Voda	0
Sval	10 až 40
Krev	40
Játra	40 až 60
Kost	1000 (resp. až 3000)

### **3.6.2. ROI (Region of Interest)**

- Region of Interest – ohraničená plocha definovaná v obraze pro účely měření. V ní software automaticky spočítá a ukáže celkovou plochu v cm<sup>2</sup>, počet pixelů uvnitř ROI, průměrnou hodnotu HU, směrodatnou odchylku atd. ROI lze volit z nabídky automatických tvarů (kruhové, elipsovité, čtvercové) nebo ji lze u některých softwarů tvořit ručně (contouring).

Výšku (anatomickou úroveň) oblasti zájmu jsem volil vždy vzhledem ke sledovanému typu vyšetření. U každého typu vyšetření jsem na dané úrovni hodnotil denzitu kontrastní látky v aortě na úrovni porty hepatis a dále v parenchymu příslušných orgánů. Pro maximální přesnost výsledků bylo důležité volit sledovanou anatomickou úroveň (transverzální rovinu) co nejvíc stejnou pro každý typ vyšetření, resp. snažit se odečítat denzitu přibližně na stejném místě při každém vyšetření. Pro konstantní podmínky bylo také důležité vždy volit stejnou velikost plochy ROI pro dané vyšetření. Ta byla vždy kruhového tvaru. Pouze při hodnocení aorty odpovídala její velikosti (maximálně vyplňovala její lumen tak, aby nebyly zachyceny případné kalcifikace ve stěně) a dosahovala průměrné velikosti cca od 1 do 2 cm<sup>2</sup>.

U vyšetření jater jsem hodnotil denzitu HU v aortě, dále v pravém a levém jaterním laloku vždy o velikosti ROI – 3 cm<sup>2</sup> (snažil jsem se zahrnout pouze parenchym a co nejvíc vyloučit cévy). Při bifazickém vyšetření jater jsem pro druhou fázi navíc

přidal vyhodnocení enhancementu v. portae a znovu také aorty. (příloha - obr. 4)

Při vyšetření ledvin jsem ROI orientoval co nejvíce do oblasti kůry ve střední části ledviny, a to jak pro levou, tak i pro pravou ledvinu, vždy o velikosti do 1 cm<sup>2</sup>, a opět i denzitu aorty na stejné anatomické úrovni. (příloha - obr. 5)

Při vyšetření pankreatu jsem vyhodnocoval HU ve dvou částech - v oblasti hlavy a dále v oblasti těla až ocasu pankreatu, obě o velikosti ROI do 1,5 cm<sup>2</sup>. A opět také denzitu aorty. (příloha - obr. 6)

Při vyšetření celého břicha jsem sbíral data v oblasti jater (pravý lalok - ROI 3 cm<sup>2</sup>), sleziny (ROI 2 cm<sup>2</sup>), ledviny (ROI cca 1 cm<sup>2</sup>) a aorty. (příloha - obr. 7)

Nasbíraná data ve více orgánech (parenchymu) v rámci jednoho vyšetření jsem následně zaznamenal do tabulek, dále zpracoval, zprůměrnil a vynesl do grafů (viz. 3.6.4.).

### **3.6.3. Hodnocení radiologa**

Pro kvalitativní hodnocení enhancementu parenchymu orgánů jsem u každého vyšetření požádal vyšetřujícího lékaře - radiologa o vyhodnocení „přijatelnosti“ získaného kontrastního enhancementu v parenchymu orgánů, a poté zanesl do tabulky.

Hodnocení jsem rozvrhl do škály 4 stupňů:

1. výborné
2. přijatelné
3. neuspokojivé
4. nepřijatelné

Tato vizuální analýza radiologem byla oproti měření HU v ROI subjektivním hodnocením, nicméně byla velice důležitá, stala se totiž zpětnou kontrolou správnosti měření HU v ROI. Vzhledem k tomu, že se na pracovišti CT střídalo více lékařů, využil jsem této skutečnosti a myslím, že tato různorodost přispěla k nezáujatosti a tím i ve výsledném průměru k přesnějším výsledkům. Nutno dodat, že dotazovaný lékař neznal

aktuální hodnotu váhového množství k.l., tedy do které skupiny pacient patřil (1ml/kg vs. 1,25ml/kg vs. 1,5ml/kg).

#### **3.6.4. Tabulka**

Všechny získané údaje jsem průběžně zaznamenával do přehledné tabulky (příloha - tab. 8). U každého vyšetření jsem zaznamenával:

- číslo vyšetření (generováno přístrojem CT) – každé vyšetření je možné zpětně kdykoliv vyhledat v systému PACS a zkontrolovat
- pohlaví
- věk
- váha pacienta
- naměřené hodnoty HU
- hodnocení radiologa

Získané hodnoty jsem pro větší přehlednost převedl i do grafů. Získaná data, která jsou v této práci publikována (ať už v tabulkách nebo v obrazových přílohách), neobsahují nikde žádné osobní údaje pacientů, jsou plně anonymní.



#### 4. Výsledky

Dále uvádím všechna kontrastní vyšetření: jejich rutinní hodnoty (podle současně platného Místního radiologického standardu CT pracoviště ve FN u sv. Anny v Brně), porovnání s naměřenými hodnotami a s rutinně používaným fixním množstvím kontrastní látky. Tam, kde vyšetření do studie zařadit nešlo nebo to nemělo smysl, je uvedena poznámka – nesrovnáváno.

##### CT mozku

rutinní postup ve FN:	
způsob aplikace JKL:	ručně nebo pomocí tlakové stříkačky 60ml - 2ml/s
zpoždění:	50s a více
snímání:	sekvenční - axiální řezy
doba vyš.:	30s
pozn.:	nesrovnáváno

##### CT selly, orbit, PND

rutinní postup ve FN:	
způsob aplikace JKL:	ručně nebo pomocí tlakové stříkačky 60ml - 2ml/s
zpoždění:	50s
snímání:	helikální
doba vyš.:	5s
pozn.:	nesrovnáváno – nemá smysl, jedná se o méně časté vyšetření, většinou TU diagnózy

### CT angiografie mozkových tepen

rutinní postup ve FN:	
způsob aplikace JKL:	pomocí tlakové stříkačky rychlostí 3,5ml/s (viz 3.5.)
zpoždění:	podle bolus trackingu
snímání:	helikální
doba vyš.:	5s
pozn.:	nesrovnáváno – nemá smysl (viz 3.5.)

### CT krku

rutinní postup ve FN:	
způsob aplikace JKL:	ručně nebo pomocí tlakové stříkačky 80ml - 2,5ml/s
zpoždění:	40s
snímání:	helikální
doba vyš.:	4s
pozn.:	nesrovnáváno – chybí orgánový parenchym, který by byl vhodný pro srovnání HU

### CT angiografie krčních tepen

rutinní postup ve FN:	
způsob aplikace JKL:	pomocí tlakové stříkačky rychlostí 3,5ml/s (viz 3.5.)
zpoždění:	podle bolus trackingu
snímání:	helikální
doba vyš.:	5s
pozn.:	nesrovnáváno – nemá smysl (viz 3.5.)

### CT hrudníku – mediastina, plic

rutinní postup ve FN:	
způsob aplikace JKL:	ručně nebo pomocí tlakové stříkačky 80ml - 2ml/s
zpoždění:	50s
snímání:	helikální
doba vyš.:	4s
pozn.:	nesrovnáváno – chybí orgánový parenchym, který by byl vhodný pro srovnání HU

### CT angiografie plic (plicních tepen)

rutinní postup ve FN:	
způsob aplikace JKL:	pomocí tlakové stříkačky rychlostí 3,5ml/s (viz 3.5.)
zpoždění:	podle bolus trackingu
snímání:	helikální
doba vyš.:	3s
pozn.:	nesrovnáváno – nemá smysl (viz 3.5.)

### CT angiografie aortálního oblouku

rutinní postup ve FN:	
způsob aplikace JKL:	pomocí tlakové stříkačky rychlostí 3,5ml/s (viz 3.5.)
zpoždění:	podle bolus trackingu
snímání:	helikální
doba vyš.:	7s
pozn.:	nesrovnáváno – nemá smysl (viz 3.5.)

### CT angiografie srdce (CT koronarografie)

rutinní postup ve FN:	
způsob aplikace JKL:	pomocí tlakové stříkačky rychlostí 4,5ml/s (viz 3.5.)
zpoždění:	podle bolus trackingu
snímání:	helikální
doba vyš.:	10s
pozn.:	nesrovnáváno – nemá smysl (viz 3.5.)

### CT břicha (přehledný screening)

rutinní postup ve FN:	
způsob aplikace JKL:	ručně nebo pomocí tlakové stříkačky 80ml - 2,5ml/s
zpoždění:	50s
snímání:	helikální
doba vyš.:	5s

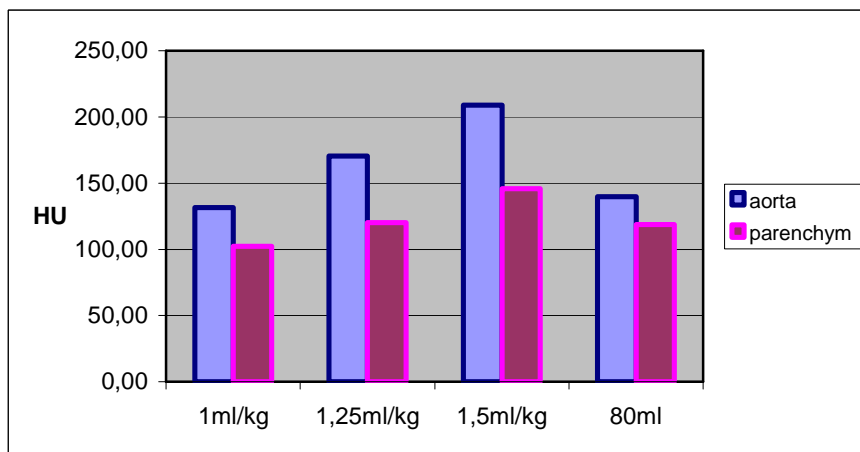
Výsledky měření a srovnání s rutinním postupem:

<b>břicho přehledně</b>	1ml/kg	1,25ml/kg	1,5ml/kg	80ml
aorta    ∅ hodnota HU	131,43	170,53	208,83	139,67
parenchym   ∅ hodnota HU	102,35	120,07	145,61	118,67
∅ hodnocení radiologa	2,43	1,68	1,25	2,17

Do tohoto vyšetření bylo celkem zařazeno 54 pacientů (vyšetření). Z toho 12 odpovídalo rutinně prováděným vyšetřením s fixní dávkou 80 ml, a ačkoliv jejich enhancement parenchymu odpovídal přibližně váhové skupině 1,25 ml/kg, hodnocení přijatelnosti radiologem bylo ve výsledku o něco málo horší než Přijatelné. Optimálních výsledků bylo dosaženo použitím **1,5 ml/kg**, kde je signifikantní rozdíl oproti ostatním kategoriím. Zde bylo v průměru o 30 HU vyšší sycení oproti 1,25 ml/kg, a hodnotící

radiologové zde jednoznačně inklinovali k hodnocení Výborný.

V grafu:



### CT pankreatu

rutinní postup ve FN:	
způsob aplikace JKL:	ručně nebo pomocí tlakové stříkačky 80ml - 2,5ml/s
zpoždění:	45s
snímání:	helikální
doba vyš.:	4s

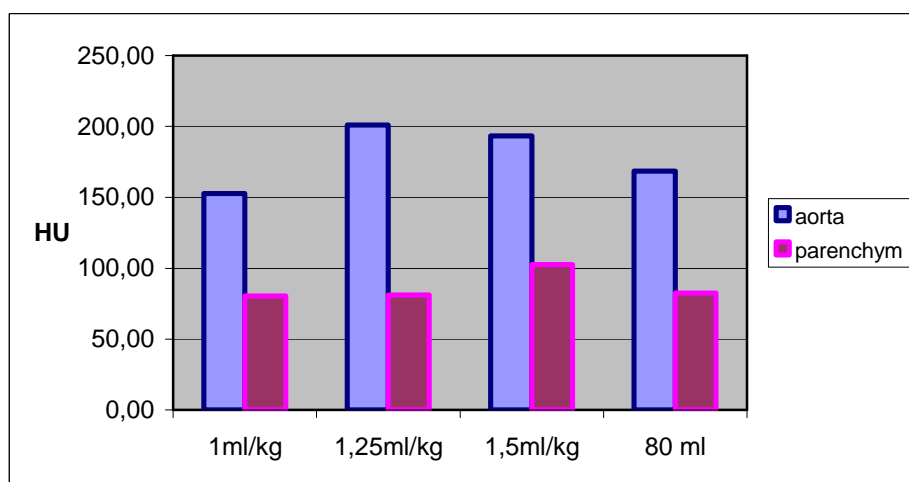
Výsledky měření a srovnání s rutinním postupem:

pankreas		1ml/kg	1,25ml/kg	1,5ml/kg	stand. 80 ml
aorta	Ø hodnota HU	152,71	201,00	193,20	168,50
parenchym	Ø hodnota HU	80,64	81,30	102,70	82,50
	Ø hodnocení radiologa	2,29	1,60	1,20	1,50

Zde bylo srovnáno celkem 17 vyšetření, a z nich 2 odpovídala standardní fixní dávce 80 ml kontrastu. Ve váhové kategorii 1,25 ml/kg byla naměřena překvapivě vysoká průměrná hodnota HU v aortě, ale nepochybně se jednalo o statisticky náhodný

jev, který neměl s daným váhovým množstvím přímou spojitost (viz graf). U tohoto vyšetření nebylo mezi jednotlivými kategoriemi v enhancementu parenchymu dosaženo až tak markantních rozdílů, pouze u 1,5 ml/kg bylo o 20HU více než u ostatních, a tak i na základě hodnocení přijatelnosti radiologem je optimální hodnotou **1,5 ml/kg** kontrastní látky.

V grafu:



### CT jater

rutinní postup ve FN:	
způsob aplikace JKL:	ručně nebo pomocí tlakové stříkačky 80ml - 2,5ml/s
<u>Dvojfázově :</u>	
zpoždění:	arteriální fáze v 50s
<u>Trojfázově:</u>	
zpoždění:	první fáze v 30s, pak portální v 60s, pak pozdní v 90s
snímání:	helikální
doba snímání:	4s

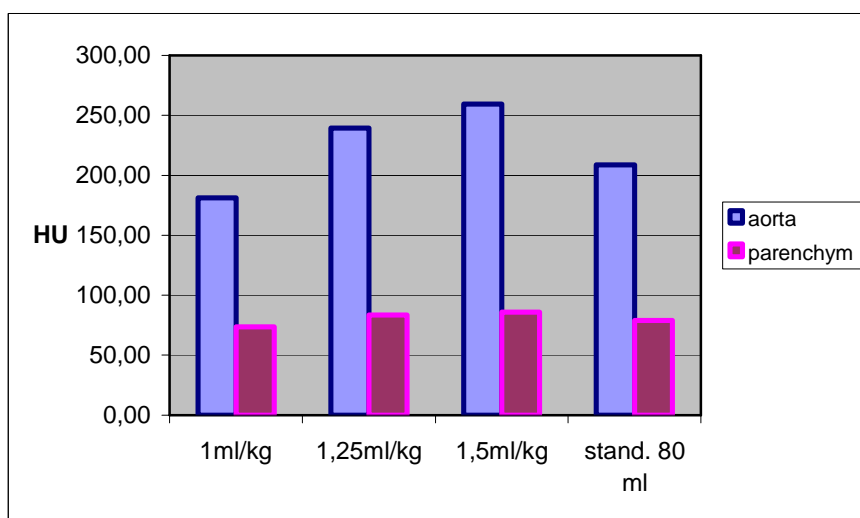
Zde jsem srovnával pouze trojfázová vyš. jater, protože dvojfázová odpovídají snímacími parametry přehlednému CT břicha.

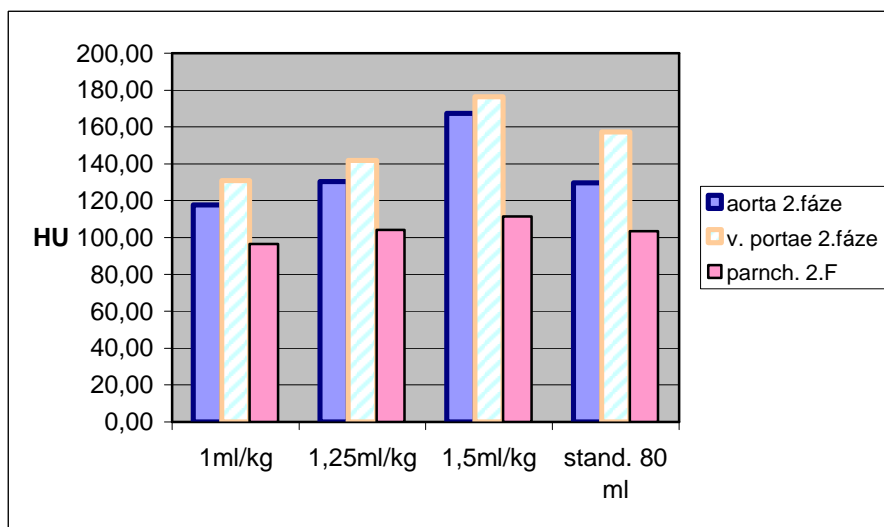
Výsledky měření a srovnání s rutinním postupem:

játra - vícefázové vyš.		1ml/kg	1,25ml/kg	1,5ml/kg	stand. 80 ml
aorta	Ø hodnota HU	181,40	239,40	259,50	208,75
parenchym	Ø hodnota HU	73,50	83,60	86,06	79,00
aorta 2.fáze	Ø hodnota HU	117,60	130,20	167,38	129,50
v. portae	Ø hodnota HU	131,00	141,80	176,38	157,25
parench. 2.F	Ø hodnota HU	96,50	104,10	111,38	103,50
Ø hodnocení radiologa		2,00	1,60	1,25	1,75

Do této studie bylo začleněno celkem 18 vyšetření z nichž 4 tvořily vyšetření s rutinní fixní dávkou 80 ml. Největší rozdíly HU byly zaznamenány v opacitě aorty a v. portae ve druhé fázi. V enhancementu parenchymu již tak výrazné rozdíly nebyly, v porovnání se standardně používanou dávkou 80 ml jsou si všechny kategorie rovnocenné. Na základě hodnocení přijatelnosti radiologem a i díky markantnějším rozdílům v získané denzitě aorty a v. portae bylo optimálních výsledků dosaženo použitím **1,5 ml/kg** k.l.

V grafu (obě fáze jsou pro větší přehlednost rozděleny do dvou grafů):





### CT nadledvin

rutinní postup ve FN:	
způsob aplikace JKL:	ručně nebo pomocí tlakové stříkačky 80ml - 2ml/s
zpoždění:	50s
snímání:	helikální
doba vyš.:	3s
pozn.:	nesrovnáváno – jedná se o méně časté vyšetření s JKL, často pouze nativně

### CT ledvin

rutinní postup ve FN:	
způsob aplikace JKL:	ručně nebo pomocí tlakové stříkačky 80ml - 2,5ml/s
zpoždění:	45s
snímání:	helikální
doba vyš.:	3s

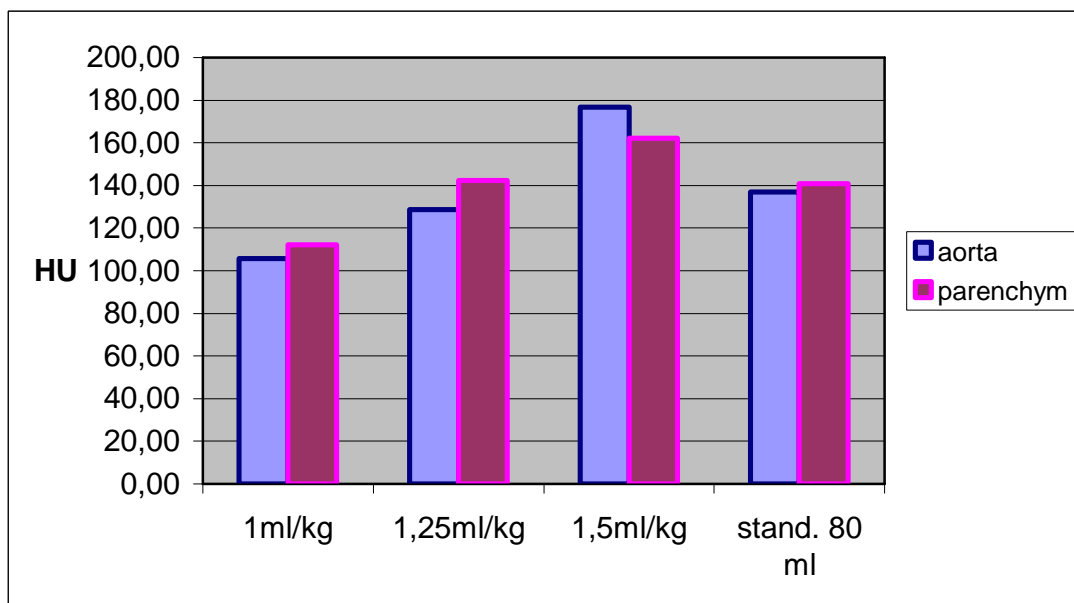


Výsledky měření a srovnání s rutinním postupem:

ledviny		1ml/kg	1,25ml/kg	1,5ml/kg	stand. 80 ml
aorta	Ø hodnota HU	105,75	128,77	176,60	137,00
parenchym	Ø hodnota HU	112,06	142,42	162,15	140,90
Ø hodnocení radiologa		2,25	1,54	1,10	1,60

U tohoto vyšetření bylo srovnáváno celkem 31 pacientů, a z toho 5 vyšetření odpovídalo rutinní fixní dávce 80 ml k.l. Uspokojivých výsledků bylo dosaženo použitím již 1,25 ml/kg k.l., ale jako optimální a přímo Výborné (na základě hodnocení radiologů) se ukázalo použití **1,5 ml/kg**, kde byly výrazně lepší výsledky sycení v HU jak proti 1,25 ml/kg tak i proti rutinní fixní dávce 80 ml k.l.

V grafu:



### CT angiografie descendentní (hrudní a/nebo břišní) aorty

rutinní postup ve FN:	
způsob aplikace JKL:	pomocí tlakové stříkačky rychlostí 3,5ml/s (viz 3.5.)
zpoždění:	podle bolus trackingu
snímání:	helikální
doba vyš.:	10s
pozn.:	nesrovnáváno – nemá smysl (viz 3.5.)

### CT pánev přehledně

rutinní postup ve FN:	
způsob aplikace JKL:	ručně nebo pomocí tlakové stříkačky 80ml - 2,5ml/s
zpoždění:	60s
snímání:	helikální
doba vyš.:	4s
pozn.:	nesrovnáváno - většinou součástí CT břicha

### CT angiografie dolních končetin (a oblasti pánevní)

rutinní postup ve FN:	
způsob aplikace JKL:	150ml JKL pomocí tlakové stř. rychlostí 4,5ml/s (viz 3.5.)
zpoždění:	podle bolus trackingu
snímání:	helikální
doba vyš.:	35-45s
pozn.:	nesrovnáváno – nemá smysl (viz 3.5.)

## 5. Diskuze

Celá studie byla pojata jako srovnání váhového množství aplikované kontrastní látky pomocí měření sycení v Hounsfieldových jednotkách. Celkový soubor sledovaných vyšetření měl 120 pacientů, z toho 51 žen a 69 mužů. Věkový rozptyl pacientů byl od 18 do 95 let, průměrný věk 62 let. Ze sledovaných vyšetření byli vyloučeni pacienti s významnou lézí ve sledovaném (měřeném) orgánu, a stejně tak nebyli zařazeni pacienti s předpokladem postižení cirkulačního systému (pacienti ve vážném stavu, se srdečním selháním, v šoku apod.). V průběhu celé studie se neměnily žádné parametry (CT protokoly, rychlost aplikace, delay, anatomická úroveň odečtu HU), čímž byla zachována maximální srovnatelnost jednotlivých vyšetření. Ovšem tento fakt se na druhou stranu může zdát i nevýhodou, díky rozdílnému srdečnímu výdeji pacientů byl pochopitelně i různý cirkulační čas u každého z nich, což jistě vedlo k částečnému rozptylu přesnosti výsledků. Na druhou stranu si nedovedu představit v poměrně nabitém provozu pracoviště CT provádět měření cirkulačního času u každého pacienta zvlášť a upravovat individuálně protokol, a nasbírat dostatečný počet výsledných souborů v relativně krátkém časovém období cca 5 měsíců.

Díky zvolenému kritériu srovnávání váhového množství se studie ve výsledku zaměřila na vyšetření dutiny břišní a jejích orgánů, na nichž se daly demonstrovat rozdíly sycení v arteriální fázi, a to jednak v parenchymu břišních orgánů a jednak v hlavní tepně - aortě. V průběhu sběru dat byla použita kontrastní látka s konstantním obsahem jódu 300 mgJ/ml.

Domnívám se, že zvolená oblast srovnávání – dutina břišní – nám poskytuje dostatečný prostor pro kvalitní srovnání aplikace váhového množství JKL, a nemyslím si, že by bylo možné tuto studii provádět na jiných CT vyšetřeních (orgánech) lidského těla, a proto se domnívám že i rozsah celé studie byl dostatečný. Díky informacím i z jiných CT pracovišť, kde se také před vyšetřením nezjišťuje přesná váha pacienta a používají se rutinní protokoly (pouze pokud se objeví výrazně obéznější nebo štíhlejší pacient) si myslím, že tato studie může pomoci se zamyslet nad správnou dávkou kontrastní látky a zlepšit výsledky vyšetření.

Myslím, že jsem dospěl k optimálním výsledkům, ale jistě by bylo zajímavé i srovnání se standardy stejně výkonných MDCT přístrojů (64 řad detektorů) z cizích pracovišť, resp. jejich rutinními dávkami k.l.

## 6. Závěr

Relativně nedávné zavedení MDCT se 64 řadami detektorů nám umožnilo provádět vyšetření v řádu několika vteřin a umožnilo nám je provádět v několika fázích při jediném nástřiku kontrastní látkou. Tato technologie také přispěla ke snížení množství aplikované kontrastní látky a tedy i zátěže pacienta. Jedná se o technicky vyspělou a náročnou vyšetřovací technologii, která klade velký důraz na správnou přípravu před vyšetřením. Přesné naplánování objemu JKL výrazně zlepšilo diagnostickou výťažnost vyšetření. Na toto téma existuje jistě velká řada prací, některé se zabývají rychlostí aplikace, jiné třeba obsahem jódu v kontrastní látce. V této práci jsem se pokusil nahlédnout na problém z jiného úhlu, který podle mne zatím v české radiologické literatuře chybí.

Cílem práce bylo srovnat různá množství JKL na kilogram pacienta, srovnat jejich syčení v oblastech zájmu kvantitativně pomocí naměřených HU a kvalitativně pomocí nezávislého hodnocení radiologa. A navíc získaná data porovnat s běžně používanými dávkami JKL na daném pracovišti. Jako optimální váhové množství k.l. pro kontrastní vyšetření v arteriální fázi vyšlo množství 1,5 ml/kg váhy pacienta. Výsledkem je také zjištění, že rutinně používané hodnoty množství JKL u srovnávaných vyšetření jsou nižší než zjištěné optimální hodnoty, čímž se předpokládaná hypotéza nepotvrdila. Jinými slovy to znamená, že zavedení rychlejších přístrojů nevede automaticky ke snížení používaných dávek JKL (vyjma angiografií). Výsledné standardy pro CT pracoviště jsou v celém rozsahu uvedeny v příloze č.9.

## 7. Seznam použité literatury

- 1) Cademartiri F., Nieman K., van der Lugt A., et al.  
**Intravenous contrast material administration at 16-detector row helical CT coronary angiography: test bolus versus bolus-tracking technique.**  
Radiology 2004; 233: 817–823.  
[online] <http://radiology.rsna.org/content/233/3/817.full.pdf+html>
- 2) Česká radiologická společnost. **Metodický list intravaskulárního podání jodových kontrastních látek (JKL)**  
Čes radiol, 2007, 61, No. 1, p. 105-107 ISSN 1210-7883  
[online] <http://www.crs.cz/cs/dokumenty/doporuceni-prehled/metodicky-list-intravaskularniho-podani-jodovych-kontrastnich-latek-jkl.html>
- 3) Hounsfield unit  
[online]  
[http://www.medcyclopaedia.com/library/topics/volume\\_iii\\_1/h/hounsfield\\_unit.aspx](http://www.medcyclopaedia.com/library/topics/volume_iii_1/h/hounsfield_unit.aspx)
- 4) Chudáček Zdeněk, **Aplikace kontrastních látek**, výukový materiál – CT\_aplikace\_KL.ppt, České Budějovice 2004
- 5) Megibow J., G. Jacob, J. P. Heiken, E. K. Paulson, K. D. Hopper, G. Sica, S. Saini, B. A. Birnbaum, R. Redvanley, and E. K. Fishman  
**Quantitative and Qualitative Evaluation of Volume of Low Osmolality Contrast Medium Needed for Routine Helical Abdominal CT**  
Am. J. Roentgenol., March 1, 2001; 176(3): 583 – 589
- 6) Osmotický tlak, Tonicita, Viskozita  
[online] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Tonicita>  
[online] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Osmoza>  
[online] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Viskozita>
- 7) Příbalový leták (informace pro použití) výrobků: Ultravist 300 (fa Bayer Schering), Iomeron 300 (fa Bracco), Telebrix 30 meglumine (fa Guerbet).
- 8) Yamashita Y., Y. Komohara, M. Takahashi, M. Uchida, N. Hayabuchi, T. Shimizu, and I. Narabayashi  
**Abdominal Helical CT: Evaluation of Optimal Doses of Intravenous Contrast Material-A Prospective Randomized Study**  
Radiology, September 1, 2000; 216(3): 718 – 723
- 9) **Zákon 307/2002Sb. – O radiační ochraně** (Standardy zdravotní péče)

## **8. Klíčová slova**

Výpočetní tomografie

Kontrastní látka

Jód

Váhové množství

Region of Interest

Hounsfield Unit

Enhancement

Bolus tracking

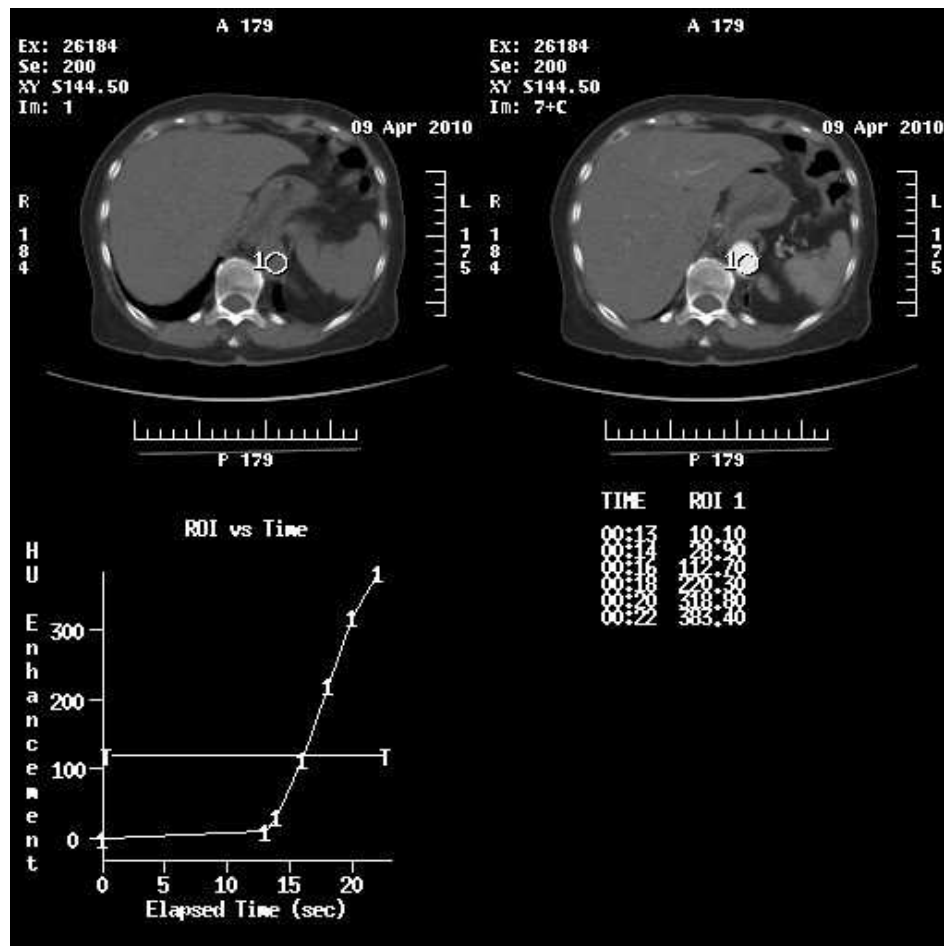
## 9. Seznam použitých zkratek

- CT – výpočetní tomografie (Computed Tomography)
- k.l. – kontrastní látka
- JKL – jodová kontrastní látka
- ROI – oblast zájmu (Region of Interest)
- HU – Hounsfieldova jednotka (Hounsfield Unit)
- resp. – respektive
- p.o. – ústy (per os)
- i.v. – nitrožilně (intravenózně)
- apod. – a podobně
- max. – maximálně
- tzv. – takzvaný
- FR – fyziologický roztok
- FN – fakultní nemocnice
- p.i. – pro injekcioně
- cca – přibližně
- např. – například
- PAE – Peak of Aortic Enhancement
- POE – Peak of Organ Enhancement
- AG – angiografie
- MDCT – víceřadá výpočetní tomografie (Multi-detector Computed Tomography)
- fy – firma
- kap. – kapitola
- AG DKK – angiografie dolních končetin
- PND – paranasální dutiny
- vyš. – vyšetření
- dg. – diagnóza
- pozn. – poznámka



## 10. Přílohy

obr.1 - Ukázka bolus trackingu:



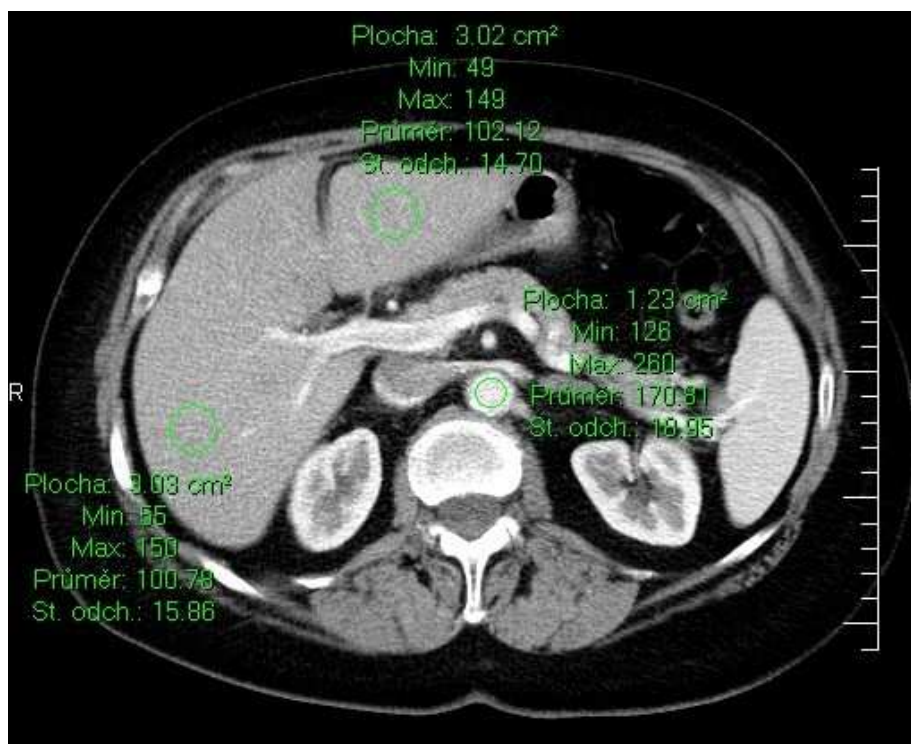
obr.2 – Dvojlínkový tlakový injektor Medrad Stellant:



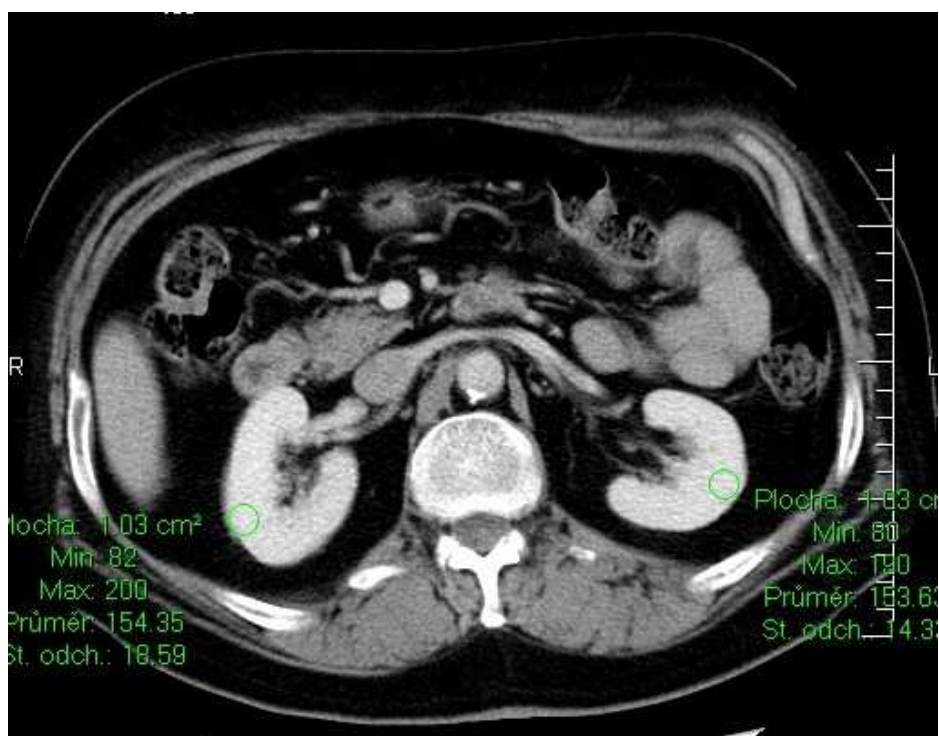
obr.3 – CT GE Lightspeed (64 řad detektorů):



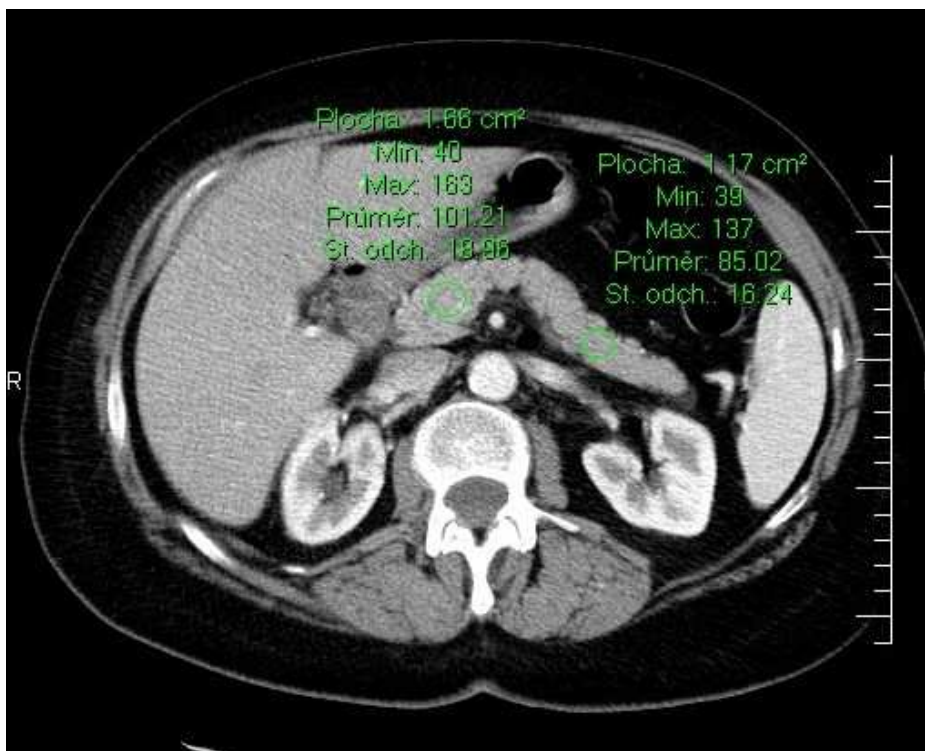
obr.4 – Anatomická úroveň odečítání HU pro vyš. jater:



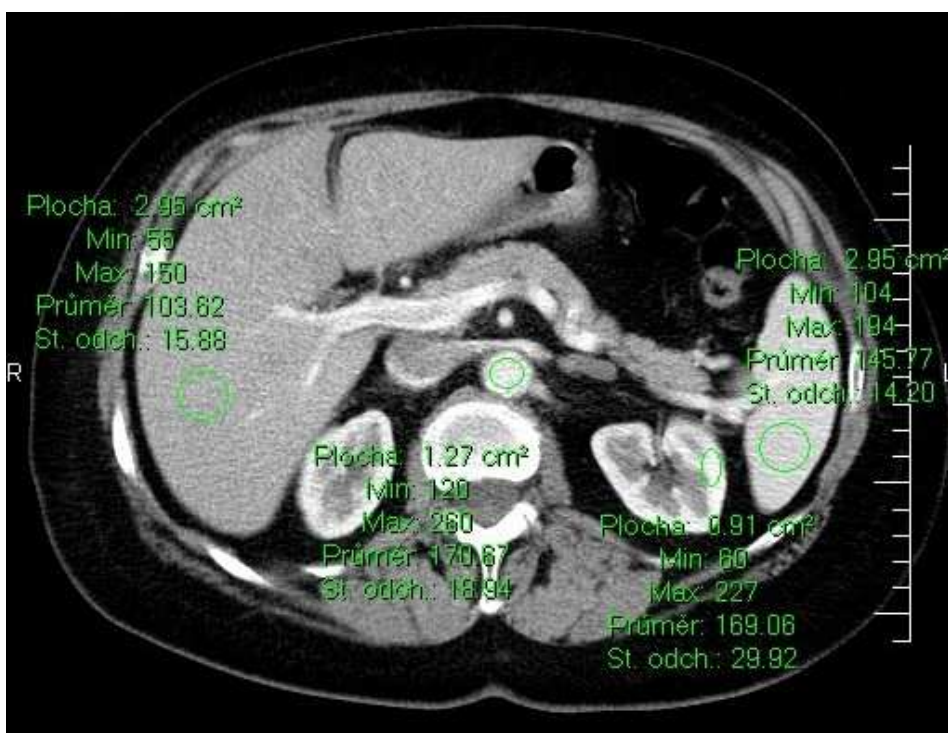
obr.5 – Anatomická úroveň odečítání HU pro vyš. ledvin:



obr.6 – Anatomická úroveň odečítání HU pro vyš. pankreatu:



obr.7 – Anatomická úroveň odečítání HU pro vyš. břicha přehledně:



tab.8 - Ukázka zapisování dat (tabulka v MS Excelu):

1ml/kg									
číslo vyšetření	muž/žena	HU - aorta	játra	ledviny	slezina	HU- parenchym	kg	hodnocení	věk
24482	m	108	99	120	101	106,67	89	4	32
24729	m	189	63	99	100	87,33	80	2	72
24708	ž	113	104	100	92	98,67	80	3	91
24885	ž	102	96	101	95	97,33	85	3	67
25192	m	121	112	146	121	126,33	86	2	61
25050	ž	190	78	121	120	106,33	100	3	72
25421	ž	121	95	107	115	105,67	78	2	77
25475	ž	133	102	118	124	114,67	86	2	80
25700	m	268	50	135	136	107,00	87	2	78
25903	m	133	95	131	120	115,33	90	2	48
25752	m	110	67	129	99	98,33	80	3	60
26003	m	95	71	111	92	91,33	100	3	70
22433	m	150	78	100	86	88,00	90	2	58
24336	m	111	90	123	92	101,67	93	3	67
26013	m	100	78	132	99	103,00	86	2	58
20945	m	94	85	106	84	91,67	100	3	66
21010	m	113	76	97	78	83,67	110	2	72
23828	m	109	138	133	97	122,67	89	2	48
25161	m	100	61	132	89	94,00	105	3	71
25941	m	105	99	140	97	112,00	101	3	62
23717	m	176	75	128	99	100,67	90	1	51
23760	m	165	70	99	79	82,67	107	2	66
24043	m	117	104	134	119	119,00	75	2	30

příloha č.9 – optimalizované standardy pro CT pracoviště FN u Sv. Anny v Brně (GE lightspeed)

<b>CT mozku</b>	<b>sekvenčně</b>
zákl. strategie	nativ, nativ + k.l. i.v. ( k.l. i.v. dle rozvahy lékaře ), sekvenčně
příprava nem.	lačný, premedikace dle 6. IV.
rozsah vyš.	base lebni – vrchol kalvy
tl. vrstvy – infratentoriálně - supratentoriálně	2,5 mm 5 mm
interval – infratentoriálně - supratentoriálně	2,5 mm 5 mm
instrukce nem.	nehýbat se
krytí	gonádové
fixace	Hlavu fixovat klíny a páskem na suchý zip, tělo pac. fixujeme je-li v bezvědomí nebo neklidný
směr skenování	kaudokraniální
typ k.l. i.v.	Iontová nebo neiontová ( 300 mg J / ml)
rychlost	2 ml / s
zpoždění	50 s
rekonstrukční alg.	STD, v příp.traumatu BONE
dokumentace	měkkotkáňové okno
poznámka	axiální rovina je paralelní s orbitomeatální čarou,

<b>CT orbit (nádory, zánětlivá onem., jiné )</b>	<b>Spirální CT</b>
zákl. strategie	nativ + k.l. i.v., axiální rovina
příprava nem.	lačný, premedikace dle 6. IV.
rozsah vyš.	spodina orbity – strop orbity
tl. vrstvy / pitch	2,5 mm a 0,625 mm / 0,531
interval	2,5 mm
krytí	gonádové
fixace	Hlavu fixovat klíny a páskem na suchý zip, tělo pac. fixujeme je-li v bezvědomí nebo neklidný
instrukce nemocnému	nehýbat se
směr skenování	kaudokraniální
typ k.l. i.v.	Iontová nebo neiontová ( 300 mg J / ml)
Rychlost	2 ml / s
Zpoždění	50 s
rekonstrategie alg.	2,5 mm-STD, 0,625 mm - SOFT, BONE
Dokumentace	měkkotkáňové okno, v případě potřeby i kostní + koronální rekonstrukce z 0,65 mm řezů
Poznámka	

<b>Kost skalní - HRCT záněty, nádory, úrazy</b>	<b>Spirální CT</b>
zákl. strategie	nativ, v případě potřeby i k.l. i.v. ( vyjímečně dle požadavku vyš. lékaře )
příprava nem.	lačný, premedikace dle 6. IV.
rozsah vyš.	skalní kost včetně proc. mast.
tl. vrstvy / pitch	0,625 mm / 0,531
interval	0,625 mm
krytí	gonádové
fixace	Hlavu fixovat klíny a páskem na suchý zip, tělo pac. fixujeme je-li v bezvědomí nebo neklidný
instrukce nemocnému	nehýbat se
směr skenování	kaudokraniální
typ k.l. i.v.	Iontová nebo neiontová ( 300 mg J / ml )
rychlost	1,5 ml / s
zpoždění	60
rekonstrukční alg.	EDGE
dokumentace	kostní okno
poznámka	primárně k vyš. přistupujeme jako k HRCT, koronální roviny lze dosáhnout pomocí MPR

<b>CT paranasálních dutin ( axiální a koronální rov., sinusitis, polyposis, nádory... )</b>	<b>Spirální CT</b>
zákl. strategie	nativ, axiální rovina, k.l. i.v. dle požadavku lékaře
příprava nem.	Lačný, premedikace dle 6. IV.
rozsah vyš.	tvrdé patro – strop čelních sinů
tl. vrstvy /pitch	2,5 mm a 0,625 mm / 0,531
interval	2,5 mm a 0,625 mm
krytí	gonádové
fixace	Hlavu fixovat klíny a páskem na suchý zip, tělo pac. fixujeme je-li v bezvědomí nebo neklidný
instrukce nemocnému	nehýbat se
směr skenování	kaudokraniální
typ k.l. i.v.	Iontová nebo neiontová ( 300 mgJ / ml )
rychlost	2 ml /s
zpoždění	50 s
rekonstr. alg.	2,5 mm-STD, 0,625 mm - SOFT, BONE
dokumentace	měkkotkáňové a kostní okno
poznámka	Koronální rekonstrukci možno provést z 0,625 mm řezů

<b>CT obličejového skeletu - trauma</b>	<b>spirální CT</b>
zákl. strategie	nativ, axiální rovina
příprava nem.	žádná

rozsah vyš.	od brady po basi přední jámy lební včetně
tl. vrstvy / pitch	2,5 mm a 0,625 mm / 0,531
interval	2,5 mm a 0,625 mm
fixace	Hlavu fixovat klíny a páskem na suchý zip, tělo pac. fixujeme je-li v bezvědomí nebo neklidný
krytí	gonádové
instrukce nemocnému	nehýbat se
směr skenování	kaudokraniální
rekonstrategie alg.	EDGE, SOFT
dokumentace	kostní okno
poznámka	koronální rekonstrukci možno provést z 0,625 mm řezů

<b>CT mozková angiografie (Willisův okruh)</b>	<b>sekvenčně + spirální CT</b>
zákl. strategie	nativ + smart prep <b>sekvenčně</b> + k.l. i.v. <b>spirála</b>
příprava nem.	Lačný, premedikace dle 6. IV.
rozsah vyš. oblasti – nativ - smart prep - angiografie	base lební – vrchol kalvy těsně nad turecké sedlo base lební – spodina III. komory
tl. vrstvy – nativ infratent./ supratent. - k.l. i.v.	2,5 mm / 5 mm 0,625 mm / 0,984 pitch
inkrement – nativ infratent./supratent. - k.l. i.v.	2,5 mm / 5mm 0,625 mm
krytí	gonádové
fixace	Hlavu fixovat klíny a páskem na suchý zip, tělo pac. fixujeme je-li v bezvědomí nebo neklidný
instrukce nem.	Nehýbat se, nedýchat
směr skenování	kaudokraniální
typ k.l. i.v.	neiontová ( 300 mg J / ml )
rychlost	3 - 4 ml / s dle lumen použité kanyly
vyš. alg.	2,5 a 5 mm-STD, 0,625 mm - SOFT
dokumentace	měkkotkáňové okno, 3D, MIP, volume rendering
poznámka	venepunkce – antekubitální jamka, orbitomeatální linie

<b>CT krku nspecifikované vyšetření ( podezření na expanzi, uzliny, záněty... )</b>	<b>spirální CT</b>
zákl. strategie	nativ + k.l. i.v.
příprava nem.	lačný, premedikace dle 6. IV.
rozsah vyšetření	od úrovně nosohltanu po jugulum
tl. vrstvy / pitch	5 mm a 0,625 mm / 0,984
interval	5 mm a 0,625 mm
krytí	gonádové
instrukce nemocnému	nadechnout, nedýchat, nepolykat
směr skenování	kaudokraniální
typ k.l. i.v.	iontová nebo neiontová ( 300 mgJ / ml )



rychlost	2 - 3 ml / s
zpoždění	30 s
rekonstrukční alg.	5 mm -STD, 0,625 mm - SOFT
dokumentace	měkkotkáňové okno
poznámka	koronální rekonstrukci možno provést z 0,625 mm řezů

<b>CT - AG karotid</b>	<b>Axiální + spirální CT</b>
zákl. strategie	smart prep <b>sekvenčně</b> + k.l. i.v. <b>spirála</b>
příprava nem.	Lačný, premedikace dle 6. IV.
rozsah vyš. oblasti – smart prep - k.l. i.v.	Na oblast krku, nad klíční kosti base lební - úroveň jugula
tl. vrstvy / pitch	0,625 mm / 0,984
interval	0,625
krytí	gonádové
fixace	hlavu fixovat klíny a páskem na suchý zip, tělo pac. fixujeme je-li v bezvědomí nebo neklidný
instrukce nem.	nadechnout a nedýchat, nepolykat
směr skenování	kaudokraniální
typ k.l. i.v.	neiontová 350 – 400 mg j / ml
rychlost	3 - 4 ml / s
zpoždění	dle údajů měřených smart prep
rekonstrukční alg.	SOFT
dokumentace	měkkotkáňové okno, MPR, 3D, MIP, volume rendering
poznámka	koronální rekonstrukci možno provést z 0,625 mm řezů

<b>CT hrudníku, plic, mediastina a hilů</b>	<b>spirální CT</b>
zákl. strategie vzhledem k apl. k.l. i.v.	nativ + k.l. i.v. ( o neprovedení postkontrastní sekvence rozhoduje lékař
příprava nem.	Lačný, premedikace dle 6. IV.
rozsah vyš. oblasti	horní hrudní apertura - bránice
tl. vrstvy / pitch	5 mm a 0,625 mm/ 0,984
interval	5 mm a 0,625 mm
krytí	gonádové
instrukce nem.	nadechnout a nedýchat
směr skenování	kraniokaudální
typ k.l. i.v.	lontová nebo neiontová ( 300 mgJ/ml )
apl. rychlost	2 ml/s
zpoždění	50 s
rekonstrukční alg.	5 mm-STD, 0,625 mm – SOFT a LUNG
dokumentace	měkkotkáňové i plicní okno
poznámka	koronální rekonstrukci možno provést z 0,625 mm řezů

<b>HRCT plic</b>	<b>Sekvenční sken</b>
základní strategie vzhledem	nativ

k podání k.l.i.v.	
příprava nem.	žádná
rozsah vyšetřované oblasti	hroty plicní - bránice
tl. vrstvy / posun stolu	1 mm / 10 mm
směr skenování	kraniokaudální
krytí	gonádové
instrukce nemocnému	nadechnout a nedýchat
Rekonstrukční alg.	LUNG
dokumentace	plicní okno
Poznámka	

<b>CT oblouku aorty</b>	<b>spirální CT + smart prep sekvenčně</b>
zákl. strategie	nativ + k.l. i.v.
příprava nem.	Lačný, premedikace dle 6. IV.
rozsah vyš. oblasti	oblouk aorty - bifurkace
tl. vrstvy / pitch	
nativ	5 mm / 0,984
po k.l. i.v.	0,625 mm / 0,984
smart prep	5 mm
inkrement	
nativ	5 mm
po k.l. i.v.	0,625 mm
smart prep	0 mm
krytí	gonádové
instrukce nemocnému	Nadechnout a nedýchat
směr skenování	kraniokaudální
typ k.l. i.v.	neiontová ( 300 – 400 mgJ / ml )
rychlost	3,5 ml / s
zpoždění	dle údajů měřených smart prep
rekonstrukční alg.	5 mm – STD, 0,625 mm - SOFT
dokumentace	měkkotkáňové okno, MPR, MIP, volume rendering
poznámka	v případě těžkého stavu ( polytrauma, disekce – hypovolemický šok ) provádíme jen postkontrastní sekvenci, venepunkce žíly v kubitální jamce

<b>Plicní angiografie (podezření na plicní embolizaci)</b>	<b>spirální CT</b>
základní strategie vzhledem k aplikaci k.l. i.v.	nativ + k.l. i.v.
rozsah vyšetřované oblasti	aortální oblouk – dolní plicní žíly
příprava nem.	Lačný, premedikace dle 6. IV.
tl. skenu / pitch	
nativ	5 mm / 0,984
po k.l. i.v.	0,625 mm / 0,984
inkrement	
nativ	5 mm

po k.l. i.v.	0,625 mm
krytí	gonádové
instrukce nemocnému	nadechnout, nedýchat, u pac. v bezvědomí řízené apnoe na 16 – 20 s, mělké dýchání tam, kde pac. nevydrží se zadržným dechem
Směr	Kraniokaudální
typ k.l. i.v.	neiontová k.l. ( 300 mgJ / ml )
rychlost	3 ml / s
zpoždění	dle údajů měřených smart prep
rekonstrukční alg.	5mm – STD, 0,625 - SOFT
dokumentace	měkkotkáňové, plicní okno, MPR, MIP
poznámka	venepunkce žíly v kubitální jamce

<b>CT pankreatu obecně ( nejasný nález, podezření na Tu, chr. pankreatitis )</b>	<b>spirální CT</b>
zákl. strategie	k.l. per os a k.l. i.v.
příprava nem.	lačný, standardně 500 ml k.l. per os 1/2 hod před vyš., premedikace dle 6. IV.
rozsah vyš. oblasti	od kopule bránice po D3 včetně
tl. vrstvy / pitch nativ po k.l. i.v.	5mm / 1,375 0,625mm / 0,984
inkrement nativ po k.l. i.v.	5 mm 0,625 mm
krytí	gonádové
instrukce nem.	nadechnout a nedýchat, nehýbat se
směr skenování	kraniokaudální
typ k.l. i.v.	iontová nebo neiontová ( 300 mgJ / ml )
množství k.l.	1,5ml/kg
rychlost	2,5 ml / s
zpoždění	45 s
vyš. alg.	5mm – STD, 0,625 - SOFT
dokumentace	měkkotkáňové okno
poznámka	venepunkce žíly v kubitální jamce koronální rekonstrukci možno provést z 0,625 mm řezů

<b>CT jater</b>	<b>spirální CT</b>
zákl. strategie	nativ + k.l.i.v.
příprava pac.	lačný, žádná k.l. per os, premedikace dle 6. IV.
rozsah vyšetření	od kupole bránice, celá játra
tl. vrstvy / pitch , nativně po k.l.i.v.	5 mm / 1,375 0,625 mm / 0,984
Inkrement	5 mm

po k.l.i.v.	0,625 mm
krytí	nepoužívá se
instrukce nemocnému	nadechnout, nedýchat, nebo doporučit mělké dýchání
směr skenování	kraniokaudálně
typ k.l. i.v.	Iontová nebo neiontová ( 300 mgJ/ml )
apl. rychlost	2,5 ml/s
zpoždění	50 s
rekonstrukční alg.	5mm – STD, 0,625 - SOFT
dokumentace	měkkotkáňové okno
poznámka	venepunkce žíly v kubitální jamce koronální rekonstrukci možno provést z 0,625 mm řezů

<b>CT jater - třífázové</b>	<b>spirální CT</b>
zákl. strategie	nativ + k.l.i.v.
příprava pac.	lačný, žádná k.l. per os, premedikace dle 6. IV.
rozsah vyšetření	od kupole bránice, celá játra
tl. vrstvy / pitch – nativ	5 mm / 1,375
Inkrement po k.l.i.v. - I. fáze - II. fáze - III. fáze	5 mm 0,625 mm 0,625 mm / 0,984 0,625 mm / 0,984 0,625 mm / 0,984
krytí	nepoužívá se
instrukce nemocnému	nadechnout, nedýchat, nebo doporučit mělké dýchání
směr skenování	kraniokaudálně
typ k.l. i.v.	Iontová nebo neiontová ( 300 mgJ/ml )
apl. rychlost	2,5 ml/s
množství k.l.	1,5ml/kg
zpoždění	30s + 30s + 30s
rekonstrukční alg.	5mm – STD, 0,625 - SOFT
dokumentace	měkkotkáňové okno
poznámka	venepunkce žíly v kubitální jamce koronální rekonstrukci možno provést z 0,625 mm řezů

<b>CT břicha</b> <b>přehledný screening zánětlivých a nádorových procesů, a to peritoneálně i retroperitoneálně včetně pánve, nejasné febrilie, uzlinový syndrom, úrazy ...</b>	<b>spirální CT</b>
zákl. strategie vzhledem k aplikaci k.l.i.v. příprava nem.	nativ + k.l. i.v. Lačný, k.l. per os 3 x 500 ml frakcionovaně , 500 ml před ulehnutím na vyš. stůl ( viz. protokoly příprav ), nerozhodne-li lékař jinak ( např. traumata ), premedikace dle 6. IV.
rozsah vyš. oblasti	bránice - symfýza
tl. vrstvy / pitch nativ po k.l.i.v.	5 mm / 1,375 0,625 mm / 0,984
Inkrement nativ Po k.l.i.v.	5 mm 0,625 mm
krytí	nepoužívá se
instrukce nemocnému	nadechnout a nedýchat
směr skenování	kraniokaudálně
typ k.l. i.v.	Iontová nebo neiontová ( 300 mJ/ml )
rychlost aplikace	2,5 ml/s
množství k.l.	1,5ml/kg
zpoždění	50 sec.
rekonstrukční alg.	5mm – STD, 0,625 mm - SOFT
dokumentace	měkkotkáňové okno
poznámka	venepunkce žíly v kubitální jamce koronální rekonstrukci možno provést z 0,625 mm řezů

<b>CTA – břišní aortografie ( aneuryzma, před endovaskulární léčbou...)</b>	<b>spirální CT + smart prep sekvenčně</b>
zákl. strategie vzhledem k podání k.l. i.v. příprava nem.	nativ + k.l. i.v. Lačný, premedikace dle 6. IV.
rozsah vyš. oblasti	celý rozsah AA ( od bránice pod bifurkaci asi 10 cm, v případě přestupu aneuryzmatu na AIC, tak minim. 2 cm pod něj )
tl. vrstvy / posun stolu nativ po k.l. i.v. smart prep	5 mm / 1,375 0,625 mm / 0,984 5mm
Inkrement nativ po k.l. i.v. smart prep	5 mm 0,625 mm 0 mm
krytí	nepoužívá se
instrukce nem.	nadechnout nedýchat, popřípadě dop. mělké dýchání
směr skenování	kraniokaudální
typ k.l. i.v.	neiontová, 300-400 mgJ/ml

rychlost aplikace	3-4 m/s
zpoždění	dle údajů měřených smart prep
rekonstrukční alg.	5mm – STD, 0,625 mm - SOFT
dokumentace	axiální řezy, MIP, 3D, volume rendering
poznámka	venepunkce žíly v kubitální jamce koronální rekonstrukci možno provést z 0,625 mm řezů

<b>CTAG koronarografie</b>	<b>cine segment CT</b>
zákl. strategie	k.l.i.v.
příprava nem.	lačný, srdeční akce do 70, nalepit EKG svody dle instrukcí na EKG monitoru, premedikace dle 6. IV.
rozsah vyš. oblasti	celé srdce, smart prep na horní okraj srdce
tl. vrstvy / pitch pok.l.i.v.	2.5 mm
inkrement po k.l. i.v	2,5 mm
krytí	nepoužívá se
instrukce nem.	nadechnout a nedýchat
směr skenování	kraniokaudální
typ k.l. i.a.	neiontová ( 400 J / ml )
rychlost	5ml / s
zpoždění	dle smart prep
rekonstrukční alg.	měkkotkáňový STD+ retro recon SOFT RETRO RECON phas75%, start phase 0%, end phase 90 %, phase increment 10%
dokumentace	axiální řezy, MIP, 3D
poznámka	venepunkce žíly v kubitální jamce koronální rekonstrukci možno provést z 0,625 mm řezů

<b>Ledviny infekce, trauma, nejasné nálezy</b>	<b>spirální CT</b>
zákl. strategie	nativ + k.l. i.v.
příprava nem.	Lačný, premedikace dle 6. IV.
rozsah vyš. oblasti	ledviny v celém rozsahu + související patologie
krytí	gonádové
instrukce nemocnému	nadechnout, nedýchat
tl. vrstvy / pitch – nativ k.l. i.v.	5 mm / 0,984 0,625 mm / 0,984
inkrement	5mm / 0,625 mm / 0,625 mm / 0,625 mm
směr skenování	kraniokaudální
typ k.l. i.v.	iontová nebo neiontová ( 300 mgJ / ml )
množství	80 ml
rychlost aplikace	2,5 ml / s
zpoždění	45s nebo třífázově - 30 + 15 + 300 sec
rekonstrukční alg.	5mm – STD, 0,625 mm - SOFT

dokumentace	měkkotkáňové okno, axiální řezy
poznámka	venepunkce žíly v kubitální jamce koronální rekonstrukci možno provést z 0,625 mm řezů

<b>Nadledviny</b>	<b>spirální CT</b>
zákl. strategie	nativ + k.l.i.v.
příprava nem.	Lačný, premedikace dle 6. IV.
rozsah vyšetřované oblasti	rozsah nadledvin
tl. vrstvy / pitch	
nativ	2,5 mm / 0,984
po k.l.i.v.	0,625 mm / 0,516
inkrement	
nativ	2,5 mm
po k.l.i.v.	0,625 mm
krytí	gonádové
instrukce nemocnému	nadechnout a nedýchat
směr skenování	kraniokaudální
typ k.l. i.v.	Iontová nebo neiontová ( 300 mgJ / ml )
rychlost	2 ml/ s
zpoždění	50 s
rekonstrukční alg.	2,5 mm – STD, 0,625 mm - SOFT
dokumentace	měkkotkáňové okno
poznámka	koronální rekonstrukci možno provést z 0,625 mm řezů

<b>CT ledvinných tepen (neinvasivní angiografie )</b>	<b>spirální CT + smart prep sekvenčně</b>
zákl. strategie	nativ + k.l. i.v.
příprava nem.	Lačný, premedikace dle 6. IV.
rozsah vyš. oblasti	rozsah celých ledvin
tl. vrstvy / pitch	
nativ	5 mm / 0,984
po k.l. i.v.	0,625 mm / 0,516
Inkrement	
nativ	5 mm
po k.l. i.v.	0,625 mm
krytí	gonádové
instrukce nemocnému	nadechnout, nedýchat
směr skenování	kraniokaudálně
typ k.l. i.v.	neiontová ( 300 - 400 mgJ / ml )
rychlost	3,5 ml / s
zpoždění	dle smart prep
vyš. alg.	5mm – STD, 0,625 mm - SOFT
dokumentace	měkkotkáňové okno, MPR, 3D
poznámka	aplikaci nejlépe v antekubit. jamce koronální rekonstrukci možno provést z 0,625 mm řezů

<b>CT pánve obecně ( nádory, záněty .....)</b>	<b>spirální CT</b>
zákl. strategie	k.l. per os + k.l. i.v.
příprava nem.	Lačný, premedikace dle 6. IV., 1,5 - 2 l frakcionovaně per os, 2 hod.před vyšetřením
rozsah vyš.	hřeben lopat kostí kyčelních – symfýza – dolní kontura
tl. vrstvy / pitch nativ po k.l. i.v.	5 mm / 0,984 0,625 mm / 0,984
inkrement nativ po .l.i.v.	5 mm 0,625 mm
krytí	nepoužívá se
instrukce nem.	nadechnout a nedýchat
směr skenování	kraniokaudální
typ k.l. i.v.	Iontová nebo neiontová ( 300 mgJ / ml )
rychlost	2 ml /s
zpoždění	60 s + 300 s po naplnění m.m.
vyš. alg.	5mm – STD, 0,625 mm - SOFT
dokumentace	měkkotkáňové okno+ koronální rekonstrukci možno provést z 0,625 mm řezů
poznámka	

<b>CT končetin, pánve - skelet</b>	<b>spirální CT</b>
zákl. strategie	nativ
Příprava	
rozsah vyš.	podle rozsahu léze na nativním skiagramu, vhodné srovnávací skeny ( zobrazené obě končetiny ),
tl. vrstvy / posun stolu	0,625 mm / 0,984
Inkrement	0,625 mm
Krytí	nepoužívá se
Instrukce	nehýbat se
směr skenování	kraniokaudální
typ k.l. i.v.	
Množství	
Rychlost	
Zpoždění	
vyš. alg.	SOFT + BONE rek.alg.
Dokumentace	měkkotkáňové / kostní okno,3D, MPR
Poznámka	

<b>CTAG DKK (neinvasivní angiografie )</b>	<b>spirální CT + smart prep sekvenčně</b>
zákl. strategie	k.l. i.v.
příprava nem.	Lačný, premedikace dle 6. IV.



rozsah vyš. oblasti	Od bránice po chodidla
tl. vrstvy / pitch po k.l. i.v.	0,625 mm / 0,516
Inkrement po k.l. i.v.	0,625 mm
krytí	žádné
instrukce nemocnému	nadechnout, nedýchat
směr skenování	kraniokaudálně
typ k.l. i.v.	neiontová ( 400 mgJ / ml )
rychlost	4,5 ml / s
zpoždění	dle smart prep
vyš. alg.	0,625 mm - SOFT
dokumentace	měkkotkáňové okno, MPR, 3D, volume rendering
poznámka	Délka skenování by neměla být kratší než 34 sec –ev prodloužit scan time aplikaci nejlépe v antekubit. jamce koronální rekonstrukci možno provést z 0,625 mm řezů

<b>CT C páteře a obsahu kanálu páteřního</b>	<b>Spirální CT</b>
zákl. strategie	nativ, axiální rovina
příprava nem.	žádné
rozsah vyš.	Dle požadavku indikujícího lékaře
tl. vrstvy / pitch	0,625 mm / 0,531
interval	0,652 mm
krytí	gonádové
fixace	Hlavu fixovat klíny a páskem na suchý zip, tělo pac. fixujeme je-li v bezvědomí nebo neklidný
instrukce nemocnému	nehýbat se
směr skenování	kaudokraniální
rekonstrategie alg.	0,625 mm - SOFT, BONE
Dokumentace	měkkotkáňové okno, v případě potřeby i kostní + koronální a oblique rekonstrukce
Poznámka	Můžeme použít fixační pásy ke stažení ramen kaudálně

<b>CT Th, Ls páteře</b>	<b>Spirální CT</b>
zákl. strategie	nativně axiální rovina
příprava nem.	žádná
rozsah vyš.	Dle požadavku indikujícího lékaře
tl. vrstvy / pitch	0,625 mm / 0,531
interval	0,625 mm
krytí	gonádové
instrukce nemocnému	nehýbat se
směr skenování	kraniokaudální
rekonstrategie alg.	0,625 mm - SOFT, BONE
Dokumentace	měkkotkáňové okno, v případě potřeby i kostní + koronální a oblique rekonstrukce