

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2019

Kateřina Člupková

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií

Polytraumatický protokol na výpočetní tomografii

Kateřina Člupková

Bakalářská práce

2019

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií
Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Kateřina Člupková**
Osobní číslo: **Z15086**
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**
Studijní obor: **Radiologický asistent**
Název tématu: **Polytraumatický protokol na výpočetní tomografii**
Zadávací katedra: **Katedra klinických oborů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Studium literatury, sběr informací a popis současného stavu řešené problematiky.
2. Stanovení cílů a metodiky práce.
3. Příprava a realizace výzkumného šetření dle stanovené metodiky.
4. Analýza a interpretace získaných dat.
5. Zhodnocení výsledků práce.

Rozsah grafických prací: dle doporučení vedoucího
Rozsah pracovní zprávy: 35 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

1. DRÁBKOVÁ, Jarmila. Polytrauma v intenzivní medicíně. Praha: Grada, 2002. ISBN 80-247-0419-6.
2. FERDA, Jiří, Boris KREUZBERG a Milan NOVÁK. Výpočetní tomografie. Praha: Galén, c2002. ISBN 80-7262-172-6.
3. MIRVIS, Stuart E. Problem solving in emergency radiology. Philadelphia, PA: Elsevier, c2015. ISBN 978-1-4557-5417-5.
4. NAŇKA, Ondřej a Miloslava ELIŠKOVÁ. Přehled anatomie. Třetí, doplněné a přepracované vydání. Praha: Galén, 2015. ISBN 978-80-7492-206-0.
5. VOMÁČKA, Jaroslav, Josef NEKULA a Jiří KOZÁK. Zobrazovací metody pro radiologické asistenty. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2012. ISBN 978-80-244-3126-0.


Vedoucí bakalářské práce: MUDr. Ondřej Slezák
Katedra klinických oborů

Datum zadání bakalářské práce: 12. června 2019

Termín odevzdání bakalářské práce: 15. srpna 2019


doc. Ing. Jana Holá, Ph.D.
děkanka

L.S.


Mgr. Jan Pospíchal, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 27. června 2019

PROHLÁŠENÍ AUTORA

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 2. 5. 2019

Kateřina Člupková

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat svému vedoucímu práce panu MUDr. Ondřeji Slezákovi za pomoc, rady a připomínky v průběhu tvorby této bakalářské práce. Také bych ráda poděkovala své rodině a přátelům za podporu, kterou mi projevovali po celý čas tvorby.

ANOTACE

Tématem bakalářské práce je „Polytraumatický protokol na výpočetní tomografii“. Práce je strukturována na část teoretickou a část praktickou. Teoretická část obsahuje základní informace o radiologii, rentgenovém záření, rentgence, výpočetní tomografii a polytraumatech. Praktická část obsahuje přehled protokolů používaných na pracovišti výpočetní tomografie při vyšetření polytraumatu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Radiodiagnostika, rentgenové záření, výpočetní tomografie, CT, polytrauma

TITLE

Polytraumatic protocol for examination by computed tomography

ANNOTATION

This bachelor is called Polytraumatic protocol on computed tomography. It consists of two parts – theoretical and practical part. The theoretical part contains basic information about radiology, X-rays, X-ray tube, computed tomography and polytrauma. The practical part contains an overview of the polytrauma protocols used in the computed tomography unit.

KEYWORDS

Radiodiagnosis, X-ray radiation, computed tomography, CT, multiple injuries

OBSAH

1	Cíl práce	14
2	Teoretická část	15
2.1	Historie oboru radiodiagnostiky	15
2.2	Rentgenové záření	15
2.2.1	Vlastnosti rentgenového záření	15
2.2.2	Rentgenka	16
2.2.3	Biologické účinky RTG záření	17
2.2.4	Druhy rentgenového záření	17
2.3	Rentgenové přístroje	19
2.4	Výpočetní tomografie	19
2.4.1	Vývoj výpočetní tomografie	19
2.4.2	Princip CT	20
2.4.3	Konstrukce CT	20
2.4.4	Vznik obrazu	21
2.4.5	Stupnice denzity	22
2.4.5.1	Podinterval Hounsfieldovy stupnice	22
2.4.6	Artefakty projekčně-rekonstrukčního zobrazení	23
2.5	Parametry vyšetřovacího protokolu	23
2.6	Multidetektorová výpočetní tomografie (MDCT)	24
2.7	Provedení vyšetření	24
2.7.1	Bolus tracking a bolus timing	25
2.7.2	EKG trigerung a gating	25
2.7.3	Postprocessing	26
2.8	Kontrastní látky	26
2.9	Radiační ochrana	27
2.9.1	Dozimetrie	27

2.9.1.1	Radiační ochrana v radiodiagnostice	28
2.10	Technické zabezpečení pracoviště s RTG zářením	29
2.11	PACS	29
2.12	Polytrauma	30
2.12.1	Rozdělení z orgánového pohledu a nejčastějšího poranění	30
2.12.2	Úrazové mechanismy polytraumat	30
2.12.3	Závažnost a načasování u polytraumat	31
2.13	Příprava před vyšetřením	32
2.14	Vyšetření na CT	33
2.15	Indikace k CT vyšetření	33
2.15.1	Kontraindikace k CT vyšetření	33
3	Praktická část	35
3.1	Úvod do praktické části	35
3.2	CT protokoly používané v současnosti při vyšetření polytraumat	36
4	Diskuze	41
5	Závěr	43
6	Použitá literatura	44
7	Přílohy	46

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1 – Vlevo: Základní principiální schéma rentgenového zobrazení. Uprostřed: Spektrum X-záření rentgenky (filtrované). Vpravo: První rtg snímek pořízený samým Röntgenem (ruky jeho manželky).....	16
Obrázek 2 – Elektrické napájení rentgenky.....	17
Obrázek 3 – Schéma fotoefektu (a), klasického rozptylu (b) a Comptonova rozptylu (c).....	18
Obrázek 4 – Rentgenová počítačová tomografie CT. a) Základní principiální schéma CT b) Princip spirální CT. c) Přístroj 64-slice CT.....	21
Obrázek 5 – Schematické znázornění výpočetní tomografie.....	21
Obrázek 6 – Filmový dozimetr pro měření osobních dávek.....	29
Obrázek 7 – Příklady fází celotělového CT	37
Tabulka 1 – Density některých struktur a tkání.....	22
Tabulka 2 – Srovnání průměrných efektivních dávek záření.....	28
Tabulka 3.....	37
Tabulka 4	38
Tabulka 5	39
Tabulka 6.....	40

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

RTG	rentgenové
CT	Computed tomography - výpočetní tomografie
MR	magnetická rezonance
kV	kilovolt (jednotka elektrického napětí)
A	ampér (jednotka pro elektrický proud)
mA	miliampér
mAs	miliampér sekunda
tzv.	tak zvané
KL	kontrastní látky
SÚJB	Státní úřad jaderné bezpečnosti
SÚRO	Státní úřad radiační ochrany
ZIZ	zdroj ionizujícího záření
ZDS	zkouška dlouhodobé stability
ALARA	As Low As Reasonably Achievable (tak nízké jak je rozumně dosažitelné)
HU	Hounsfield unit (Hounsfieldova jednotka)
kW	kilowat (jednotka výkonu)
RA	radiologický asistent
mSv	mili Sievert (jednotka ekvivalentní dávky ionizujícího záření)
EKG	elektrokardiogram
MDCT	Multi Detector Computed Tomography – multidetektorová výpočetní tomografie
Sb.	sbírka
č.	číslo
apod.	a podobně

ml	mililitr
mm	milimetr
s.	sekunda
min	minuta
KL	kontrastní látka
i.v.	intravenozní – do žíly
ASIR	adaptivní statistická iterační rekonstrukce

ÚVOD

Téma bakalářské práce jsem zvolila, protože mě velmi zaujala radiodiagnostika, především v akutní medicíně. Polytrauma je definováno jako stav, při kterém dochází k poranění dvou a více orgánových soustav. Jde především o vysokoenergetická poranění, ke kterým v dnešní době dochází častěji.

V teoretické části je popsána historie oboru radiodiagnostiky. Jsou zde uvedeny principy vzniku rentgenového záření, jeho biologické účinky, druhy záření a konstrukce rentgenky. RTG přístroje využívající rentgenové záření jsou diagnostickým prvkem, mezi které patří i výpočetní tomografie. Dále je zde uveden vývoj, princip a konstrukce CT. Je zde popsáno využití výpočetní tomografie v urgentní diagnostice, proto je uveden i princip vzniku obrazu, jeho stupnici denzity a parametry protokolů a další možnosti, které nabízí tato vyšetřovací metoda. V této práci je popsána závažnost polytraumatického stavu, při němž je nejdůležitější správná a rychlá diagnostika úrazu.

V praktické části byl vytvořen literární přehled, ve kterém jsou uvedeny polytraumatické protokoly používané na pracovištích výpočetní tomografie. Traumata jsou jednou z hlavních příčin úmrtí na světě. U pacientů přivezených na oddělení urgentního příjmu, často hraje důležitou roli čas, kdy musí dojít k základnímu ošetření a diagnostice všech poranění, které mohou být zjištěny při indikaci celotělovém CT. V příloze je vytvořen zjednodušený manuál pro radiologického asistenta, který může uplatnit od převozu pacienta z urgentního příjmu na CT, přes provedení vyšetření, až po odvezení pacienta z pracoviště výpočetní tomografie.

1 CÍL PRÁCE

1. Vysvětlit základní principy radiodiagnostiky. Jak vzniká RTG záření a rentgenový obraz. Konstrukce rentgenky a její využití v přístroji výpočetní tomografie. Vysvětlit hlavní pojmy z oblasti konstrukce, principu CT a vzniku obrazu.
2. Vysvětlit pojem polytrauma a jeho nejčastější příčiny.
3. Vytvoření zjednodušeného manuálu postupu radiologického asistenta při vyšetření polytraumatického pacienta na pracovišti výpočetní tomografie
4. Vytvoření literárního přehledu a porovnání používaných celotělových protokolů u poytraumatizovaných pacientů.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Historie oboru radiodiagnostiky

Záření X neboli rentgenového záření objevil německý fyzik W. K. Röntgen 8. Listopadu 1895 při pokusech s katodovými trubicemi. V roce 1901 získal Röntgen jako první Nobelovu cenu za fyziku. Svůj objev nedal nikdy patentovat, proto lze říci, že je daroval celému lidstvu a umožnil jeho rychlé rozšíření a nesmírný pokrok v medicíně a průmyslu. Röntgen zemřel v roce 1923 v Mnichově bez finančních prostředků a opuštěný v době inflace, která postihla poválečné Německo (Chudáček, 1993, s. 12-13).

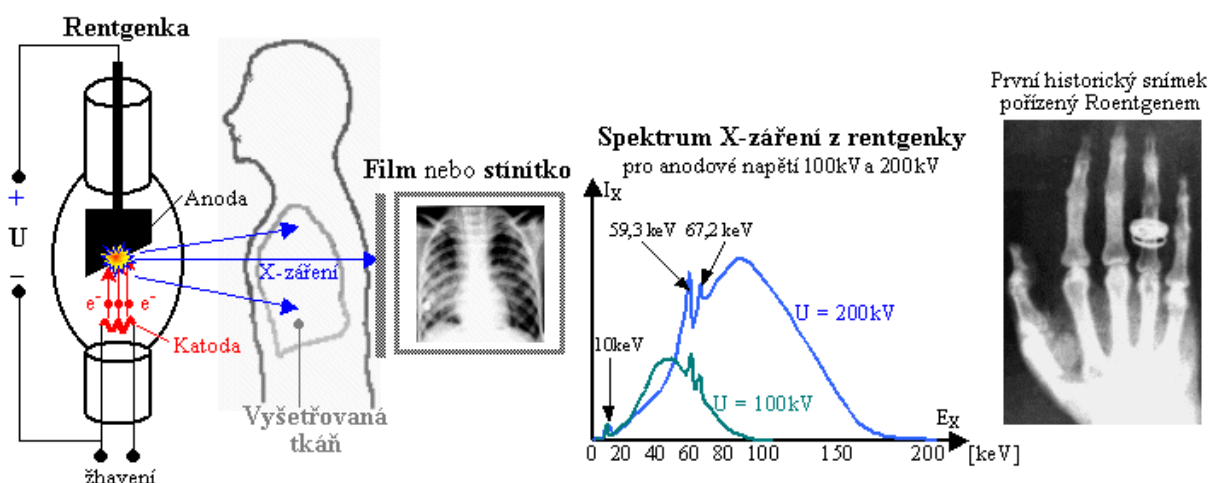
2.2 Rentgenové záření

Rentgenové záření je elektromagnetické záření o velmi krátkých vlnových délkách a vysokých frekvencích. RTG záření prochází hmotou i vakuem, jeho intenzita slábne se čtvercem vzdálenosti od zdroje, šíří se přímočaře a má ionizační účinky, což znamená, že množství energie, kterou nese, stačí k uvolnění elektronu z atomu (Seidl, 2012, s. 22).

2.2.1 Vlastnosti rentgenového záření

RTG záření přirozeně vzniká za teplot miliónů °C, které jsou například na slunci a šíří se odtud kosmem. Umělým zdrojem rentgenového záření používaného v diagnostice je rentgenka. V rentgence vzniká RTG záření prudkým zabrzděním velmi rychle letících elektronů v hmotě molekul o vysokém atomovém čísle. Ze žhavené katody jsou emitovány elektrony, které díky vysokému napětí mezi katodou a anodou (řádově desítky až stovky kV) se pohybují k anodě. Zde jsou zbrzděny za vzniku charakteristického záření a brzdného záření (Chudáček, 1993, s. 15).

Rentgenové záření je neviditelné, vzniká v rentgence a prochází přes vyšetřovanou tkáň, přičemž část záření je absorbována v závislosti na hustotě a tloušťce vyšetřované tkáně, viz obrázek 1. Zbývá část prochází tkání a je zobrazena fotograficky nebo na luminiscenčním stínítku, nověji pak pomocí elektronických detektorů a vzniká RTG obraz vyšetřované tkáně. Rozdílná absorpce RTG záření ve tkáních je na obraze zobrazena různou intenzitou ve stupnici šedi. Může být realizováno buď analogovým způsobem (zčernání filmu), nebo digitálně (elektronické zobrazovací detektory a počítač). Vznikne obraz odrážející velikost, tvar a uspořádání tkání a orgánů v organismu, včetně případných změn. Měkké tkáně mají nižší absorpci RTG záření, propustí tedy větší množství záření na detektor a obraz bude jasnější nebo dojde k většímu zčernání fotografického materiálu. Kosti jsou hustší a více absorbují RTG záření, proto propustí menší množství záření a obraz na filmu nebo monitoru bude světlý (Seidl, 2012, s. 25).

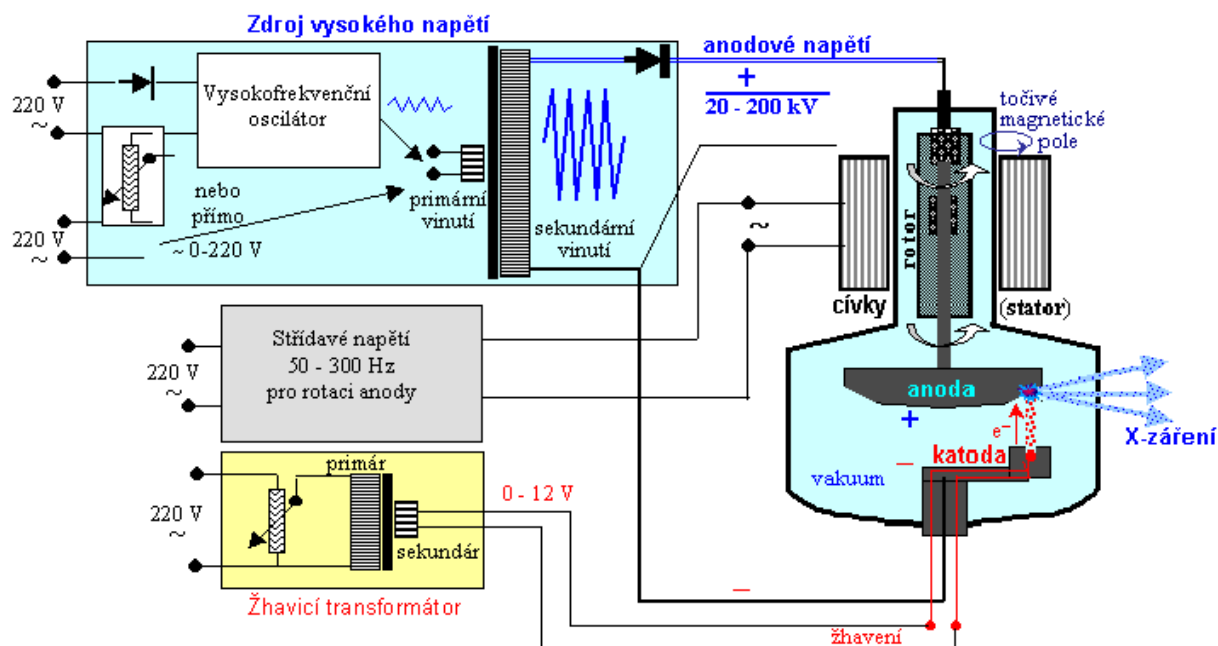


Obrázek 1 – Vlevo: Základní principiální schéma rentgenového zobrazení. Uprostřed: Spektrum X-zářění rentgenky (filtrované). Vpravo: První rtg snímek pořízený samým Röntgenem (ruky jeho manželky)¹

2.2.2 Rentgenka

Zdroj RTG záření v radiodiagnostice se skládá z vysokonapěťových kabelů, krytu a vnitřní části. Samotná rentgenka je vysoce vakuovaná dioda se záporně nabitou katodou a kladnou nabitou anodou, viz obrázek 2. Dříve se používala rentgenka z olověného skla, ale nyní jsou využívány především rentgenky ze sklokeramického materiálu nebo metalické rentgenky. Vakuum je pro správnou funkci rentgenky zásadní. Katoda má spirálovité dráty z wolframu, které jsou uloženy ve fokusační misce ze stejného materiálu. Wolframová spirála se zahřívá na více než 2000°C a teplem se uvolňují elektrony v literatuře označováno jako termoemise. Katoda je žhavana vlastním elektrickým obvodem 10 V a 7 – 10 A. Anoda je kladná elektroda, na kterou dopadá svazek elektronů a vzniká RTG záření. Po zapojení vysokého napětí – anodového napětí (v diagnostice 17-150 kV) mezi katodu a anodu putují elektrony v úzkém svazku a dopadají na anodu, na místo které se nazývá ohnisko. Zde se 99% jejich energie přemění na teplo a 1% na RTG záření (Vomáčka, Nekula a Kozák 2012, s. 15).

¹ ULLMANN, Vojtěch. [ONLINE]. [CIT. 20.4.2019]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/strana2.htm>



Obrázek 2 – Elektrické napájení rentgenky

Nahoře: Zdroj vysokého anodového napětí. Uprostřed: Střídavé napětí pro rotaci anody. Dole: Napětí pro žhavení katody. Vpravo: schéma rentgenky²

2.2.3 Biologické účinky RTG záření

RTG záření ve větších dávkách má na živou hmotu negativní účinky a je nebezpečné pro organismus, může způsobit trvalé poškození buněk a tkání. Záření je příčinou vyražení elektronů z jejich orbitů a tvorbou negativně nabitých aniontů. Tyto vysoce reaktivní volné radikály vedou k chemickým reakcím, které mohou způsobit poškození na buněčné úrovni, mohou způsobit smrt buňky nebo změnu v genetické informaci. Nicméně i negativní účinky RTG záření mohou být využity při radioterapii (Seidl, 2012, s. 23).

Biologické účinky ionizujícího záření dělíme na stochastické, které jsou bezprahové a mohou se projevit jako pozdní účinky ve formě vzniku nádorových onemocnění. Druhou skupinou jsou deterministické, které se projevují při překročení prahu dávky ve tkáních a mohou se projevit akutní nemocí z ozáření či radiační dermatitidou (Vomáčka, Nekula, & Kozák, 2012, s. 14).

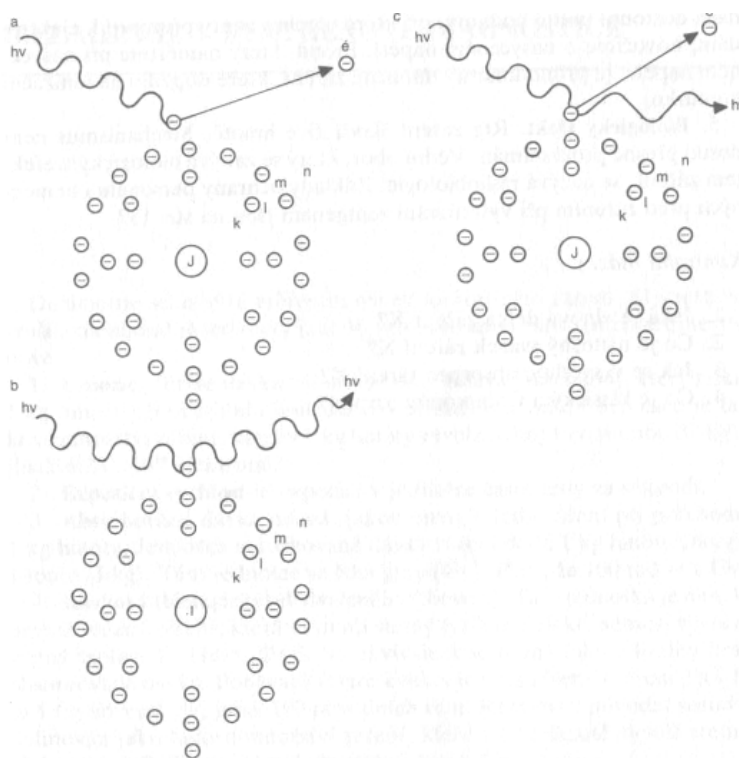
2.2.4 Druhy rentgenového záření

Brzdné RTG záření vzniká při zpomalení letícího elektronu blízko jádra atomů anody. Kladně nabitě jádro přitahuje elektron, přičemž dochází k zabrzdění elektronu. Čím více se přiblíží elektron k jádru, tím bude větší jeho energie a bude větší energie vznikajícího kvanta RTG záření.

² ULLMANN, Vojtěch. [ONLINE]. [CIT. 20.4.2019]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/strana2.htm>.

Přeměna energie na RTG záření je v rentgence účinná pouze 1%, zbytek se přemění na tepelné záření (Seidl, 2012, s. 29).

Při střetu z anody letícího elektronu a elektronu z elektronového obalu atomu na katodě vzniká charakteristické RTG záření na základě inverzního fotoefektu, viz obrázek 3. Původní elektron je vyražen ven z atomu a následně nahrazen elektronem z jedné z hladin vzdálenějšího od jádra, tímto se uvolní značné množství energie v podobě fotonu RTG záření o vlnové délce charakteristické pro daný materiál anody (Seidl, 2012, s. 29).



Obrázek 3 – Schéma fotoefektu (a), klasického rozptylu (b) a Comptonova rozptylu (c)³

Primární záření vzniká nárazem elektronů na ohnisko anody a jeho clonou vymezená část je označována jako užitečný svazek záření. Tento svazek má tvar kužele a jeho osa je označována jako centrální paprsek. V hmotě, kterou prochází primární záření, také vzniká vlivem Comptonova jevu tzv. sekundární záření. Dochází k poklesu energie fotonu a ke změně směru jeho šíření. Část sekundárního záření tak neprobíhá ve stejném směru jako primární záření, ale šíří se do stran i zpět. To znamená, že z pacienta vyšetřovaného RTG zářením vychází sekundární záření všemi směry a ohrožuje tak případné další osoby v blízkosti. Sekundární záření se na výsledném obrazu projeví zhoršením ostrosti a kontrastu. Použitím vyššího napětí vzniká větší

³ CHUDÁČEK, Zdeněk. *Radiodiagnostika*. 1. část. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995. ISBN 80-7013-114-4.

množství sekundárního napětí, proto je důležité nepoužívat zbytečně velké napětí, tedy jen takové, které je nutné vzhledem k objemu a hustotě snímkaného objektu. Je snahou aby primární svazek záření byl co nejmenší, tedy aby zachytil vyšetřovanou část těla a zbytečně nepřesahoval na nevyšetřovanou část (Chudáček, 1993, s. 16).

2.3 Rentgenové přístroje

Přístroje pro radiodiagnostiku zahrnují celou škálu přístrojů, které lze rozdělit na stacionární a pojízdné, dále na skiagrafické, skiaskopické, skiagraficko-skopické, C-ramena, přístroje pro výpočetní tomografii a další (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 22).

Skiografie je statická – při prostém snímkování dopadá RTG záření prošlé vyšetřovanou tkání na detektor a následně vzniká RTG fotografický obraz. Vzniklý obraz představuje negativní zobrazení hustoty tkáně, přičemž místa s vysokou denzitou (například kosti) absorbují více RTG záření. (Seidl, 2012, s. 37).

Skioskopie slouží hlavně ke sledování pohybových dějů, tedy je dynamická. Radiační zátěž je při skiaskopii vyšší než při skiografii a má malou rozlišovací schopnost. Kvůli vyšší radiační zátěži je důležité zaznamenat za jakých parametrů (kV a mA) bylo skiaskopováno, tedy jaké dávce byl pacient vystaven (Chudáček, 1993, s. 272).

2.4 Výpočetní tomografie

Nedostatkem klasických rentgenových snímků je zobrazení jednotlivých orgánů sumačně, proto nelze vždy určit jednoznačně, kterými orgány RTG paprsek prošel a nelze tedy vytvořit obraz průřezu těla pacienta. Výpočetní tomografie naproti tomu umožňuje vytvoření průřezových obrazů. Její principy byly v roce 1971 objeveny nezávisle na sobě Britem Godfrey Newbold Hounsfieldem a Američanem Allan McLeod Cormackem. Oběma byla za tento objev udělena Nobelova cena za fyziologii a lékařství v roce 1979. K rozšíření v diagnostice došlo záhy a v r. 1978 byl první CT přístroj instalován i na našem území. Dnes je CT vyšetření zcela nedílnou součástí diagnostického procesu (Seidl, 2012, s. 45).

2.4.1 Vývoj výpočetní tomografie

CT přístroj je z hlediska technického vývoje rozdělen na pět generací. U 1. generace bylo RTG záření z rentgenky kolimováno do tenkého svazku a bylo detekováno protilehlým detektorem. Obraz byl rekonstruován na základě rotačně - translačního pohybu. U 2. generace je použito více detektorů, které jsou umístěny do kružnicové výseče naproti rentgence. RTG záření je kolimováno do tvaru vějíře, podobně jako u 1. generace je použito rotačně translačního pohybu

soustavy. V konstrukci 3. generace je X-záření kolimováno do vějíře podobně jako u 2. generace, ale záření prošlé vyšetřovaným objektem je detekováno velkým množstvím detektorů umístěných na kruhovém oblouku. Probíhá plynulá rotace soustavy kolem vyšetřovaného objektu. Detektory jsou u moderních přístrojů navíc řazeny do více řad (až 300), tzv. multidetektorové přístroje (Multi Detector Computed Tomography – MDCT). Tyto přístroje v současnosti tvoří většinu používaných CT. Další generace 4. a 5. jsou detektory uspořádány stacionárně do úplného prstence, tedy několika prstenců umístěných vedle sebe a kolem pacienta rotuje pouze rentgenka. Pátá generace využívá elektronový svazek a neobsahuje rentgenku, ale elektronové dělo. Tyto dvě generace nejsou příliš rozšířeny neboť nepřinášejí zásadní výhody pro klinickou praxi ve srovnání s konstrukčními řešeními přístrojů třetí generace jako je MDCT (Seidl, 2012, s. 45-46).

2.4.2 Princip CT

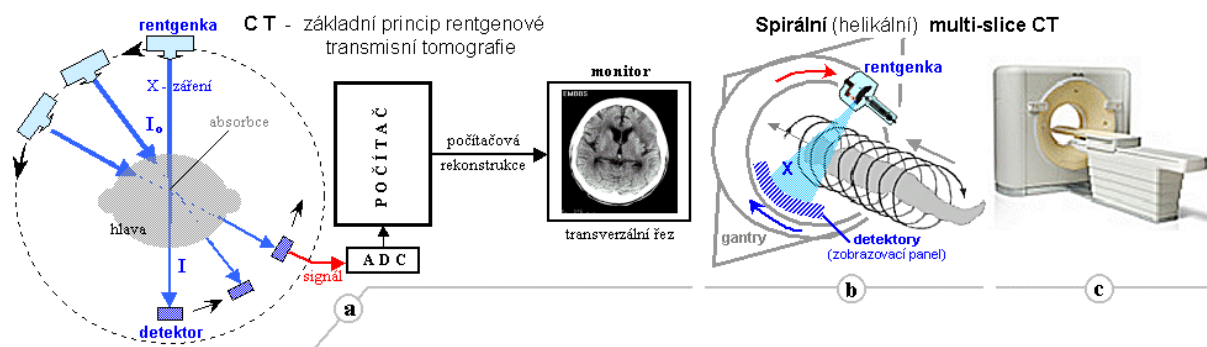
Výpočetní tomografie využívá rozdílné hustoty v tkáních s různým složením a umožňuje matematicky určit intenzitu absorpce záření v hodnotách denzity, která je vyjádřena v Hounsfieldových jednotkách (HU) (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 42).

Při vyšetření CT jsou u ležícího pacienta pořizovány transversální řezy. Pacient leží mezi rentgenkou a detektory, které jsou u většiny CT pevně spojeny. To znamená, že když se změní uložení rentgenky, změní se i uložení detektoru tak, aby jejich geometrický vztah byl vždy stejný. Detektory zjišťují množství záření prošlé vyšetřovaným objektem a cílem detektorů na CT přístroji je zjistit hodnotu absorpce RTG záření v drobných částech lidského těla. (Chudáček, 1993, s. 411)

2.4.3 Konstrukce CT

Výpočetní tomograf se skládá z několika částí. Z vyšetřovacího stolu, který lze zdvihát, posouvat a jeho posun lze naprogramovat. Další částí je portál (gantry), který slouží jako skříň. Obsahuje rentgenku, detektory a celý mechanismus, po kterém se rentgenka a detektory pohybují kolem pacienta. Uprostřed gantry je kruhový otvor, kde je uložen vyšetřovací stůl, na kterém leží vyšetřovaný pacient. Portál lze z vertikální polohy sklonit až o 25° směrem na obě strany. Hlavní součástí gantry jsou přesně kalibrované detektory, tak aby odpověď všech detektorů na záření X byla stejnoměrná a vysoce výkonná rentgenka s rotační anodou, která má ohnisko 1 mm a výkon minimálně 72 kW. Dalšími součástmi jsou vysoce výkonný rentgenový generátor a konzole operátora, kterou radiologický asistent obsluhuje počítač, viz obrázek 4. Rychlost rekonstrukce obrazu v ovládacím softwaru, v rozsahu paměti či v rozsahu matice je různá v závislosti na výrobci. Diagnostická konzole je určena ke studiu obrazu, kde je možno nastavit výše denzit a

lze v této výšce lépe definovat kontrasty, tuto konzoli využívá lékař. Poslední součástí CT je dokumentace a uchování záznamu (Chudáček, 1993, s. 412-414).

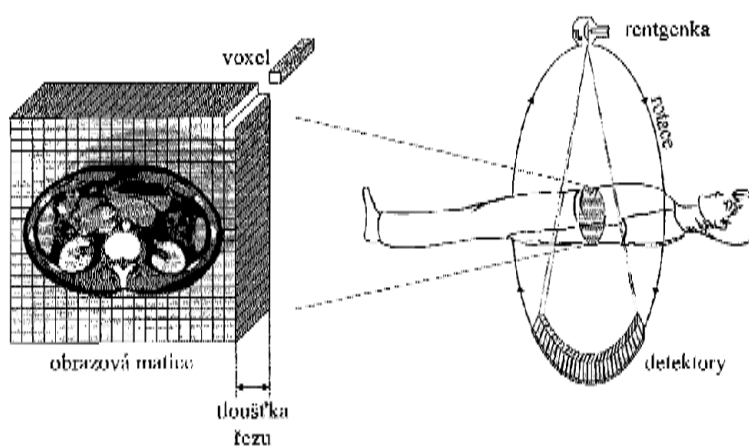


Obrázek 4 - Rentgenová počítačová tomografie CT.

a) Základní principiální schéma CT. b) Princip spirální CT. c) Přístroj 64-slice CT.⁴

2.4.4 Vznik obrazu

Základním principem je denzitometrie, která pomocí detekčního systému měří úbytek záření pohlceným prostředím mezi rentgenkou a detektorem. Při mnohonásobné projekci jsou získána data o pohlceném záření v tkáních, které výpočtem vyhodnotí míru celkového zeslabení záření v jednotlivých bodech prostoru. Vytvoří se matice bodů, které nazýváme pixely. Ve skutečnosti tyto body mají tvar hranolů, jejich výška je dána kolimací, a nazýváme je voxely. Celé zobrazení v jednom řezu je tedy dáno čtyřrozměrnou maticí, která má osy X, Y, Z (šířka kolimace) a čtvrtým rozměrem je denzita, tedy míra zeslabení v daném bodě prostoru, jak je znázorněno na obrázku 5 (Ferda, Novák a Kreuzberg, 2002, s. 13).



Obrázek 5 – Schematické znázornění výpočetní tomografie⁵

⁴ ULLMANN, Vojtěch. [ONLINE]. [CIT. 20.4.2019]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/strana2.htm>.

2.4.5 Stupnice denzity

Stupnice, podle které je definována denzita v prostoru, je nazvána podle konstruktéra první výpočetního tomografu – Hounsfieldova stupnice, jejíž jednotku nazýváme Hounsfieldova jednotka (Hounsfield unit – HU). Jde o úsečku, která je rozdělena na 4096 stupňů a má definované dva základní body – 1000 HU pro hodnotu denzity vzduchu a numerický střed 0 HU pro denzitu vody. Denzita jednotlivých tkání se pohybuje v rozpětí intervalu – 1000 HU až + 3096 HU, přičemž hodnoty + 3096 HU dosahují neřaděné kontrastní látky a kovy. Příklady denzity jsou uvedeny v tabulce 1 (Ferda, Novák a Kreuzberg, 2002, s. 13).

Tabulka 1 – Denzity některých struktur a tkání (Vomáčka, Nekula and Kozák, 2012)

Kost, kalcifikace	>85 HU	Nekrózy	19 – 25 HU
Tuk	-40 až -120 HU	Cysta	1 - 15 HU
Sražená krev	65-85 HU	Krev v aortě	31 – 45 HU
Tekutiny (likvor, moč, žluč)	0-15 HU	Plyn	- 1 000 HU
Vzdušná plíce	-800 až -900 HU	kov	1000 – 3000 HU
Měkké tkáně, parenchymové útvary	25-70 HU	Lipom	-40 až -120 HU
Absces	25 HU	Metastázy	25 – 50 HU
Čerstvý hematom	65 -85 HU	Starý hematom	18 – 40 HU

2.4.5.1 Podinterval Hounsfieldovy stupnice

Rozdíly v denzitě jednotlivých bodů se vizualizují pomocí stupňů šedi, protože zobrazení celého intervalu nezobrazuje kvalitně jednotlivé struktury lidského těla, používají se okénka (window). Je zvolen určitý podinterval Hounsfieldovy stupnice a tomu přidělena celá stupnice šedi. Takto je možno zviditelnit rozhraní struktur, které se denzitou liší i jen mírně. Základními okénky jsou plicní (pro plicní parenchym a plyn), měkkotkáňové (pro mediastinum, břišní dutinu a měkké tkáně), spinální (pro páteřní kanál), kostní (pro kostní struktury, kovy a kalcifikace) a mozkové. Pro správné hodnocení vyšetřované tkáně je nutné zvolit vhodné okénko (Ferda, Novák a Kreuzberg, 2002, s. 13).

⁵ Hušák, V. a kol. Radiační ochrana pro radiologické asistenty. 1. vydání. 2009. ISBN: 978-44-2350-0.

2.4.6 Artefakty projekčně-rekonstrukčního zobrazení

Artefakty jsou obecně jakýkoliv nežádoucí obraz na výsledném snímku. Artefakty jsou škodlivé, protože mohou ztížit nebo znemožnit viditelnost anatomických, patologických nebo jiných informací o pacientovi. Snižují celkovou kvalitu výsledného obrazu. Existuje několik metod, jak rozdělit artefakty. Obecně je můžeme rozdělit na několik skupin. Artefakty, které se zakládají na fyzikálních jevech, mezi ně patří například utvrzování svazku RTG záření nebo kvantový šum. Další příčinou artefaktů může být vadná konstrukce skeneru, kdy dojde k odchylce od konstantní citlivosti detektorů a vlastností detekčních kanálů. Hlavními artefakty jsou přítomnost kovové části v zorném poli a pohyb během sběru obrazových dat (pohyb pacienta, dýchání, srdeční činnost). Radiologický asistent musí provést přesné nastavení CT, dostatečně poučít pacienta o průběhu vyšetření a dbát na odstraňování oblečení nebo předmětů, které by mohly překážet viditelnosti v anatomické oblasti zájmu (Drastich, 2004, s. 66-68).

2.5 Parametry vyšetřovacího protokolu

Parametry vyšetřovacího protokolu jsou rozděleny na primární, sekundární, podání kontrastní látky a postprocessing. Primárními parametry je ovlivněno načtení hrubých dat, které zásadním způsobem ovlivní kvalitu později rekonstruovaného obrazu. Jako první hodnoty se nastavují expozice (v jednotkách mAs), rychlost posunu stolu a kolimace, kterou volíme s ohledem na rozměry vyšetřované struktury, protože kolimace udává přímo šíři zobrazované vrstvy. Nastavením rotační periody určujeme dobu, při níž jsou pořízena data pro jediný axiální obraz, za kterou se systém rentgenky a detektorová soustava otočí o 360°. Sekundární parametry jsou obrazové a ovlivňují kvalitu zobrazení pomocí zadání způsobu rekonstrukce hrubých dat. Matrix udává počet bodů matice, kterou tvoří axiální obraz. Při rekonstrukci obrazu je primární matice převedena na tzv. přepočítávanou matrix a v současné době jsou používány přepočítávané matrix od 340×340 až po 1024×1024 bodů. Za použití jemnější matrix a optimální expozice má axiální obraz větší geometrickou přesnost. Důležité je správné zvolení velikosti zobrazovacího pole, tedy prostoru pro sběr dat. Takto je možno optimalizovat prostorového rozlišení, protože zvolení příliš velkého scanovaného prostoru má za následek snížení rozlišovací schopnosti. Další část sekundárních parametrů je rekonstrukční algoritmus (kernel), který zvýrazňuje přechod denzit. Při překrývání vrstev neboli rekonstrukční incrementu dochází k rekonstrukci celé matice dat z vyšetřovaného objemu počítačem do jednotlivých obrazů. Doporučené překrývání pro zhotovení kvalitních zobrazení je kolem 50%. Třetím parametrem je podání kontrastní látky. Důvodem podání kontrastní látky je zvýraznění kontrastu jednotlivých tkání, protože nativně se denzita měkkých tkání liší jen málo, což znesnadňuje rozlišení těchto tkání na výsledném snímku.

Pro vyšetření je základem nitrožilní podání a perorální podání kontrastní látky (Ferda, Novák a Kreuzberg, 2002, s. 15-18).

Postprocessing se zabývá volbou okénka. Obraz, v němž by byl stupni šedi pokryt celý interval Hounsfieldovy stupnice, by neposkytl dostatečný kontrast jednotlivých tkání, proto je nutné z celé stupnice zahrnout do zobrazení pouze vybraný interval denzity. Tento proces se nazývá výběr okénka a je prvním předpokladem správnosti vyhodnocení vyšetření. Dále se zabývá rekonstrukcemi, kterými jsou například multiplanární rekonstrukce, trojrozměrné rekonstrukce, povrchové rekonstrukce, VRT, MIP a MinIP (Ferda, Novák a Kreuzberg, 2002, s. 24-26).

2.6 Multidetektorová výpočetní tomografie (MDCT)

Jde o způsob akvizice dat, kdy jsou zároveň získávány datové stopy. Tato metoda využívá rotačního pohybu rentgenky a detektorů kolem pacienta. Tímto způsobem jsou získávány hodnoty absorpce RTG záření v jednotlivých obrazových elementech. Je možné přístroje rozdělit na několik základních typů. Nejobvyklejší typ je CT vybaven jednou rentgenkou a řadou detektorů, které současně mohou získat datovou stopu v rozmezí 4 – 128 datových stop. Novější přístroje jsou dvouzdrojové, kde je současně v portálu nainstalovány dvě rentgenky a dvě detektorové soustavy v úhlu 90°. Detektorové soustavy jsou založeny na principu matice, kdy všechny elementy mají stejnou velikost a sdružováním lze měnit počet nebo šíři datové stopy. Tento koncept dovoluje sekvenční snímkovací technikou získat data pro zobrazení dynamických dějů (Ferda, , Novák a Kreuzberg 2009, s. 14-15).

2.7 Provedení vyšetření

Před plánovaným CT vyšetřením s podáním jodové KL je pacient nejméně 6 hodin nalačno. Je nezbytné znát anamnézu vyšetřovaného, především informace o závažných onemocněních, alergiích a renálních funkcích. Při vyšetření pacienta s alergií na KL je potřeba podat premedikaci, kterou určil lékař. Před vyšetřením musí pacient vyplnit a podepsat informovaný souhlas o provedení vyšetření. Při podání KL intravenózně je potřeba zabezpečit vhodný nitrožilní přístup. Pacient je uložen na vyšetřovací stůl a srovnán do polohy, kdy vyšetřované orgány jsou pokud možno ve středu a kolmo na rovinu gantry. Vyšetřovanou oblast fixujeme, obzvláště při vyšetřování oblasti hlavy a mozku (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 44).

Vyšetření je zahájeno zhotovením topogramů (plánovacích skenů) vyšetřované oblasti. Je třeba zvolit optimální rozsah vyšetření tak, aby nadbytečné vyšetřované části pacienta nezvyšovaly zbytečně expoziční dávku. Radiologický asistent dále nastavuje řadu akvizičních dat, jako jsou expozice, kolimace, rychlost posunu stolu nebo rychlost otáčky rotoru gantry o 360°. Získaná

hrubá data jsou následně použita ke tvorbě rekonstrukčních obrazů, přičemž rekonstrukční parametry určují kvalitu obrazů. Zhotovené obrazy včetně rekonstrukcí jsou odesílány do digitálního archivu systému PACS (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 44).

Po dokončení vyšetření a odchodu pacienta je stále možné doplnit další obrazy na konzoli CT přístroje nebo na pracovní stanici, které bývají část součásti přístroje. Pracovní stanice mají složitější softwarové vybavení, aby byly schopné zpracování na 3D nebo 4D obrazy, které mohou být základem vyšetřovacího postupu nebo jen doplněním základního vyšetření vyžádaného traumatologem nebo chirurgem. Takovéto obrazy často zpracovává a kompletuje lékař radiolog nebo kvalifikovaný specialista, jakým je radiologický asistent (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 44-45).

2.7.1 Bolus tracking a bolus timing

Základem naprosté většině vyšetření je kvalitní podání kontrastní látky. Při vyšetření je nutné optimalizovat zpoždění podání KL. Rychlost vyšetření částečně umožňuje zmenšení objemu podávané kontrastní látky. Je nezbytné respektovat nutnost vysycení určitého objemu distribučního prostoru a rozdílný srdeční výdej. Po dosažení požadované denzity ve zvolené cévě přístroj sám začne zvolené vyšetření. Je vhodné používat metodu bolus tracking, která je vhodná u vyšetření kardiovaskulárního aparátu, ale i vyšetření břicha. Při nedostatečném nasycení břišních orgánů je třeba provést bezprostředně další fázi zobrazení. Rychlost vyšetření dovoluje zobrazit odděleně čistou arteriální fázi od smíšené arteriovenózní fáze a převažující venózní fáze. Kontrastní látku je zapotřebí podávat přetlakovým injektorem, který je synchronizovaný s CT protokolem. (Ferda, Novák and Kreuzberg, 2002, s. 27).

Bolus timing se sleduje v jediném místě po podání menšího bolu KL, zpravidla 10 – 20 ml. Z vývoje denzity ve zvolené a následně vyšetřené cévy se určí maximální opacita, a tak se určí předstih podání kontrastní látky. Tento postup nezaručuje, že ve stanoveném čase po podání KL přetlakovým injektorem bude náplň ve vyšetřované cévě optimální, protože organismus reaguje na podání většího množství jinak než na podání bolu 10 – 20 ml. U některých pacientů není někdy možné vůbec nebo velice obtížné určit cirkulační čas, proto je předstih třeba volit podle zkušeností vyšetřujícího (Ferda, Novák and Kreuzberg, 2002, s. 20)

2.7.2 EKG trigerung a gating

Speciálním vyšetřovacím postupem je CT se synchronizací s EKG trigerungem a gatingem. Metodika trigerungu se řadí mezi primární skenovací parametry. Je používána expozice, která je vždy spuštěna v okamžik odeznění vlny T potenciálu EKG. Následně jsou načtena data v době

relativního klidu srdeční stěny a expozice je vypnuta s nástupem vlny P. Metoda gating v sobě spojuje prvky primárního skenovacího parametru a sekundárního rekonstrukčního parametru. Princip spočívá v současné akvizici dat detektorovou soustavou a EKG potenciálu. Pomocí zpětné interpolace je možné selektovat data v různých fázích srdečního cyklu. Takto je možné rekonstruovat dynamický pohyb srdce a srdečních struktur (Ferda, Novák and Kreuzberg, 2002, s. 27).

2.7.3 Postprocessing

Postprocessing začíná výběrem vhodného okénka podle druhu vyšetření. Radiologický asistent nastavuje okénkem kontrast a jas, tak aby bylo zobrazení vnitřních struktur ideální, aby bylo možné rozpoznat jednotlivé struktury od sebe. Následně jsou spuštěny multiplanární rekonstrukce, u kterých je ideální překrývání o 50%. Dále je možné zhotovit trojrozměrné rekonstrukce (3D), které se hlavně používají při vyšetření skeletu, zejména páteře a pánve včetně kyčelních kloubů a dále při zobrazování cévních systémů. Důvodem je jednak nutnost přehledného zobrazení anatomického uspořádání vyšetřovaného řečiště, ale také je velkým přínosem pro orientaci chirurga na operačním sále. Názorné je i zobrazení skeletu, především u geometricky komplikovaných zlomenin (Ferda, Novák and Kreuzberg, 2002, s. 25-26)

2.8 Kontrastní látky

Kontrast obrazu je závislý na rozdílech absorpce RTG záření v jednotlivých tkáních, protože jsou tyto rozdíly někdy tak malé, že je nelze detekovat. Můžeme zvýšit rozdíly v absorpci pomocí kontrastních látek (KL). Podávání těchto látek je možné několika způsoby – per rektum, per os a nejčastějším způsobem přímo do cévního systému. KL můžeme rozdělit na pozitivní a negativní, které se dále dělí na:

- Pozitivní kontrastní látky se dělí na:

Baryové kontrastní látky, které mají základní složkou tvořící síran barnatý (BaSO_4). Používá se proto, že tato sloučenina barya není toxická a rozpouští se ve vodě. Baryové KL jsou používané, jelikož nemají prakticky žádné vedlejší reakce, ale nesmí se dostat mimo trávicí trubici. Proto u pacientů s podezřením na perforaci nebo uzávěr trávicího traktu, jsou indikovány KL jodové. Při CT vyšetření nejsou baryové KL používány pro svou velmi vysokou denzitu, která vede k tvorbě artefaktů.

Jodové kontrastní látky se dělí na pevné, olejové a rozpustné ve vodě (hydrosolubilní). Z chemického hlediska se jedná o organickou sloučeninu – benzenové jádro s vazbami na tři

atomy jodu. Nejpoužívanějšími jsou vodné jodové KL, ale mají určitá rizika vedlejších reakcí. Tyto látky jsou nejčastěji pacientovi vpravovány nitrožilním způsobem. Před aplikací KL pacientovi je vždy přítomen lékař a je nutné odebrat alergologickou anamnézu, zajistit žilní vstup a po vyšetření poučit pacienta o dostatečné hydrataci, abychom snížili riziko alergické reakce na jodovou kontrastní látku. U rizikových pacientů jako jsou pacienti s onemocněním astma bronchiale, diabetes mellitus, s poruchou funkce ledvin nebo alergií se používá speciální premedikace, kterou je nejčastěji lék Prednison.

Negativní kontrastní látky jsou nejčastěji podány společně s pozitivní KL. Tato metoda se především používá u vyšetření gastrointestinálního traktu. U tohoto postupu pak aplikujeme negativní KL, kterou je plyn nebo různé roztoky s minimální absorpcí RTG záření. Těmito roztoky jsou velmi často Manitol či Sorbitol. Mezi negativní KL také zařazujeme oxid uhličitý (CO₂), oxid dusnatý (N₂O₂), vzduch a některé vzácné plyny.

(Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 67-70)

2.9 Radiační ochrana

Absorbování RTG záření má negativní účinky na živou hmotu. Nejcitlivější na záření jsou dělicí se buňky, které mohou být na buněčné úrovni poškozeny především díky molekulám DNA. Biologické účinky RTG záření dělíme na deterministické a stochastické. Deterministické účinky se projeví až v případech, kdy dávka v tkáni či orgánu překročí určitou hodnotu, jejich závažnost vzrůstá s dávkou. Akutní nemoc z ozáření, katarakta nebo radiační dermatitida jsou typickými příklady pro deterministické účinky. Se stochastickými účinky se můžeme setkat v nukleární medicíně či radiodiagnostice. Mohou být příčinou bezprahových pozdních účinků a mezi tyto účinky patří případné genetické změny a vznik nádorů. Cílem radiační ochrany je omezit vznik stochastických účinků na minimální úroveň a zamezit vzniku deterministických účinků. Ochrana je nezbytná pro pacienta i pro personál, proto je nutné, aby pro personál nebyl s pacientem na vyšetřovně v průběhu expozice. Dalšími pravidly jsou optimalizovat nastavení přístroje, pečlivé provedení projekcí a limitovat počet opakovaných vyšetření (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 14).

2.9.1 Dozimetrie

Celková absorbovaná dávka je především závislá na hodnotě proudu a hodnotě napětí použité k expozici, dále na době jedné rotace, kolimace a počtu rotací detekční soustavy. Dávka je distribuována lehce nerovnoměrně v ozářené ploše a běžné CT vyšetření zatěžuje pacienta

přibližně dvacetinásobkem dávky než u skiografie, viz příklady v tabulce 2 (Ferda, Novák a Kreuzberg, 2002, s. 13).

Tabulka 2 – srovnání průměrných efektivních dávek záření (Vomáčka, Nekula and Kozák, 2012)

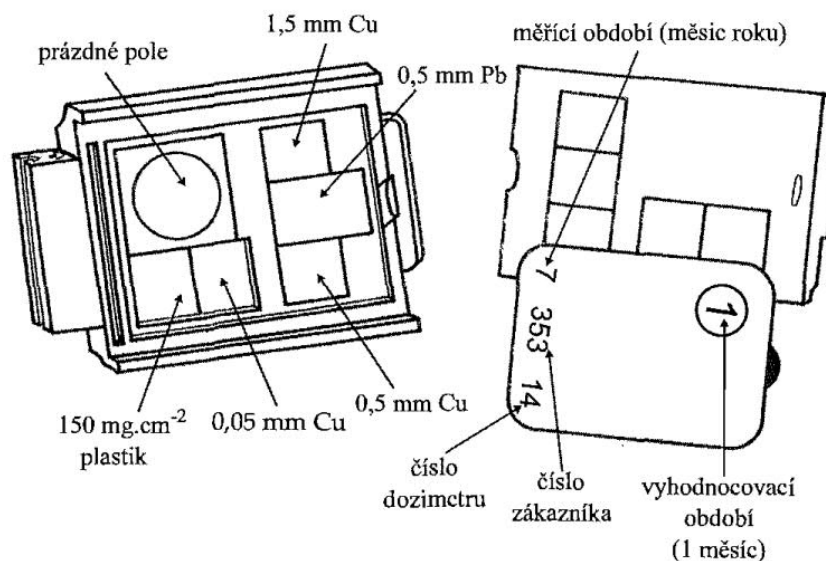
Běžné dávky záření	
Vyšetření (zdroj)	Běžná efektivita dávky (mSv)
Přírodní pozadí	Průměrně 2,2 mSv/rok
Snímek hrudníku	0,02 mSv
Snímek lebky	0,07 mSv
Sníme břicha	1 mSv
Snímek bederní páteře (2 projekce)	2,4 mSv
CT hlavy (mozku)	2,3 mSv
CT hrudníku nebo břicha	8 – 10 mSv
skioskopie	1 – 10 mSv/minutu

2.9.1.1 Radiační ochrana v radiodiagnostice

Ochrana před ionizujícím zářením se týká jak pacientů, tak i zdravotnického personálu, která vychází z platné legislativy a je pod dozorem SÚJB (Státního úřadu jaderné bezpečnosti) a SÚRO (Státního ústavu radiační ochrany) (Seidl, 2012, s. 92).

Při zajišťování radiační ochrany se obecně používají tři základní principy, kterými jsou princip odůvodnění, princip optimalizace a princip limitování. Princip odůvodnění říká, že při činnosti vedoucí k ozáření ionizujícím zářením musí být zajištěno, aby ozáření mělo přínos, který pokud možno vyvažuje nebo ideálně převažuje rizika, která při této činnosti vznikají. Princip optimalizace je založen na dodržování radiační ochrany při činnostech doprovázených ionizačním ozářením. Riziko škodlivých účinků musí být optimálně nízké, tak jak jej lze dosáhnout z hlediska technických a ekonomických hledisek. Tento princip se někdy označuje zkratkou ALARA („As Low As Reasonably Achievable“). Posledním z těchto principů limitování, který uvádí, že je třeba omezovat ozáření osob tak, aby celková radiační dávka za určité časové období nepřesahovala stanovené limity (Ullmann, 2009, s. 157).

RTG záření ubývá se čtvercem vzdálenosti a při průchodu primárního záření hmotou vzniká záření sekundární, které se šíří všemi směry, proto RA není přítomen ve vyšetřovně v době vyšetření a mezi vyšetřovnou a ovladovnou má zavřené dveře. Musí stále nosit dozimetr, pravidelně ho odevzdávat ke kontrolám a pravidelně podrobovat lékařským prohlídkám (Chudáček, 1993, s. 140).



Obrázek 6 – Filmový dozimetr pro měření osobních dávek⁶

2.10 Technické zabezpečení pracoviště s RTG zářením

Všechny zdravotnické prostředky používané na RDG pracovištích musí splňovat požadavky, které jsou na ně kladeny platnými právními předpisy, a to především zákonem č. 268/2014 Sb., o zdravotnických prostředcích. Parametry, vlastnosti a skutečnosti důležité z hlediska radiační ochrany u RTG zařízení a zobrazovacích řetězců jsou ověřovány přijímacími zkouškami, zkouškami dlouhodobé stability a zkouškami provozní stálosti podle §§ 70, 71 a 72 vyhlášky č. 307/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Výsledky zkoušek musí být v souladu se stanovenými požadavky a tolerancemi. Případné nedostatky ve výsledcích přijímacích zkoušek a zkoušek dlouhodobé stability jsou posuzovány radiologickými fyziky, kteří rozhodují o možnosti a rozsahu používání zařízení (Kolektiv autorů, 2015, s. 35-37).

2.11 PACS

PACS (Picture Archiving and Communication System) je v překladu do češtiny obrazový, archivační a komunikační systém. Digitalizace zobrazovacích metod je dnes součástí modernizace všech pracovišť zobrazovacích metod. Jde o integrační zdravotnický systém související s digitalizací, popřípadě telemedicínu, umožňující komunikaci mezi lékaři na různých odděleních, klinikách či vzájemně mezi zdravotnickými zařízeními. Vyšetření jsou archivována a současně dále přenášena i na různá oddělení nemocnice. Standardní formát pro zobrazení a distribuci medicínských obrazů je DICOM (Digital Imaging and Communications in

⁶ Hušák, V. a kol. Radiační ochrana pro radiologické asistenty. 1. vydání. 2009. ISBN: 978-44-2350-0.

Medicine). Tento formát obsahuje hlavičku, kde jsou informace o pacientovi, druhu snímku, hodnoty jasu a kontrastu, hodnoty radiační dávky a podobně. Touto databází se snižuje radiační zatížení pacientů díky snížení počtu opakovaných vyšetření, zlepšuje diagnostika vzhledem k jednoduché dohledatelnosti starších vyšetření a zrychluje rozhodovací proces v urgentní medicíně a při operacích (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 65-66)

2.12 Polytrauma

Polytrauma je definováno jako život ohrožující stav, ke kterému dojde při současném poranění alespoň dvou tělesných systémů, kdy postižení alespoň jednoho z nich nebo jejich kombinace ohrožují bezprostředně základní životní funkce, jako je dýchání, vědomí, krevní oběh a činnost CNS. Nejčastější příčinou polytraumatu jsou autonehody, adrenalinové sporty a úrazy s častým průkazem požití alkoholu a omamných látek (Drábková, 2002, s. 39).

Těžká traumata jsou trvale na prvním místě úmrtnosti ve věku 1-45 let. V době míru ve vyspělých zemích patří mezi příčiny především životní styl, přičemž ve 40% jde o dopravní nehody a přibližně 50% z těchto nehod má svou původní příčinu v požití alkoholu. Další příčiny jsou adrenalinové sporty, katastrofy způsobené člověkem i přírodou a stoupá počet násilných činů vůči jednotlivcům i skupinám osob (Drábková, 2002, s. 17).

2.12.1 Rozdělení z orgánového pohledu a nejčastějšího poranění

- Hlava – komoce a kontuze mozku, nitrolební krvácení, poranění obličejového skeletu, zlomenina lebky a další mozkolebeční poranění
- Hrudník – kontuze plic, pneumotorax, zlomeniny žeber, zlomenina sternu a lopatky, kontuze srdce, ruptura aorty, tamponáda perikardu a dalších nitrohrudních orgánů
- Břicho – poranění pankreatu, ledvin, jater, sleziny, vývodných močových cest a další retroperitoneálních orgánů
- Pohybový aparát – vykloubení a zlomeniny, poranění páteře a míchy, poranění v oblasti pánve, poranění končetin a dalších částí pohybového systému

(Drábková, 2002, s. 121-170)

2.12.2 Úrazové mechanismy polytraumat

Mechanismus vzniku poranění je podstatný pro předpoklad klinického vývoje, prognózu, je určující i pro diagnostickou a léčebnou strategii. Pády a skoky z výše jsou z hlediska polytraumatu vnímány za rizikové již při pádu z výše 3-4 metrů. Pro pády s vysokým rizikem smrtelného traumatu na místě je uváděna výše přibližně 10 m a výše. Doplnujícími faktory jsou

kondice zraněného před pádem, držení těla v průběhu pádu, vliv alkoholu a návykových látek (Drábková, 2002, s. 19-27).

Dopravní nehody jsou častým mechanismem vzniku polytraumatu, ke kterému dochází ve vysoké rychlosti a náhlé změně směru pohybu dopravního prostředku a zachování směru pohybu lidského těla. Pro lepší diagnostiku je důležité znát údaje o rychlosti vozu, zda došlo k převrácení vozu, o použitých nebo nepoužitých bezpečnostních prvcích (druh bezpečnostních pásů, airbagy, opěrka hlavy, helma, ochranné oblečení atd.). Vysoké riziko představují motocykly a řidiči. Riziko těžkého traumatu se zvětšuje při nepoužití bezpečnostních prvků (Drábková, 2002, s. 27-33)

Mezi sporty s vysokým rizikem vzniku polytraumatu patří ty, při kterých hrozí pád z výše. Můžeme do této kategorie zařadit lety malými letadly, rogalem, na padáku, dále horolezectví, lezectví, skoky do vody z velké výše, skoky na pružném laně a terénní jízdy. Často postihuje osoby, které nejsou dostatečně zaškolené, nejsou zvyklé tělesné námaze nebo jsou bez patřičné svalové kondice a pohybových stereotypů (Drábková, 2002, s. 33).

Panika je specifický fenomén akutní bezohledné davové psychózy, kdy vznikne pocit ohrožení života z poměrně uzavřeného prostředí s omezenou možností úniku. Mechanismus vzniku polytraumatu při panice davu bývají často skoky z výše, pošlapání osoby na schodech nebo u úzkých východů, natlačení na tvrdou překážku apod. (Drábková, 2002, s. 33).

2.12.3 Závažnost a načasování u polytraumat

Složky zdravotnické záchranné služby zahajují přednemocniční péči po příjezdu k pacientovi s poraněním. Mezi jejich úkoly patří příjezd k pacientovi v co nejkratší době, rychlé rozhodnutí o závažnosti a prioritách a nejnnutnější stabilizace základních životních funkcí. Diagnostický postup z hlediska základních životních funkcí probíhá současně s léčbou jejich nedostatečnosti. Dále je při přednemocniční péči důležité podat informace zdravotnickému zařízení nejen o polytraumatu, životních funkcí a případné krevní ztrátě, ale i úrazovém mechanismu, chronických a přidružených onemocnění a výsledcích provedených vyšetřeních. Je důležité po prvotním zajištění základních životních funkcí a neodkladném ošetření zajistit co nejdříve a co nejrychleji šetrný transport zraněné osoby do zdravotnického zařízení. Během transportu je potřeba pokračovat v úkonech zajišťující životní funkce, jako jsou umělé dýchání, podpora krevního oběhu, potlačení bolesti a imobilizace (Drábková, 2002, s. 39-49).

Pacient s polytraumatem je převezen a přijat do zdravotnického zařízení a následně dochází k zajištění základních životních funkcí, zhodnocení závažnosti poranění, odhadu krevních ztrát,

operačním výkonům a celkové stabilizaci pacienta. Tato péče je rozdělena podle závažnosti a časové naléhavosti. V první fázi jsou prováděny urgentní operační výkony zachraňující život. Další postup zahrnuje zobrazovací metody, často s použitím RTG přístrojů. Transport pacienta k vyšetření se minimalizuje a maximum snímků se pořizuje u lůžka pojízdným RTG přístrojem. Při přesunu stabilizovaného pacienta k vyšetření na CT nebo MR je přítomen anesteziologický tým, který dohlíží na životní funkce pomocí monitorovací techniky, popřípadě doplněnou o umělou plicní ventilaci. Následně jsou provedeny odložené výkony, stabilizace zlomenin a kontrolní diagnostická vyšetření. V poslední fázi dochází k rekonvalescenci a rehabilitaci (Drábková, 2002, s. 62-63).

2.13 Příprava před vyšetřením

K provedení vyšetření je potřeba vystavení žádanky indikujícím lékařem, který svým podpisem schvaluje provedení vyšetření. Radiologický asistent následně provede praktickou část vyšetření.

Před samotným vyšetřením je důležité provést:

- identifikaci pacienta (jméno, příjmení, rodné číslo, kód zdravotní pojišťovny)
- ověření indikace a oblasti požadovaného vyšetření
- získat informovaný souhlas pacienta nebo zákonného zástupce s vyšetřením s využitím ionizujícího záření, v případě urgentního výkonu (pacient je v bezvědomí, trauma, polytrauma) může být vyšetření provedeno bez souhlasu pacienta
- zjištění anamnézy a informací, které by mohli ovlivnit provedení vyšetření
- přípravu pacienta - sejmutí oděvu a kovových předmětů z vyšetřované oblasti
- pokud je pacient schopný vnímat je třeba ho poučit jak se chovat v době expozice
- premedikace, stabilizace životních funkcí a jejich monitoring během vyšetření (provádí lékař)
- přesun pacienta na vyšetřovací stůl výpočetní tomografie a fixace vyšetřované oblasti

(Seidl, 2012, s. 355)

Speciální vyšetřením je snímkování polytraumatizovaného pacienta. Pacient je přivezen na lůžku z urgentního příjmu, přičemž ho doprovází trauma tým. Pacient má připevněné elektrody, které jsou připojeny k EKG monitoru, aby mohl lékař sledovat životní funkce. Dále může mít kyslíkovou masku nebo být inkubován a má u sebe kyslíkovou bombu. Na paži bývá připevněna manžeta od tonometru pro měření krevního tlaku a oxymetr pro měření kyslíkové saturace. Pacient má zaveden žilní vstup nebo centrální žilní katetr. Základním požadavkem je, aby jakýkoliv převoz proběhl rychle, pod nepřetržitým sledováním a monitorováním lékařem, který

má v případě potřeby k dispozici vybavení k resuscitaci. Při překladačném vyšetřování na vyšetřovací stůl je nutno respektovat imobilizační a stabilizační prvky, proto pacient nesmí být překládán ledabyly, násilně nebo s náhlými změnami poloh, ale plynule za dodržení co možná největší stability a plynulosti (Drábková, 2002, s. 217-222).

2.14 Vyšetření na CT

Polytraumatický protokol na CT vychází z vyšetření pacienta prováděného v časové tísni v kombinaci s optimální diagnostickou výtežností. Skládá se z nativního vyšetření mozku, vyšetření krční páteře a kontrastního vyšetření trupu v arteriální a venózní fázi. Konkrétní podoba standardního vyšetřovacího protokolu se liší podle jednotlivých pracovišť. Při vlastním vyšetření je protokol optimalizován tak, aby poskytl dostatečnou diagnostickou odpověď a zároveň nevedl k zbytečné radiační zátěži. Nativní CT vyšetření mozku vyžaduje specializovaný protokol stejně jako vyšetření krční páteře. Vyšetření hrudníku, břicha a pánve se provádí, pokud je to možné, s podáním vodné jodové KL do žilního vstupu zajištěného kanylou. Rekonstrukce lze u moderních přístrojů provádět dodatečně i v jiných rovinách, případně lze doplnit 3D rekonstrukce (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 149).

Po uložení pacienta na vyšetřovací stůl je velmi důležité správně nacentrovat vyšetření. Oblast, která je vyšetřována, musí být uložena v ose, která probíhá kolmo na rovinu gantry středem rotace. Takto je optimalizovaná dávka pro dané zobrazení a také zabezpečené nejlepší geometrické rozlišení. Kvůli aplikaci KL musí mít pacient zajištěn žilní vstup, poté je napojen spojovací hadičkou na přetlakový injektor. Radiologický asistent zvolí vhodný protokol dle indikace lékaře. Po provedení topogramu zvolí rozsah vyšetření. Při zobrazení výpočetní tomografií má mimořádný význam správné nastavení expozice, kolimace, počet datových stop, rychlost posunu stolu a rychlost otáčení rotoru gantry (Ferda, Mírka a Baxa, 2009, s. 16-17).

2.15 Indikace k CT vyšetření

Znalost názvů indikací a na ně navazující vyšetření je základní prací radiologického asistenta. Od základních vyšetřovacích protokolů se odvíjí řada specializovaných protokolů, které jsou odvozeny od diagnózy a od indikace k vyšetření. CT se významně uplatňuje jako vyšetřovací metoda u polytraumat (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 45).

2.15.1 Kontraindikace k CT vyšetření

Těhotenství je velmi významnou, avšak relativní kontraindikací CT vyšetření. CT vyšetření těhotných žen musí být vždy posouzeno radiologem nebo jiným lékařem s příslušnou specializovanou způsobilostí, a to se zřetelem na vhodnost indikace k ozáření a na možnost

využití jiných metod než těch, které využívají RTG záření (např. magnetická rezonance, vyšetření ultrazvukem). U těhotných lze provést v případě ohrožení života nativní vyšetření (bez KL) (Kolektiv autorů, 2015, s. 46).

U dětských pacientů musí být indikace k vyšetření vždy velmi důsledně zvažována lékařem. Získané informace z vyšetření musí jednoznačně převýšit rizika spojená s použitím ionizujícího záření. Pokud je nezbytně nutné využít metodu používající rentgenové záření, je třeba co nejvíce snížit dávku. Ovšem nikdy ne na úkor snížené diagnostické výpovědi, která by mohla zapříčinit opakování vyšetření. Při CT vyšetření nastavujeme nižší kV a mAs, vyšší kolimace, nižší periodu rotace než u běžného vyšetření, ale vše za předpokladu, že bude dosaženo dostatečné kvality obrazu. K fixaci dětí používáme fixační pomůcky a často je nutné provádět vyšetření v analgosedaci nebo celkové anestezii. Pokud je to možné, volíme diagnostické metody, které nejsou spojeny s radiační zátěží (ultrasonografické vyšetření, MR) (Seidl, 2012, s. 73).

Vyšetření za použití kontrastní látky nesmí být provedeno u pacientů, u kterých je známa alergická reakce na jodové kontrastní látky. Ve výjimečných případech může být vyšetření provedeno, pokud je nutno provést vyšetření pro záchranu života pacienta a za mimořádných opatření specifických pro daný případ (rozšířená antialergická příprava, asistence anesteziologa, zajištění hemodialýzy atd.) (Kolektiv autorů, 2015, s. 47).

Závažnými kontraindikacemi k i.v. podání kontrastních látek mohou být alergické reakce na jodovou KL, při které může dojít až k anafylaktické šoku. KL mohou mít nefrotoxické účinky a způsobit akutní nedostatečnost ledvin (Ferda, Novák and Kreuzberg, 2002, s. 18-19).

3 PRAKTICKÁ ČÁST

3.1 Úvod do praktické části

Traumatická zranění jsou v Evropě jednou z hlavních příčin úmrtí lidí mladších 45 let a hlavní příčinou úmrtnosti, nemocnosti a trvalého postižení. Výpočetní tomografie má ve vyšetřovacím procesu polytraumatu zcela zásadní význam. Jejimi hlavními přednostmi je vysoká rychlost vyšetření a schopnost poskytnout odpověď na klinické otázky významné pro zachování základních životních funkcí pacienta. Navíc, přes řadu relativních kontraindikací, tato zobrazovací metoda nemá žádnou absolutní kontraindikaci a vyšetření z vitální indikace tedy lze poskytnout prakticky každému hemodynamicky stabilnímu pacientovi. Vyšetření se provádí u pacienta neodkladně do jedné hodiny od přijetí do nemocnice. Výpočetní tomografie celého těla (whole-body CT, WBCT) se provádí v rozsahu od vrcholu lebky po spodní okraj pánve.

Prostředkem k vypracování je teoretický průzkum neboli rešerže. Výzkumné otázky zní: Jaké CT protokoly jsou nejčastěji v současnosti používané při vyšetření polytraumatu a kolik mají fází? Jaké se používá zpoždění při podání kontrastní látky?

V následující podkapitole jsou uvedeny CT protokoly používané při vyšetření polytraumatu a popsány jejich rozdíly a jaké je nastaveno zpoždění CT scanu při podání kontrastní látky. K tomu bylo využito několik zdrojů – odborných článků. Články byly vyhledány přes portál PubMed (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>). Ve vyhledávání byla použita tato klíčová slova: polytrauma, trauma, protocol, whole body, CT. Výsledkem vyhledávání bylo 45 článků, dle roku vydání článku tedy vyřazení článku publikovaných před rokem 2016 jich vyhovovalo 18. Dalších 10 článků bylo vyřazeno podle názvu a abstraktů. Další články byly vyloučeny z důvodu, že nebyly veřejnosti přístupné nebo byly zpoplatněny. Zbýlých 8 článků se částečně obsahem podobalo, nebo naopak neobsahovalo potřebné informace. Do literárního přehledu byly vybrány 4 články s potřebnými informacemi.

Vybranými články jsou:

Stefan Ulrich Reske, Rainer Braunschweig, Andreas Wolfgang Reske, Reinhard Loose, Michael Wucherer – Whole-Body CT in Multiple Trauma Patients: Clinically Adapted Usage of Differently Weighted CT Protocols

Wasim Hakim, Raghavendra Kamanahalli, Elizabeth Dick, Nishat Bharwani, Shirley Fetherston, Elika Kashef – Trauma whole-body MDCT: an assessment of image quality in conventional dual-phase and modified biphasic injection

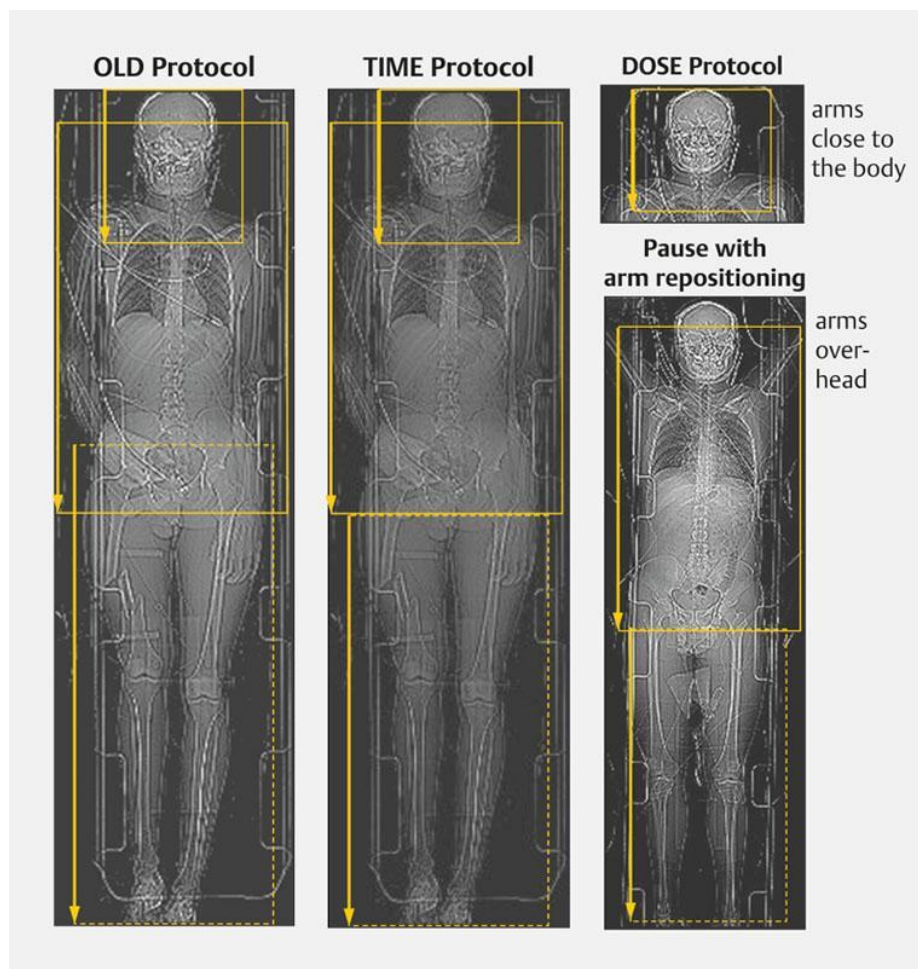
Zlatan Alagic, Andreas Eriksson, Erika Drageryd, Sara Rezaei Motamed, Marius C. Wick – A new low-dose multi-phase trauma CT protocol and its impact on diagnostic assessment and radiation dose in multi-trauma patients

Johannes Kahn, David Kaul, Georg Böning, Roman Rotzinger, Patrick Freyhardt, Philipp Schwabe, Martin H. Maurer, Diane Miriam Renz, Florian Streitparth – Quality and Dose Optimized CT Trauma Protocol – Recommendation from a University Level-I Trauma Center

3.2 CT protokoly používané v současnosti při vyšetření polytraumatu

Ve svém článku Reske S. U. et al porovnává starý protokol s nově zavedenými dvěma protokoly používanými v nemocnici Heinrich-Braun-Klinikum v Německu pro vyšetření polytraumatizovaných pacientů. Tento článek vyhodnocuje 3 odlišné protokoly (viz tabulka 3) celotělového CT, přihlíží k automatické variaci kontroly expozice (old protokol – OP / time protokol – TP) a polohování paže v blízkosti těla (TP / dose protocol – DP). Do článku byly zahrnuty výsledky 308 pacientů. (OP; n = 104), (TP; n = 102), (DP; n = 102). Průměrný čas vyšetření byl 3,9 min (OP; 3,3 - 5,6 min), 4,1 min (TP; 2,8 - 7,2 min) a 7,7 min (DP; 6 - 10 min) pro celotělový protokol CT (od vrcholu lebky po spodní okraj pánve). Všechna vyhodnocená skenování celotělového CT byla získána na jednotce CT Toshiba Aquilion 32® (softwarová verze V3.20GR011, Toshiba Medical Systems Europe, Zoetermeer, Nizozemsko). Všechny tři protokoly hodnocené v této studii používají stejné skenovací sekvence. Po nativním skenu hlavy a krku plánovaném od vrcholu po třetí hrudní obratel, dále následuje sken s podáním kontrastní látky oblasti těla plánované od orbitální střechy po symfýzu. Protokol OLD a TIME měl stejný design protokolu s polohováním paže podél těla a automatizovaným průběhem skenování. Protokol DOSE měl upravený protokol s přestávkou mezi skenováním hlavy / krku a skenováním těla, ve kterém byly paže přemístěny k hlavě, viz obrázek 7. Po přemístění paží bylo nutné provést nový topogram. U všech protokolů byl použit stejný objem kontrastní látky (v článku není uvedeno, jaká kontrastní látka byla použita) 100 ml KL + 20 ml NaCl rychlostí aplikace 3ml/s. Protokol OLD (120 kV) byl naplánován podle celotělového topogamu a spuštění současně CT a injektoru (zpoždění KL 60s.), automatická modulace proudu rentgenky byla nastavena mezi 40 a 440 mA. Ruce byly umístěny podél těla. Protokol TIME (120 kV) byl naplánován podle celotělového topogamu a spuštění současně CT a injektoru (zpoždění KL 60s.), automatická modulace proudu rentgenky byla nastavena mezi 140 a 440 mA. Ruce byly umístěny podél těla. DOSE protokol (120 kV) byl naplánován podle topogamu hlavy a krku a snímkování hlavy a krku proběhlo s rukama podél těla a následně byly přemístěny podél hlavy. Byl proveden nový

topogram a spuštění současně CT a injektoru (zpoždění KL 60s.), automatická modulace proudu rentgenky byla nastavena mezi 140 a 440 mA. (Reske S. U. et al)



Obrázek 7 – Příklady fází celotělového CT⁷

Tabulka 3

Autor článku	Reske S. U. et al		
Přístroj	Toshiba Aquilion 32		
Protokol	OLD	TIME	DOSE
Počet fází	1	1	2
Ruce	Podél těla	Podél těla	Změna polohy
KL (neuveдена)	100ml KL + 20ml NaCl		
Rychlost podání KL	3 ml/s		
Zpoždění	60 s.	60 s.	60 s.
El. napětí	120 kV	120 kV	120 kV
Proud	40 – 440 mA	140 – 440 mA	140 – 440 mA

⁷ Stefan Ulrich Reske, Rainer Braunschweig, Andreas Wolfgang Reske, Reinhard Loose, Michael Wucherer – Whole-Body CT in Multiple Trauma Patients: Clinically Adapted Usage of Differently Weighted CT Protocols

Hakim W. et al. porovnáva v článku dva protokoly používané při WBCT užívaného při polytraumatu. Analýza kvality diagnostického obrazu MDCT celého těla byla provedena u 60 pacientů s traumatem v Traumacentru v Londýně ve Velké Británii. Pacienti byli rozděleni do 3 níže uvedených skupin po 20. Všechna vyšetření byla provedena na stejné přístroji MDCT s 256 řady detektorů (Philips ICT Brilliance; Philips Healthcare, Best, Nizozemsko) s kolimací 64 x 0,625 mm a tloušťkou řezné části 1 mm. Pro vyšetření byly nastaveny tyto hodnoty 120 kV a 180 mA. Kontrastní látka Iomeron 400 byla podáváno pomocí periferní kanyly velikosti 18G s použitím programovatelné injekční pumpy. U Skupiny A bylo podáno 90 ml kontrastní látky rychlostí 3,5 ml/s. Byly provedeny dvě akvizice – první se zpožděním 30 s, aby se byla osnímkována arteriální fáze, a druhá se zpožděním 70 s, pro získání venózní fáze. Skupina B - „bifázický“ protokol: injekce 65 ml kontrastní látky byla podána rychlostí 1,5 ml/s; po dokončení ve 43 sekundě byl zahájen druhý bolus podáním 65 ml kontrastní látky s rychlostí 3,5 ml/s. Přibližně po uplynutí 60 sekund byla provedena jediná spirální akvizice nebo „Combi-scan“. Skupina C - modifikovaný bifázický protokol: dva kontrastní bolusy byly zahájeny ve stejnou dobu jako ve skupině B, ale před získáním snímků došlo k dalšímu zpoždění 9 s (celkové zpoždění 70 s). Souhrn parametrů studie je uveden v tabulce 4. (Hakim W. et al.)

Tabulka 4

Autor článku	Hakim W. et al		
Přístroj	256-slice Philips ICT Brilliance		
Protokol	A	B	C
Počet fází	2	1	1
Ruce	Poloha neuvedena	Poloha neuvedena	Poloha neuvedena
KL Iomeron-400	90 ml	65 ml po 43 s. 65 ml	65 ml po 43 s. 65 ml
Rychlost podání KL	3,5 ml/s	1,5 ml/s po 43 s. 3,5 ml/s	1,5 ml/s po 43 s. 3,5 ml/s
Zpoždění	30 s. a 70 s.	60s.	70s.
El. napětí	120 kV	120 kV	120 kV
Proud	180 mA	180 mA	180 mA

Zlatan A. et al. ve své práci rozděluje pacienty na dvě skupiny, kdy ve skupině A je 109 pacientů s polytraumatickým zraněním, kteří byli akutně vyšetřeni na CT s nízkodávkovým vícefázovým protokolem WBCT na MDCT s 256 řadami detektorů za použití přístroje Revolution™ CT (GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA). Zatímco 110 pacientů s polytraumatem (skupina B) podstoupilo jednofázové CT za použití přístroje s 64 řadami detektorů MDCT (LightSpeed VCT, GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA). Vícefázový protokol s nízkými dávkami Revolution™ CT zahrnoval nativní sken lebky (120 kV, 100 – 420 mA), obličejové části a krční páteře (100 kV, 100 – 400 mA), následovaný CT angiografií celého těla (od krčních obratlů po symfýzu)

(100 kV, 150 mA), a také skenováním břicha (100 kV, 90 mA) v žilní fázi s přednastaveným zpožděním 45 sekund. Jednofázový protokol LightSpeed™ CT zahrnoval nativní sken lebky (120 kV, 330 – 350 mA), obličejové části a krční páteře (120 kV, 100 – 400 mA), po kterém následovalo skenování hrudníku a břicha (120 kV, 150 – 550 mA) s podáním kontrastní látky během žilní fáze se zpožděním 55 sekund. Množství intravenózně podaného kontrastu (1,1 ml / kg) se mezi protokoly nelišilo a byl použit stejný typ kontrastní látky (Iohexol, Omnipaque™ 350 mg I / ml, GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA). V tabulce 5 je shrnuta charakteristika studie. (Zlatan A. et al.)

Tabulka 5

Autor článku	Zlatan A et al	
Přístroj	256-slice MDCT Revolution	64-slice MDCT LightSpeed VCT
Protokol	A	B
Počet fází	2	1
Ruce	Poloha neuvedena	Poloha neuvedena
KL Iohexol	1,1 ml/kg váhy pacienta	1,1 ml/kg váhy pacienta
Rychlost podání KL	neuvedeno	neuvedeno
Zpoždění	45 s.	55 s.
El. napětí	100-120 kV	100-120 kV
Proud	90-420 mA	100-550 mA

Kahn J. et al. v článku řeší kvalitu a optimalizaci záření při vyšetření traumatu na CT. V článku jsou uvedeny 3 skupiny s celkem 61 pacienty, kteří byli rozděleni podle 3 různých použitých CT protokolů. Skupina A (21 pacientů) byla vyšetřena pomocí el. napětí rentgenky 140 kV při vyšetření těla a 120 kV pro vyšetření hlavy. Skupina B (20 pacientů) byla vyšetřena pomocí el. napětí rentgenky 140 kV s použitím adaptivního statistického iteračního rekonstrukčního (ASIR) algoritmu pro vyšetření těla. Další přizpůsobení ASIR bylo použito dle vyšetřované oblasti. Dalším použitým algoritmem byl FBP (filtered back-projection), jenž je používán ke zpětnému odstranění rozmazání obrazu. Byl použit u skupiny A i B. Skupina C (20 pacientů) byla vyšetřena s použitím el. napětí rentgenky 120 kV a protokolu ASIR pro vyšetření těla i hlavy. Všechna vyšetření byla provedena na zařízení s 64 řadami detektorů multidetector CT (Light Speed VCT, General Electric, Fairfield, USA) s použitím následujících protokolů: 1. Serie snímků pro detekci možné intrakraniální patologie, kdy pacient měl ruce umístěné podél těla. Následně bylo podáno celkem 160 ml kontrastní látky (Xenetix 350, Guerbet GmbH, Německo) pro vyšetření celého těla s napětím rentgenky 120–140 kV. Vyšetření těla bylo provedeno s pacientovými rukama zvednutými vedle hlavy. Pořízené snímky těla měly rozsah od horní části lebky až po symfýzu. Automatická modulace proudu byla nastavena mezi 100 a 600 mA. Skener automaticky

moduloval proud rentgenky v rámci těchto hranic podle přednastaveného napětí. Kontrastní látka byla podávána technikou rozděleného bolusu (split bolus): 100 ml KL (průtok 2 ml/s), 20 ml fyziologického roztoku (průtok 1 ml/s), 60 ml KL (průtok 4 ml / s), 40 ml fyziologického roztoku (průtok 4 ml/s), zpoždění skenování 85 s. Tento injekční protokol umožňuje současné vyhodnocení arteriálního a venózního systému v jediné akvizici. (Kahn J. et al.)

Tabulka 6

Autor článku	Kahn J. et al		
Přístroj	64-slice MDCT LightSpeed VCT		
Protokol	A	B	C
Počet fází	2	2	2
Ruce	Změna polohy	Změna polohy	Změna polohy
KL Xenetix 350	100ml KL, 20ml NaCl, 60ml KL, 40 NaCl	100ml KL, 20ml NaCl, 60ml KL, 40 NaCl	100ml KL, 20ml NaCl, 60ml KL, 40 NaCl
Rychlost podání KL	2ml/s, 1ml/s, 4ml/s, 4ml/s	2ml/s, 1ml/s, 4ml/s, 4ml/s	2ml/s, 1ml/s, 4ml/s, 4ml/s
Zpoždění	85 s.	85 s.	85 s.
El. napětí	120-140 kV	120-140 kV	120 kV
Proud	100-600 mA	100-600 mA	100-600 mA

4 DISKUZE

S. U. Reske et al se ve svém článku zabývá porovnáním starého celotělového protokolu a testování nových protokolů. V článku hlavně porovnává starý obecný protokol s dvěma novými protokoly, jenž se liší podle stability životních funkcí pacienta. Cílem tohoto článku bylo porovnání původního konceptu „jeden protokol na veškerá polytraumata“ s novým, klinicky orientovaným přístupem k WBCT. V závěru uvádí jako hlavní výhodu nových protokolů možnost se přizpůsobit jednotlivému pacientovi s poraněním. U protokolu TIME je výhodou krátká doba vyšetření u nestabilních pacientů, navzdory zhoršení kvality snímků a zvýšené radiace. Protokol DOSE má za cíl co nejvíce možné snížení dávky záření u pacientů se stabilními životními funkcemi. Autor uvádí, že i prostřednictvím přemístění rukou u protokolu DOSE bylo dosaženo dalšího snížení radiační dávky ze 49,7 mSv až na 28,2 mSv. A doporučuje další výzkum v oblasti snižování radiační dávky.

V druhém článku autor Hakim W. et al porovnává konveční metodu dvou fází podání KL a dvou akvizicích vyšetření pro zobrazení žilní i tepenné fáze a dvě další metody, při kterých porovnává podání KL a jedné fáze snímkování. Dále porovnává zpoždění snímkování od podání kontrastní látky. V článku uvádí, že kvalita obrazu byla srovnatelná, a proto lze dosáhnout pomocí vyšetření s jednou fází snímkování menšího ozáření a zkrácení doby expozice pacienta. U těchto konkrétních „bifázických“ injekčních protokolů bylo prokázáno, že kvalita obrazu je srovnatelná s konvenčním protokolem. V závěru autor uvádí výhody „bifázického“ protokolu, jako je snadné použití protokolu, potřeba pouze jedné akvizice, nižší dávka záření a méně snímků ke zpracování.

Zlatan A. et al ve svém článku posuzuje použití nízké radiační dávky při vyšetření pacienta s traumatem. V článku byla porovnána diagnostická přesnost úrazů souvisejících s traumatem, dávka záření, kvantitativní parametry kvality obrazu, subjektivní kvalita obrazu a parametry pracovního postupu. V článku dochází k závěru, že protokol s nízkými dávkami vícefázového CT zlepšuje diagnostickou přesnost a kvalitu obrazu při výrazně snížené dávce záření. Vzhledem k technickým složitostem a přebytečným elektronickým údajům poskytovanými novější technikou se však doba vyšetření prodlužuje, což snižuje pracovní rychlost u akutních případů.

Kahn J. et al ve své práci uvádí, že použití algoritmu ASIR v kombinaci se snížením napětí rentgenky vedlo k dobré kvalitě obrazu a významnému snížení radiační expozice o více než 40%. V souhrnu výsledků doporučuje vyšetřovat podle protokolu polytrauma s napětím rentgenky 120 kV. Závěrem uvádí, že specializovaná adaptace protokolu CT trauma podle zkoumané oblasti těla (hlava, plíce, tělo, kost) v kombinaci s rozděleným bolusovým KL injekčním protokolem

umožňuje vysoce kvalitní CT vyšetření a významné snížení radiační expozice při vyšetření polytraumatizovaných pacientů. Klíčové jsou různé úrovně opakované rekonstrukce, napětí rentgenky a protokol podávání KL. S dobrou kvalitou obrazu je možné snížit expozici záření o více než 40%. Přičemž se autor u všech protokolů vyjadřuje o dvoufázovém snímkování.

V časopisu Česká radiologie v článku Optimalizace slit-bolus techniky podání kontrastní látky při celotělovém CT vyšetření u pacientů s polytraumatek. Autorka Bajcurová A. se uvádí, že je sice možné využít dvoufázové vyšetření na CT, kdy bude možné zobrazit arteriální i venózní fáze, ale je důležité pacienta rychle vyšetřit a zhodnotit získaná data, proto se častěji volí jednofázový protokol. Pro tento postup je ale třeba upravit podání kontrastní látky na vícefázový bolus (split-bolus), kterým lze dosáhnout kvalitního zobrazení arteriální i venózní fáze.

Oproti plánovanému vyšetření na CT je vyšetření pacienta s polytraumatem urgentní. Pacient většinou není schopen vyplnit dotazník kvůli onemocnění ledvin, na které je dotazován kvůli podání KL a jejího následného vyloučení z organismu. Dále je pacient dotazován na případné alergické reakce na kontrastní látku, v případě CT na jodové bázi. Při plánovaném CT je možno podat pacientovy premedikaci a omezit tak možnost vzniku alergické reakce. Pokud je známa alergie z anamnézy pacienta je možné podat premedikaci. U polytraumatizovaných pacientů není čas na dlouhou přípravu a je důležité, aby co nejrychleji bylo provedeno samotné vyšetření i následné vyhodnocení snímků.

5 ZÁVĚR

Výpočetní tomografie má důležitou úlohu v radiodiagnostice. CT se stalo nedílnou součástí urgentní medicíny při polytraumatech a to hlavně pro svou rychlost a schopnost jednoznačně rozpoznat zásadní patologické stavy ohrožující pacienta na životě. Nevýhodou je vystavení rentgenovému záření v mnohonásobně vyšších dávkách, než se používá u běžné skiografie. Dávka záření závisí na objemu zkoumané oblasti, fyzických vlastnostech, počtu snímků, požadované přesnosti a kvalitě zobrazení. Je třeba upozornit na přínos, který CT přináší než na škodlivost rentgenového záření, jelikož při správném použití a odpovědné indikaci je více k užítku než ke škodě.

Informace využité k vypracování této práce byly získávány z odborných článků z odborných lékařských publikací, jak byly českých, tak i zahraničních.

Teoretická část je věnována historii radiodiagnostiky, rentgenovému záření, rentgence a rentgenovým přístrojům. Do této oblasti patří i přístroj výpočetní tomografie, který je zde také podrobněji popsán. Dále se tato část zabývá polytraumatem a mechanismu jejich vzniku. Jsou zde popsány náležitosti, které se provádí při samotném vyšetření pomocí CT. Jako příloha je vypracován obecný postup radiologického asistenta při vyšetření polytraumatizovaného pacienta na CT. Při tomto druhu poranění by se mělo zejména dbát na rychlost a kvalitu zpracovaných dat vyšetření. V příloze je přiložen informovaný souhlas, který se používá při vyšetření pacienta metodou CT.

V praktické části byl vytvořen přehled používaných protokolů na CT pro polytraumata. K stručným přehledům článků byly vytvořeny tabulky pro lepší orientaci. Je zde možné vidět, že se používá jednofázové i dvoufázové snímkování. V dnešní době se velice rychle vyvíjí medicína a jsou stále nové přístroje, které toho dokážou více zobrazit. Jaký bude použit protokol, je rozdílné podle zvyklosti pracoviště, druhu přístroje výpočetní tomografie i typu kontrastní látky a způsobu podání. Názory na používané protokoly se částečně liší, ale v jednom se shodují – při polytraumatu je potřeba pacienta vyšetřit rychle, přesně a nezatížit pacienta zbytečně vysokou radiační dávkou.

6 POUŽITÁ LITERATURA

- Chudáček, Z.** *Radiodiagnostika*. Osveta. 1993. ISBN: 80-217-0571-X.
- Drábková, J.** *Polytrauma v intenzivní medicíně*. 1. vydání. Grada. 2002. ISBN: 80-247-0419-6.
- Drastich, A.** *Tomografické zobrazovací systémy*. Brno. 2004. [online] Dostupné : 1943-2018.
- Ferda, J., Mírka, H. and Baxa, J.** *Multidetektorová výpočetní tomografie : technika vyšetření*. 1. vydání. Galen. 2009. ISBN: 978-80-7262-608-3.
- Ferda, J., Novák, M. and Kreuzberg, B.** *Výpočetní tomografie*. 1. vydání. Galen. 2002. ISBN: 80-7262-172-6.
- Hušák, V. a kol.** *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. 1. vydání. 2009. ISBN: 978-244-2350-0.
- Kolektiv autorů** *Radiologické zobrazovací metody*. Projekt Inovace studijních programů a internacionalizace FZS Univerzity Pardubice CZ.1.07/2.2.00/28.0265. 2015.
- Naňka, O. and Elišková, M.** *Přehled anatomie*. 3. vydání. Galen. 2015. ISBN: 978-80-7492-206-0.
- Seidl, Z. et al.** *Radiologie pro studium i praxi*. Grada. 2012. ISBN: 978-80-247-4108-6.
- Státní úřad pro jadernou bezpečnost** *Nové atomové právo, 422/2016 Sb. - Vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje*. Praha. 2016. [online] Dostupné : <https://www.sujb.cz/legislativa/nove-atomove-pravo>.
- Ullmann, V.** *Jaderná a radiační fyzika*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií. 2009. ISBN: 978-80-7368-669-7.
- Vomáčka, J., Nekula, J. and Kozák, J.** *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. 1. vydání. Univerzita Palackého v Olomouci. 2012. ISBN: 978-80-244-3126-0.
- Stefan Ulrich Reske, Rainer Braunschweig, Andreas Wolfgang Reske, Reinhard Loose, Michael Wucherer** – Whole-Body CT in Multiple Trauma Patients: Clinically Adapted Usage of Differently Weighted CT Protocols. ISSN: 1438-9029. Dostupné na: https://eref.thieme.de/ejournals/1438-9010_2018_12#/10.1055-a-0643-4553.
- Wasim Hakim, Raghavendra Kamanahalli, Elizabeth Dick, Nishat Bharwani, Shirley Fetherston, Elika Kashef** – Trauma whole-body MDCT: an assessment of image quality in

conventional dual-phase and modified biphasic injection. PMID: 27187601. Dostupné na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5257328/>.

Zlatan Alagic, Andreas Eriksson, Erika Drageryd, Sara Rezaei Motamed, Marius C. Wick – A new low-dose multi-phase trauma CT protocol and its impact on diagnostic assessment and radiation dose in multi-trauma patients. PMID: 28378236. Dostupné na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5596047/>.

Johannes Kahn, David Kaul, Georg Böning, Roman Rotzinger, Patrick Freyhardt, Philipp Schwabe, Martin H. Maurer, Diane Miriam Renz, Florian Streitparth – Quality and Dose Optimized CT Trauma Protocol – Recommendation from a University Level-I Trauma Center. ISSN 1438-9029. Dostupné na: <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/s-0043-108996>.

7 PŘÍLOHY

Příloha A <i>Informovaný souhlas s CT vyšetřením</i>	47
Příloha B <i>postupu na CT při vyšetření polytraumatizovaného pacienta</i>	51

INFORMOVANÝ SOUHLAS S CT VYŠETŘENÍM

Pacient:

Jméno a příjmení:.....

R.č.:.....

Zdravotní pojišťovna:.....

Zákonný zástupce (u dětí a mladistvých do 18-ti let):

Jméno a příjmení:.....

Vztah:.....

Datum narození:.....

(otec, matka, opatrovník, apod.)

Vážená paní, vážený pane, vážení rodiče,

na základě klinického vyšetření zdravotního stavu Vám/Vašemu dítěti doporučil ošetřující lékař vyšetření **výpočetní tomografií (dále jen CT)**. Jedná se o moderní zobrazovací metodu, která umožňuje zobrazit vnitřní orgány těla. K tomu využívá účinky rentgenového záření, stejně jako běžný rentgenový přístroj.

Máte právo svobodně se rozhodnout o postupu při poskytování zdravotních služeb, které jsou Vám (Vašemu dítěti) poskytovány, pokud jiné právní předpisy toto právo nevyklučují. K provedení navrhovaného zdravotního výkonu je potřeba Vašeho souhlasu. Pro usnadnění rozhodnutí přijměte prosím následující informace.

Důvod provedení výkonu (vyšetření):

Důvod vyšetření Vám byl sdělen ošetřujícím lékařem při návrhu vyšetření včetně možnosti náhradního postupu. CT vyšetření slouží k prokázání a zhodnocení možné choroby ve vyšetřované oblasti nebo kontrola a posouzení již známých změn. Podání jodové kontrastní látky během vyšetření slouží k lepšímu zviditelnění anatomických a zejména pak patologických (chorobných) struktur těla.

Alternativy (jiné možnosti) výkonu (vyšetření):

Údaje o tom, zda navrhovaný zdravotní výkon má nějakou alternativu (jinou možnost) a zda máte možnost si zvolit z několika alternativ, Vám/Vašemu dítěti poskytl ošetřující lékař/ka, který doporučil provedení tohoto zdravotního výkonu.

Alternativou v některých případech může být vyšetření ultrazvukem nebo magnetickou rezonancí. Tyto metody mají však svá omezení, např. ultrazvuk nemůže vyšetřit všechny oblasti lidského těla. U CT vyšetření s nutností aplikace kontrastní látky je alternativou nepoužití kontrastní látky, což často znamená pouze částečnou výtežnost vyšetření, nebo dokonce zcela znemožňuje provedení vyšetření (angiografie).

Příprava na výkon (vyšetření):

Při CT vyšetření je nepřipustné, abyste si ponechal/a na vyšetřované části těla jakékoli odnímatelné cizí předměty, především šperky apod. Personál Vás zároveň poučí, které části oděvu musíte před vyšetřením sejmout.

Další kroky se týkají přípravy, která je prevencí (předcházením) nežádoucích příhod v případě alergie (přecitlivělosti) na kontrastní látku. V tomto směru se příprava u jednotlivých CT vyšetření liší hlavně podle toho, bude-li CT provedeno s podáním jodové kontrastní látky do žíly nebo bez něj.

Vyšetření bez podání kontrastní látky nevyžaduje žádnou speciální přípravu, dospělý pacient nemusí mít s sebou doprovod a nemusí po vyšetření vyčkat v čekárně.

Před vyšetřením s kontrastní látkou je nutno 4 hodiny lačnit, to je nepřijímat žádnou potravu, nekouřit. Tekutiny je v této době možno přijímat v malém množství asi 100 ml/hod. Pokud jste tento postup nedodržel/a, upozorněte na tuto skutečnost včas personál CT pracoviště, aby nedošlo k ohrožení vašeho zdraví nebo života. **Vaše obvyklé léky můžete užívat.** Diabetici, užívající léky na cukrovku **musí před a po vyšetření jodovou kontrastní látkou vysadit léky obsahující METFORMIN.** Pacient **nesmí lék užívat 1 až 2 dny před vyšetřením, v den vyšetření a 1 den po vyšetření.** Lék se vysazuje z důvodů hrozící nefropatie (poškození ledvin). Pokud jste tento postup nedodržel/a, upozorněte na tuto skutečnost včas personál CT pracoviště, aby nedošlo k ohrožení vašeho zdraví.

V některých případech Vám ošetřující lékař může podat před vyšetřením léky snižující riziko alergické reakce (Prednison aj.). Před vyšetřením orgánů dutiny břišní Vám bude vydána kontrastní látka v

lahvičky pro přípravu střeva spolu s informací o jejím ředění a o časových intervalech jejího vypití. Pokud zapomenete tuto přípravu provést, upozorněte na tuto skutečnost včas personál CT pracoviště, aby nedošlo k zbytečnému ozáření.

Rizika a možné komplikace výkonu (vyšetření):

Při CT vyšetření je využíváno rentgenové záření. Dávka záření při CT vyšetření výrazně převyšuje dávku, kterou by jste obdržel/a při běžném rentgenovém snímku téže oblasti těla. Na druhé straně diagnostický přínos CT vyšetření většinou mnohonásobně převyšuje výtěžnost běžného snímku. Rentgenové záření může za určitých okolností škodit zdraví. Přínos CT vyšetření však významně převyšuje riziko těchto škod. V případě těhotenství pacientky může však dojít navíc k ohrožení plodu, musíte proto ještě před vyšetřením upozornit na vlastní těhotenství nebo podezření na něj.

Při CT vyšetření se často podává do žíly kontrastní látka, která obsahuje jód. Nežádoucí komplikace lze při znalosti Vašeho zdravotního stavu předvídat a předcházet jim. Ke snížení možnosti vzniku nežádoucích reakcí je nutné abyste předem informovali odesílajícího lékaře a personál CT pracoviště o některých skutečnostech týkajících se Vašeho zdravotního stavu. Zda netrpíte některým z alergických projevů – zejména **alergií na jód** (jód není součástí Ajatinu), astmatem, kopřivkou, sennou rýmou, alergií na potraviny, léky aj. Velmi důležitá je informace o alergických projevech po podání jodové kontrastní látky při předchozích rentgenových vyšetřeních. Dále je důležitá informace o chorobách jako je zhoršená funkce ledvin, akutní zánět ledvin (glomerulonefritis), onemocnění štítné žlázy, myelom, cukrovka a onemocnění srdce.

Nežádoucí účinky po podání kontrastní látky jsou relativně málo časté a většinou bezvýznamné, bez trvalých následků. Jedním z nežádoucích účinků podání kontrastní látky do žíly je tzv. chemotoxická reakce. Ta se nejběžněji a téměř pravidelně projevuje pocitem horka nastupujícím po celém těle v průběhu aplikace nebo těsně po ní. Nával horka bývá obvykle nepříjemný, není však nebezpečný a po několika desítkách vteřin odezní. Dále se může objevit pachuč v ústech nebo pocit na močení, tyto projevy taktéž vymizí po několika desítkách vteřin. Kontrastní látka může přímým toxickým působením poškodit i některé orgány, zejména ledviny. Prevencí je dostatečný příjem tekutin před i po podání kontrastní látky.

Mnohem závažnějším nežádoucím účinkem jsou alergické/alergoidní reakce různého typu, ty mohou nastat i u pacientů u kterých se zatím žádná alergie neprojevila. Tyto reakce mohou vzniknout náhle, ale také až časovou prodlevou 1 hodiny až 4 dnů. Alergické reakce se liší intenzitou příznaků. Mezi nejméně závažné alergické reakce patří kopřivka, zarudnutí, svědění kdekoli po těle. Závažnější alergickou reakcí je dušnost, pocit dechové tísně nebo pocit otoku hrdla, pocit na zvracení či zvracení. Mezi nejzávažnější alergické reakce patří pokles krevního tlaku, stažení dýchacích cest (bronchospasmus) s dušností, otok hrtanu, otok plic, šokový stav. To může vést až k nutnosti rychlé lékařské intervence v nejzávažnějších případech ke kardiopulmonální resuscitaci. Ve výjimečných případech může dojít i k úmrtí.

V případě zvýšené funkce štítné žlázy (hyperthyreoidismus), lze jodovou kontrastní látku podat pouze v ojedinělých případech, jelikož může dojít k výraznému zhoršení této choroby a vzniku bolesti na hrudi, bušení srdce, zvýšené srdeční frekvenci a hypertenzní krizi.

V místě vpichu při podávání kontrastní látky může vzniknout krevní podlitina, zánět v podkoží, či zánět žíly.

Kontrastní látka může být aplikována i mimo žílu, což je bolestivé.

Je důležité ohlásit personálu na CT pracovišti jakékoli nepříjemné pocity, které by se během vyšetření objevily.

Postup výkonu (vyšetření):

Na vyšetření jste většinou objednan/a na přesně stanovený čas. Tento čas je však pouze orientační, jelikož objednávací plán nemůže předem počítat s akutními vyšetřeními. Délka vyšetření většinou nepřesahuje 15 minut.

Personál CT pracoviště Vás poučí, které části oděvu musíte před vyšetřením sejmout a požádá Vás, aby jste z vyšetřované oblasti odstranil/a všechny odnímatelné cizí předměty (šperky apod.).

Vyšetření se provádí vleže na speciálním vyšetřovacím lehátku, které je součástí CT přístroje. Během vyšetření s Vámi bude lehátko projíždět otvorem gantry (prstencem). Vyšetření je naprosto bezbolestivé. Důležité je, aby jste se během vyšetření nehýbal/a a dodržoval/a případné instrukce ohledně zadržení dechu.

Vyšetření se může provádět bez nutnosti podání kontrastní látky a jakákoli příprava ani zajištění nitrožilního přístupu není nutné.

V případě nutnosti podání kontrastní látky je zajištěn nitrožilní přístup zpravidla na paži (obdobný vpich jako při odběru krve) pomocí tenké plastové hadičky (kanyly). Z Vašeho podpisu tohoto informovaného souhlasu automaticky vyplývá souhlas k jejím zavedení. Během a bezprostředně po

nitrožilním podání se u Vás mohou vyskytnout průvodní jevy kontrastní látky, zejména pocit tepla po těle, pachuť v ústech, pocit na močení, ojediněle se může dostavit nevolnost či bušení srdce. Tyto pocity za krátkou dobu odezní. Po vyšetření, pokud nenastanou komplikace, Vám bude kanylka odstraněna. Zvláště v případech, kdy užíváte léky snižujících srážlivost krve věnujte následně vpichu zvýšenou pozornost a vyčkejte delší dobu v klidu před CT pracovištěm. Vpich můžete sprchovat nebo máčet nejdříve za 24 hodin. V odůvodněných případech ponecháváme kanylku zavedenou v žíle mnohem déle.

Chování po výkonu, možná omezení

Po CT vyšetření bez podání jodové kontrastní látky do žíly nejsou po vyšetření žádná omezení v obvyklém způsobu života, pacient může okamžitě odejít domů.

Po CT vyšetření s podáním jodové kontrastní látky do žíly je vhodné přijímat tekutiny ve větším množství k rychlejšímu vyplavení kontrastní látky z organismu. Po vyšetření setrvejte v čekárně asi 15 minut a poté můžete odejít domů. Vzácně hrozí možnost opožděné alergické reakce (minuty až dny po vyšetření), která může mít různé projevy, většinou kožní, velmi vzácně i vážnější.

Okamžitě informujte personál CT pracoviště o jakýchkoli neobvyklých pocitech spojených s vyšetřením, o změnách vzhledu a barvy kůže, krvácení z místa vpichu a jiných neobvyklých projevech, týkajících se Vašeho těla. Kdyby se po odchodu z pracoviště objevily vzácné komplikace jako krvácení z místa vpichu, zarudnutí okolo místa vpichu, značné pnutí nebo teplota, neváhejte ihned vyhledat lékařskou pomoc včetně případného kontaktování zdravotnické záchranné služby.

Právo odmítnout navrhovaný výkon (vyšetření):

Po rozhovoru s lékařem máte právo nesouhlasit s výkonem (vyšetřením). Pokud souhlas nebude dán, lékař Vám vysvětlí možné následky odmítnutí a učiní záznam, který oba podepíšete.

Prosím věnujte pozornost následujícím otázkám a pravdivě na ně odpovězte:

Máte nějakou alergii? <i>Jakou:</i>	ANO	NE
Byla vám již v minulosti aplikována rentgenová kontrastní látka?	ANO	NE
Nastaly po ní nějaké komplikace? <i>Jaké:</i>	ANO	NE
Trpíte onemocněním ledvin?	ANO	NE
Trpíte onemocněním štítné žlázy?	ANO	NE
Máte cukrovku?	ANO	NE
Užíváte nějaké léky na cukrovku? <i>Jaké:</i>	ANO	NE
Vysadil/a jste léky na cukrovku 1 až 2 dny před vyšetřením?	ANO	NE
Užíváte léky na ředění krve? <i>Jaké:</i>	ANO	NE

Pro ženy:

Jste těhotná?	ANO	NE	NEVÍM
---------------	-----	----	-------

Prohlášení pacienta (zákonného zástupce):

Byl/a jsem seznámena s údaji o účelu, povaze, předpokládaném prospěchu, následcích a možných rizicích navrhovaných zdravotních služeb (zdravotního výkonu).

Byl/a jsem seznámen/a s alternativami (jinými možnostmi) navrhovaných zdravotních služeb (zdravotního výkonu), s jejich výhodami a riziky a měl/a jsem možnost si jednu z alternativ zvolit (pokud tato možnost volby existuje a pokud výkon nepodléhá zvláštním právním předpisům).

Byl/a jsem seznámen/a s možnými omezeními v obvyklém způsobu života a v pracovní schopnosti po poskytnutí zdravotních služeb (po zdravotním výkonu) a s možnými očekávanými změnami zdravotního stavu a zdravotní způsobilosti.

Byl/a jsem poučen/a o právu svobodně se rozhodnout o postupu při poskytování zdravotních služeb mé osobě (mému dítěti), pokud jiné právní předpisy toto právo nevylučují.

Na výše uvedené otázky jsem odpověděl/a pravdivě a nezamlčel/a jsem žádné mně známé údaje o

mém zdravotním stavu (o zdravotním stavu mého dítěte), které by mohly nepříznivě ovlivnit moji léčbu (léčbu mého dítěte) či ohrozit mé okolí.

Souhlasím, pokud to bude pro navazující diagnostický či léčebný postup nezbytné, s předáváním nálezů a dat dalším lékařům, zdravotnickým zařízením a zdravotním pojišťovnám v rozsahu, který povoluje zákon na ochranu dat.

V případě výskytu neočekávaných komplikací vyžadujících neodkladné provedení dalších zákroků nutných k záchraně života nebo zdraví souhlasím, aby byly provedeny veškeré další potřebné a neodkladné výkony nutné k záchraně života nebo zdraví.

Prohlašuji, že jsem mohl/a klást doplňující otázky, na které mi bylo řádně odpovězeno, a že jsem informacím a poučení plně porozuměl/a, nemám žádné další dotazy.

Souhlasím s vyšetřením ANO – NE

Souhlasím s případným podáním kontrastní látky ANO – NE

Podpis pacienta nebo zákonného zástupce:.....

Jméno a podpis lékaře, který provedl poučení:.....

Vyplňte v případě, že pacient není schopen pro svůj zdravotní stav informovaný souhlas podepsat:
Důvod, pro který nemohl pacient souhlas podepsat:

Způsob projevu souhlasu:

kývnutím hlavy

gestem:.....

očima

jinak:.....

Jméno a příjmení svědka:..... Datum narození:.....
není-li svědek zaměstnancem NT,a.s.

Podpis svědka:

Polytraumatický pacient – postup na CT

↓
 Vyšetření na urgentním příjmu (+ intubace, žilní přístup, fixace)

V bezvědomí

Stabilní ž. fce

Nestabilní ž. fce

Transport na CT

Orientační RTG vyš. Bez nutnosti transportu na CT

Doprovod z trauma (lékař, sestra)

Vejde se do gantry s fixatory?

Identifikace pacienta

Připojení na injektor s KL

Nacentrování vyš. oblasti

Zvolení protokolu dle indikace lékaře

topogram

1. Zvolení rozsahu vyš.

2. (aplikace KL i.v – dle vyšetřované oblasti.)

3. (fáze zpoždění po naplnění aorty KL) Samotné vyšetření

4. Neztrácet informace pominutím rekonstrukcí tenkých vrstev

5. Neztrácet čas zbytečnými rekonstrukcemi, ale vždy ve všech třech rovinách

Při vědomí

Stabilní ž. fce

Nestabilní ž. fce

Transport na CT

Orientační RTG vyš. Bez nutnosti transportu na CT

Doprovod z trauma (lékař, sestra)

Vejde se do gantry s fixatory?

Identifikace pacienta

Poučení o vyšetření

Připojení na injektor s KL

Nacentrování vyš. oblasti

Zvolení protokolu dle indikace lékaře

topogram

Dále viz 1.,2.,3.,4.,5.,6.,7.

. Dále viz 1.,2.,3.,4.,5.,6.,7.

6. Rekonstrukční algoritmy (mozek, měkké tkáně, HRCT)

7. uložení do PACS
 Možnost dodatečné 3D rekonstrukce

Stabilizovat, neodkladné intervence

Stabilní ž. fce

Transport na CT

Doprovod z trauma (lékař, sestra)

Vejde se do gantry s fixatory?

Identifikace pacienta

Připojení na injektor s KL

Nacentrování vyš. oblasti

Zvolení protokolu dle indikace lékaře

topogram

Stabilizovat, neodkladné intervence

Stabilní ž. fce

Transport na CT

Doprovod z trauma (lékař, sestra)

Vejde se do gantry s fixatory?

Identifikace pacienta

Poučení o vyšetření

Připojení na injektor s KL

Nacentrování vyš. oblasti

Zvolení protokolu dle indikace lékaře

topogram

Dále viz 1.,2.,3.,4.,5.,6.,7..