



Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav radiologických metod

Bc. Radek Vymazal

**Optimalizace CT - Polytrauma protokolu na přístrojích
Fakultní nemocnice Olomouc**

Diplomová práce

Vedoucí práce: MUDr. Radim Kovář

Olomouc 2021

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

V Olomouci dne: 14. 5. 2021

podpis

Děkuji MUDr. Radimu Kovářovi za jeho odborné rady a jeho vzácný čas obzvláště v této nesnadné době. Děkuji milé kolegyni Kristýně za pomoc s cizojazyčnými aspekty mé práce a velmi děkuji mojí milované vačici, která mi byla oporou v těch nejtěžších chvílích.

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Téma práce: Optimalizace CT protokolu pro vyšetření polytraumat

Název práce: Optimalizace CT - Polytrauma protokolu na přístrojích
Fakultní nemocnice Olomouc

Název práce v AJ: Optimization of the CT - Polytrauma protocol used on
scanners in the Olomouc University hospital

Datum zadání: 2020-01-28

Datum odevzdání: 2021-05-14

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta zdravotnických věd
Ústav radiologických metod

Autor práce: Vymazal Radek, Bc.

Vedoucí práce: MUDr. Radim Kovář

Oponent práce: MUDr. Jan Macek

Abstrakt v ČJ: Cílem teoretické části této diplomové práce je prostřednictvím rešerše odborných publikovaných článků předložit informace a nejnovější poznatky o problematice polytraumatických stavů a komplikací a jejich diagnostice se zaměřením na vyšetřování polytraumatických pacientů pomocí výpočetní tomografie. V teoretické části své diplomové práce se zabývám především využitelností výpočetní tomografie v diagnostice akutních traumatických stavů a možnostmi nastavení akvizičních a rekonstrukčních parametrů CT pro účely polytraumatického vyšetření.

Cílem praktické části této diplomové práce je zhodnotit aktuálně zavedený CT protokol pro vyšetření polytraumat ve Fakultní nemocnici v Olomouci a ověřit, zda změny provedené na protokolu povedou ke zdokonalení techniky vyšetření polytraumat na přístrojích výpočetní tomografie s ohledem na aplikaci co nejnižší radiační dávky pacientovi a získání co nejlepší diagnostické informace.

Abstrakt v AJ: The aim of the theoretical part of this theses is to submit information and the newest knowledge about the issue of polytraumatic injuries and their complications and the diagnostic focus on examination of these patients by using the computed tomography. All these information and knowledge are based on the search of the professional articles. In the theoretical part of my theses I mainly pursue the usage of computed tomography in the diagnosis of acute traumatic states and possibilities of the aquisition and reconstruction settings parameters of the CT for the purpose of polytraumatic injury examination.

The aim of the practical part of this theses is to assess the acute CT protocol of polytraumatic injury examination at the University hospital in Olomouc and validate if the changes done in the protocol lead to improvement of the examination technique at computed tomography with the lowest application of radiation dosage and with the best diagnostic information.

Klíčová slova v ČJ: polytrauma, mnohočetná traumata, traumacentrum, život ohrožující krvácení, poranění páteře, zlomeniny pánve, disekce, kontrastní látka, jodová kontrastní látka, výpočetní tomografie, akviziční parametry, rekonstrukční parametry, bolus/podání/aplikace kontrastní látky, split bolus, aplikační schéma,

Klíčová slova v AJ: multiple trauma, polytrauma, vascular dissection, spinal injuries, pelvic fractures, contrast agent/medium, iod contrast agent/medium, computed tomography, acquisition parameters, reconstruction parameters, bolus/application of contrast agent, split bolus, application scheme,

Rozsah: 115 stran, 23 příloh

OBSAH

ÚVOD	10
I. TEORETICKÁ ČÁST.....	14
1 POLYTRAUMA – MNOHOČETNÉ ZRANĚNÍ.....	15
1.1 DEFINICE POLYTRAUMATU	15
1.2 TRAUMACENTRA.....	16
1.3 PÉČE O PACIENTA S POLYTRAUMATEM	16
1.3.1 Přijetí, zajištění a primární vyšetření pacienta na oddělení urgentního příjmu.....	17
1.3.2 Primární vyšetření se zaměřením na radiodiagnostiku	18
1.3.3 Sekundární vyšetření se zaměřením na radiodiagnostiku.....	18
1.3.4 Následná péče se zaměřením na radiodiagnostiku.....	20
2 POLYTRAUMA V ORGÁNOVÉM POHLEDU.....	21
2.1 SYSTÉMOVÁ PORANĚNÍ MĚKKÝCH TKÁNÍ	21
2.1.1 Crush syndrom.....	21
2.1.2 Blast syndrom.....	22
2.2 PORANĚNÍ ORGÁNOVÝCH SYSTÉMŮ A JEJICH DIAGNOSTIKA RADIOLOGICKÝMI METODAMI.....	23
2.2.1 Život ohrožující krvácení	23
2.2.2 Traumatické disekce a traumata cév	25
2.2.3 Syndrom tukové embolie.....	25
2.2.4 Břišní kompartment syndrom.....	26
2.2.5 Poranění lebky, mozku a obličeje	27
2.2.6 Poranění páteře	29
2.2.7 Poranění hrudníku.....	30
2.2.8 Poranění břicha.....	32
2.2.9 Poranění pánve.....	34
2.2.10 Poranění končetin.....	36
2.3 ÚSPĚŠNOST LÉČBY	37
3 ZOBRAZOVACÍ POSTUPY U POLYTRAUMAT	38
3.1 RENTGENOVÁ SKIAGRAFIE A SKIASKOPIE	38
3.2 ULTRAZVUK.....	39
3.2.1 Dopplerovská ultrasonografie.....	39
3.2.2 FAST UZ.....	40
3.3 MAGNETICKÁ REZONANCE (MR).....	40
3.4 VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE (CT).....	41

3.4.1	<i>EBT – Electron Beam Tomography</i>	41
3.4.2	<i>Princip CT</i>	41
3.4.3	<i>Akviziční skenovací parametry CT</i>	43
3.4.4	<i>Rekonstrukční obrazové parametry CT</i>	44
3.4.5	<i>Prostorové rozlišení CT</i>	45
3.4.6	<i>Post-processing – MPR, volume rendering, MIP, MinIP</i>	46
3.4.7	<i>Nativní vyšetření</i>	48
3.4.8	<i>Kontrastní látky</i>	49
3.4.9	<i>Technika intravenózního podání KL</i>	50
3.4.10	<i>Vyšetření za použití kontrastních látek i.v.</i>	51
3.5	SPECIFIKUM VYŠETŘENÍ DĚTÍ A TĚHOTNÝCH	53
4	CT - POLYTRAUMA PROTOKOL	54
4.1	OBECNÉ ZÁSADY	55
4.2	CELOTĚLOVÉ VYŠETŘENÍ CT – POLYTRAUMA PROTOKOL	55
4.3	HODNOCENÍ NÁLEZU	58
II.	PRAKTICKÁ ČÁST	59
5	PŘEDSTAVENÍ PRACOVISŤE	60
5.1	FAKULTNÍ NEMOCNICE OLMOUC	60
5.2	RADIOLOGICKÁ KLINIKA FNOL	61
5.2.1	<i>CT přístroje Radiologické kliniky FNOL</i>	61
6	CT-POLYTRAUMA PŘED 22.7.2019	62
6.1	AKVIZIČNÍ A REKONSTRUKČNÍ PARAMETRY	62
6.1.1	<i>Mozek, lebka, C-páteř</i>	62
6.1.2	<i>Hrudník, břicho, pánev</i>	63
6.2	APLIKAČNÍ SCHÉMA A PODÁNÍ JKL	64
6.3	REKONSTRUKCE DAT	66
6.3.1	<i>Rekonstrukce mozku, lebky a C-páteře</i>	66
6.3.2	<i>Rekonstrukce hrudníku, břicha a pánve</i>	67
7	CT-POLYTRAUMA PO 22.7.2019	68
7.1	AKVIZIČNÍ A REKONSTRUKČNÍ PARAMETRY	68
7.1.1	<i>Mozek, lebka, C-páteř</i>	68
7.1.2	<i>Optimalizace druhé skenovací fáze</i>	68
7.1.3	<i>Krk, hrudník, břicho, pánev</i>	70
7.2	APLIKAČNÍ SCHÉMA SPLIT BOLUS A PODÁNÍ JKL	72
7.2.1	<i>Provedení aplikace JKL a spuštění vyšetření</i>	73

7.3	REKONSTRUKCE DAT	73
8	CÍLE A HYPOTÉZY	74
9	METODIKA VÝZKUMU	76
9.1	SOUBOR PACIENTŮ.....	76
9.1.1	<i>Retrospektivní soubor pacientů</i>	<i>77</i>
9.1.2	<i>Prospektivní soubor pacientů</i>	<i>79</i>
9.2	METODIKA.....	81
9.2.1	<i>Metodika měření kontrastní náplně - denzity.....</i>	<i>81</i>
9.2.1	<i>Metodika měření hodnot dávkového výstupu.....</i>	<i>82</i>
10	ANALÝZA VÝSLEDKŮ.....	83
10.1	INTERPRETACE VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ HODNOT DENZIT.....	83
10.1.1	<i>Denzity v a. carotis communis dx. et sin.</i>	<i>84</i>
10.1.2	<i>Denzity v aorta ascendens</i>	<i>85</i>
10.1.3	<i>Denzity v aorta descendens.....</i>	<i>85</i>
10.1.4	<i>Denzity v aorta abdominalis</i>	<i>86</i>
10.1.5	<i>Denzity ve vena Portae</i>	<i>87</i>
10.1.6	<i>Denzity v Jaterním parenchymu.....</i>	<i>88</i>
10.1.7	<i>Denzity v parenchymu sleziny.....</i>	<i>89</i>
10.2	INTERPRETACE VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ HODNOT DÁVKOVÉHO VÝSTUPU	90
10.2.1	<i>Korelace mezi BMI a DLP_{BODY}</i>	<i>90</i>
10.2.2	<i>Hodnoty DLP_{BODY} retrospektivně a prospektivně</i>	<i>91</i>
11	TESTOVÁNÍ HYPOTÉZ	92
11.1	PRVNÍ HYPOTÉZA	92
11.2	DRUHÁ HYPOTÉZA	93
11.3	TŘETÍ HYPOTÉZA.....	95
12	DISKUZE	97
	ZÁVĚR.....	103
	LITERATURA A ZDROJE	105
	SEZNAM ZKRATEK	111
	SEZNAM OBRÁZKŮ	112
	SEZNAM TABULEK	113
	SEZNAM GRAFŮ.....	114
	SEZNAM PŘÍLOH	115

PŘÍLOHA 1	I
PŘÍLOHA 2	II
PŘÍLOHA 3	III
PŘÍLOHA 4	IV
PŘÍLOHA 5	V
PŘÍLOHA 6	VI
PŘÍLOHA 7	VII
PŘÍLOHA 8	VIII
PŘÍLOHA 9	IX
PŘÍLOHA 10	X
PŘÍLOHA 11	XI
PŘÍLOHA 12	XII
PŘÍLOHA 13	XIII
PŘÍLOHA 14	XIV
PŘÍLOHA 15	XV
PŘÍLOHA 16	XVI
PŘÍLOHA 17	XVII
PŘÍLOHA 18	XVIII
PŘÍLOHA 19	XIX
PŘÍLOHA 20	XX
PŘÍLOHA 21	XXI
PŘÍLOHA 22	XXII
PŘÍLOHA 23	XXIV

ÚVOD

Akutní závažné traumatické stavy v čele s polytraumaty a těžkými monotraumaty jsou v České republice nejčastější příčina úmrtí u pacientů do 45 let věku a celkově se řadí na čtvrté místo nejčastější příčiny úmrtí v populaci. Polytrauma je nejzávažnější z těchto stavů a jeho incidence se pohybuje mezi 60-80 zraněnými na 100.000 obyvatel ročně. Výsledek a úspěšnost léčby polytraumatických stavů se odvíjí od rychlosti, přesnosti a kvality přednemocniční a nemocniční péče. Nedílnou součástí řetězce kvalitní péče o tyto pacienty je přesná a rychlá diagnostika, která se v dnešní době z velké části opírá o radiologické metody. Současnou jedničkou na poli akutní radiodiagnostiky je díky své rychlosti, všestrannosti a diagnostickému přínosu metoda výpočetní tomografie.

Pracoviště výpočetní tomografie Radiologické kliniky Fakultní nemocnice v Olomouci je součástí centra vysoce specializované traumatologické péče zřízeného pro oblast střední a severní Moravy. Z tohoto statusu vyplývá, že všechny závažné traumatologické stavy z příslušné oblasti směřují k ošetření právě sem. Na pracovišti výpočetní tomografie se ročně vyšetří přibližně 270 – 350 polytraumaticky zraněných pacientů. Z těchto čísel vyplývá důležitost a vytíženost těchto zařízení.

Vzhledem k rychlému rozvoji radiodiagnostických metod je třeba jednotlivé standardizované postupy pro vyšetření a péči o konkrétní akutní stavy neustále modernizovat a upravovat. Tato diplomová práce se zabývá optimalizací protokolu CT polytrauma, využívaného na pracovišti Fakultní nemocnice Olomouc k akutní diagnostice polytraumaticky či jinak závažně poraněných osob. Optimalizace protokolu zahrnovala řadu změn v nastavení akvizitních a skenovacích parametrů a změnu aplikačního schématu kontrastní látky.

Hlavním cílem této práce je zhodnotit optimalizovaný CT polytrauma protokol a ověřit, zda změny provedené na tomto protokolu povedou ke zdokonalení techniky vyšetření traumatických stavů na přístrojích Radiologické kliniky Fakultní nemocnice Olomouc s ohledem na aplikaci co nejnižší radiační dávky a získání co nejkvalitnější diagnostické informace.

Teoretická část práce se zaměřuje na problematiku polytraumatických poranění, z nichž vyplývají zdravotní komplikace a možnosti jejich diagnostiky s ohledem na uplatnění radiodiagnostických metod. Dále rozvádí jednotlivé parametry nastavení CT přístroje a jejich možnosti využití pro diagnostiku polytraumatických stavů.

Dílčí cíle praktické části diplomové práce jsou s ohledem na výše zmíněné formulovány takto:

1. Prokázat, zda jsou hodnoty denzit v arteriálním řečišti karotid a jiných magistrálních cév vyšší při použití aplikačního schématu SPLIT BOLUS se současným použitím techniky bolus tracking ve srovnání s jednofázovým aplikačním schématem se zaměřením na pozdní parenchymovou fázi, při vyšetřování pacientů CT polytrauma protokolem prováděným ve Fakultní nemocnici Olomouc.
2. Prokázat, zda jsou hodnoty denzit v parenchymových orgánech vyšší při použití aplikačního schématu SPLIT BOLUS se současným použitím techniky bolus tracking ve srovnání s jednofázovým aplikačním schématem se zaměřením na pozdní parenchymovou fázi, při vyšetřování pacientů CT polytrauma protokolem prováděným ve Fakultní nemocnici Olomouc.
3. Zjistit, zda se zvýšily průměrné hodnoty dávkových výstupů při vyšetřování optimalizovaným CT polytrauma protokolem zavedeným ode dne 22. 7. 2019 ve srovnání s CT polytrauma protokolem používaným před optimalizací u pacientů vyšetřovaných těmito protokoly.

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

BAJCUROVÁ, Kristýna, Hynek MÍRKA a Eva KORČÁKOVÁ. Optimalizace split-bolus techniky podání kontrastní látky při celotělovém CT vyšetření u pacientů s polytraumatem. *Česká radiologie* [online]. 2019, **73**(2), 99-106 [cit. 2021-04-07]. ISSN 1210-7883. Dostupné z: http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad_1902_99_106.pdf

FERDA, Jiří, Hynek MÍRKA a Jan BAXA. *Multidetektorová výpočetní tomografie: Technika vyšetření*. Praha: Galén, 2009. ISBN 978-80-7262-608-3.

FERDA, Jiří. *Inovativní zobrazovací metody*. Praha: Galén, [2015]. ISBN 978-80-7492-186-5.

HEŘMAN, Miroslav. *Základy radiologie*. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2014. ISBN 978-80-244-2901-4.

ŠEVČÍK, Pavel. *Intenzivní medicína*. 3. přepracované a rozšířené vyd. Praha: Galén, 2014, 1195 s. ISBN 978-80-7492-151-3.

Teoretická část diplomové práce byla vypracována na podkladě informací a poznatků získaných z materiálů dohledaných rešerší odborné literatury prostřednictvím databází ProQuest, PubMed a MEDLINE. Kromě těchto databází byly k dohledání dalších specifických informací využity vyhledávače Google Scholar a Google Advanced Search. Použité zdroje byly vyhledány v rozmezí od roku 2000 do současnosti.

Jako hlavní vyhledávací jazyk byla zvolena čeština. Klíčová slova pro vyhledávání byla: **polytrauma, mnohočetná traumata, traumacentrum, život ohrožující krvácení, disekce, kontrastní látka, jodová kontrastní látka, CT, výpočetní tomografie, akviziční parametry, rekonstrukční parametry, bolus/podání/aplikace kontrastní látky, split bolus, aplikační schéma**. Na základě vyhledávání těchto klíčových slov v tomto jazyce bylo nalezeno 142 článků, z nichž bylo pro účely práce využito 28. Vyřazené články nebyly pro účely práce vhodné z důvodu jiného odborného zaměření, nedostatečného množství požadovaných informací či jejich neaktuálnosti. Odborné publikace byly doplněny dalšími 10 zdroji publikovanými v českém jazyce, jako byly internetové stránky, věstníky MZČR a dva interní dokumenty FNOL – standardizované postupy pro vyšetření na CT.

Doplňujícím vyhledávacím jazykem byla zvolena angličtina. Klíčová slova pro vyhledávání v tomto jazyce byla téměř totožná s klíčovými slovy použitými pro vyhledávání v češtině, tedy: **multiple trauma, polytrauma, vascular dissection, contrast agent/medium, iod contrast agent/medium, computed tomography, acquisition parameters, reconstruction parameters, bolus/application of contrast agent, split bolus, application scheme**. Na základě vyhledávání daných klíčových slov v anglickém jazyce bylo nalezeno 176 článků, z nichž byly pro účely práce použity 3, jeden z nich v jazyce německém. Vyřazené články nebyly pro účely práce vhodné z důvodu jiného odborného zaměření, nedostatečného množství požadovaných informací či neaktuálnosti informací.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYTRAUMA – MNOHOČETNÉ ZRANĚNÍ

1.1 DEFINICE POLYTRAUMATU

Polytrauma, nebo též mnohočetné trauma, je definováno jako souhrnné poranění pacienta, u kterého došlo k současnému poškození dvou či více tělesných systémů, přičemž alespoň jedno toto poškození, nebo jejich vzájemná kombinace, bezprostředně ohrožuje pacientův život. Nejčastější mechanismy vzniku takových zranění jsou přímý náraz, tedy akcelerace a deakcelerace, dále též komprese a dekomprese, méně často se pak vyskytují penetrující a termická poranění. Takovéto stavy vznikají zpravidla působením velkého množství energie, tzv. vysokoenergetická poranění. Za vysokoenergetické poranění je považováno zranění vzniklé při autonehodě při rychlostech nad 50 km/h, při katapultáži z vozidla nebo při smrti spolujezdce, dále pak při přejetí automobilem, při sražení automobilem rychlostí nad 35 km/h, při pádu z výšky nad 6 metrů, ale též při sportovních aktivitách, u střelných poranění, atd. Nejčastější situace vzniku těchto poranění jsou právě dopravní nehody, pády z výšek a sportovní úrazy (Linsenmaier et al., 2014, s. 861), (Sviták et al., 2014, s. 2-4), (Ferda, 2015, s. 86).

Polytraumata či těžká monotraumata jsou v České republice nejčastější příčina úmrtí u pacientů do 45 let věku a zároveň se řadí na čtvrté místo nejčastější příčiny smrti v populaci. Incidence se pohybuje kolem 60-80 polytraumaticky zraněných na 100.000 obyvatel ročně. Jedná se o zcela nejzávažnější stupeň poranění, kde výsledek a úspěšnost léčby velmi závisí na kvalitě a rychlosti přednemocniční a nemocniční péče. Většina těžce traumatizovaných pacientů je i v případě jejich přežití odkázána k dlouhodobé specializované lékařské péči, proto s sebou problematika těžkých úrazů nese i aspekt sociálních a ekonomických následků (Věstník MZČR 15/2015, s. 2), (Ferda, 2015, s. 86), (Vyhnánek, 2014, s. 282).

1.2 TRAUMACENTRA

Jako reakce na výše zmíněné byla od roku 2012 v České republice budována síť center vysoce specializované traumatologické péče (CVSTP) – tzv. „traumacentra“. Tato zařízení svou polohou pokrývají celou rozlohu republiky a zajišťují dostupnou, kvalitní a vysoce specializovanou zdravotní péči. Traumacentra se specializují na péči pro dospělé a péči pro děti a mladistvé. Traumacenter pro dospělé je v ČR 12, pro děti je v ČR dislokovaných 8 traumacenter (příloha č.1) (Věstník MZČR, 3/2016, s. 38-40), (Věstník MZČR, 15/2015, s. 2-3).

Ročně se v těchto centrech ošetří přibližně 10 000 polytraumatizovaných pacientů a těžkých monotraumat. Na tato centra je kladen jednak vysoký nárok na přístrojové vybavení, zde zmíním především přístroje a vybavení pro diagnostiku rentgenovou (RTG), výpočetní tomografií (CT), magnetickou rezonancí (MR) a ultrazvukem (UZ), na kapacity lůžek standardních oddělení, kapacity oddělení JIP a na kapacity a zastoupení specializací na operačních sálech. Základní podmínkou je pak zajištění mezioborové specializované lékařské péče 24 hodin denně, 7 dní v týdnu. Na pracovištích zdravotnických zařízení se statutem traumacentra je vyžadována nepřetržitá přítomnost specializovaného personálu v oborech traumatologie, anesteziologie a intenzivní medicíny, chirurgie, neurochirurgie a radiologie s důrazem na zobrazovací metody. U dalších více specializovaných lékařských oborů je pak nezbytné zajištění dostupnosti služby na telefonu. Do této kategorie spadá personál pro zajištění oborů vnitřního lékařství, intervenční radiologie, hrudní a cévní chirurgie, neurologie, antibiotické středisko, atd. (Věstník MZČR 15/2015, s. 2-7).

1.3 PÉČE O PACIENTA S POLYTRAUMATEM

U zraněných pacientů dochází již po příjezdu rychlé pozemní či letecké záchranné služby na místo nehody k jejich triáži. Jako triáž je označován proces, při kterém dochází u pacienta ke zhodnocení závažnosti stavu jeho zranění a rizika ohrožení jeho vitálních funkcí. Mezi hodnotící kritéria triáže patří fyziologické ukazatele jako krevní tlak a Glasgow Coma Scale, typ a závažnost anatomických poranění, mechanismus poranění a další pomocná

kritéria jako jsou věk a komorbidity. Pokud je pacient zhodnocen lékařem záchranné služby jako triáž pozitivní, je určen k primárnímu směřování do traumacentra, kam je ihned po zajištění a provedení první neodkladné přednemocniční péče transportován. Během transportu poraněného je péče o jeho zdravotní stav zajišťována záchrannou službou (Smolková, 2016, s. 31), (Věstník MZČR 6/2008, s. 61-62).

1.3.1 PŘIJETÍ, ZAJIŠTĚNÍ A PRIMÁRNÍ VYŠETŘENÍ PACIENTA NA ODDĚLENÍ URGENTNÍHO PŘÍJMU

Při přijetí pacienta do traumacentra předá záchranná služba informace o pacientovi trauma-týmu, tedy týmu ošetřujících lékařů, případně dalšímu přítomnému zdravotnickému personálu. Po přijetí pacienta na pracoviště traumacentra je pacient ošetřován dle konceptu ATLS (Advanced Trauma Life Support), je napojen na monitor, jsou zajištěny intravenózní (i.v.) vstupy a souběžně s tím je prováděno primární urgentní vyšetření dle schématu ABCDE:

- A airway – kontrola dýchacích cest
- B breathing – kontrola ventilace
- C circulation – kontrola oběhu a krvácení
- D disability – kontrola neurologického stavu
- E exposure and environment – obnažení pacienta (vyšetření všech částí těla) a kontrola teploty

Pracovníci záchranné služby předají pacienta v určité fázi tohoto algoritmu, personál traumacentra tedy navazuje na již započatou práci (Sviták, 2016, s. 19-20), (Ševčík, 2014, s. 831-833).

Během provádění primárního vyšetření se mohou v indikovaných případech podniknout základní urgentní výkony k záchraně života zraněného, jako jsou punkce pneumothoraxu či hemothoraxu, punkce perikardu při tamponádě srdeční, komprese krvácení u poraněných hlavních končetinových tepen či koniotomie nebo tracheostomie v případech, kdy se nedaří zajistit průchodnost dýchacích cest intubací (Ševčík, 2014, s. 831-833).

1.3.2 PRIMÁRNÍ VYŠETŘENÍ SE ZAMĚŘENÍM NA RADIODIAGNOSTIKU

Dle doporučení ATLS spadá do primárního vyšetření traumatizovaných pacientů i radiodiagnostika. V případech závažně zraněných pacientů může být ještě na oddělení urgentního příjmu provedeno FAST (FAST - Focused Assessment with Sonography for Trauma - Cílené posouzení traumatu za použití UZ) UZ vyšetření (viz. kap. 3.2.3), ve většině případů se ale postupuje přímo metodou celotělového CT vyšetření, které je však mnohdy řazeno do skupiny sekundární akutní péče o pacienty. Tento postup se již nicméně začíná standardizovat jako nezbytná součást primární péče, neboť se za cenu určitého časového zdržení docílí vysoce kvalitní a v dnešní době těžko nenahraditelné, diagnostické informace, kterou UZ vyšetření neposkytne (Karlo, 2011, s. 285), (Ferda, 2015, s. 87).

Pokud se již během FAST UZ vyšetření prokáže přítomnost tekutiny v peritoneální či hrudní dutině společně s oběhovou nestabilitou, kteréžto skutečnosti by poukazovaly na přítomnost masivního krvácení, je indikována okamžitá operační revize a homeostáza. V takovém případě komplexní vyšetření na CT neproběhne, event. se doplní později, a pacient okamžitě směřuje na operační sál k revizi (Karlo, 2011, s. 285), (Ševčík, 2014, s. 834).

Nejčastějšími indikacemi k akutním operačním revizím jsou rozsáhlá život ohrožující krvácení do dutiny břišní či hrudní, indikace drenáže mozkových komor, dekompresní kraniektomie či chirurgické řešení významného intrakraniálního krvácení. U méně závažných, zpravidla u nízkoenergetických zranění, jako jsou pády z malých výšek či autonehody při rychlostech do 50 km/h, se po transportu na urgentní příjem v rámci radiodiagnostiky rovnou přistupuje k sekundární části péče a provedou se potřebná vyšetření dle indikace (Ferda, 2015, s. 87), (Ševčík, 2014, s. 834).

1.3.3 SEKUNDÁRNÍ VYŠETŘENÍ SE ZAMĚŘENÍM NA RADIODIAGNOSTIKU

Další vyšetřování a zajišťování pacienta může být zahájeno až po jeho stabilizaci a zajištění vitálních funkcí. Tato fáze se anglicky označuje jako „head to toe“, česky tedy „od hlavy k patě“. Do této sekundární fáze spadá souhrn pečlivých komplexních vyšetření, která mají za úkol odhalit všechna další poranění s tím, že se následně naplánuje a provádí jejich adekvátní ošetření vzhledem k aktuálnímu stavu pacienta. Vyšetření pacienta probíhá

v pořadí hlava a krční páteř, hrudník, břicho a pánev, záda, končetiny. Na vyšetření se podílí řada specialistů v čele s traumatology, chirurgy a urgentními lékaři (Sviták, 2016, s. 19), (Ševčík, 2014, s. 834).

V dnešní době se stává základním diagnostickým pravidlem provedení komplexního vyšetření na CT s dodatečným přesně cíleným RTG vyšetřením. U méně závažně zraněných pacientů se však může postupovat přesně cílenou RTG a UZ diagnostikou s nižší radiační zátěží. Zpravidla se provádí RTG vyšetření hrudníku, pánve, lebky a krční páteře s tím, že se snímek krční páteře a lebky v mnoha traumacentrech již nahrazuje CT vyšetřením krční páteře, mozku, lebky a v případech devastujících zranění obličeje i obličejového skeletu. Mnohdy je doplněno i UZ vyšetření břicha či jiných zraněných částí těla. Pokud tato diagnostika nestačí a u pacienta nadále přetrvává nejasný nález nebo to nález indikuje, lze následně doplnit celotělové CT vyšetření (Ferda, 2015, s. 87-88), (Ševčík, 2014, s. 834).

Pokud se postupuje cestou primárního celotělového CT vyšetření, použije se k prošetření jednotlivých postižených oblastí nevyšetřených na CT, jakými jsou zpravidla končetiny, UZ nebo RTG vyšetření. Další možností je speciálně zacílené CT vyšetření, např. u komplikovaných fraktur, které z RTG snímku není možno dostatečně posoudit, nebo doplnění vylučovací CT urografie, pro posouzení event. poškození urotraktu. U pacientů s poraněnou páteří s podezřením na poranění míchy či při jiném nevysvětleném neurologickém deficitu, který při zranění vzniknul, je v této fázi péče indikováno MR vyšetření poraněného úseku páteře. Dále se mohou provádět i jiná specializovaná vyšetření jako například bronchoskopie či transezofageální sonografie srdce (Ferda, 2015, s. 87), (Ševčík, 2014, s. 834-835).

Významné uplatnění zde nachází metody intervenční radiologie jako např. DSA (digitální substrakční angiografie). Metod intervenční radiologie se často užívá např. pro detekci zdroje krvácení a pro jeho zastavení pomocí arteficiální embolizace. Významné je též řešení traumatických stavů aorty pomocí implantace stentgraftu (Ferda, 2015, s. 87).

Do sekundární fáze vyšetřování spadá také laboratorní vyšetření, např. koagulace, urea, kreatinin, alkohol a drogy v krvi a také celkové vyšetření krevního obrazu a zjištění krevní

skupiny, potřebné pro objednání daného množství krve a zmražené plazmy pro případný operační výkon (Ševčík, 2014, s. 834-835).

1.3.4 NÁSLEDNÁ PÉČE SE ZAMĚŘENÍM NA RADIODIAGNOSTIKU

Po provedení výkonů nezbytných pro stabilizaci životních funkcí je pacient umístěn zpravidla na oddělení jednotky intenzivní péče kliniky, která zajišťuje pacientovo ošetření. Takovou klinikou bývá nejčastěji traumatologie nebo chirurgie a v případě závažného poranění a špatného stavu pacienta pak oddělení anesteziologicko – resuscitační (ARO). Do skupiny následné péče spadají zpravidla již neakutní operační výkony a doplňková diagnostika pro kontrolu stavu pacienta či sledování vývoje léčby. Kontroly se provádějí podle oblasti závažných poranění a míst operačních výkonů a podle stavu pacienta. Např. u pacientů po kraniektomii, intervencích na krvácejícím intrakraniálním řečišti, k posouzení edému mozku, atd. se opakovaně provádí kontrolní CT mozku pro zhodnocení vývoje stavu pacienta. Pacienti s frakturami na končetinách jsou po výkonech opakovaně snímkováni na RTG pracovišti k posouzení výsledků léčby, atd. (Ševčík, 2014, s. 216-217), (Seidl, 2012, s. 103).

Mohou ovšem nastat i situace opětovného zhoršení vitálních funkcí pacienta a tedy následné akutní diagnostické výkony. Např. u pacientů po cévních operacích na krvácejících orgánech dutiny břišní či magistrálních tepnách je, v případě jejich zhoršení, potřeba zkontrolovat traumatizovanou oblast orgánů či cév angiografií příslušných tepen na pracovišti intervenční radiologie nebo provedením CT angiografie dutiny břišní (Ševčík, 2014, s. 219), (Ferda, Mírka, Baxa, Malán, 2015, s. 136-137), (Černá et al., 2019, s. 16-17).

2 POLYTRAUMA V ORGÁNOVÉM POHLEDU

Jak již naznačuje pojem polytrauma, jedná se vícečetné poranění. Definice tohoto pojmu pak udává, že se jedná o zranění více než jednoho tělesného systému. V této kapitole jsou uvedeny nejčastější a nejzávažnější poranění, komplikace a patologické stavy vyskytující se u polytraumaticky zraněných pacientů (Drábková, 2002, s. 36).

2.1 SYSTÉMOVÁ PORANĚNÍ MĚKKÝCH TKÁNÍ

2.1.1 CRUSH SYNDROM

Je popisován jako systémový projev destrukce svalových buněk s následným uvolněním jejich obsahu do oběhu, což má za následek rozvoj řady metabolických poruch a akutního poškození ledvin. K tomuto stavu dochází vlivem závažného zhmoždění tkáně (tzv. crush trauma) způsobeného kompresí, k jakému dochází například u přírodních katastrof jako jsou zemětřesení a sesuvy půdy, při válečných konfliktech a při těžkých dopravních nehodách či u jiných případů polytraumatických poranění. Rozvoj tohoto stavu hrozí obzvláště u těch pacientů, u kterých trvá vyproštění, tedy uvolnění komprese, dlouhou dobu. Hlavní nebezpečí tohoto stavu tkví v nebezpečí ohrožení pacientova života i v případě, kdy nejsou zraněny životně důležité orgány a trauma se tak nejeví jako závažné (Ševčík, 2014, s. 836), (Drábková, 2002, s. 115).

Primární mechanismus tohoto patologického stavu spočívá v přímém traumatu, u kterého dojde ke kompresi svalových vláken, žil a tepen zodpovědných za cévní zásobení a dále v dlouho trvající nedostatečné perfuzi této tkáně vedoucí k ischemii především svalové, ale i tukové tkáně. Nutno podotknout, že kosterní svalstvo je s ohledem na perfuzi poměrně odolná tkáň, bez trvalých následků je schopna snášet ischemii až 2 hodiny, přičemž tkáňová nekróza se začne rozvíjet až po 4-6 hodinách nedostatečné perfuze (Drábková, 2002, s. 115), (Ševčík, 2014, s. 836).

Klinický obraz je z počátku nenápadný, v momentě uvolnění tlaku na postiženou oblast je do oběhu uvolněn buněčný obsah odumírající tkáně s velkým poměrem draslíku, fosfátů a urátů, vlivem čehož dochází k rozvoji hyperkalémie, hyperfosfatémie a hyperurikémie. Do hodiny od vyproštění se často objevuje závažná život ohrožující arytmie, do několika hodin se pak rozvíjí šokový stav s hypovolemickou složkou. Vlivem uvolnění velkého množství zánětlivých mediátorů roste riziko ARDS – syndrom akutní dechové tísně. Nejzávažnější komplikací crush syndromu je však akutní poškození ledvin, které se rozvíjí v důsledku uvolnění toxických látek do krevního oběhu. U pacientů s crush syndromem roste též riziko infekčních komplikací, v některých případech až rozvoje sepse (Drábková, 2002, s. 115), (Franz, 2006, s. 23), (Ševčík, 2014, s. 836).

Diagnostika crush syndromu je možná cestou laboratorního vyšetření, anamnézy a klinického obrazu pacienta. Radiologické metody se v tomto ohledu neuplatňují (Ševčík, 2014, s. 837).

2.1.2 BLAST SYNDOM

Blast syndrom neboli poranění tlakovou vlnou je soubor zranění, který může být zprostředkovan různými médii – vzduchem, vodou, event. pevným tělesem a podle těchto zprostředkujících médií se i dělí. Zranění vzduchovou vlnou je nejčastější. Toto zranění vzniká jako následek přítomnosti u výbuchu, např. při haváriích kamiónů s hořlavým materiálem či při vojenských akcích. Četnost a závažnost zranění je závislá na vzdálenosti pacienta od epicentra výbuchu. Přímo v epicentru dochází zpravidla k devastujícím účinkům na tělo a neodvratné smrti. V zóně nejbližší výbuchu, tzv. primární zóně, se objevují zranění spojená s působením přetlaku na tělo. Nejčastěji dochází k rupturám plic, s rozvojem dušnosti, kašle, cyanózy, vznikem pneumothoraxu a téměř ve všech případech k rupturám ušních bubínků. Sekundárně jsou pacienti vystaveni nebezpečí létajících předmětů, event. zranění vyplývající z odhození tlakovou vlnou (Drábková, 2002, s. 119).

Poranění vodní tlakovou vlnou je méně častý typ blast syndromu. Tato sdružená poranění vznikají nárazem přívalové vlny, např. při surfování, na vodních lyžích nebo jiným nárazem vodní masy na tělo. V této skupině blast syndromu se objevují zranění jako kontuzní

poranění břicha, ruptury střevních kliček či ruptury poševních stěn u žen. Objevují se i zranění očí, jako prolaps rohovky a zhmoždění očního bulbu (Drábková, 2002, s. 120).

Posledním typem blast syndromu je poměrně vzácný typ zranění zprostředkovaný pevnou hmotou. Může k němu dojít u autonehod stlačením stěn kabiny automobilu, vzácně při natlačení lidských těl v panice na pevnou překážku, např. při protestech či při rychlé evakuaci prostor. V tomto ohledu dominují poranění stlačených částí, objevují se zlomeniny končetin, žeber, kontuzní poranění a jiné (Drábková, 2002, s. 120).

Diagnostika jednotlivých poranění spadajících do blast syndromu často využívá radiologických metod. Poškození plic, fraktury žeber či event. vznik pneumothoraxu je prokazatelný a dobře diagnostikovatelný na nativním vyšetření hrudníku na CT. Jednotlivé zlomeniny končetin lze posoudit z RTG vyšetření patřičných oblastí. Kontuzní změny v oblasti dutiny břišní lze prokázat na UZ vyšetření, popř. na CT (Vomáčka et al., 2015, s. 85), (Ferda, Mírka, Baxa, Malán, 2015, s. 40-41).

2.2 PORANĚNÍ ORGÁNOVÝCH SYSTÉMŮ A JEJICH DIAGNOSTIKA RADIOLOGICKÝMI METODAMI

2.2.1 ŽIVOT OHROŽUJÍCÍ KRVÁCENÍ

Je příčinou časně smrti u 40-50 % pacientů civilních i válečných zranění. Život ohrožující krvácení (ŽOK) je možné definovat z pohledu velikosti krevní ztráty jako: ztrátu celého objemu krve v průběhu 24 hodin / ztrátu 50 % objemu krve během 3 h / pokračující ztrátu krve, přesahující objem 150 ml za minutu. ŽOK nemusí být nutně definované velikostí krevní ztráty, ale například i lokací krvácení v oblastech, kde by došlo k ohrožení životních funkcí jako např. nitrolebeční krvácení nebo traumatická tamponáda srdeční. Na závažnosti stavu ŽOK se podílí nejen velikost a lokace krvácení, ale též rychlost jeho vzniku a progresu (Ševčík, 2014, s. 844), (Drábková, 2002, s. 147).

Diagnostika těchto stavů spočívá ve sledování rozvoje příznaků hemoragického šoku a stavu orgánové perfuze. U každého pacienta s těžkým traumatem či polytraumatem se provádí kompletní klinické a laboratorní vyšetření, které krvácení zpravidla odhalí.

V souvislosti s klinickými příznaky se může odhadnout oblast krvácení, přesná lokace zdroje krvácení však určena být nemůže. Zde přicházejí na řadu radiodiagnostické metody. V závislosti na závažnosti stavu pacienta a předpokládané lokaci krvácení se indikují konkrétní diagnostické metody a konkrétní vyšetření. V akutní radiologii krvácivých stavů se nejvíce uplatňuje CT, výjimečně se postupuje cestou UZ vyšetření (Ševčík, 2014, s. 844-845), (Heřman, 2014, s. 158).

Například v případě podezření na akutní krvácení do dutiny břišní, často z některé z magistrálních tepen či v oblasti jater a sleziny, kde jsou tyto stavy nejběžnější, se indikuje CT angiografické vyšetření za použití kontrastní látky. Toto vyšetření poskytuje vysoce kvalitní diagnostické informace o místě, druhu a závažnosti tohoto stavu. V případě nižší závažnosti stavu pacienta je možno provést přehledné UZ vyšetření dutiny břišní (Seidl, 2012, s. 219-221), (Heřman, 2014, s. 143, 144, 152), (Černá et al., 2019, s. 15-16).

V určitých případech, se může krvácení diagnostikovat metodami intervenční radiologie, nejčastěji DSA. Pacient je v takových případech převezen na oddělení intervenční radiologie, kde je po zjištění rozsahu a závažnosti krvácení přímo proveden terapeutický výkon k jeho ošetření, který spočívá v embolizaci traumatizovaných cév, ve vážnějších případech v aplikaci stentgraftu. V případech těžkých život ohrožujících stavů se po rychlé diagnostice přistupuje přímo k chirurgické revizi na operačním sále (Ferda, Mírka, Baxa, Malán, 2015, s. 120), (Černá et al., 2019, s. 15-16).

Velmi častou komplikací u polytraumatizovaných pacientů jsou i různé druhy nitrolebečního krvácení, tato problematika je více rozvedena v kapitole 2.2.4 (Ferda, Mírka, Baxa, Malán, 2015, s. 102).

2.2.2 TRAUMATICKÉ DISEKCE A TRAUMATA CÉV

Traumata cév vznikají nejčastěji na základě přímých tupých poranění nebo například i pouhým rotačním pohybem např. u sportu. S ohledem na polytraumata se mohou vyskytovat kupříkladu disekce koronárních tepen, které vznikají u tupých nárazů na hrudník, nejčastěji u autonehod, a u jiných velkých cév jako je aorta či karotidy (Čech et al., 2011, s. 737), (Povýšil et al., 2009, s. 704).

Poranění karotid je obzvláště závažná komplikace, neboť její symptomatika může být maskovaná jiným sdruženým poraněním a její odhalení je mnohdy velmi obtížné. Poranění karotid mohou vzniknout několika mechanismy - rotací a záklonem hlavy, frakturou baze lební a krční páteře, střížným pohybem krku, kompresí karotidy a zhmoždění přímým úderem. Tupá poranění karotid jsou obecně poranění s vysokou morbiditou a mortalitou a konkrétně disekce karotid je u pacientů pod 50 let věku příčinou 20-25 % případů ischemické cévní mozkové příhody (Povýšil et al., 2009, s. 704), (Hajnovič et al., 2018, s. 504-505).

Základní diagnostickou metodou v případě traumatických disekcí a poranění cév a kontroly jejich prostupnosti (příloha 13) je cílená CT angiografie, event. cílené provedení DSA na pracovištích intervenční radiologie. CT angiografie má oproti DSA značnou výhodu, protože umožňuje zobrazení cév v jakékoliv projekci. Toho je využíváno v diagnostice anatomicky komplikovaných cévních nálezů. Metody intervenční radiologie se pak uplatňují především v oblasti léčby traumatických stavů cév, jako jsou disekce, stenózy, krvácení a uzávěry (Šercl et al., 2020, s. 131-138), (Heřman, 2014, s. 251).

2.2.3 SYNDROM TUKOVÉ EMBOLIE

Je poměrně řídké se vyskytující, avšak závažnou komplikací doprovázející podle literatury až 35 % případů všech tupých traumat. Objevuje se až v 90 % všech případů pacientů s mnohočetným poraněním skeletu a až v 70 % případů u pacientů se zlomeninami pánevních či dlouhých kostí. Klinické projevy této komplikace se však objevují jen asi u 10-30 % postižených pacientů. Syndrom tukové embolie (STE) však kromě traumat může provázet i případy těžkých pankreatitid, popáleniny, maligní procesy, kardiopulmonální resuscitaci a jiné (Ševčík, 2014, s. 848), (Blažek, 2009, s. 649).

STE je definován přítomností tukových částic v periferní a plicní mikrocirkulaci. Ty se do oběhu uvolní společně s částicemi kostní dřevě při zlomeninách dlouhých kostí či při jiných traumatických procesech. Jak je již zmíněno výše, klinické projevy se objevit mohou, ale nemusí. Pokud se objeví, rozvíjí se nejčastěji v průběhu 12-48 hodin po traumatu. Mezi základní příznaky patří dechová nedostatečnost, petechie, poruchy vědomí, zmatenost a mentální změny (Drábková, 2002, s. 112-113), (Ševčík, 2014, s. 848).

Diagnostika je z hlediska klinického obrazu a nescifických symptomů poměrně obtížná. Ve většině případů je diagnóza stanovena na základě sledování klinických příznaků a laboratorních nálezů (Ševčík, 2014, s. 848).

Z radiologických metod je nejčastěji využíváno RTG vyšetření plic, které se běžně u traumat provádí. Na snímku plic se v případě těžkého STE, může projevit obraz plicního otoku, zvýšené plicní kresby, popř. dilatace pravostranných srdečních oddílů. Přesnější diagnostiku přináší CT vyšetření hrudníku, kde se STE projeví ve formě skvrnitých nodulárních opacit vzhledu mléčného skla. Jednou z dalších možností, jak prokázat pomocí radiologických metod přítomnost STE, je též provedení vyšetření mozku za pomoci MR (Blažek, 2009, s. 650-651), (Ševčík, 2014, s. 848-849).

2.2.4 BŘIŠNÍ KOMPARTMENT SYNDROM

Břišní kompartment syndrom (BKS) je stav pacienta, definovaný trvalým vzestupem nitrobřišního tlaku, který vede k orgánové dysfunkci či selhávání. Z hlediska traumat je nejdůležitější skupina primárních BKS. Primární BKS vznikají následkem poranění či onemocnění v břišní nebo pánevní oblasti a jejich závažnost zpravidla vyžaduje okamžité chirurgické řešení, event. odbornou radiologickou intervenci, vedoucí k okamžitému snížení tlaku na orgány a struktury v břišní dutině. Primární BKS může být způsoben např. významným traumatem v oblasti břicha spojeným s nadměrnou tekutinovou resuscitací, patologickým stavem spojeným s masivním únikem tekutiny (např. sepse, rozsáhlé popáleniny), nitrobřišními patologickými stavy jako je masivní ascites, rozsáhlá krvácení či distenze střev s obsahem (Ševčík, 2014, s. 850).

Kompartiment syndrom (KS) se může vyskytovat i mimo oblast dutiny břišní. V tom případě je KS definovaný jako trvalé zvýšení tlaku v nějakém osteofasciálním prostoru nebo kompartmentu, které omezí či zcela zastaví mikrocirkulaci ve stlačených tkáních, kterýžto stav vede k ischemii či až k nekróze veškeré tkáně v dané oblasti. Příčin nárůstu tlaku v daném prostoru může být několik, zmíním zde např. pevný uzávěr defektů ve fascii, příliš těsné obvazy či dlouhodobý zevní tlak na část těla u osob uložených při operaci. S ohledem na problematiku polytraumatů se může KS objevit například po úrazu způsobeném při autonehodě se zaklíněním dolních končetin ve vozidle, v tomto případě se tento jev týká nejčastěji oblasti bérců. Zranění se projevuje prudkou bolestí, poruchou citlivosti a asymetrií objemu (Krass et al., 2013, s. 39).

Z pohledu diagnostických možností je největším přínosem jednoznačně CT vyšetření s použitím kontrastní látky (KL) i.v. Toto vyšetření je schopno odhalit i další komplikace související se zvýšeným nitrobřišním tlakem jako ischemii střev nebo elevaci bránice s redukcí objemu plic. Je třeba si ale uvědomit, že podání KL může vést k dalšímu zhoršení renálních funkcí, které mohou být vlivem BKS už tak v kritickém stavu. Přínosem může být i UZ vyšetření břišní dutiny. Co se týče KS v oblasti měkkých tkání tkví radiodiagnostické možnosti především v kontrole pomocí UZ (Ševčík, 2014, s. 851).

2.2.5 PORANĚNÍ LEBKY, MOZKU A OBLIČEJE

Co se týče typu zranění a komplikací v problematice polytraumatizovaných osob, patří poranění hlavy a mozku v rámci akutní péče mezi absolutní priority. Patří sem poranění mozkolebeční, poranění obličeje, obličejového skeletu a poranění měkkých pokrývek lebečních. Nejzávažnější a nejnebezpečnější z těchto zranění je poranění mozkolebeční. Toto poranění se vyskytuje přibližně u 50 % polytraumatizovaných pacientů, přičemž u jedné třetiny těchto pacientů je příčinou smrti. Zároveň je častým důvodem trvalé invalidity pacientů s prodělaným polytraumatem. Úrazovým mechanismem je ve více než 50 % případů dopravní nehoda, dále následují pády z výšek a údery do hlavy při trestných činech, vyskytují se však i penetrující poranění mozku vzniklá např. při bodných, sečných a střelných poranění hlavy (Ferda, Mírka, Baxa, Malán, 2015, s. 102), (Drábková, 2002, s. 123-124).

Významných rizikových faktorů a komplikací vyplývajících z mozkolebečního poranění je více. Zde zmíním především extracerebrální traumatická krvácení, pneumocefalus, rozvoj nitrolebeční hypertenze a edému mozku, difúzně axonální poranění, komplikované fraktury lebky a ischemizace až nekróza životně důležitých oblastí mozku. Zlomeniny neurokrania jsou často se vyskytující komplikací u vysokoenergetických poranění hlavy. Vznikají třemi mechanismy – nárazem, kompresí nebo implozí. Mají celou škálu závažnosti, od jednoduchých zlomenin po komplexní poranění typu tříštivých zlomenin. Komplikovanější zlomeniny se často vyskytují v oblastech baze lebky a přechází do oblastí kostí spánkových, orbit a oblasti splachnokrania (Ferda, Mírka, Baxa, Malán, 2015, s. 102), (Heřman, 2014, s. 186-187).

Mozková krvácení spadají do obzvláště častých a velice závažných stavů, které doprovázejí polytraumata i izolovaná traumatická poranění hlavy. Vyjma intracerebrálních krvácení, do této kategorie spadají krvácení epidurální, subdurální (příloha 2) a subarachnoidální (příloha 3 a 4). Tato krvácení mohou být později příčinou vzniku tzv. extraaxiálních poranění mozku. To jsou taková poranění, kdy není při traumatu přímo poraněna mozková tkáň, ale může dojít k jejímu poškození sekundárně, např. útlakem vlivem vzniklého hematomu (Ferda, Mírka, Baxa, Malán, 2015, s. 102).

V případě energeticky významných poranění hlavy se téměř vždy provádí nativní vyšetření mozku na CT jako metoda první volby. Toto vyšetření je schopné prokázat a rozlišit i drobné fraktury lebky či obličejového skeletu a případná poranění mozku a komplikace jako jsou krvácení, pneumocefalus (příloha 2), kontuzní změny na mozku a jiné. Nutno podotknout, že především v diagnostice mozkových krvácení má CT zcela dominantní postavení. V případě adekvátní indikace pak lze doplnit CT angiografii mozkových tepen pro lepší zorientování se v místě krvácení a v celkovém stavu mozkových tepen. Některá poranění však nemusí být z CT zřejmá, a proto je v některých případech vhodné doplnit vyšetření mozku na MR. Jednou z takových indikací je například prokázání difúzního axonálního poranění (Heřman, 2014, s. 184,190,191), (Ferda, Mírka, Baxa, Malán, 2015, s. 102), (Seidl, 2012, s. 237-240).

U traumatizovaných dětí, zpravidla do jednoho roku věku, s podezřením na poranění mozku lze k diagnostice využít UZ, kdy se vyšetření mozku provádí skrze ještě neuzavřenou velkou fontanelu (Heřman, 2014, s. 184).

Poranění obličeje zahrnuje jednak trauma obličejového skeletu a jednak poškození měkkých tkání jednotlivých etáží obličeje. Toto zranění nastává vlivem tupého či penetrujícího traumatu a ve více než 50 % případů je součástí mnohočetného poranění. Nejčastěji se tato zranění objevují jako následek autonehod, pádů, sportovních úrazů a napadení. Primární diagnostika spočívá v provedení RTG snímku lebky či obličejového skeletu. U izolovaných jednoduchých poranění zubů může postačovat intraorální dentální RTG snímek. V případě závažnějších poranění se indikuje CT vyšetření traumatizované oblasti obličeje (Ševčík, 2014, s. 852-853), (Heřman, 2014, s. 179).

2.2.6 PORANĚNÍ PÁTEŘE

Tento typ poranění vzniká ve většině případů tupým traumatem, které vzniká nejčastěji u dopravních nehod, pádů z výšek nebo různých úderů do šíje. Penetrující zranění páteře, způsobená např. střelným či bodným poraněním jsou velmi vzácná. Hlavním cílem diagnostiky a léčby poranění páteře je co nejvíce minimalizovat výsledný neurologický deficit daný primárním inzultem. Poranění páteře se liší svou závažností od plně stabilních zlomenin s minimálním či žádným neurologickým postižením, po zlomeniny těžce nestabilní, často s rozvojem plegie pod místem postižení (Drábková, 2002, s. 137), (Ševčík, 2014, s. 891).

Ve většině případů existuje určitá přímá úměra mezi nestabilitou zranění a postižením nervových struktur. Existují však i případy, kdy se závažná zlomenina páteře nemusí projevat žádným či minimálním neurologickým deficitem. Z tohoto důvodu je u zraněných pacientů zcela zásadní fixace krční páteře tuhým límcem, event. těla vakuovou matrací, a správná manipulace s pacientem po celou dobu jeho vyprošťování, transportu a ošetřování až do momentu prokázání negativní diagnózy nebo léčebného zákroku (Ševčík, 2014, s. 891).

Poranění krční páteře se objevuje velmi často v rámci polytraumatu v kombinaci s mozkolebečním poraněním. Tato traumatická zranění, především na horní etáži krční páteře (příloha 5), patří k nejčastějším traumatickým poraněním na páteři a vzhledem k tomu, že jsou důvodem 20-40 % úmrtnosti pacienta přímo na místě nehody, patří i k nejnebezpečnějším.

Fraktury na hrudní a bederní etáži páteře (příloha 7) jsou také častou komplikací polytraumat. Nejčastěji dochází k poranění v oblasti přechodu hrudní a bederní páteře, tj. obratlů TH12 a L1. Velmi časté jsou také zlomeniny posledního bederního obratle a kosti křížové, kterýžto segment páteře stabilizuje a spojuje páteř s pánví. Z tohoto důvodu je třeba u diagnózy poranění dbát zvýšené pozornosti i v této anatomické oblasti (Drábková, 2002, s. 142), (Ševčík, 2014, s. 891-892).

RTG vyšetření nemusí být vždy prokazatelné, velké nebezpečí skrytého poranění hrozí především v oblasti horní krční páteře. Z toho důvodu je diagnóza těchto zranění téměř vždy stanovována pomocí CT vyšetření, které je vždy prokazatelné. U většiny případů těžkých polytraumat je indikováno celotělové vyšetření s rekonstrukcemi na celý průběh páteře od krčního segmentu až ke kosti křížové a kostrči. U lehčích případů poranění se vyšetřuje jen postižená oblast páteře. V případě prokázání traumatického poranění páteře na CT, především u nestabilních fraktur, je vždy indikováno dodatečné vyšetření na MR (příloha 6) k posouzení akutních změn na míše a páteřním kanálu (Ševčík, 2014, s. 891), (Heřman, 2014, s. 201-202).

2.2.7 PORANĚNÍ HRUDNÍKU

Poranění hrudníku svou přítomností zvyšují celkovou závažnost polytraumatu a to hlavně v časně poúrazové fázi. Je tomu tak především proto, že tato zranění mohou ohrozit dvě základní životní funkce – krevní oběh a dýchání. Závažná poranění hrudníku vedou až ve 25 % případů k časně smrti. K těmto poraněním dochází často při dopravních nehodách, přiražením trupu na nějakou překážku či při pádech z výšek (Drábková, 2002, s. 144).

Poranění můžeme rozdělit na poranění zavřená a otevřená. Zavřená poranění hrudníku vznikají působením tupých sil, které působí kontuzi, komoci či kompresi hrudníku. Zranění se projevuje bolestí postižené části hrudníku, dušností a případnými lokálními změnami měkkých tkání, jakými může být například hematom. Zavřená poranění hrudníku mohou být různě závažná v závislosti na velikosti komprese a doby, po kterou tato síla na hrudník působila (Ševčík, 2014, s. 859).

Otevřená poranění hrudníku jsou taková, u kterých je přítomna otevřená rána na hrudníku. Dělí se na penetrující a nepenetrující do pleurální dutiny. Otevřená poranění tvoří asi 10 % všech poranění na hrudníku s tím, že asi 60 % z nich jsou zranění penetrující do pleurální dutiny s poškozením nitrohručních orgánů. Tato zranění vznikají působením ostrého předmětu či vystřeleného projektilu, jsou tedy velmi specifické pro násilné činy jako bodná zranění či poranění střelnými zbraněmi (příloha 8). Závažnost stavu závisí na povaze zranění. Nepenetrující poranění bývají zpravidla méně závažná. Poranění penetrující jsou závažnější zejména kvůli přidruženým nitrohručním poraněním. Často jsou provázána pneumothoraxem, hemothoraxem či jejich kombinací (příloha 11). Vyskytnout se může též traumatický emfyzém tkání (příloha 9 a 10). Poraněny mohou být všechny nitrohruční orgány – plíce, dýchací cesty, jícen, srdce a velké cévy (Ševčík, 2014, s. 859), (Drábková, 2002, s. 144).

Dalšími komplikacemi jsou pak samozřejmě zlomeniny skeletu hrudníku. Časté jsou zlomeniny žeber a klíčních kostí, běžné u autonehod, pádů a sportovních úrazů. Vyskytují se i zlomeniny lopatky či zlomeniny sternu, u kterých je často přítomna i kontuze srdce (Drábková, 2002, s. 151).

Základní diagnostika poranění hrudníku obsahuje vyšetření krevních plynů, EKG, echokardiografické vyšetření a RTG vyšetření hrudníku. Vyšetření penetrujícího rázu se opírá o fyzikální vyšetření a chirurgickou revizi rány. V případě podezření na přidružená dutinová poranění se diagnostika rozšíří na UZ a především na CT vyšetření. CT vyšetření nachází velké uplatnění u diagnostiky pneumothoraxů, hemothoraxů a zlomenin skeletu, především žeber, kde se často vyžaduje trojrozměrná rekonstrukce. Mezi další diagnostické metody patří např. tracheobronchoskopie či ezofagoskopie. Co se zobrazování na CT týče, lze využít i dalších možností vyšetření jakými jsou např. virtuální bronchoskopie či CT angiografie k diagnostice poškození srdce a cév hrudníku (Ševčík, 2014, s. 859-860), (Heřman, 2014, s. 40).

2.2.8 PORANĚNÍ BŘICHA

Poranění břicha jsou vzhledem k mechanismu jejich vzniku často spojena s traumaty hrudníku, páteře či pánve. Co se priorit akutní péče týče, řadí se až na pomyslné třetí místo za poranění hlavy a hrudníku, přesto však patří traumatická postižení břicha mezi nejzávažnější stavy, které mohou být navíc v prvních okamžicích péče snadno přehlédnuty (nejedná-li se o poranění otevřená). Poranění břišní krajiny a rizika z nich vyplývající, mají také velký význam ve fázích časně a pozdní poúrazové péče (Heřman, 2014, s. 153), (Ševčík, 2014, s. 875-878).

Poranění břicha můžeme podobně jako poranění hrudníku rozdělit na poranění tupá a poranění otevřená. Mechanismus vzniku tupých poranění břicha je založen na působení síly na větší plochu břišní stěny, čímž nedochází k porušení její celistvosti a tedy vzniku penetrujícího poranění. V rámci polytraumat nastává tento druh zranění nejčastěji při dopravních nehodách - při akceleraci a deakceleraci, u pádů z výšek či naražení se na překážku u sportu (Ševčík, 2014, s. 875), (Drábková, 2002, s. 162).

Otevřená poranění břicha jsou oproti poraněním tupým méně častá. Mechanismus vzniku je oproti tupým poraněním odlišný v ploše, na kterou působí síla. Ta je zde malá a předmět, který působí na tuto plochu je často ostrý - charakter poranění je často řezný či bodný (příloha 8). Charakteristické situace, u kterých tato poranění vznikají, jsou kriminální činy či válečné úrazy (bodná a střelná zranění, střepinová zranění), ale i specifické situace u sportů či autonehod. Výjimečně se objevují otevřená zranění způsobená tupým předmětem, jako mohou být řídítka či větev stromu. Obdobně jako u poranění hrudníku jsou poranění otevřená dále diferencovaná na poranění penetrující a nepenetrující do dutiny břišní. Avšak vzhledem k nízké četnosti nepenetrujících zranění břicha a závažnosti poranění penetrujících, je každé poranění třeba vnímat jako potenciálně penetrující. (Ševčík, 2014, s. 878), (Drábková, 2002, s. 162).

Poranění orgánů bývá podle způsobu jejich vzniku různé, rozlišujeme především zranění způsobená mechanismy penetrujícími a nepenetrujícími. Poranění se též liší podle charakteru tkání a struktur: poranění parenchymových orgánů (játra, slezina, ledviny) / poranění dutinových orgánů (trávicí trubice, močový měchýř a vývodné cesty močové) / poranění dalších struktur lokalizovaných v dutině břišní jako jsou velké cévy nebo nervové svazky (Drábková, 2002, s. 162-163), (Heřman, 2014, s. 153).

U tupých poranění se běžně vyskytují povrchové oděrky, hematomy a otoky. V některých případech může nastat u poranění specifický jev, zvaný decollement. Ten se vyznačuje vzájemným oddělením některých vrstev břišní stěny (např. odtržení kůže a podkoží od fascie). Především u vysokoenergetických traumat jsou častá krvácivá poranění jednotlivých parenchymových orgánů, jako jsou slezina a játra. Právě poranění sleziny je u polytraumat nejčastější příčinou krvácení do dutiny břišní, poranění jater je svou četností traumatického hemoperitonea na místě druhém. Tupá poranění střev bývají způsobena významným nárazem na přední stěnu břišní, největší riziko tohoto poranění tkví v ruptuře orgánu, vylití obsahu do peritoneální dutiny a následném rozvoji peritonitidy. Izolovaná poranění slinivky břišní, žaludku, ledvin a odvodných cest močových jsou poměrně vzácná a vyskytují se zpravidla jako součást hromadného poranění polytraumatizované osoby. Ve 2-4 % případů vzniká při polytraumatu poranění bránice, nejčastěji levé strany. Toto poranění se vyznačuje akutní dechovou nedostatečností způsobenou výpadkem bránice jako hlavního dýchacího svalu a utlačením plíce břišním obsahem, který se přesouvá rupturou do dutiny hrudní (Ševčík, 2014, s. 875-877), (Franz, 2006, s. 23-24), (Drábková, 2002, s. 164-165).

Mezi hlavní komplikace penetrujících poranění dutiny břišní patří krvácení a perforace dutých orgánů. Poranění jsou charakterizována pokračujícím krvácením, peritoneálním drážděním, eventrací útrobu a známkami hemoragického šoku. Vyskytují se řezná a bodná poranění parenchymových orgánů, velkou kapitolou jsou pak poranění břišních cév vyplývající z penetračního mechanismu, především poranění břišní aorty a jejích primárních odstupů představuje v problematice břišního traumatu to nejkritičtější – viz. kapitola 2.2.1 (Ševčík, 2014, s. 878).

Tupá poranění jsou prakticky ve všech případech diagnostikována pomocí UZ vyšetření. V případech nejasnosti nálezu na UZ a v závažnějších případech se indikuje vyšetření na CT, které je schopno diferencovat větší hematomy, zdroje aktivního krvácení či jiná nitrobřišní poranění. Diagnostika otevřených poranění břišní krajiny se kromě odběru anamnézy, fyzikálního vyšetření a revize rány také spoléhají na radiologické metody. Je možno provést RTG vyšetření břicha, které může odhalit známky pneumoperitonea či přítomnost cizího tělesa. Přesnější informace pak nabízí UZ vyšetření a vyšetření na CT. Především provedení CT angiografie břicha za pomoci bolu KL i.v., může dát chirurgům jasné informace o rozsahu a závažnosti daného penetračního poranění (Ševčík, 2014, s. 875-878), (Heřman, 2014, s. 153-154).

2.2.9 PORANĚNÍ PÁNVE

Poranění pánve se vyskytují zpravidla jako součást komplexních poranění a polytraumat. Závažnější případy se vyznačují porušením tzv. pánevního kruhu a frakturami acetabula. Častou komplikací doprovázející poranění pánve mohou být poranění močového měchýře, močové trubice a posledních segmentů tlustého střeva. Vzhledem k faktu, že na pánevní kosti těsně naléhají lumbosakrální a kokcygeální nervové plexy, vnitřní pánevní tepny a významné žilní pleteně, bývají poranění pánve doprovázena i komplikacemi vyplývajících z poranění těchto struktur, obzvláště závažný může být vznik masivního krvácení s rychlostí krevní ztráty 5 litrů za 24 hodin nebo i více (Ševčík, 2014, s. 880).

Poranění pánevního kruhu nastávají nejčastěji při dopravních nehodách, při pádech z výšek nebo při natlačení osoby na nějakou překážku. Fraktury pánve se podle rozsahu a následků dělí na tři typy.

Typ A – stabilní fraktury. Incidence těchto poranění je přibližně 50-70 % traumatických poranění pánve. Jedná se zpravidla o izolované fraktury hřebene kosti kyčelní, příčné zlomeniny sakra či kostrče a avulzní zlomeniny vznikající např. v oblastech spina iliaca anterior superior, pubického hrbole nebo jiných struktur. Tento typ se vyznačuje lokální bolestivostí, hematodem, event. v určitých případech omezením pohyblivosti kyčelního kloubu. Typ B – rotačně nestabilní fraktury. Tyto fraktury tvoří cca 20-30 % traumatických poranění pánve. Jedná se o inkompletní poranění zadního segmentu pánve. Patří sem

např. zlomeniny typu „otevřená kniha“, vznikající při předozadní kompresi pánve. Typ C – vertikálně a rotačně nestabilní fraktury. Incidence těchto poranění je přibližně 10-20 %. Dělí se na jednostranné a oboustranné (Drábková, 2002, s. 167), (Ševčík, 2014, s. 880).

Typy B a C spadají do kategorie obzvláště závažných poranění. Tyto stavy jsou doprovázeny obrovskou bolestivostí v oblasti pánve a omezenou hybností dolních končetin. U zlomenin, u kterých dojde k porušení pánevního kruhu, se prudce rozvíjí šokový stav z masivního krvácení, ke kterému v pánvi dochází vlivem poškození pánevních tepen a venózních pletení. U těchto fraktur jsou též častá poškození močového měchýře a částí gastrointestinálního traktu (GIT), která vedou k častým septickým komplikacím. V přibližně 25 % případů končí tato poranění smrtí, nejčastěji z důvodu nezvládnutí masivního krvácení (Drábková, 2002, s. 167), (Ševčík, 2014, s. 880).

U polytraumatických poranění pánve jsou též časté zlomeniny acetabula. Jedná se o nitrokloubní zlomeninu způsobenou přenesením velkého množství energie přes kost stehenní na acetabulum. Zajímavostí je, že se tato zlomenina ze 75 % vyskytuje u jedinců do 40 let věku (Ševčík, 2014, s. 881).

Pro diagnostiku izolovaných fraktur typu A je dostačující UZ vyšetření břišní dutiny a RTG vyšetření pánve, ideálně ve třech projekcích (předozadní, vchodové a východové). Pro diagnostiku fraktur acetabula se často indikuje RTG vyšetření kyčelního kloubu v několika projekcích. Vyšetření na CT je schopno dokonale zobrazit polohu všech úlomků a proto se v dnešní době, především u komplikovaných zlomenin acetabula, stává standardem. U komplexních fraktur pánve typu B a C, u kterých se očekává masivní poškození pánevních struktur a orgánů, často doprovázených masivním krvácením, je nezbytné provedení CT vyšetření pánve s kontrastní látkou. V indikovaných případech se provádí CT angiografie (Ševčík, 2014, s. 880-881).

2.2.10 PORANĚNÍ KONČETIN

Co do četnosti se poranění končetin a pánve řadí mezi nejčastěji se vyskytující, a to až u 80 % všech polytraumatizovaných pacientů. Vzhledem k funkci těchto částí těla a nepřítomnosti důležitých orgánů, vyjma pánve, se však tato zranění stávají smrtelná jen v málo případech. Pokud jsou však poranění končetin součástí mnohočetného poranění, prohlubují závažnost celkového stavu. Mezi nebezpečné situace poranění končetin patří zejména krvácivá poranění některé z magistrálních tepen či celková devastující poranění končetin a pánve, spojená s traumatem orgánů (Ferda, 2015, s. 86).

Poranění končetin lze diferencovat na poranění kostí a kloubů a poranění měkkých tkání, tedy svalů, šlach, podkoží a kůže. Zlomeniny kostí lze dělit podle etiologie, linie lomu, dislokace a lokalizace. U zlomenin kloubů se rozlišuje stupeň poškození podle narušení stabilizace kloubu, hodnotí se stav kloubního pouzdra a stabilizačních vazů, event. stav subluxe či luxace (Ševčík, 2014, s. 882-883).

Poranění svalů se může projevit ve formě kontuze (zhmoždění), distenze (natažení) a ruptury (prasknutí), přičemž ruptura je stav nejzávažnější, který mnohdy vyžaduje operační řešení. Poranění šlach se vyskytuje vzácněji ve formě distenze, častěji ruptury parciální či úplné. Časté jsou traumatické subkutánní ruptury Achillovy šlachy či postižení rotátorové manžety ramenního kloubu. V případě úplné ruptury šlachy je operační řešení nezbytné (Ševčík, 2014, s. 883).

Poranění měkkých tkání se dělí na zranění otevřená a zavřená, toto dělení však nerozhoduje o jejich závažnosti. Zavřená zranění mohou být vzhledem k destrukci měkkých tkání daleko závažnější, než otevřená, ale kupříkladu otevřené zlomeniny, zahrnující poranění kožního krytu a podkoží, s sebou zase nesou rizika a komplikace spojená s komunikací kostí s vnějším prostředím. Takovou komplikací může být např. vniknutí nečistot do rány. Do skupiny poranění měkkých tkání spadají také poranění cévních a nervových pletení. K tomu dochází buď již přímo při primárním mechanismu úrazu nebo sekundárně např. kostním fragmentem. V případě poškození větších cévních svazků je nejdůležitější včas zastavit krvácení. Poškození periferní inervace nemá z hlediska primární péče zásadní důležitost (Ševčík, 2014, s. 883).

U závažnějších traumat může na měkkých tkáních končetin dojít i ke vzniku kompartment syndromu - viz. kapitola 2.2.3 (Drábková, 2002, s. 168).

Diagnostika fraktur kostí a kloubních ploch se podle složitosti provede cestou RTG vyšetření, v případě komplikovanějších fraktur, jakými mohou být např. zlomeniny tříštvivé, kompresní nebo zasahující do kloubní štěrbiny, se uplatňuje CT vyšetření s následnou 3D rekonstrukcí obrazu. Případné porušení cévních svazů je možné vyšetřovat na CT metodou kontrastní angiografie nebo metodami DSA na intervenční radiologii (Heřman, 2014, s. 87, 251).

Poranění měkkých tkání je možné přehledně vyšetřit na UZ, který nabídne všestranné vyšetření bez rizik, s malou časovou zátěží. UZ se částečně uplatňuje i u diagnostiky poranění kloubních pouzder a šlach. Zranění kloubů po stránce vazů a kloubních pouzder, stejně jako případná zranění měkkých tkání, je možno nejlépe zobrazit pomocí metod MR (Heřman, 2014, s. 92-94).

2.3 ÚSPĚŠNOST LÉČBY

Přibližně polovina polytraumaticky zraněných pacientů, kteří úraz nepřežijí, umírá do 30 minut od nehody. Až 30 % pacientů umírá v prvních 4 hodinách po úrazu na následky selhání respiračního a kardiovaskulárního systému a zbývajících 20 % pacientů umírá na pozdní komplikace vyplývající z úrazu, jako jsou multiorgánové selhání, ARDS, plicní embolie nebo sepse. Přežití pacientů s polytraumatem je tedy nejvíce ovlivněno během první hodiny péče, je proto snahou záchranné služby co nejvíce zkrátit čas příjezdu na místo nehody a zahájení poskytování primární přednemocniční péče. Tato péče se zaměřuje na zachování základních životních funkcí pacienta a primárním úkolem záchranné služby je dopravit pacienta co nejdříve do nejbližšího centra specializované traumatologické péče, kde může být pacientovi poskytnuta nejkvalitnější péče a tím zvýšeny jeho šance na přežití a zotavení (Ferda, 2015, s. 86 – 87).

3 ZOBRAZOVACÍ POSTUPY U POLYTRAUMAT

Po přepravě traumatizovaného pacienta do nejbližšího traumacentra pokračuje péče o něj dle trauma protokolu, tedy podle souboru standardních postupů v péči o raněné. Tyto postupy zahrnují v primární části stabilizaci pacienta a standardní klinické vyšetřovací metody, v některých případech doplněné o tzv. „FAST UZ“. V dnešní době však základní klinické vyšetřovací metody nepřinášejí zdaleka uspokojivé informace a proto po stabilizaci pacienta následuje sekundární část trauma protokolu, tedy převoz pacienta na radiologii, kde se pokračuje dalšími diagnostickými metodami k určení rozsahu a závažnosti jednotlivých zranění (Sviták et al., 2014, s. 8-9).

V případě nepříliš závažně traumatizovaného dítěte či ve specifických případech traumatizovaných dospělých pacientů, jako například trauma těhotné ženy, se pokračuje cestou UZ vyšetření s doplňujícím přesně cíleným RTG vyšetřením. Tento postup má za cíl co nejvíce ušetřit pacienta zátěží ionizujícího záření. V případě traumatizovaného dospělého pacienta je metodou první volby celotělové vyšetření CT. V obou případech, za předpokladu adekvátní indikace, jako je například poškození mozku či páteře se zásahem do míšního kanálu, může následovat doplňující specializované vyšetření na přístroji MR (Linsenmaier et al., 2014, s. 861), (Neuwirth, Eliáš, 2008, s. 6).

3.1 RENTGENOVÁ SKIAGRAFIE A SKIASKOPIE

Běžné vyšetřování traumatizovaných pacientů na RTG tkví především v základní skiografii na stacionárním RTG přístroji. Jsou to hlavně prosté RTG snímky, které jsou ve většině případů traumata tím absolutně prvním vyšetřením, které se provádí pro získání diagnózy. To je způsobeno především dostupností rentgenových pracovišť, rychlostí vyšetření, nízkou radiační zátěží a ekonomickou nenáročností. RTG skiografická pracoviště se uplatňují především v diagnostice úrazů a poúrazových stavů kostí a kloubů a tyto stavy jsou zároveň nejčastější indikací k těmto diagnostickým úkonům obecně z pohledu celé RTG diagnostiky (Heřman, 2014, s. 82), (Seidl, 2012, s. 103).

V problematice polytraumat se uplatňují i skiaskopické přístroje. Jednak v případě pojízdných C-ramen, které se využívají např. k rychlým navigačním a ověřovacím úkonům na operačních sálech traumatologie a ortopedie, jakými je např. osteosyntéza fraktur, a dále pak ve formě stacionárních angiolinek využívaných k diagnostice a terapii u krvácivých stavů vzniklých např. u autonehod (Černá et al., 2019, s. 15-16), (Vomáčka et al., 2015, s. 24).

3.2 ULTRAZVUK

UZ vyšetření se u traumatizovaných pacientů uplatňuje především v diagnostice tupých poranění břišních orgánů a struktur. U hemodynamicky stabilních pacientů s poraněním břišní krajiny je UZ diagnostickou metodou první volby. Také i proto je vyšetření břišní krajiny nejčastější indikací k UZ diagnostice obecně. Pomocí UZ lze získat významné diagnostické informace o přítomnosti hematomu či volné tekutiny, stavu parenchymových orgánů a měkkých tkání, přítomnosti krvácivých zranění či jiných patologických procesech, jako je např. přítomnost abscesu. Další možnosti využití UZ v problematice traumat jsou poranění měkkých tkání a struktur např. v oblastech krku či končetin (Heřman, 2014, s. 143, 153, 218).

Hlavní výhodou této vyšetřovací metody spočívá v tom, že není zatížena ionizujícím zářením nebo jiným rizikovým aspektem a zároveň poskytuje kvalitní diagnostické informace. Je tedy vhodná k vyšetřování dětí, těhotných i jiných pacientů, u kterých chceme snížit či vyloučit radiační zátěž (Ferda, Mírka, Baxa, Malán, 2015, s. 20-21), (Heřman, 2014, s. 298).

3.2.1 DOPPLEROVSKÁ ULTRASONOGRAFIE

Speciální metodou je dopplerovská ultrasonografie, která se využívá při diagnostice krevního zásobení tkání a k celkovému posouzení krevního řečiště. Tato metoda je založena na zkoumání rychlosti a směru toku v cévách, čehož docílí měřením změny frekvence a časového prodloužení odražené ultrazvukové vlny od pohybující se částice, jakými jsou krevní elementy. V diagnostice traumatizovaných nachází tato metoda uplatnění především u pacientů s porušeným cévním zásobením na končetinách nebo v celkové diagnostice cévního systému u pacientů s kontraindikací aplikace ionizujícího záření (Heřman, 2014, s. 19-20).

3.2.2 FAST UZ

V obzvláště akutních případech, zpravidla ihned po přijetí pacienta na oddělení urgentního příjmu, se provádí tzv. FAST UZ vyšetření. Jedná se o rychlý vyšetřovací postup využívající UZ diagnostiku, nabízející již při primární diagnostice na oddělení urgentního příjmu přehledné vyšetření orgánů břišní a hrudní dutiny (Ševčík, 2014, s. 879).

Toto vyšetření se zaměřuje na odhalení volné tekutiny v konkrétních lokalitách dutiny břišní jako je Morisonův či Douglasovův prostor nebo k odhalení tekutiny v perikardu. Poskytuje však i možnost vyšetření konkrétních parenchymových orgánů dutiny břišní a hrubé zhodnocení stavu dutiny hrudní (Heinige et al., 2018, s. 54-55), (Tlustý et al., 2016, s. 6-7).

3.3 MAGNETICKÁ REZONANCE (MR)

Cílená vyšetření na MR se u polytraumaticky postižených pacientů nejvíce uplatňují v diagnostice poranění páteře, které je u polytraumat velmi častou komplikací (kapitola 2.2.6), a v následné péči u traumatických poranění mozku. Páteř a mícha jsou obecně jedna z nejčastěji vyšetřovaných oblastí těla na MR. Důvodem je vysoká rozlišovací schopnost mozkové a míšní tkáně a schopnost přímo prokázat poranění těchto struktur. K zobrazení se používají především T2 vážené sekvence s potlačením signálu likvoru (FLAIR), pro posouzení mozku, a s potlačením tuku (STIR), pro posouzení poranění míchy, meziobratlových plotének a páteřních vazů. Indikací k provedení akutního MR páteře je prokázaná nestabilní fraktura páteře nebo jiný nevysvětlitelný neurologický deficit (Vomáčka et al., 2015, s. 57), (Ferda, 2015, s. 87), (Ferda, Mírka, Baxa, Malán, 2015, s. 96).

Co se týče sekundárních vyšetření u polytraumatizovaných pacientů, využívá se MR k následné diagnostice post-traumatických stavů mozku a páteře. Významné uplatnění nachází i v diagnostice traumat kloubů, šlach, svalů a jiných muskuloskeletálních patologií (Vomáčka et al., 2015, s. 57).

3.4 VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE (CT)

Vývoj CT přístrojů trvá již od objevení této zobrazovací metody na konci 70. let minulého století a člení se do 5. generací přístrojů, které se liší svým principem a stavbou. V klasické radiodiagnostice jsou nejrozšířenější přístroje 3. generace, které využívají principu multidetektorového snímání (MDCT) a tedy, oproti jedno-detektorovým generacím, rychlejšího náběru dat s nižší radiační zátěží. MDCT tedy umožňuje náběr více datových stop najednou, v současnosti 4-320 stop. Souběžně s nejpoužívanějšími jedno-zdrojovými CT přístroji existují též přístroje dvou-zdrojové, tedy se dvěma RTG lampami, které se vyznačují možností souběžného skenování pacienta RTG zářením se dvěma rozdílnými energiemi (Seidl, 2012, s. 45-49), (Ferda, 2009, s. 14).

3.4.1 EBT – ELECTRON BEAM TOMOGRAPHY

Konstrukčně velmi specifické jsou přístroje 5. generace označované jako EBT. Tyto přístroje využívají k tvorbě RTG záření proud elektronů produkovaný elektronovým dělem. Tento elektronový paprsek je naváděn vychylujícími cívkami na kruhový terčik umístěný kolem celého obvodu gantry, zde vzniklé záření prochází pacientem a dopadá na protilehlé detektory, umístěné také v kruhu po celém obvodu. Výhodou je absence pohyblivých částí, neboť rotace zdroje se zajišťuje elektromagnetickým ohýbáním paprsku a z toho vyplývající možnost kratší periody rotace, čehož lze využít u vyšetření rychlých dynamických dějů, jako je např. CT srdce. Významnou nevýhodou je finanční náročnost těchto přístrojů (Seidl, 2012, s. 46).

3.4.2 PRINCIP CT

Výpočetní tomografie je radiodiagnostická metoda založená podobně jako klasická RTG diagnostika na principu emise RTG záření z rentgenové lampy, jeho pronikáním skrze tkáň pacienta a následném dopadu na detektory. Soustava RTG lampa/lampy-detektory je v CT uložena uvnitř kruhového portálu – „gantry“, kterým během vyšetření projíždí na vyšetřovacím stole vyšetřovaná část pacientova těla. Soustava lampa-detektory rotují a získávají data snímáním vyšetřované oblasti z mnoha úhlů. Záření zeslabené rozdílnou atenuací tkání těla dopadá na detektory a je převedeno na data, která jsou matematickou

rekonstrukcí převedena na anatomické obrazy vrstev – řezy. Hlavní rozdíl CT diagnostiky oproti RTG tkví v zobrazení tkání principem transmisní rentgenové tomografie, která poskytuje trojrozměrné zobrazení vyšetřovaných tkání. Zobrazení jednotlivých tkání je realizováno v jednotkách Hounsfieldovy škály, která umožňuje diferencování tkání a materiálů dle míry absorpce záření v hodnotách od -1000 do +3096 HU (Hounsfield unit – Hounsfieldových jednotek) (Vomáčka et al., 2015, s. 42), (Seidl, 2012, s. 47), (Ferda, Mírka, Baxa, Malán, 2015, s. 18), (Heřman, 2014, s. 21-22).

Tabulka 1 - Density struktur a tkání

Kov	1000 až 3000 HU
Kost, Kalcifikace	> 85 HU
Čerstvý hematom	65 až 85 HU
Sražená krev	65 až 80 HU
Měkké tkáně, parenchymové orgány	25 až 70 HU
Krev v aortě	31 až 45 HU
Metastázy	25 až 40 HU
Starý hematom	18 až 40 HU
Absces	25 HU
Nekróza	19 až 25 HU
Cysta	1 až 15 HU
Tekutiny (likvor, moč, žluč)	0 až 15 HU
Lipom	- 40 až - 120 HU
Tuk	- 40 až - 120 HU
Vzdušná plíce	- 800 až - 900 HU
Plyn	- 1000 HU

Zdroj: Vomáčka, Nekula, Kozák, 2012

Skenování pomocí přístrojů CT zahrnuje řadu primárních a sekundárních parametrů, které ovlivňují kvalitu nabraných „hrubých dat“ a jejich následnou rekonstrukci a zobrazení.

3.4.3 AKVIZIČNÍ SKENOVACÍ PARAMETRY CT

Mezi primární neboli akviziční parametry patří expoziční parametry, kolimace, počet datových stop, rotační perioda a faktor stoupání (Ferda, 2009, s. 17).

Expoziční parametry jsou tvořeny hodnotami elektrického proudu a urychlovacího napětí a jejich vzájemným poměrem lze ovlivnit úroveň šumu obrazu a hodnotu absorbované dávky. Na současných CT přístrojích jsou k nastavení proudu používány relativní hodnoty, nejpoužívanější z nich je efektivní hodnota mAs. Tato hodnota je vztažena k podmínkám, které odpovídají otáčce rentgenky o 360° za sekundu, jedná se tedy o hodnotu nezávislou na periodě rotace. Nejmodernějším způsobem úpravy proudu je však v současnosti 4D proudová modulace, která při spuštění expoziční automatiky upravuje hodnotu mAs podle hodnot aktuální atenuace záření dopadajícího na detektory. Se zvyšováním hodnoty mAs dochází ke snížení šumu v obraze, zároveň však ke zvýšení hodnoty absorbované dávky. Nastavení proudu musí tedy být jakýmsi kompromisem mezi kvalitou vyšetření (hodnotou šumu) a radiační zátěží pacienta (Ferda, 2009, s. 17-19, 44), (Heřman, 2014, s. 21-22).

Kolimáční parametry jsou charakterizovány úhrnnou kolimací a počtem datových stop. Úhrnná kolimace neboli šíře datové stopy je definována šířkou jednoho detektorového elementu a jejich celkovým počtem, přičemž šířka detektorového elementu zároveň udává šíři řezu, která se nejčastěji pohybuje v rozmezí 0,5-5 mm. Šíře datové stopy je velice důležitým parametrem ovlivňujícím kvalitu dat co do rozlišení. Počet datových stop je údaj, který definuje kolik datových stop lze simultánně získat a společně s periodou rotace a faktorem stoupáním ovlivňuje akviziční rychlost čili rychlost náběru dat (Ferda, 2009, s. 20-21).

Faktor stoupání, neboli pitch faktor, je bezrozměrná veličina, která u spirálního náběru dat udává hustotu datových stop. Je odvozen od základního parametru – rychlosti posunu stolu. Hodnota pitch faktoru je definována jako poměr mezi posunem stolu, který proběhne za jednu otáčku soustavy rentgenka-detektory o 360°, a hodnotou úhrnné kolimace. Hodnota pitch faktoru ovlivňuje kvalitu kompletace dat, tzn., že u vysokých hodnot nad 1,5 již nedochází ke kompletnímu vyplnění datového prostoru a bývá omezena hodnota minimální rekonstruovatelné šíře obrazu. Pro získání kvalitního plně rekonstruovatelného datového pole je třeba volit nižší hodnoty pitch faktoru, např. 0,3 pro zobrazení srdce. U dvou-zdrojových

přístrojů je pak možno volit pitch faktor i vyšších hodnot při zachování vysoké kvality datového pole (Ferda, 2009, s. 22-23).

Perioda rotace je parametrem tzv. časového rozlišení. Definuje, za jaký časový interval se otočí soustava rentgenka-detektory o 360°. Hodnoty periody rotace se v současnosti pohybují nejčastěji v rozmezí 0,27-2 s, během této doby provede přístroj stovky měření, udávají se hodnoty 720-1440 měření za otáčku. Obvyklá zobrazování se provádí s periodou rotace 0,5 s. U zobrazování srdce, různých rychlých dynamických dějů (perfuze, 4D skenování) nebo u akutních stavů pacienta, se kvůli zvýšení akviziční rychlosti volí hodnoty periody rotace co nejkratší (Ferda, 2009, s. 22-23), (Heřman, 2014, s. 21-22), (Ferda, Mírka, Baxa, Malán, 2015, s. 18).

3.4.4 REKONSTRUKČNÍ OBRAZOVÉ PARAMETRY CT

Sekundární neboli rekonstrukční parametry CT ovlivňují kvalitu výsledného obrazového zobrazení rekonstrukcí hrubých dat. Hrubá data jsou informace o absorpci RTG záření v jednotlivých voxelech vyšetřované tkáně. Toto datové pole se následně využívá pro rekonstrukci obrazových dat, tzn., že při zachování těchto dat v paměti přístroje či nemocniční síti, je možné provedení jakýchkoliv následných rekonstrukcí tohoto vyšetření. Do skupiny rekonstrukčních parametrů spadá šíře obrazu, rekonstrukční inkrement a rekonstrukční algoritmus neboli filtr. Tyto jednotlivé parametry volíme „na míru“ podle oblasti, kterou vyšetřujeme, podle pacientovy diagnózy či podle požadavků dalšího post-processingu (Ferda, 2009, s. 36-37), (KSVCT – FNOL, 2021, s. 92-117).

Šíře obrazu definuje jak velkou vrstvu hrubých dat přístroj „sumuje“ - sloučí do jedné vrstvy obrazu. Hodnotu šíře obrazu volíme dle vyšetřované oblasti či orgánu, např. pro mediastinum, břicho a retroperitoneum 3-5 mm, pro cévy 1-3 mm a plicní parenchym 0,6-1,5 mm. Pokud se volí šíře obrazu pro data, která budou podléhat dalšímu rekonstruování, volí se hodnoty nižší, obecně 0,5-1,5mm (Ferda, Mírka, Baxa, Malán, 2015, s. 18), (Ferda, 2009, s. 36).

Rekonstrukční inkrement je parametr udávající vzdálenost mezi dvěma sousedícími rekonstruovanými axiálními vrstvami obrazu provedenými v ose Z. Jeho hodnota je klíčová pro následnou kvalitu post-processingových rekonstrukcí. Je-li hodnota příliš vysoká, chybí

v obraze data a kvalita obrazu je nedostatečná. Nižší hodnota rekonstrukčního inkrementu vede k většímu překryvu jednotlivých vrstev a plynulejším přechodům mezi konturami struktur. Obecně platí, že při rekonstrukci obrazů s šíří vrstvy nad 1 mm je dostatečný překryv zajištěn u hodnoty inkrementu $\leq 1/2$ šíře obrazu. U obrazů s šíří vrstvy do 1 mm je dostatečný překryv zajištěn u hodnoty inkrementu $\leq 1/3$ šíře obrazu (Ferda, 2009, s. 36-37).

Rekonstrukční algoritmus neboli rekonstrukční filtr slouží ke zvýraznění či potlačení přechodů různě denzních prostředí mezi jednotlivými pixely obrazu. Zvýrazněním těchto přechodů lze docílit vyššího geometrického rozlišení struktur, v obraze ale vzroste hladina šumu. Naopak, pokud tyto přechody potlačíme, hladina šumu obrazu klesne, zhorší se však geometrické rozlišení. Rekonstrukční algoritmus je proto potřeba volit s ohledem na vyšetřovanou část těla či orgán. Pro hodnocení struktur s velkými rozdíly denzit jako jsou vedlejší dutiny nosní, plicní parenchym či skelet jsou k dispozici algoritmy s vysokým rozlišením a pro hodnocení měkkých tkání jako je mediastinum a břicho se používají algoritmy s rozlišením středním (Vomáčka et al., 2015, s. 42-46), (Ferda, 2009, s. 37), (KSVCT – FNOL, 2021, s. 7, 27).

3.4.5 PROSTOROVÉ ROZLIŠENÍ CT

Obecně je prostorové rozlišení obrazu definováno minimální vzdáleností mezi dvěma liniemi v obraze, která mezi nimi musí být, aby byly tyto dvě linie ještě rozeznatelné. V případě zobrazování na CT je tato vzdálenost závislá na velikosti elementární částice celé soustavy detektorů, na celkovém počtu těchto elementů a dále pak na technických parametrech akvizice, kterými jsou průzor detektoru a rekonstrukční algoritmus. V souvislosti s prostorovým rozlišením je však třeba zmínit další dva sekundární obrazové parametry přímo ovlivňující kvalitu prostorového rozlišení, jsou jimi matice (matrix) a zobrazované pole, častěji označované jako field of view – FOV (Ferda, 2009, s. 38).

Matice udává počet obrazových bodů – pixelů, kterými je tvořen jeden axiální řez. Většina současných přístrojů pracuje s maticí 512 x 512, do které rekonstruuje data o absorpci RTG záření nabraná detektory. Matice používané pro následnou post-procesingovou rekonstrukci se pohybují od hodnot 340 x 340 do 2048 x 2048. V tomto ohledu je prostorové rozlišení tím vyšší, čím je použita matice jemnější (Heřman, 2014, s. 22), (Ferda, 2009, s. 38).

Zobrazované pole, častěji označované jen zkratkou FOV, je parametr udávající, jakou část těla pacienta nebo zobrazované tkáně „vložíme“ do zobrazované matice. Správně vymezená oblast zájmu přímo ovlivňuje kvalitu prostorového rozlišení, proto by vyšetřovaná část těla měla co nejvíce vyplňovat prostor, který bude následně předmětem akvizice a rekonstrukce dat. Např. u vyšetřování koronárních tepen srdce je vhodné FOV zmenšit pouze na oblast srdce (Ferda, 2009, s. 39).

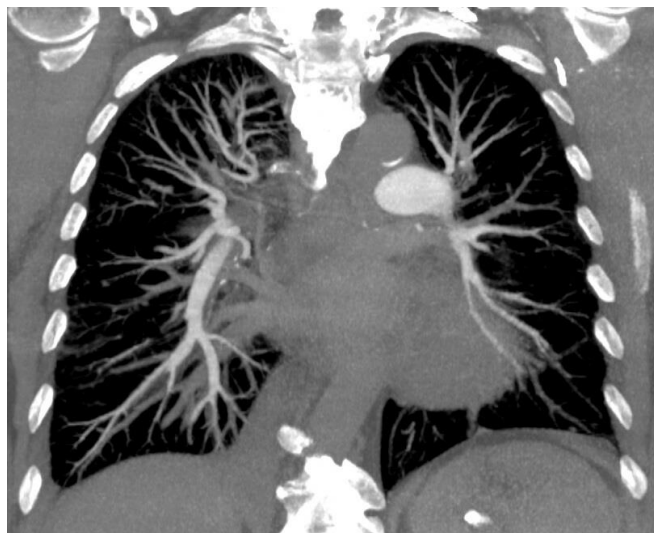
3.4.6 POST-PROCESSING – MPR, VOLUME RENDERING, MIP, MINIP

Valná část post-processingových algoritmů využívaných radiologickými asistenty (RA) pro rekonstrukce obrazů různých vyšetření je založena na multiplanárních rekonstrukcích (MPR) a pokročilejších volume-renderingových rekonstrukčních technikách (Ferda, 2009, s. 58, 64), (Vomáčka et al., 2015, s. 44-45).

MPR je dvourozměrný obraz rekonstruovaný z trojrozměrného objemu dat, přičemž nemusíme tvořit obraz jeden, nýbrž můžeme vytvářet přímo celé série paralelně orientovaných obrazů (příloha 2 a 7). Při MPR můžeme nastavit libovolnou šíři rekonstruované vrstvy, vzdálenost mezi jednotlivými paralelními vrstvami i jejich rovinu. Nejčastěji používaná je rovina koronální a sagitální, avšak u rekonstrukčních algoritmů kloubů, fraktur ale i různých orgánových struktur, můžeme volit rovinu v jakékoliv ose této struktury. Kromě základních rekonstrukčních rovin můžeme použít též rekonstrukce radiální, tedy rekonstrukce kolem dané osy a rekonstrukce zakřivené plochy. Radiální rekonstrukce nachází své uplatnění např. u MPR orgánů, nejčastěji ledvin. Rekonstrukce podle zakřivené plochy se používá při diagnostice dlouhých nepravidelných struktur, jako jsou cévy nebo střeva, kdy vytyčením osy z několika bodů docílíme zobrazení orgánu v ploše. Pro vytvoření obrazově kvalitních rekonstrukcí je třeba volit dostatečně kvalitní rekonstrukční datové pole. Ideální jsou data s kubickým voxelům o rozměru hrany 1 mm a menší s tím, že je třeba při samotné akvizici dat dbát dostatečně vysoké hodnoty rekonstrukčního inkrementu tak, aby byl zaručen překryv vrstev ideálně o 50-70 % (KSVCT – FNOL, 2021, s. 25-31), (Ferda, 2009, s. 58-59).

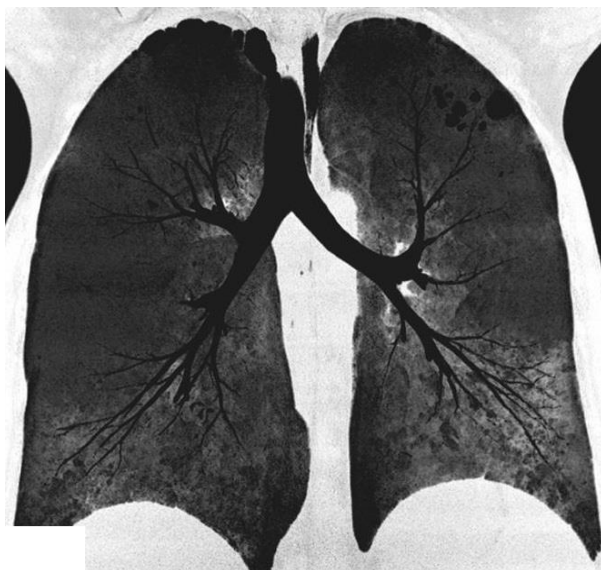
Speciálními případy dvourozměrných rekonstrukčních algoritmů jsou pak techniky MIP (maximum intensity projection) a MinIP (minimum intensity projection). Technika MIP rekonstrukcí využívá principu paralelních přímek, které protínají každý bod rekonstruovaného trojrozměrného pole dat. Výsledný obraz vrstvy je pak tvořen pixely o denzitě rovné maximální hodnotě, která se vyskytuje v průběhu dané přímky vedené tímto pixelem. Při této technice rekonstrukce dat docílíme zvýraznění struktur s vyšší hodnotou denzity, jako jsou kosti nebo cévy či jiné struktury naplněné kontrastní látkou. Je tedy logické, že se této metody využívá především u hodnocení CT angiografií, urografií a pro zobrazení skeletu, přičemž všechny tyto indikace jsou použitelné v oblasti diagnostiky polytraumatizovaných pacientů (Ferda, 2009, s. 60-61), (Heřman, 2014, s. 252).

Obr. 1 - Ukázka MIP rekonstrukce v koronární rovině – CT angiografie plicních tepen



Zdroj: archiv FNOL

Obr. 2 - Ukázka MinIP rekonstrukce v koronární rovině – nativní CT plic



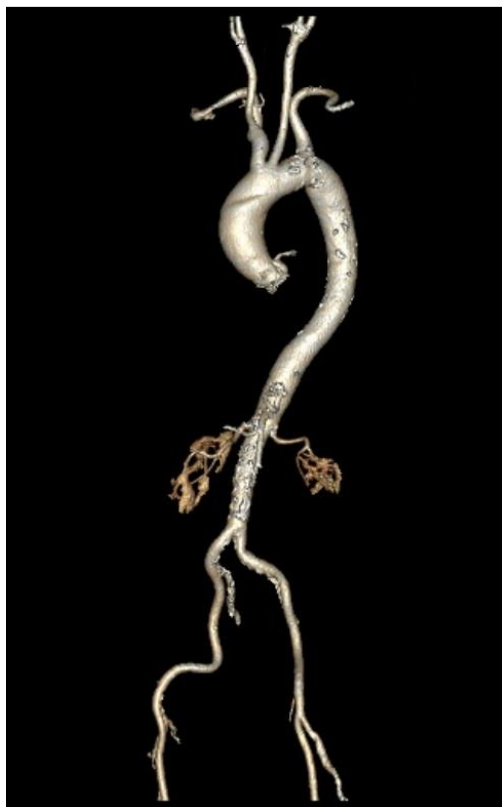
Zdroj: archiv FNOL

Technika MinIP je pak metoda, pracující na opačném principu než MIP. Jedná se tedy o dvourozměrné zobrazení daného objemu dat, využívající k rekonstrukci vrstvy hodnotu nejnižší denzity zjištěnou v průběhu dané přímky. MinIP se využívá k hodnocení struktur vyplněných obsahem s velmi nízkou denzitou, tedy zpravidla vzduchem, či jiným plynem. Používá se tedy převážně k rekonstrukci dat vyšetření zobrazujících dýchací soustavu, ale i paranazální dutiny

či úseky střeva naplněné plynem. Využití MinIP je možno ve spojení s traumaty zmínit u diagnostiky emfyzému (Ferda, 2009, s. 62-63), (Heřman, 2014, s. 20).

Volume renderingová (VRT) rekonstrukční technika je typem trojrozměrného rekonstrukčního algoritmu, který je v současnosti nejpoužívanější. Slouží k přehlednému zobrazení anatomických poměrů a má spíše dokumentační význam. Technika je založena na principu přiřazení různých barev voxelům o konkrétní hodnotě denzit. Pro účely této rekonstrukce je velice důležité použít datové pole o vysoké kvalitě. Ideální jsou tenké submilimetrové vrstvy s překryvem o $\frac{1}{4}$ až $\frac{1}{2}$ jejich šíře. VRT nachází velké uplatnění u CT angiografií nebo u hodnocení nálezu fraktur (Ferda, 2009, s. 62-63), (Heřman, 2014, s. 23, 255).

Obr. 3 - Ukázka VRT rekonstrukce – CT angiografie aorty



Zdroj: archiv FNOL

3.4.7 NATIVNÍ VYŠETŘENÍ

Nejzákladnějším typem vyšetření na CT je vyšetření nativní. Jedná se o vyšetření bez použití kontrastních látek a není tedy zatížené četnými kontraindikacemi vyplývajícími právě z jejich použití. Primární data se u nativních vyšetření nabírají většinou ve vrstvách o šíři 5 mm s možností následné rekonstrukce na šíři axiální vrstvy až do 0,5 mm (Heřman, 2014, s. 20).

V diagnostice polytraumat nachází nativní vyšetření využití u úrazů hlavy, páteře, hrudníku, u diagnostiky komplikovaných zlomenin horních a dolních končetin, u navigace intervenčního výkonu, jakým může být např. drenáž krvácení do dutiny břišní či hrudní, event. k prvotnímu vyšetření dutiny břišní. Velmi výjimečně se pak používá k celotělovým vyšetřením v případech, kdy nelze aplikovat KL i.v. (Heřman, 2014, s. 25, 82, 152-153).

3.4.8 KONTRASTNÍ LÁTKY

Kvalita rentgenového obrazu je dána mnoha parametry, jedním z těchto parametrů je kontrast, který je dán rozdíly v absorpci RTG záření jednotlivých tkání a struktur. Tyto rozdíly lze zvýšit použitím kontrastních látek (KL) (Heřman, 2014, s. 33).

KL používané u vyšetření na CT můžeme rozdělit na pozitivní a negativní, vzhledem k tomu, že se ale v akutní diagnostice využívají především KL pozitivní, rozvedu pouze tuto skupinu. KL pozitivní mají dva zástupce, a sice KL baryové a jodové. KL baryové se u CT diagnostiky uplatňují v případě neakutních indikací, kdy se při podání perorální, perrektální (event. podání do stomie) cestou využívají k odlišení struktur GIT. V oblasti urgentní medicíny se neuplatňují z důvodu jejich vysoké toxicity v oblastech mimo zažívací trakt a faktu, že u většiny akutních stavů vyžadujících vyšetření GIT nelze spolehlivě vyloučit perforaci trávicí trubice. Typickým zástupcem této skupiny KL je Micropaque (Seidl, 2012, s. 76-77), (Ferda, Mírka, Baxa, Malán, 2015, s. 28).

Kontrastní látky jodové (JKL) se dělí na vodné a olejové. Olejové JKL se používají pro značení embolizačního materiálu a u výkonů jako je sialografie či lymfografie, v akutní diagnostice však použití nenachází. Oproti tomu jsou JKL vodné v oblasti urgentních diagnostických výkonů využívány velmi často. Jejich chemická struktura umožňuje jejich využití cestou perorální či perrektální k vyšetření GIT, ale též k nástřikům různých píštělí a dutin v těle pacienta a především pak k podání i.v. cestou, která v současné urgentní CT diagnostice hraje nejstěžejnější roli. Podání JKL i.v. je zcela nezbytné pro kvalitní zhodnocení parenchymových orgánů a cév. V urgentní medicíně se podání JKL uplatňuje především u diagnostiky traumatického poškození cév a pro hodnocení hematomů. Zástupci této kategorie KL jsou např. Iomeron, Ultravist, Omnipaque, Visipaque a další (Heřman, 2014, s. 33-34, 251-252), (Vomáčka et al., 2015, s. 67-68).

Podání JKL i.v. obnáší řadu rizik, jakými jsou projevy závažných alergických reakcí, rozvoj kontrastní nefropatie, neurotoxické, kardiotoxické a jiné nebezpečné stavy. Avšak u polytraumatizovaných pacientů, jejichž stav je přímo ohrožuje na životě, se všechny tyto kontraindikace stávají relativními (Seidl, 2012, s. 78-79), (Věstník MZČR, 2/2016, s. 50).

3.4.9 TECHNIKA INTRAVENÓZNÍHO PODÁNÍ KL

Pro i.v. podání vodné JKL je v první řadě potřeba kvalitního přístupu do venózního systému těla pacienta. Cévní přístup bývá zpravidla zajištěný ve formě periferní kanyly nebo centrálního žilního katetru s průsvitem 18-20 gauge s tím, že rychlost podání KL je přímo úměrná průsvitu žilního vstupu. U spirálních MDCT přístrojů je vzhledem k charakteru vyšetření k aplikaci JKL nezbytný tlakový injektor (obrázek 4), který zajistí správné časování a rychlost podání KL (Ferda, 2009, s. 46-47).

U podání JKL je třeba vždy rozlišovat indikaci, která definuje provedení daného vyšetření, protože následné nastavení tlakového injektoru na tomto přímo závisí. Hlavními parametry nastavení tlakového injektoru je průtok a množství JKL, event. pak fyziologického roztoku. Běžně používané rychlosti průtoku jsou 2-5 ml/s. U angiografických vyšetření běžně používáme hodnot průtoku kolem 5 ml/s, u vyšetření cílených na parenchymové orgány zcela postačují průtoky kolem 2 ml/s. Pro účely perfuzního vyšetření se pak hodnota průtoku může vyšplhat až na hodnoty 8 ml/s. Množství použité KL se odvíjí od

BMI (Body Mass Index) pacienta a typu vyšetření. Pro angiografická a perfuzní vyšetření se správnou volbou techniky může množství KL snížit až na hodnotu 50-60 ml, v případě vyšetření parenchymových orgánů by nemělo množství být nižší než 70-80 ml, v případě vysoké hmotnosti pacienta se pak volí minimální množství KL vyšší (Ferda, 2009, s. 46-49), (KSVCT – FNOL, 2021, s. 58-69).

Obrázek 4: Tlakový injektor používaný ve Fakultní nemocnici Olomouc



Zdroj: FNOL

Jednofázové podání KL spočívá v podání jednorázového množství JKL, většinou následovaného „záplachem“ určitým množstvím fyziologického roztoku. U těchto aplikačních schémat podání KL volíme jen rychlost průtoku a množství jednotlivých podávaných složek, čímž jsme schopni ovlivnit délku aplikace. Výhodou této metody je její spolehlivost a jednoduchost. Nicméně je tato metoda aplikace schopna vytvořit v arteriálním systému pacienta jedinou vlnu KL, které se musí vyšetření přizpůsobit podle požadované indikace (Ferda, 2009, s. 46-49), (Bajcurová et al., 2019, s. 99).

Vícefázové podání KL neboli metoda SPLIT BOLUS (SB) je metoda poněkud komplikovanější. Aplikační schéma (AS) sestává z několika za sebou následujících podání JKL a fyziologického roztoku, u kterých se může lišit rychlost průtoku a množství jednotlivých aplikovaných složek a mezi které lze vkládat pauzy. Pomocí správného nastavení daných AS SB techniky lze docílit ideálního naplnění různých tělesných systémů (žilní, arteriální, parenchymové) nebo jejich částí (oddíly srdce, plicní oběh, aorta, atd.) zároveň. Toto lze využít u jednofázových vyšetření, kde můžeme zachytit několik kontrastem naplněných systémů zároveň a není třeba pacienta skenovat opakovaně, jak by tomu bylo v případě použití jednofázového podání JKL (Ferda, 2009, s. 46-48), (Bajcurová et al., 2019, s. 99-101).

3.4.10 VYŠETŘENÍ ZA POUŽITÍ KONTRASTNÍCH LÁTEK I.V.

Podání JKL i.v. cestou je nezbytné pro zvýraznění kontrastu cév a parenchymových orgánů. U CT vyšetření se podání JKL využívá především v diagnostice břišních a cévních patologií, ale její využití se uplatňuje prakticky ve všech odvětvích radiologie. V případě traumatických indikací se podání JKL využívá především k vyloučení traumatického poškození cév, lokalizaci aktivních krvácení a kontuzních poranění orgánů a event. k diagnostice poranění uropoetického systému. U vyšetření s podáním JKL i.v. se využívá synchronizace CT přístroje s tlakovým injektorem. V paměti tlakového injektoru jsou připravena daná AS pro všechna prováděná vyšetření, ve kterých je specifikována koncentrace, rychlost podání a objem aplikované JKL. U každého vyšetření je klíčové, jaká část tělesného systému má být pro ideální diagnostiku jak naplněna JKL a od toho se odvíjí konkrétní nastavení AS (Heřman, 2014, s. 118-119, 172, 251), (Ferda, 2009, s. 46-47).

Vzhledem k tomu, že rychlost a míra distribuce KL tělním systémem ovlivňují kromě rychlosti a způsobu podání, množství a koncentrace JKL i parametry konkrétního pacienta jako jsou jeho konstituce a srdeční výdej, nelze stanovit univerzální čas pro konkrétní nasycení tělních systémů všech pacientů. Pro správně provedené kontrastní vyšetření je tedy nutné provést vždy individuální synchronizaci aplikace KL a spuštění vyšetření. Pro synchronizaci podání JKL se může využít dvou metod. První z nich je metoda bolus-timing. Jedná se o techniku, kdy se pacientovi aplikuje nejprve malé vzorkovací množství JKL a za pomoci krátkého dynamického skenování se přesně identifikuje tzv. cirkulační čas, tedy čas příchodu JKL do konkrétní části arteriálního, nebo jiného, systému. Daný cirkulační čas je pak zadán do CT přístroje a následně je vyšetření spuštěno s přesným zpožděním od počátku aplikace plnohodnotného množství JKL. Druhou variantou je použití metody bolus-tracking. Tato metoda využívá krátkého dynamického skenování v určité oblasti pacientova těla, kde se monitoruje příchod KL. V momentě nasycení struktur na určitou požadovanou hodnotu denzity je vyšetření s krátkým zpožděním spuštěno (Ferda, 2009, s. 25, 46, 47), (Bajcurová et al., 2019, s. 99-101).

Nejběžněji používaná AS jsou ta pro provedení CT angiografií a parenchymových-žilních fází. Provedení angiografických vyšetření na CT vyžaduje časově přesnější zahájení skenování, neboť cirkulační časy pro časně arteriální fáze jsou poměrně krátké (15-30 sekund od podání JKL i.v.). Zde především se uplatňují obě výše zmíněné synchronizační metody. Naopak provedení vyšetření zaměřených např. na parenchymové orgány nevyžaduje natolik přesné skenování, protože parenchymové cirkulační časy jsou delší (3-5 minut od podání JKL i.v.). Možnost provedení kombinovaného vyšetření arteriálního a parenchymového systému umožňuje metoda SPLIT BOLUS. Správné použití této aplikační metody totiž umožní naplnění arteriálního i venózního systému v jeden čas (Ferda, 2009, s. 46-50), (Bajcurová et al., 2019, s. 99-101).

3.5 SPECIFIKUM VYŠETŘENÍ DĚTÍ A TĚHOTNÝCH

U hemodynamicky stabilních pacientů bez zevních známek zranění se po zhodnocení jejich stavu na urgentním příjmu někdy indikuje UZ vyšetření na radiologické klinice či oddělení. Tento postup je nejběžnější u traumat dětí, ale může se aplikovat i u těhotných žen nebo u jiných, méně závažně traumatizovaných pacientů. Jedná se zpravidla o UZ vyšetření břicha k vyloučení přítomnosti volné tekutiny a poranění parenchymových orgánů. U pacientů v klinicky závažnějším stavu, je-li to indikováno, se kromě břicha zaměří UZ vyšetření i na oblast hrudníku, kde se lékař snaží prokázat přítomnost pneumothoraxu, fluidothoraxu či konsolidace plicní tkáně. Posuzuje se také velikost srdečních oddílů a jejich kontraktilita. V případě těžkých stavů se provádí FAST UZ přímo při příjmu pacienta. Jiná RTG vyšetření se indikují doplňkově k UZ, a sice individuálně podle zranění nebo bolestivosti pacienta. Pokud není u pacienta na základě UZ vyšetření indikována urgentní operace nebo provedení jiných invazivních výkonů a zároveň přetrvává nejistota v diagnóze, může být indikováno i CT vyšetření. To se pak indikuje cíleně na konkrétní oblasti těla zasažené úrazem, nejčastěji se provádí CT mozku, lebky, krční páteře nebo jiných úseků páteře. Ve vzácných případech, zvláště pak je-li pacient těžce traumatizován, se provede celotělové CT vyšetření k odhalení případných traumat (Heinige et al., 2018, s. 54-55).

4 CT - POLYTRAUMA PROTOKOL

V oblasti péče o traumatizované pacienty dochází k mnoha inovacím a vytvářením co nejefektivnějších postupů pro zvýšení šancí pacientů na přežití a celkovou rekonvalescenci. Jeden z hlavních aspektů rychlé a přesně cílené léčby o polytraumaticky zraněné pacienty je přesná, kvalitní a rychlá diagnostika, schopná odhalit všechny významné a život ohrožující patologické stavy. Jak vyplývá z informací sepsaných výše (kapitoly 2 a 3), tvoří dnes radiologické zobrazovací metody na poli diagnostiky nezastupitelnou roli. Především diagnostika v oblasti traumatologie, chirurgie a značné části urgentní medicíny je na radiodiagnostice zcela závislá. Naprostou špičkou v urgentních diagnostických postupech je metoda výpočetní tomografie, která se svou všestranností, minimem absolutních kontraindikací, časovou nenáročností a přínosem diagnosticky maximálně výtěžných informací, stala v současnosti bezkonkurenčně nenahraditelnou (Ferda, 2015, s. 86-93), (Vomáčka et al., 2015, s. 152-153), (Věstník MZČR 15/2015, s. 4-8).

Je zcela logické, že se vzhledem k výše uvedenému, zavádí v CT diagnostice standardní postupy pro vyšetření snad všech zdravotních komplikací, onemocnění a různých poranění, především pak v oblasti urgentní medicíny a péče o traumatické stavy. Jeden z nejzávažnějších stavů, který může v urgentní péči nastat, je polytrauma. Z těchto faktů vyplývá důležitost vyšetřování polytraumatizovaných pacientů na CT dle připravených standardizovaných protokolů (Ferda, 2015, s. 87-93).

4.1 OBECNÉ ZÁSADY

Standardizovaný protokol pro celotělové vyšetřování polytraumat by měl obsahovat všechny potřebné série obrazů a připravené následné standardní rekonstrukce, které jsou nutné pro zhodnocení nálezu. Protokol by neměl být zbytečně komplikovaný a zdlouhavý, na druhou stranu by nabraná data měla být dostatečně kvalitní, aby byla umožněna pozdější zhotovení 2D a 3D obrazů ve všech potřebných rovinách pro potřeby další diagnostiky. Vyšetřovací protokol pro polytrauma by měl být zkompletován a uložen v CT přístroji určeném pro vyšetřování polytraumatických pacientů. Měl by být k dispozici bez nutnosti jakýchkoliv dalších úprav, personál by s ním měl být dokonale seznámen a měl by být schopen jej bezproblémově používat, aby mohlo být případné vyšetření provedeno bez zbytečných zdržení (Ferda, 2015, s. 87, 93).

4.2 CELOTĚLOVÉ VYŠETŘENÍ CT – POLYTRAUMA PROTOKOL

Protokol musí obsahovat kompletní vyšetření všech zásadních oblastí orgánových soustav, rozsahově by měl tedy zahrnovat vyšetření hlavy, krku, celé páteře, hrudníku, břicha a pánve. Zároveň by CT polytraumatický protokol měl obnášet aplikaci i.v. kontrastní látky pro potřeby vyloučení krvácivých stavů, především v oblasti dutiny břišní a pánve. V poslední době je též často diskutovaná diagnostika traumatické disekce cév krku vlivem vysokoenergetických poranění. Některá radiologická pracoviště, která jsou součástí CVSTP, proto zahrnují do svých polytraumatických CT protokolů oblast krku v rámci angiografické fáze skenování. Končetiny se v rámci CT polytrauma protokolu zpravidla nevyšetřují. Činí se tak jednak z důvodu nepřilíš velké důležitosti v primární diagnostice polytraumatu a dále kvůli radiační zátěži a komplikacím vyplývajícím z provedení takového vyšetření (Ferda, 2015, s. 95), (Vomáčka et al., 2015, s. 152-153), (Čech et al., 2011, s. 737), (Povýšil et al., 2009, s. 704).

Vzhledem k závažnosti polytraumatických stavů a potřebě minimalizace pohybových artefaktů pacienta by data měla být nabírána v co nejkratším možném časovém úseku, avšak v dostatečně vysoké kvalitě, aby byly umožněny všechny potřebné post-processingové

rekonstrukce obrazu. Skenovací parametry se tedy nastavují s ohledem na rychlost akvizice a kvalitu datového pole. Maximální rychlost akvizice dat je ovlivněna maximální šíří datové stopy, periodou rotace soustavy rentgenka-detektory a faktorem stoupání. Faktor stoupání je třeba s ohledem na rychlost akvizice dat nastavovat vyšší, nicméně je třeba dbát zachování kvality datového pole. Perioda rotace se pro zrychlení akvizice dat nastavuje na co nejnižší hodnotu, kolimace se nastavuje kvůli zachování kvality dat na hodnoty nižší – úzká kolimace. Šíře datové stopy je u každého přístroje dána, obecně se však s ohledem na rychlost akvizice dat doporučuje vyšetřovat polytraumatické stavy na modernějších přístrojích s širokou datovou stopou. Primární data jsou nabírána o šíři vrstvy 1,25-5 mm s dostatečnou hodnotou rekonstrukčního inkrementu rovnou $\frac{1}{2}$ nebo $\frac{1}{4}$ šíře řezu. Jako dostatečně kvalitní jsou označována rekonstruovaná data o šíři řezu 0,5-1,5 mm. Takováto data lze následně rekonstruovat v libovolných rovinách v dostatečné kvalitě, rekonstrukční parametry jsou tedy voleny s ohledem na tato fakta (Ferda, Mírka, Baxa, Malán, 2015, s. 18), (Ferda, 2009, s. 20-23), (Ferda, 2015, s. 93).

Vyšetření se zpravidla dělí na dvě části. V části první se provede nativní vyšetření oblasti hlavy a krční páteře s dílčími rekonstrukcemi na oblast mozku, lebky a obličejového skeletu a krční páteře. Rekonstrukční parametry na oblast mozku se vzhledem k jemnosti a důležitosti struktur volí velmi jemné. Šíře vrstvy se volí kolem 0,5-0,6 mm, rekonstrukční inkrement přibližně 0,3-0,4 mm, rekonstrukční algoritmus je volen jako standard / mozek. Mozek se následně rekonstruuje metodou MPR ve třech rovinách o šířce řezu přibližně 5-6 mm s intervalem mezi řezy 5-6 mm. Rekonstrukční parametry pro lebku a obličejový skelet a páteř se volí též velmi jemné, šíře vrstvy zpravidla 0,6 mm, inkrement 0,4-0,5 mm, rekonstrukční algoritmus s vysokým rozlišením – kostní. Následné MPR jsou zaměřeny převážně na oblast krční páteře, rekonstruuje se vždy v rovině sagitální a často též koronální, šíře řezu se pohybuje kolem 1-1,5 mm, interval mezi řezy 1-1,5 mm (Ferda, 2015, s. 95), (Ferda, 2009, s. 210-211).

Druhá část vyšetření zahrnuje vyšetření oblastí hrudníku, břicha a pánve s aplikací JKL i.v. Provedení této části polytrauma protokolu se často liší podle pracovišť s ohledem na časování a AS podání JKL a z toho vyplývající počet a rozsah skenovacích fází. Za předpokladu použití jednofázového AS podání JKL, je vyšetření provedeno v jedné nebo ve dvou skenovacích fázích. Pokud je provedeno jednofázové skenování, je zpravidla provedeno v parenchymové cirkulační fázi KL, za předpokladu dvoufázového skenování je v první fázi za použití bolus-timingu či bolus-trackingu provedena CT angiografie a druhá fáze je se zpožděním zaměřena na parenchymovou cirkulační fázi JKL. Moderní a velmi specifické řešení nabízí použití AS JKL SB, které umožňuje provedení CT angiografie a vyšetření zaměřeného na parenchymové orgány souběžně v jedné skenovací fázi (viz. kapitola 3.3.9). V případě nedostatečného nasycení parenchymových orgánů JKL nebo v případě nutnosti zhodnocení poškození uropoetického systému lze provést další skenovací fázi. Zpoždění této fáze je voleno dle potřeby řádově ve vteřinách nebo v případě vylučovací fáze o 5-10 minut, dle zvyklostí pracoviště a stavu pacienta (Ferda, 2009, s. 25, 46, 47, 210-211), (Bajcurová et al., 2019, s. 99-101), (Heřman, 2014, s. 172).

Rekonstrukční parametry u této fáze jsou voleny na hodnoty: šíře řezu 0,5-2,5 mm (často 1,25 mm), rekonstrukční inkrement 0,4-1 mm, rekonstrukční algoritmus standard nebo v případě hodnocení skeletu vysoké rozlišení – kostní. Následné MPR se cílí na oblast hrudní a bederní páteře a celého objemu hrudníku, břicha a pánve. Páteř se rekonstruuje většinou v sagitální rovině s šíří řezu 1-1,5 mm a intervalem mezi vrstvami 1-1,5 mm, výjimečně v rovině axiální či koronální za použití stejných parametrů. Oblast hrudníku, břicha a pánve je rekonstruována v koronální a občas v sagitální rovině s šíří řezu 5-1,5 mm a intervalem mezi řezy 5-1,5 mm (Ferda, 2015, s. 87-93), (Ferda, 2009, s. 46-49, 210-211), (Vomáčka et al., 2015, s. 152-153).

Při zachování hrubých dat daného vyšetření v paměti CT lze na žádost lékaře kdykoliv provést dodatečné rekonstrukce v jakékoliv rovině. Umožněny jsou i VRT rekonstrukce, které se zpravidla provádí individuálně podle daných poranění pacienta (Ferda, 2015, s. 89-93), (Ferda, 2009, s. 36-37, 62-63).

4.3 HODNOCENÍ NÁLEZU

U vyšetření by měl být vždy přítomen radiolog a kontrolovat kvalitu vyšetření, event. rozhodovat o úpravách a doplnění vyšetření podle zatím zjištěných skutečností. První část hodnocení nálezu provádí radiolog ze zatím nabraných dat, mnohdy již během probíhajícího vyšetření. Činí tak zpravidla ze širších řezů, které jsou dostupné jako první. Hodnotí se pouze život ohrožující stavy jako je krvácení do mozku, hrudníku či dutiny břišní, poranění cév, závažné fraktury páteře, přítomnost pneumothoraxu, tamponády srdeční, atd. O těchto nálezech je ihned informován ošetřující lékař, který neprodleně indikuje nebo přímo provádí adekvátní výkony či léčbu (Ferda, 2015, s. 93-95).

V druhé části následuje definitivní zhodnocení celého vyšetření. Radiolog má již k dispozici tenké řezy a všechny potřebné rekonstrukce obrazů, event. se doplní individuální rekonstrukce podle specifického požadavku radiologa. Pokud je dodatečně nalezena významná patologie, je neprodleně informován ošetřující lékař. Kompletní popis vyšetření by pak měl být zhotoven co možná nejdříve. V závislosti na závažnosti a rozsahu poranění a složitosti tvorby potřebných dodatečných rekonstrukcí by měl být odeslán nejpozději během 30 – 60 minut po provedení vyšetření (Ferda, 2015, s. 95).

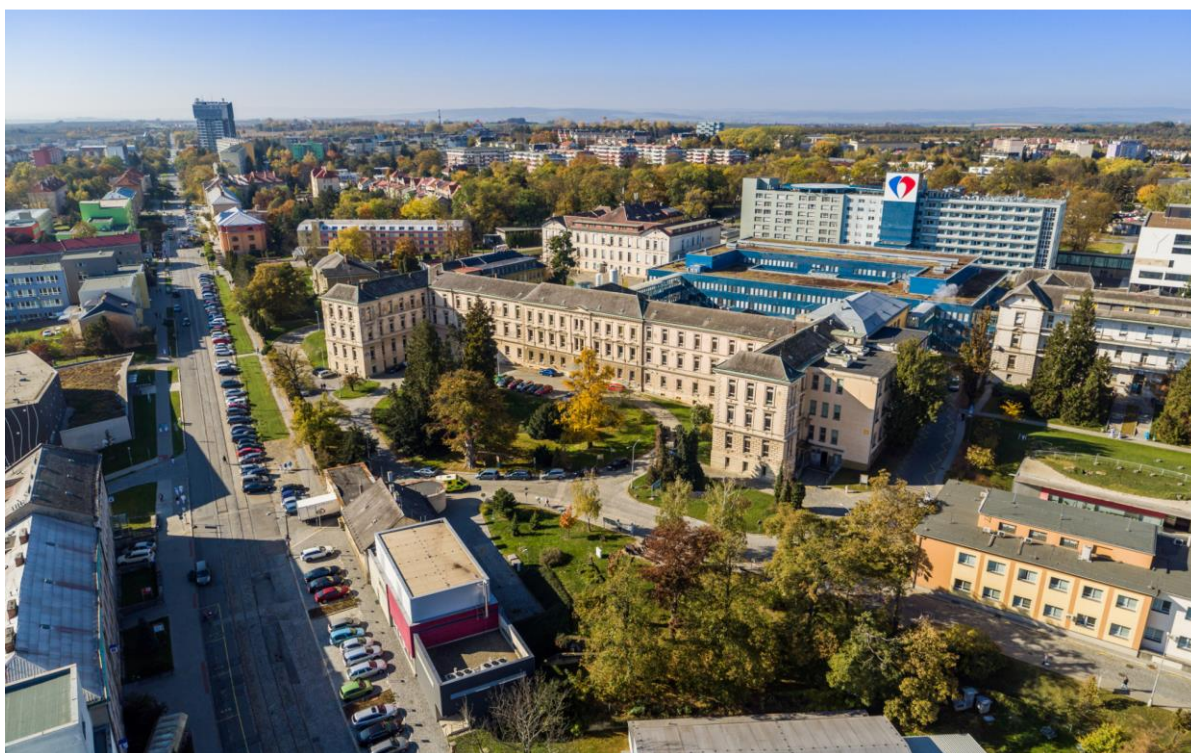
II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 PŘEDSTAVENÍ PRACOVIŠTĚ

5.1 FAKULTNÍ NEMOCNICE OLMOUC

FNOL je v současné době jedním z největších lůžkových zařízení v ČR a celkově šestou největší nemocnicí v zemi. Je největším poskytovatelem zdravotních služeb v Olomouckém kraji a druhým největším zaměstnavatelem v oblasti. Jedná se o jednu z devíti fakultních nemocnic řízených přímo MZČR, která prochází neustálými modernizacemi, naposledy v roce 2018, kdy byla dokončena nová budova II. interní kliniky – gastroenterologické a geriatrické. Nemocnice je držitelem národní akreditace, garantující poskytování moderní, kvalitní a bezpečné zdravotní péče v mnoha oborech současné medicíny (FNOL, 2021).

Obrázek 5: Letecký pohled na FNOL



Zdroj: <https://www.fnol.cz/o-nas>

5.2 RADIOLOGICKÁ KLINIKA FNOL

Historické počátky olomoucké radiologie sahají až do roku 1901, kdy byl pouhých šest let po objevení RTG paprsků zakoupen pro tehdejší Moravské zemské ústavy první RTG přístroj. Od té doby se Radiologická klinika značně rozrostla, v dnešní době se jedná o velice moderní a co do specializací všestranné pracoviště provádějící diagnostické a léčebné úkony širokého zaměření (FNOL, 2021).

5.2.1 CT PŘÍSTROJE RADIOLOGICKÉ KLINIKY FNOL

Radiologická klinika FNOL v současnosti disponuje dvěma CT přístroji používanými pro primární diagnostiku. V obou případech se jedná o přístroje značky GE Medical System, jmenovitě CT přístroje LightSpeed VCT a Discovery CT750HD. Oba ty to přístroje spadají do kategorie MDCT s 64 řadami detektorů. Přístroj Discovery CT750HD je vybaven technologií Dual Energy, která se však pro účely polytraumatického protokolu nevyužívá. K primární akutní diagnostice slouží starší z přístrojů, a sice CT LightSpeed VCT (FNOL, 2021), (GE HealthCare – brochure, 2012, s. 11), (KSVCT – FNOL, 2021, s. 16-17).

Obrázek 6: CT přístroj GE LightSpeed VCT



Zdroj: FNOL

6 CT-POLYTRAUMA PŘED 22.7.2019

6.1 AKVIZIČNÍ A REKONSTRUKČNÍ PARAMETRY

Původní CT-polytrauma protokol používaný na CT pracovišti Fakultní nemocnice Olomouc (FNOL) do dne 22.7.2019, kdy proběhla jeho aktualizace sestával ze dvou částí.

6.1.1 MOZEK, LEBKA, C-PÁTEŘ

V části první se zobrazovala lebka, mozek a krční páteř, na vyžádání indikujícího lékaře bylo možno připojit vyšetření obličejového skeletu. Akviziční parametry byly nastaveny dle tabulky 2 (KSVCT – FNOL, 2015, s. 14-15).

Tabulka 2 – Akviziční parametry – 1. skenovací fáze, do 22.7.2019

Akviziční parametry: Mozek + C-páteř (obličejový skelet)	
Proud na rtg	automatická modulace (max 800mA)
Napětí na rtg	120kV
Kolimace	20 mm
Posun stolu	21,25 mm/s
Pitch faktor	0,531
Perioda rotace	0,5 s
Rozsah skenování	Od klenby lební po Th1

Zdroj: FNOL, KSVCT – FNOL, 2015, s. 14-15

Samotnému vyšetření hlavy a krku předcházelo provedení dvou na sebe kolmých zaměřovacích topogramů provedených v dvourozměrném zobrazení, na kterých byla zobrazena celá požadovaná oblast hlavy a krční páteře. Vyšetření se provádělo v rozsahu od TH1 po klenbu lební s tím, že RA před samotným zahájením akvizice nastavil rozsahy všech datových polí určených pro MPR. Datové pole R1 se rozsahově automaticky nastavilo shodně s celým vyšetřovaným objemem a sloužilo k první primární diagnostice. Datové pole R2 pro mozek se rozsahově nastavovalo od klenby lební pod bazi lební. Pole R3 určené pro MPR lebky a obličejového skeletu se rozsahem nastavovalo od klenby lební pod bazi lební, v případě vyžádaných rekonstrukcí na obličejový skelet pod konec dolní čelisti. Datové pole

R4 kopírovalo rozsahem krční páteř, tedy od baze lebni (včetně AC skloubení) po Th1. U všech těchto rekonstrukcí bylo dbáno zúžení FOV pouze na oblast zájmu. Podrobné rekonstrukční parametry všech rekonstrukcí jsou uvedeny v tabulce 3 (KSVCT – FNOL, 2015, s. 14-15).

Tabulka 3: Rekonstrukční parametry – 1. skenovací fáze, před 22.7.2019

Rekonstrukční parametry: Mozek, Lebka, C-páteř (obličejový skelet) – R1	
Šíře řezu	5 mm
Rekonstrukční interval	5 mm
Rekonstrukční algoritmus	STD (W400, L40)
sFOV	HEAD
Rekonstrukční parametry: Mozek - R2	
Šířka řezu	0,625 mm
Interval	0,312 mm
Rekonstrukční okno	STD (W400, L40)
Rekonstrukční parametry: Lebka + obličejový skelet – R3	
Šířka řezu	0,625 mm
Interval	0,625 mm
Rekonstrukční okno	Bone plus (W2000, L350)
Rekonstrukční parametry: C-páteř – R4	
Šířka řezu	0,625 mm
Interval	0,625 mm
Rekonstrukční okno	Bone plus (W2000, L350)

Zdroj: FNOL, KSVCT – FNOL, 2015, s. 14-15

6.1.2 HRUDNÍK, BŘICHO, PÁNEV

Druhá část vyšetření zahrnovala zobrazení hrudníku, břicha a pánve s aplikací JKL i.v. cestou. Rozsahově byla tato fáze vyšetření plánována od plicních hrotů pod raménka stydkých kostí. Pokud bylo vysloveno podezření na poranění stehenních kostí, mohlo být vyšetření rozsahově upraveno tak, aby tuto oblast zahrnovalo. Rekonstrukční algoritmus R1 i R2 kopíroval celkový rozsah této fáze. V případě nutnosti mohly být přidány další rekonstrukční pole dle potřeby, např. v případě poranění ramenních či kyčelních kloubů nebo fraktur pánve. Akviziční a rekonstrukční parametry byly nastaveny dle tabulky 4 (KSVCT – FNOL, 2015, s. 14-15).

Tabulka 4 - Akviziční a rekonstrukční parametry – 2. skenovací fáze, před 22.7.2019

Akviziční parametry: Hrudník, břicho, pánev	
Proud na RTG	automatická modulace (max 800mA)
Napětí na RTG	120kV
Posun stolu	110 mm/s
Kolimace	40 mm
Pitch faktor	1,375
Perioda rotace	0,5 s
Rozsah skenování	Od plicních hrotů pod raménka stydkých kostí
Rekonstrukční parametry: Hrudník, břicho, pánev – R1	
Šíře řezu	5 mm
Rekonstrukční increment	5 mm
Rekonstrukční algoritmus	STD (W400, L40)
sFOV	LARGE BODY
Rekonstrukční parametry: Hrudník, břicho, pánev - R2	
Šířka řezu	1,25 mm
Interval	1 mm
Rekonstrukční okno	STD (W400, L40)

Zdroj: FNOL, KSVCT – FNOL, 2015, s. 14-15

6.2 APLIKAČNÍ SCHÉMA A PODÁNÍ JKL

AS podání JKL (tabulka 5) bylo koncipováno jako jednofázové s celkovým množstvím 80 ml podané JKL a 30 ml fyziologického roztoku, event. dle hmotnosti pacienta (KSVCT – FNOL, 2015, s. 14-15).

Tabulka 5 – Nastavení tlakového injektoru – aplikační schéma Polytrauma

<i>Podávaná látka</i>	<i>Průtok [ml/s]</i>	<i>Množství [ml]</i>	<i>Čas aplikace [s]</i>
<i>Kontrastní látka</i>	1,8	80	44
<i>Fyziologický roztok</i>	1,8	30	17

Zdroj: FNOL

Jak je vidět z tabulky 5, takto nastavené AS (obrázek 7) využívá pouze pomalých hodnot průtoků, není tedy jeho použitím možno docílit vysoce kontrastní náplně cév potřebné pro CT angiografie. Toto AS sloužilo pouze pro provedení vyšetření s naplněním parenchymových orgánů a struktur. Výhodou této nižší průtokové rychlosti byla možnost použití i kanyl s menším průsvitem. Odpadla tedy nutnost zavádění širších kanyl, které v minulosti nebyly u každého pacienta automaticky zajišťovány (Ferda, 2009, s. 46-49), (KSVCT – FNOL, 2015, s. 14-15).

Obrázek 7: Aplikační schéma KL - POLYTRAUMA



Zdroj: FNOL

Fáze skenování hrudníku, břicha a pánve byla prováděna se synchronizací podání JKL metodou bolus-timing. K získání přesného cirkulačního času však nebylo použito krátkého dynamického skenu, jak tomu zpravidla u metody bolus-timingu bývá, ale jelikož se jednalo o zachycení parenchymové fáze, která má poměrně dlouhý cirkulační čas, byla jednoduše stanovena hodnota zpoždění počátku skenování na 60 vteřin, kterážto hodnota se používala u vyšetření všech pacientů (Ferda, 2009, s. 47-49), (KSVCT – FNOL, 2015, s. 14-15).

6.3 REKONSTRUKCE DAT

Rekonstrukční algoritmus u polytraumatického protokolu na CT lze rozdělit podle první a druhé fáze skenování.

6.3.1 REKONSTRUKCE MOZKU, LEBKY A C-PÁTEŘE

V první fázi vyšetření byla získána obrazová data z oblasti hlavy a krku, u kterých byly již při vyšetření RA naplánovány rozsahy a rekonstrukční parametry datových polí určených pro jednotlivé MPR (tabulka 3). Z jednotlivých datových polí pro MPR mozku (Mozek - R2), lebky - obličejového skeletu (Lebka + obličejový skelet – R3) a krční páteře (C-páteř – R4) vytvořil RA rekonstrukce v potřebných rovinách, o šířkách a intervalech obrazů uvedených v tabulce 6 (KSVCT – FNOL, 2015, s. 14-15).

Tabulka 6: Rekonstrukční algoritmy MPR – 1. skenovací fáze - před 22.7.2019

Reformát MPR: Mozek	
Šíře řezu	2,5 mm
Rekonstrukční interval	2,5 mm
Rekonstrukční mód	average
Rovina	axiální, koronální, sagitální
Reformát MPR: Lebka / Obličejový skelet	
Šíře řezu	1 mm
Rekonstrukční interval	1 mm
Rekonstrukční mód	average
Rovina	koronální
Reformát MPR: C-páteř	
Šíře řezu	1 mm
Rekonstrukční interval	1 mm
Rekonstrukční mód	average
Rovina	koronální, sagitální

Zdroj: FNOL, KSVCT – FNOL, 2015, s. 15

6.3.2 REKONSTRUKCE HRUDNÍKU, BŘICHA A PÁNVE

MPR u druhé skenovací fáze byly vytvářeny z tenkých rekonstruovaných dat (Hrudník, břicho, pánev - R2) o parametrech viditelných v tabulce 4. Z těchto rekonstrukčních dat byla provedena MPR v sagitální rovině na oblast hrudní a bederní páteře a kosti křížové, a dále pak MPR v koronální rovině v celém rozsahu hrudníku, břicha a pánve dle parametrů uvedených v tabulce 7 (KSVCT – FNOL, 2015, s. 15).

Tabulka 7: Rekonstrukční algoritmy MPR – 2. skenovací fáze - před 22.7.2019

Reformát MPR: Th+LS- páteř	
Šíře řezu	2 mm
Rekonstrukční interval	1 mm
Rekonstrukční mód	average
Rovina	sagitální
Reformát MPR: Krk, hrudník, břicho, pánev	
Šíře řezu	5 mm
Rekonstrukční interval	3 mm
Rekonstrukční mód	average
Rovina	koronální

Zdroj: FNOL, KSVCT – FNOL, 2015, s. 15

Kromě těchto standardních rekonstrukcí mohly být provedeny na žádost lékaře další MPR dle specifických parametrů poranění. Takovými rekonstrukcemi mohly být např. MPR na oblast traumatizovaných ramenních či kyčelních kloubů, koronální MPR na páteř, sagitální MPR na oblast hrudníku, atd. Kromě planárních rekonstrukcí se individuálně prováděly i rekonstrukce pomocí VRT, oblastí zájmu této rekonstrukce mohla být např. traumata cév (obrázek 3) či kostí (KSVCT – FNOL, 2015, s. 15).

7 CT-POLYTRAUMA PO 22.7.2019

7.1 AKVIZIČNÍ A REKONSTRUKČNÍ PARAMETRY

Protokol používaný v současnosti byl zaveden po optimalizaci, která proběhla dne 22. 7. 2019. Současný CT-POLYTRAUMA protokol byl od toho původního odvozen, to je také jeden z důvodů, proč se od původního protokolu liší jen druhou skenovací fází (KSVCT – FNOL, 2021, s. 16-17).

7.1.1 MOZEK, LEBKA, C-PÁTEŘ

První část vyšetření sloužící k zobrazení mozku, lebky a krční páteře nevyžadovala úpravy a proto byla ponechána v původním nastavení. Její provedení a nastavení akvizičních a rekonstrukčních parametrů je uvedeno v tabulce 2 a 3, následné rekonstrukční algoritmy jsou uvedeny v tabulce 6 (KSVCT – FNOL, 2021, s. 16-17).

7.1.2 OPTIMALIZACE DRUHÉ SKENOVACÍ FÁZE

Druhá skenovací fáze nového polytraumatického protokolu se od původního protokolu liší několika aspekty. Prvním je, že zobrazovaná oblast druhé fáze vyšetření je v kraniálním směru rozšířena nad bazi lební. K této změně došlo vlivem tlaku na zlepšení diagnostiky traumatických disekcí krčních tepen a jiných cévních poranění v této oblasti. První fáze vyšetření sice oblast krku zachycuje, ale pouze v rámci nativního vyšetření, které je pro diagnostiku traumatických stavů cév nedostatečné. Vzhledem k tomu, že protokol používaný před optimalizací tuto část pacientova těla v rámci kontrastního zobrazování cév nezahrnoval, kvůli čemuž nemohla být diagnostika těchto stavů ani provedena, bylo toto zásadní změnou (Heřman, 2014, s. 251), (Šercl et al., 2020, s. 131-138), (KSVCT – FNOL, 2021, s. 16-17).

Dalším požadavkem bylo provedení celkově kvalitnějšího zobrazení cév s ohledem na kontrastní náplň. V tomto ohledu se nabízely dvě možnosti provedení vyšetření. První možností bylo provedení dvoufázového CT vyšetření za použití jednofázové aplikace JKL se zaměřením první fáze na arteriální systém a druhé na parenchymové orgány. Druhá možnost byla provedení jednofázového vyšetření za použití AS SB. Vzhledem k významně

vyšší radiační zátěži v případě provedení dvoufázového vyšetření oproti jednofázovému se rozhodlo o optimalizaci ve smyslu provádění této fáze vyšetření za použití metody SB, která je více rozvedena v kapitole 7.2 (KSVCT – FNOL, 2021, s. 16-17), (Bajcurová et al., 2019, s. 99-101).

Jedna ze změn, která vyplynula z požadavku na zlepšení kontrastní náplně cév a s tím související úpravy AS JKL, byl přechod od synchronizace aplikace KL se spuštěním vyšetření pomocí metody bolus-timing k metodě bolus-tracking. To vyžadovalo vytvoření krátkého přehledného nativního skenu v oblasti odstupů hlavních srdečních cév ze srdce, ve kterém se následně určí řez pro monitoraci příchodu JKL do arteriálního systému před samotnou hlavní akvizicí dat. Tento krátký sken je chronologicky umístěn před samotnou druhou skenovací fází. Akviziční a rekonstrukční parametry tohoto přehledného skenu jsou uvedeny v tabulce 8 (KSVCT – FNOL, 2021, s. 16-17).

Tabulka 8 - Akviziční a rekonstrukční parametry – přehled. na asc. aortu, po 22.7.2019

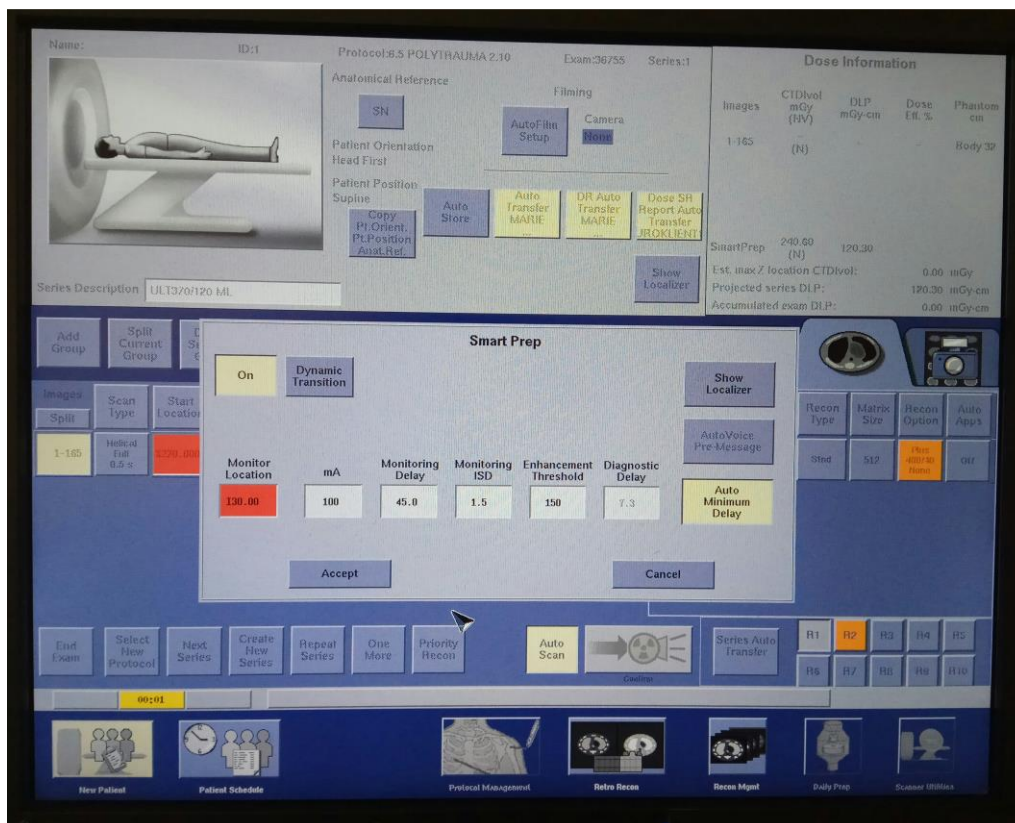
Akviziční parametry: Přehledná na ascendentní aortu	
Proud na RTG	automatická modulace (max 750 mA)
Napětí na RTG	100 kV
Posun stolu	110 mm/s
Kolímace	40 mm
Pitch faktor	1,375
Perioda rotace	0,5 s
Rozsah skenování	11 řezů na odstupy srdce – centrovat na bifurkaci trachey
Rekonstrukční parametry: Přehledná na ascendentní aortu	
Šíře řezu	5 mm
Rekonstrukční inkrement	5 mm
Rekonstrukční algoritmus	STD (W400, L40)
FOV	LARGE BODY

Zdroj: KSVCT – FNOL, 2021, s. 16-17

7.1.3 KRK, HRUDNÍK, BŘICHO, PÁNEV

Jak je zmíněno v kapitole 7.1.2, rozsah této fáze skenování je od baze lebni, pod raménka stydkých kostí s tím, že dle individuálních požadavků indikujícího lékaře lze rozsah upravit v kaudálním směru v rámci rozsahu pojezdu stolu (KSVCT – FNOL, 2021, s. 16-17).

Obrázek 8: Nastavení GE – SMART, CT-POLYTRAUMA



Zdroj: FNOL

Provedení druhé akviziční fáze protokolu zahrnuje naplánování krátkého dynamického skenování v úrovni vzestupné aorty s použitím techniky SMART-GE - varianty sekvenčního dynamického skenování sloužícího pro bolus-tracking, která při aplikaci JKL měří v reálném čase hodnotu rostoucí denzity v cévním řečišti (obrázek 8). Konkrétní vrstvu, ve které bude toto skenování probíhat, zvolíme z předchozí přehledné fáze (KSVCT – FNOL, 2021, s. 16-17).

Po naplánování rozsahu vyšetření se nejprve provede SMART řez ve zvolené etáži v oblasti ascendentní aorty, kam se umírní SMART ROI (obrazové měření změn denzity). Vyšetření se spustí souběžně se spuštěním aplikace JKL dle AS POLYTRAUMA SPLIT B – obrázek 9, více kapitola 7.2.1 (KSVCT – FNOL, 2021, s. 16-17).

Z pohledu akvizičních a rekonstrukčních parametrů je optimalizovaný protokol velmi podobný protokolu používanému před optimalizací, všechny parametry zobrazuje tabulka 8. Rekonstrukční algoritmy R1 i R2 se kopírují podle rozsahu primárního skenování, rekonstrukce R1 slouží pro primární akutní diagnostiku u vyšetřovací konzole, R2 pro post-processingové MPR a případné VRT rekonstrukce (KSVCT – FNOL, 2015, s. 14-15), (KSVCT – FNOL, 2021, s. 16-17).

Tabulka 9 - Akviziční a rekonstrukční parametry – 2. skenovací fáze, po 22.7.2019

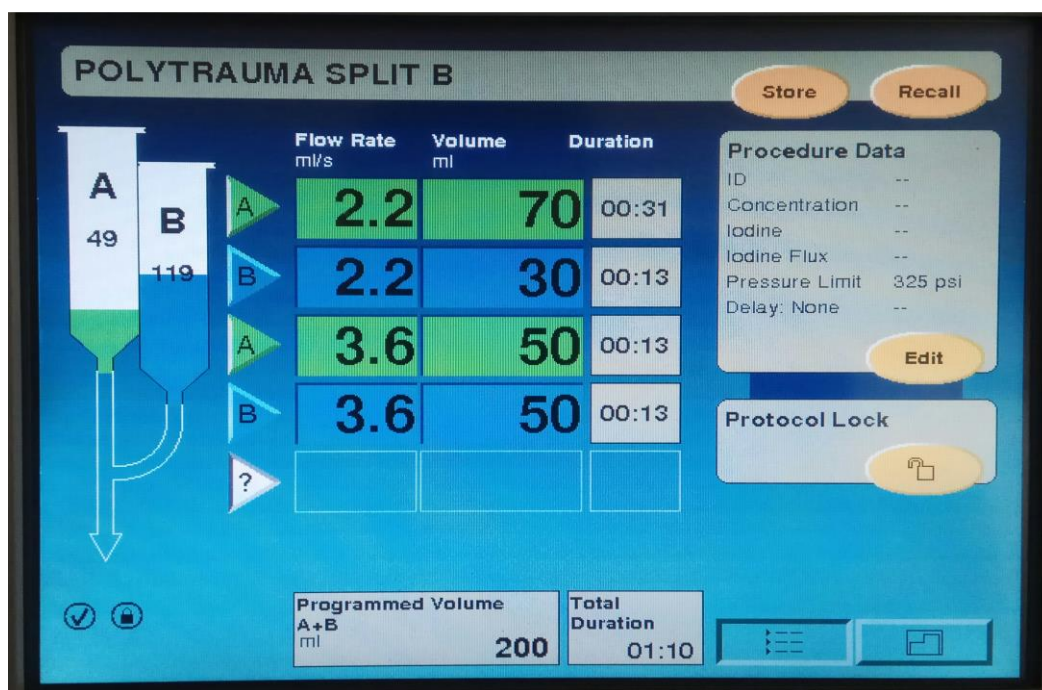
Akviziční parametry: Krk, hrudník, břicho, pánev	
Proud na RTG	automatická modulace (max 800mA)
Napětí na RTG	120kV
Posun stolu	110 mm/s
Kolimace	40 mm
Pitch faktor	1,375
Perioda rotace	0,5 s
Rozsah skenování	Od baze lební pod raménka stydkých kostí
Rekonstrukční parametry: Krk, Hrudník, Břicho, Pánev – R1	
Šíře řezu	5 mm
Rekonstrukční inkrement	5 mm
Rekonstrukční algoritmus	STD (W400, L40)
FOV	LARGE BODY
Rekonstrukční parametry: Krk, Hrudník, Břicho, Pánev - R2	
Šířka řezu	1,25 mm
Interval	1 mm
Rekonstrukční okno	STD (W400, L40)

Zdroj: KSVCT – FNOL, 2021, s. 16-17

7.2 APLIKAČNÍ SCHÉMA SPLIT BOLUS A PODÁNÍ JKL

Zcela zásadní změnou, která vyplynula z potřeby lepší kontrastní náplně cév, byla optimalizace AS JKL. Od jednofázové pomalé aplikace JKL se přešlo k AS dle metodiky SB se čtyřmi složkami (obrázek 9). AS sestává ze dvou částí, které jsou každá tvořena aplikací JKL a následného záplachu ve formě fyziologického roztoku. První část AS slouží pro naplnění parenchymových orgánů a tkání, část druhá slouží pro nasycení arteriálního systému, především s důrazem na kvalitní kontrastní náplň v karotidách a hlavních cévách těla, jako je aorta a její primární odstupy. Množství používané JKL (tabulka 10) bylo primárně určeno, její množství však při vyšetřeních může být upravováno dle hmotnosti pacientů. V tomto ohledu se jedná především o úpravy množství JKL první části schématu (70 ml), určeného pro nasycení parenchymových orgánů (KSVCT – FNOL, 2021, s. 16-17).

Obrázek 9: Aplikační schéma KL - POLYTRAUMA SPLIT BOLUS



Zdroj: FNOL

7.2.1 PROVEDENÍ APLIKACE JKL A SPUŠTĚNÍ VYŠETŘENÍ

Aplikace JKL se spouští synchronně s CT přístrojem, u kterého je nastaveno zpoždění počátku dynamické skenovací fáze SMART na 45 vteřin. Během tohoto zpoždění probíhá aplikace první části AS SB, která pomalou aplikací JKL nasytí systém parenchymových orgánů a tkání. Po 45 vteřinách se spustí dynamická sekvence SMART, sloužící pro synchronizaci metodou bolus-tracking, jejíž poloha je nastavena v úrovni vzestupné aorty. Každou vteřinu se vytvoří řez danou oblastí, v níž měří RA hodnotu rostoucí denzity. Po dosažení požadované hodnoty nárůstu denzity, je vyšetření spuštěno. K tomuto aktu dochází u vyšetření průměrně za 65 vteřin od počátku aplikace. Ideálním výsledkem vyšetření je pak stav, kdy jsou dobře naplněny parenchymové orgány a arteriální systém je zachycen ve stavu angiografie s vysokou hodnotou denzity kontrastní náplně (KSVCT – FNOL, 2021, s. 16-17), (Bajcurová et al., 2019, s. 102-103).

Tabulka 10: Nastavení tlakového injektoru pro POLYTRAUMA protokol Split Bolus

<i>Podávaná látka</i>	<i>Průtok [ml/s]</i>	<i>Množství [ml]</i>	<i>Čas aplikace [s]</i>
<i>Kontrastní látka</i>	2,2	70	31
<i>Fyziologický roztok</i>	2,2	30	13
<i>Kontrastní látka</i>	3,6	50	13
<i>Fyziologický roztok</i>	3,6	50	13

Zdroj: FNOL

7.3 REKONSTRUKCE DAT

Post-processingové rekonstrukce u optimalizovaného vyšetření jsou algoritmicky zcela shodné s rekonstrukčními postupy u vyšetření před 22.7.2019. Jejich postup je uveden v kapitole 6.3, rekonstrukční parametry jednotlivých MPR jsou zaneseny v tabulce 6 a 7. U druhé skenovací fáze jsou pouze MPR prováděné v koronální a sagitální rovině provedeny ve větším rozsahu, tedy včetně oblasti krku až k bazi lební (KSVCT – FNOL, 2021, s. 16-17).

8 CÍLE A HYPOTÉZY

Hlavní cíl

Zhodnotit aktuálně zavedený CT protokol pro vyšetření polytraumat ve Fakultní nemocnici v Olomouci a ověřit, zda změny provedené na protokolu povedou ke zdokonalení techniky vyšetření polytraumat na přístrojích CT s ohledem na aplikaci co nejnižší radiační dávky pacientovi a získání co nejlepší diagnostické informace.

1. Dílčí cíl

Prokázat, zda jsou hodnoty denzit v arteriálním řečišti karotid a jiných magistrálních cév vyšší při použití aplikačního schématu SPLIT BOLUS se současným použitím techniky bolus tracking ve srovnání s jednofázovým aplikačním schématem se zaměřením na pozdní parenchymovou fázi, při vyšetřování pacientů CT polytrauma protokolem prováděným ve Fakultní nemocnici Olomouc.

1H₀: Předpokládám, že neexistuje statisticky významné zvýšení hodnot denzit v arteriálním řečišti karotid a jiných magistrálních cév při použití aplikačního schématu SPLIT BOLUS ve srovnání s použitím jednofázového aplikačního schématu.

1H_A: Předpokládám, že existuje statisticky významné zvýšení hodnot denzit v arteriálním řečišti karotid a jiných magistrálních cév při použití aplikačního schématu SPLIT BOLUS ve srovnání s použitím jednofázového aplikačního schématu.

2. Dílčí cíl

Prokázat, zda jsou hodnoty denzit v parenchymových orgánech vyšší při použití aplikačního schématu SPLIT BOLUS se současným použitím techniky bolus tracking ve srovnání s jednofázovým aplikačním schématem se zaměřením na pozdní parenchymovou fázi, při vyšetřování pacientů CT polytrauma protokolem prováděným ve Fakultní nemocnici Olomouc.

1H₀: Předpokládám, že neexistuje statisticky významné zvýšení hodnot denzit v parenchymových orgánech při použití aplikačního schématu SPLIT BOLUS ve srovnání s použitím jednofázového aplikačního schématu.

1H_A: Předpokládám, že existuje statisticky významné zvýšení hodnot denzit v parenchymových orgánech při použití aplikačního schématu SPLIT BOLUS ve srovnání s použitím jednofázového aplikačního schématu.

3. Dílčí cíl

Zjistit, zda se zvýšily průměrné hodnoty dávkových výstupů při vyšetřování optimalizovaným CT polytrauma protokolem zavedeným ode dne 22. 7. 2019 ve srovnání s CT polytrauma protokolem používaným před optimalizací u pacientů vyšetřovaných těmito protokoly.

1H₀: Předpokládám, že neexistuje statisticky významné zvýšení průměrných hodnot efektivních dávek při vyšetřování optimalizovaným CT polytrauma protokolem ve srovnání s CT polytrauma protokolem používaným před optimalizací.

1H_A: Předpokládám, že existuje statisticky významné zvýšení průměrných hodnot dávkového výstupu při vyšetřování optimalizovaným CT polytrauma protokolem ve srovnání s CT polytrauma protokolem používaným před optimalizací.

9 METODIKA VÝZKUMU

Cílem práce bylo prokázat zlepšení kvality diagnostické informace vyplývající z optimalizování AS KL, úpravy synchronizace spuštění vyšetření s bolusem KL, přidání přípravné fáze pro plánování bolus tracking techniky a úpravy rozsahu vyšetření u aktuálně používaného CT polytrauma protokolu.

Součástí přípravné fáze výzkumu bylo prostudování odborné literatury týkající se akvizičních a rekonstrukčních parametrů CT přístrojů, technik vyšetřování na CT, možností AS KL, problematiky polytraumatických poranění, jejich komplikacemi a jejich diagnostikovatelnosti pomocí radiologických metod.

9.1 SOUBOR PACIENTŮ

Výzkumná část diplomové práce byla realizována na souboru dat pacientů vyšetřených na pracovišti CT, Radiologické kliniky FNOL. Pro zařazení patientských dat do výzkumného souboru musely být splněny následující kritéria:

- pacienti byli indikováni k vyšetření CT polytrauma protokolem
- vyšetření protokolem CT polytrauma proběhlo v plném rozsahu, včetně aplikace JKL i.v.
- u vyšetřených pacientů byla dohledatelná jejich tělesná výška a hmotnost

Vzhledem k významné radiační zátěži a komplikacím vyplývajícím z podání JKL i.v. byla testování provedena na dvou odlišných skupinách pacientů.

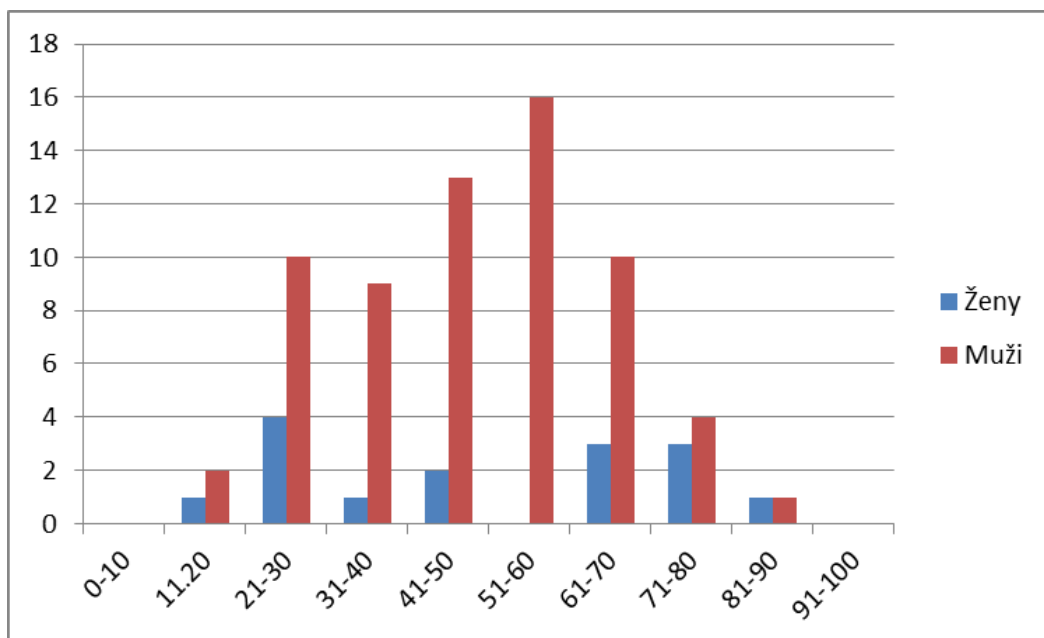
Soubor pacientů zahrnutých do mého výzkumu byl stanoven na 80 pacientů retrospektivně a 80 pacientů prospektivně, ve vztahu k datu optimalizace protokolu CT polytrauma dne 22. 7. 2019. Oba patientské soubory byly vzhledem k pestrosti populace vyšetřovaných z pohledu individuálního BMI, věku a pohlaví velmi různorodé, pro jejich sestavení však nebyla stanovena žádná další omezující kritéria.

V testovaných souborech pacientů se nacházeli muži a ženy různých věkových kategorií, tělesných hmotností a výšek, různých tělesných konstitucí s rozdílnými indikacemi k provedení protokolu CT polytrauma.

9.1.1 RETROSPEKTIVNÍ SOUBOR PACIENTŮ

Retrospektivní soubor dat byl měřen v rozsahu vyšetření provedených od 1. 1. 2019 do 21. 7. 2019. Věková struktura a četnost jednotlivých pohlaví pacientů zahrnutých do souboru dat je uvedena v grafu 1. Jak je patrné, většinu polytraumatických pacientů tvoří muži mezi 21 a 70 lety věku. Žen je v tomto souboru 15.

Graf 1: Věková struktura retrospektivního souboru dat



Hodnoty BMI vypočítané z dohledaných tělesných hmotností a výšek pacientů jsou uvedeny v tabulce 11. Hodnoty BMI jsou rozděleny do skupin: podváha (<18,5), normální tělesná hmotnost (18,5-25,0), nadváha (25,1-30,0), obezita 1. stupně (30,1-40,0) a obezita 2. stupně (>40).

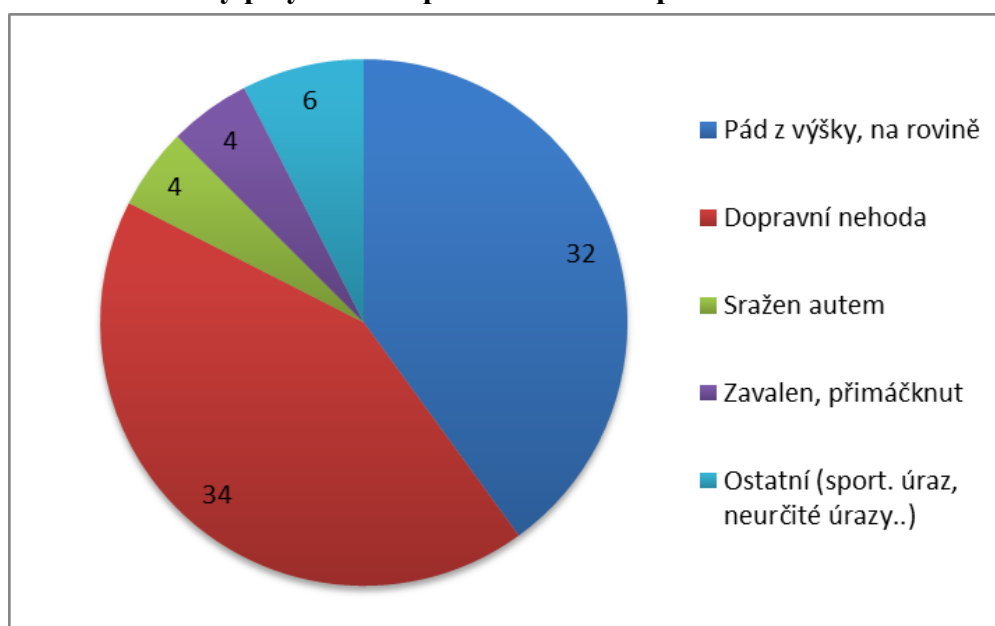
Tabulka 11: Hodnoty BMI retrospektivního souboru dat

	Muži	Ženy
<18,5	1	2
18,5-25,0	21	4
25,1-30,0	30	6
30,1-40,0	12	3
>40	1	0

Jak je z hodnot v tabulce 11 patrné, hodnoty BMI se často pohybují nad zdravou hodnotou 25 odpovídající maximální hodnotě BMI pro normální tělesnou hmotnost. Toto bohužel není výjimka, ale jakýsi standard průměrné české populace, jak dokazují i data z Českého statistického úřadu. Na druhou stranu hodnota BMI nijak nevypovídá o tkáňové struktuře pacienta, kdy i svalnatější jedinci s minimem tuku mohou spadat do kategorie nadváha. Hodnota BMI je jeden z významných faktorů, který ovlivňuje hodnoty dávek a následnou kvalitu diagnostického obrazu (ČSÚ, 2018), (Ferda, 2009, s. 38-39).

Příčiny vzniku polytraumat a jejich četnosti u pacientů retrospektivního souboru jsou uvedeny v grafu 2. Nejčastějšími příčinami polytraumat byly autonehody a pády z výšek, které tvoří přes 80 % příčin vzniku polytraumatického poranění u tohoto souboru pacientů. Méně častá byla poranění vzniklá zavalením, přimáčknutím, sportovní úrazy nebo sražení automobilem.

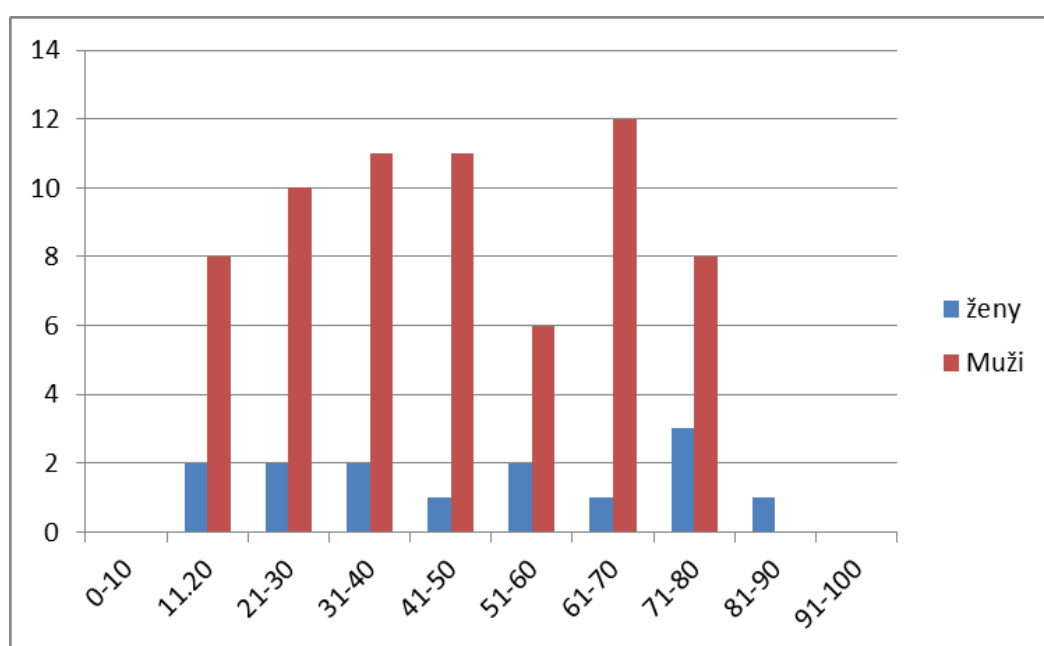
Graf 2: Příčiny polytraumat pacientů u retrospektivního souboru dat



9.1.2 PROSPEKTIVNÍ SOUBOR PACIENTŮ

Prospektivní soubor dat byl měřen v rozsahu vyšetření provedených od 15. 9. 2019 do 11. 8. 2020. Věková struktura a pohlaví pacientů zahrnutých do prospektivního souboru dat je uvedena v grafu 3. I v tomto souboru je patrná převaha mužského pohlaví oproti ženám, kterých je 14. Za zmínku stojí poměrně vysoký počet mladých polytraumatických pacientů (do 20 let věku) převážně mužů, oproti retrospektivnímu souboru pacientů. Z prospektivního souboru dat tvoří tato skupina 12,5 % pacientů.

Graf 3: Věková struktura prospektivního souboru dat



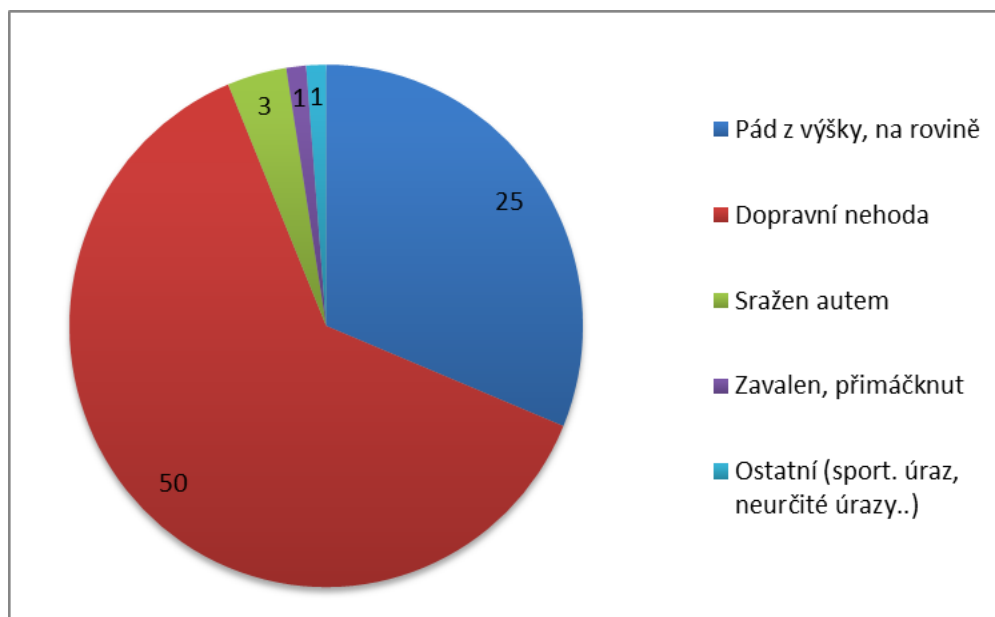
Hodnoty BMI vypočítané z dohledaných tělesných hmotností a výšek pacientů tohoto souboru dat jsou uvedeny v tabulce 12. Stejně jako v tabulce 11 jsou patientská data rozčleněna podle hodnot odpovídajících podváže, normální tělesné hmotnosti, nadváže a obezité 1. a 2. stupně. A stejně jako u retrospektivního souboru dat i zde nacházíme vysoké procento pacientů s hodnotou BMI vyšší než 25.

Tabulka 12: Hodnoty BMI prospektivního souboru dat

	Muži	Ženy
<18,5	1	0
18,5-25,0	18	6
25,1-30,0	29	5
30,1-40,0	17	3
>40	1	0

Příčiny vzniku polytraumat a jejich četnosti u tohoto souboru dat pacientů jsou uvedeny v grafu 4. I z tohoto grafu vyplývá, že nejčastějšími příčinami polytraumat byly autonehody a pády z výšek, které zde tvořily celých 93,75 %. Zbývající příčiny vzniku poranění byly opět zavalení, přimáčknutí, sportovní úrazy a komplikace vzniklé sražením automobilem.

Graf 4: Příčiny polytraumat pacientů u prospektivního souboru dat



9.2 METODIKA

Data výzkumné části diplomové práce byla získána metodou měření hodnot denzit cévních a parenchymových struktur a odečítání efektivních dávek z dávkových reportů u pacientů vyšetřených na pracovišti CT FNOL polytraumatickým protokolem před a po optimalizaci provedené dne 22. 7. 2019.

9.2.1 METODIKA MĚŘENÍ KONTRASTNÍ NÁPLNĚ - DENZITY

Hodnoty denzit arteriální náplně a parenchymových struktur byly měřeny softwarovým nástrojem používaným jako součást systému PACS používaného ve FNOL. Měření denzit probíhalo v 9 místech těla každého pacienta:

- **Pravá a levá arteria carotis communis**

Měření probíhala těsně pod dělením karotidy na a. carotis interna et externa, v případě nezachycení této oblasti proběhlo měření v co nejkraniálnějším řezu obrazové série (příloha 14).

- **Aorta ascendens**

Měření probíhala v řezu na úrovni srdce, odpovídajícímu odstupu truncus pulmonalis ze srdce (příloha 15).

- **Aorta descendens**

Měření probíhala v úrovni bránice (příloha 16).

- **Aorta abdominalis**

Měření probíhala těsně nad bifurkací aorta abdominalis do aa. iliaca communes (příloha 17).

- **Vena portae**

Měření probíhala ideálně v úrovni soutoku v. mesenterica superior a v. splenica, pokud takový řez nebyl k dispozici, měření probíhalo v nejbližším možném (příloha 18).

- **Parenchym pravého a levého jaterního laloku**

Měření probíhala ve třech řezech rovnoměrně přetínající pravý a levý jaterní lalok, tyto tři výsledné hodnoty se následně zprůměrovaly a zapsaly jako jedna hodnota za každou část jater (příloha 19).

- **Parenchym sleziny**

Měření probíhala ideálně v úrovni připojující se a. splenica a odstupující v. splenica, pokud takový řez nebyl k dispozici, měření probíhalo v nejbližším možném (příloha 20).

9.2.1 METODIKA MĚŘENÍ HODNOT DÁVKOVÉHO VÝSTUPU

Hodnoty dávek byly odečteny ve formě hodnot DLP_{TOTAL} a $DLP_{HEAD\&NECK}$ u každého konkrétního pacienta z jeho dávkového reportu (příloha 21), který CT přístroj po vyšetření vygeneruje. Hodnota DLP vychází z hodnoty $CTDI_{VOL}$, která je odvozena jako parametr pro standardizované porovnávání radiačního dávkového výstupu různých CT skenerů a vyšetření. Jako taková není tato hodnota vhodná pro posouzení přesné efektivní dávky pacientem absorbované, neboť nezohledňuje reálnou velikost pacienta. Posouzení konkrétních dávek pacienta však nebylo předmětem zkoumání diplomové práce a pro posouzení změn týkajících se zvýšení či snížení dávkového výstupu u různých CT vyšetření je tento parametr dostačující (Sukupova, 2015, s. 195-196).

Hodnoty $DLP_{HEAD\&NECK}$ byly u každého pacienta odečítány od hodnot DLP_{TOTAL} . Tímto byla získána hodnota dávkového výstupu pro vyšetření CT polytrauma (před-po optimalizaci) nezahrnující fázi skenování lebky, mozku a krční páteře, která optimalizaci nepodléhala a tudíž byla z výpočtu odstraněna. Dále je tato hodnota označována jako DLP_{BODY} .

10 ANALÝZA VÝSLEDKŮ

V této kapitole jsou uvedeny výsledky měření denzit jednotlivých struktur vyšetřovaných pacientů. Naměřená data jsou testována v souborech retrospektivních a prospektivních vzorků pacientů a prezentována jako střední hodnoty denzit vybrané struktury.

V části druhé jsou prezentovány měření dávkových výstupů CT vyšetření porovnávaných v rámci souboru retrospektivně a prospektivně ve vztahu k optimalizaci CT protokolu.

10.1 INTERPRETACE VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ HODNOT DENZIT

Všechny soubory dat byly zhodnoceny Studentovým dvouvýběrovým t-testem s nerovností rozptylů a t-testem na střední hodnotu. Pro účely statistického zhodnocení dat byla hladina významnosti α stanovena na $p < 0,05$.

Ze statistického hlediska byly měřené rozdíly denzit pro pravou i levou a. carotis communis, všechny oddíly aorty, vena portae a parenchym sleziny statisticky vysoce významné ($p < 0,00001$). Rozdíly v měření denzit parenchymu levé a pravé části jater byly při hodnotě $p < 0,0001$ také statisticky signifikantní.

10.1.1 DENZITY V A. CAROTIS COMMUNIS DX. ET SIN.

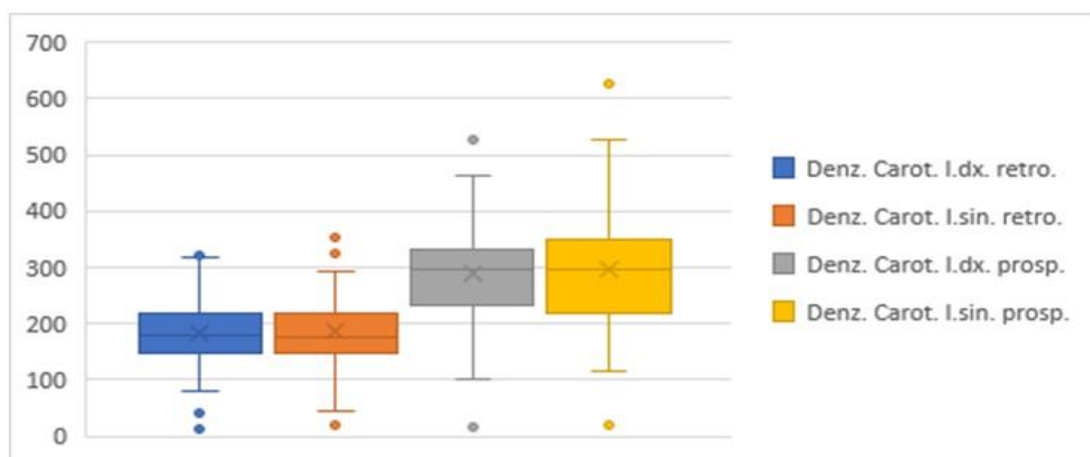
Statistické hodnoty pro a. carotis communis dx. et sin. retrospektivního a prospektivního souboru dat jsou uvedeny v tabulce 13. Významné je navýšení středních hodnot denzit u prospektivního souboru pacientů (289,27 HU; 295,15 HU) oproti souboru retrospektivnímu (184,28 HU; 185,73 HU).

Tabulka 13: Statistické hodnoty denzit a. carotis communis dx. et sin.

	<i>Retrospektivně – a. carotis comm.</i>		<i>Prospektivně – a. carotis comm.</i>	
	<i>Dx. [HU]</i>	<i>Sin. [HU]</i>	<i>Dx. [HU]</i>	<i>Sin. [HU]</i>
Střední hodnota	184,25	185,73	289,27	295,15
Medián	180	177,2	297,15	295,7
Směr. odchylka	59,38	63,39	87,70	98,31
Min. hodnota	12,4	19,8	15,6	18,5
Max. hodnota	330	354	528,4	624,4

V grafu 5 jsou znázorněny hodnoty denzit jednotlivých souborů konkrétních tepen pomocí grafické vizualizace na základě kvartilů.

Graf 5: Hodnoty denzit a. carotis comm. dx. et sin.



10.1.2 DENZITY V AORTA ASCENDENS

Naměřené statistické hodnoty pro aortu ascendens retrospektivního a prospektivního souboru dat jsou uvedeny v tabulce 14. Grafické znázornění hodnot denzit je patrné v grafu 6 společně s denzitami sestupné hrudní aorty a břišní aorty těsně nad bifurkací.

Tabulka 14: Statistické hodnoty denzit aorta ascendens

	<i>Retrospektivní soubor [HU]</i>	<i>Prospektivní soubor [HU]</i>
Střední hodnota	173,18	241,31
Medián	168,76	233
Směr. odchylka	55,63	82,02
Min. hodnota	11,5	40,1
Max. hodnota	336,9	521,2

10.1.3 DENZITY V AORTA DESCENDENS

Naměřené statistické hodnoty pro aortu descendens retrospektivního a prospektivního souboru dat jsou uvedeny v tabulce 15, grafické znázornění denzit tohoto měření je patrné v níže uvedeném grafu 6.

Tabulka 15: Statistické hodnoty denzit aorta descendens

	<i>Retrospektivní soubor [HU]</i>	<i>Prospektivní soubor [HU]</i>
Střední hodnota	164,11	223,17
Medián	160,7	208,85
Směr. odchylka	49,79	78,71
Min. hodnota	8,8	55,1
Max. hodnota	323,7	457,9

10.1.4 DENZITY V AORTA ABDOMINALIS

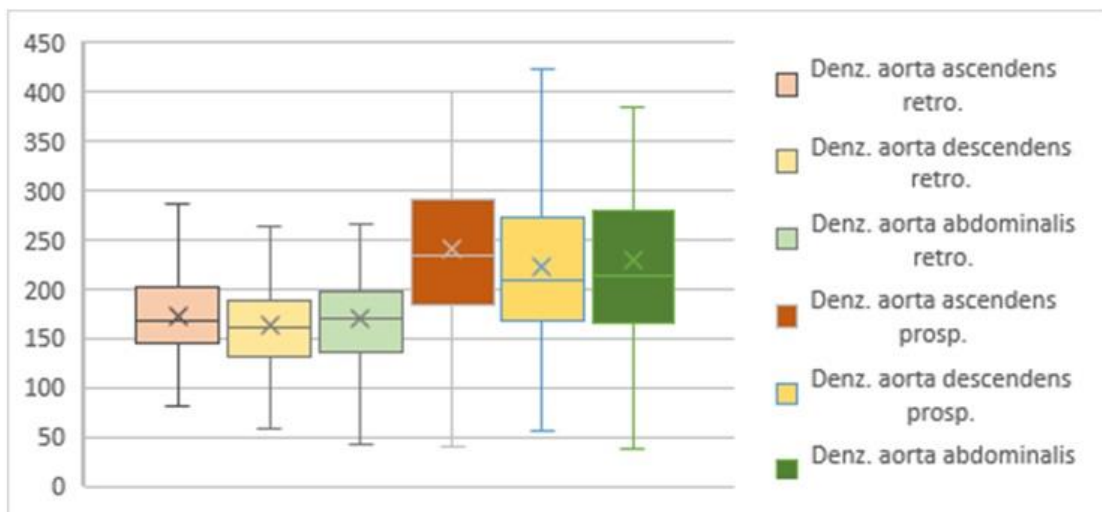
Naměřené statistické hodnoty pro aortu abdominalis retrospektivního a prospektivního souboru dat jsou uvedeny v tabulce 16. Grafické znázornění těchto denzit je patrné v grafu 6.

Tabulka 16: Statistické hodnoty denzit aorta abdominalis

	<i>Retrospektivní soubor [HU]</i>	<i>Prospektivní soubor [HU]</i>
Střední hodnota	169,88	229,50
Medián	169,65	213,5
Směr. odchylka	50,67	85,54
Min. hodnota	31,7	38
Max. hodnota	333,7	552,6

V grafu 6 jsou znázorněny hodnoty denzit jednotlivých souborů konkrétních úseků aorty pomocí grafické vizualizace na základě kvartilů.

Graf 6: Hodnoty denzit jednotlivých etází aorty



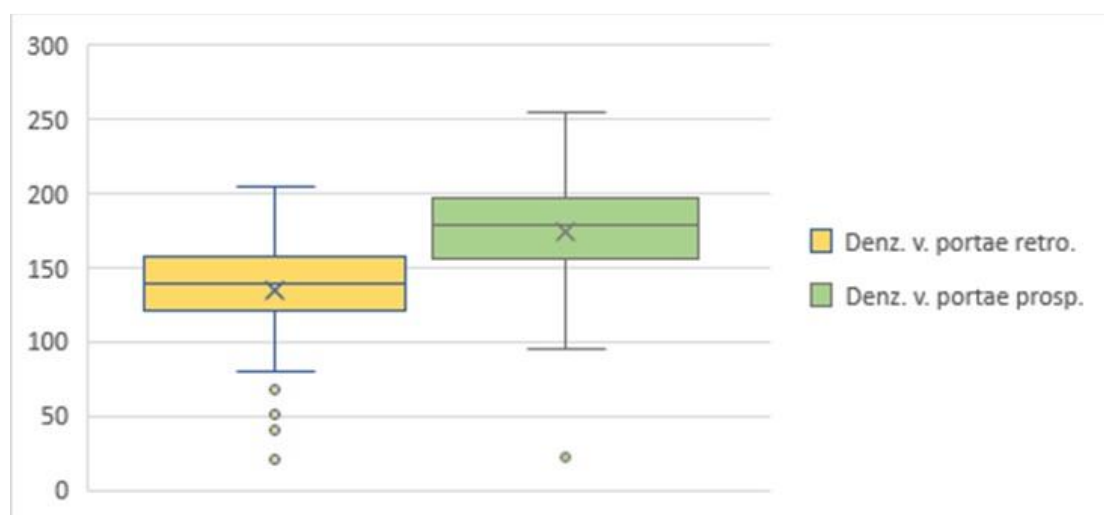
10.1.5 DENZITY VE VENA PORTAE

Naměřené statistické hodnoty pro vena portae retrospektivního a prospektivního souboru dat jsou uvedeny v tabulce 17. Oproti měřením hodnot denzit u arteriálního řečiště zde nevidíme natolik výrazný rozdíl u retrospektivního a prospektivního souboru dat. To je způsobeno naředěním JKL cestou parenchymového systému. V grafu 7 jsou znázorněny jednotlivé kvartily denzit vena portae.

Tabulka 17: Statistické hodnoty denzit vena portae

	<i>Retrospektivní soubor [HU]</i>	<i>Prospektivní soubor [HU]</i>
Střední hodnota	136,6	173,93
Medián	139	178,9
Směr. odchylka	36,69	36,64
Min. hodnota	21,1	21,7
Max. hodnota	205,2	255

Graf 7: Hodnoty denzit vena portae



10.1.6 DENZITY V JATERNÍM PARENCHYMU

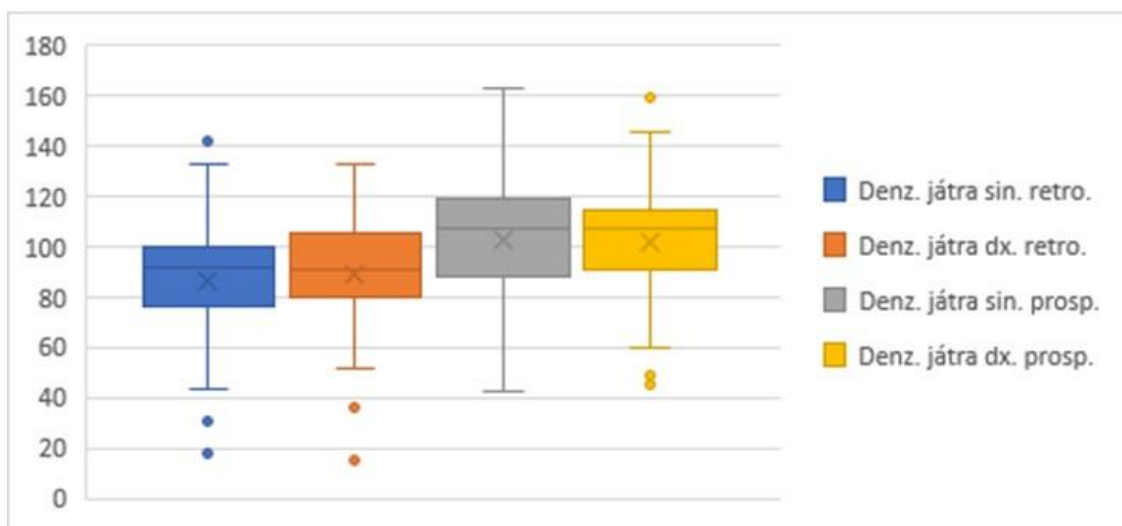
Naměřené statistické hodnoty pro parenchym pravého a levého laloku jaterního retrospektivního a prospektivního souboru dat jsou uvedeny v tabulce 18.

Tabulka 18: Statistické hodnoty denzit parenchymu pravého a levého laloku jater

	<i>Retrospektivní soubor [HU]</i>		<i>Prospektivní soubor [HU]</i>	
	<i>Levý</i>	<i>Pravý</i>	<i>Levý</i>	<i>Pravý</i>
Střední hodnota	86,58	89,12	102,85	101,65
Medián	91,5	91,2	106,85	107,25
Směr. odchylka	22,93	22,54	24,88	22,12
Min. hodnota	17,7	15	42,8	44,8
Max. hodnota	141,8	132,4	163,2	158,9

V grafu 8 jsou graficky znázorněny měřené hodnoty denzit pro jaterní parenchym pravého a levého jaterního laloku.

Graf 8: Hodnoty denzit jaterního parenchymu



10.1.7 DENZITY V PARENCHYMU SLEZINY

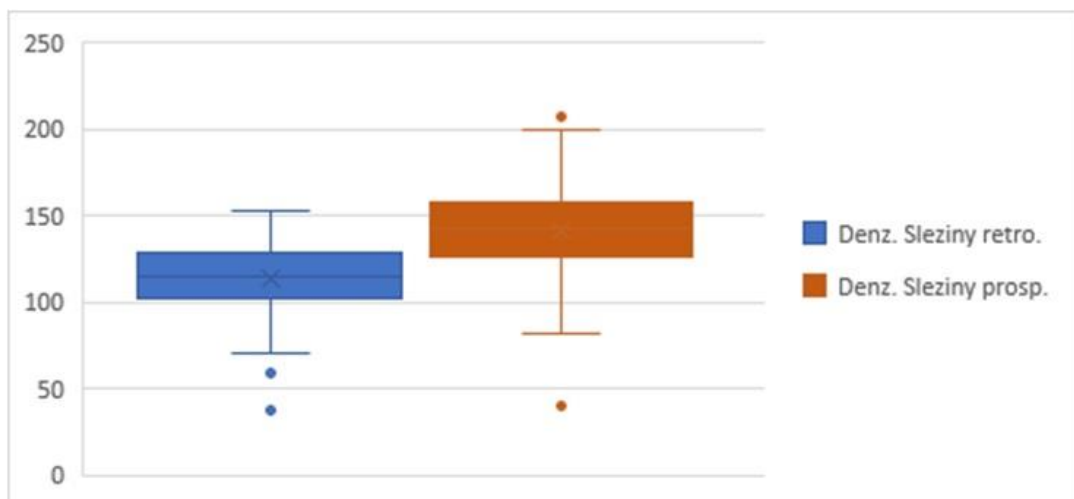
Naměřené statistické hodnoty pro parenchym sleziny retrospektivního a prospektivního souboru dat jsou uvedeny v tabulce 19. V porovnání s jaterním parenchymem můžeme vypočítat větší rozdíl (hodnota nad 20 HU) ve středních naměřených hodnotách retrospektivního a prospektivního souboru.

Tabulka 19: Statistické hodnoty denzit parenchymu sleziny

	<i>Retrospektivně [HU]</i>	<i>Prospektivně [HU]</i>
Střední hodnota	113,29	140,88
Medián	114,75	142,2
Směr. odchylka	23,69	28,33
Min. hodnota	37,3	39,7
Max. hodnota	153,2	207,4

V grafu 9 jsou graficky znázorněny měřené hodnoty denzit pro parenchym sleziny.

Graf 9: Hodnoty denzit parenchymu sleziny

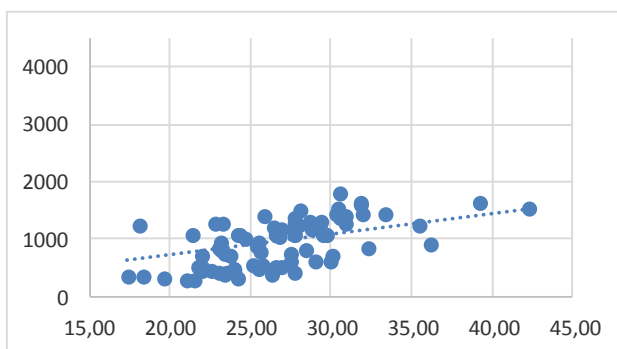


10.2 INTERPRETACE VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ HODNOT DÁVKOVÉHO VÝSTUPU

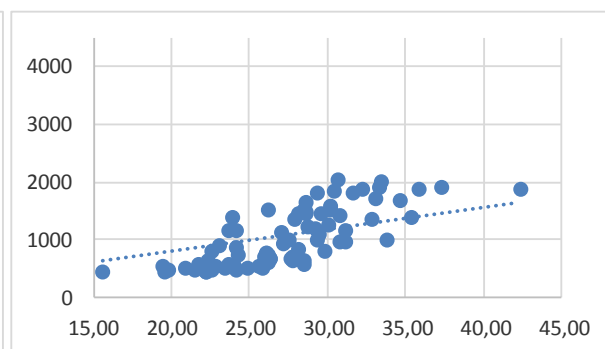
10.2.1 KORELACE MEZI BMI A DLP_{BODY}

Nejprve byla prověřena všeobecně známá skutečnost, že s vyšší hmotností a větším BMI bude pacient vystaven i vyšší radiační zátěži ve formě hodnoty dávkového výstupu. Jak je uvedeno výše, porovnávána byla pouze hodnota dávkového výstupu pro druhou část vyšetření, tedy vyšetření krku, hrudníku, břicha a pánve (DLP_{BODY}), nikoliv pro vyšetření hlavy a krční páteře.

Graf 10: Korelace mezi BMI a DLP_{BODY} u retrospektivního souboru dat



Graf 11: Korelace mezi BMI a DLP_{BODY} u prospektivního souboru dat



Z grafu 10 a 11 můžeme určit jistou závislost, která je též patrná v tabulce 20 (hodnota Paersonovy korelace), kdy jak v souboru dat retrospektivním, tak i prospektivním vychází statisticky silná kladná závislost hodnoty DLP_{BODY} na BMI. Rovněž hodnoty t-Stat jsou výrazně vyšší než kritické hodnoty t, takže můžeme potvrdit statistickou závislost BMI a DLP_{BODY} .

Na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ můžeme říct, že v rámci této korelace je vysoce signifikantní rozdíl v průměrech sledovaných souborů ($p < 0,000001$).

Tabulka 20: Dvouvýběrový t-test na střední hodnotu (BMI a DLP_{BODY})

Retrospektivně	DLP_{BODY}	BMI	Prospektivně	DLP_{BODY}	BMI
<i>Stř. hodnota</i>	936,88	26,786	<i>Stř. hodnota</i>	1047,92	27,306
<i>Směr. odchylka</i>	401,135	4,418	<i>Směr. odchylka</i>	488,287	4,525
<i>Pozorování</i>	80	80	<i>Pozorování</i>	80	80
<i>Pears. korelace</i>	0,6141035		<i>Pears. korelace</i>	0,7606682	
<i>Rozdíl</i>	79		<i>Rozdíl</i>	79	
<i>t Stat</i>	20,2639142		<i>t Stat</i>	18,4168242	
<i>P(T<=t) (1)</i>	2,4804E-33		<i>P(T<=t) (1)</i>	1,28054E-30	
<i>t krit (1)</i>	1,66437140		<i>t krit (1)</i>	1,66437140	
<i>P(T<=t) (2)</i>	4,9608E-33		<i>P(T<=t) (2)</i>	2,56108E-30	
<i>t krit (2)</i>	1,99045021		<i>t krit (2)</i>	1,99045021	

10.2.2 HODNOTY DLP_{BODY} RETROSPEKTIVNĚ A PROSPEKTIVNĚ

Retrospektivní a prospektivní soubory hodnot DLP_{BODY} byly zhodnoceny Studentovým dvouvýběrovým t-testem na střední hodnotu. Pro účely statistického zhodnocení dat byla hladina významnosti α stanovena na $p < 0,05$. Ze statistického hlediska byly měřené rozdíly hodnot dávkového výstupu DLP_{BODY} statisticky významné ($p < 0,02$).

Naměřené statistické hodnoty pro dávkový výstup DLP_{BODY} jsou uvedeny v tabulce 21.

Tabulka 21: Statistické hodnoty dávkového výstupu DLP_{BODY}

	<i>Retrospektivní soubor</i>	<i>Prospektivní soubor</i>
Střední hodnota	936,88	1047,92
Medián	941	979,06
Směr. odchylka	401,13	488,28
Min. hodnota	267,16	440,6
Max. hodnota	1783,87	2043,05

11 TESTOVÁNÍ HYPOTÉZ

11.1 PRVNÍ HYPOTÉZA

1H₀: Předpokládám, že neexistuje statisticky významné zvýšení hodnot denzit v arteriálním řečišti karotid a jiných magistrálních cév při použití aplikačního schématu SPLIT BOLUS ve srovnání s použitím jednofázového aplikačního schématu.

1H_A: Předpokládám, že existuje statisticky významné zvýšení hodnot denzit v arteriálním řečišti karotid a jiných magistrálních cév při použití aplikačního schématu SPLIT BOLUS ve srovnání s použitím jednofázového aplikačního schématu.

K testování této hypotézy byla využita měření denzit, která probíhala v arteriálním řečišti karotických tepen (tabulka 13) a třech etážích aorty, konkrétně pak v aortě vzestupné (tabulka 14) a sestupné hrudní (tabulka 15) a v aortě břišní (tabulka 16) a doplňkově ve venózním řečišti, konkrétně ve v. portae (tabulka 17). Testování hypotézy je vyjádřeno ve vztahu mezi soubory retrospektivních a prospektivních denzit, měřených ve vztahu k optimalizaci CT polytrauma protokolu.

Hladina významnosti byla stanovena na $\alpha = 0,05$ s tím, že rozdíly naměřených hodnot denzit všech souborů byly statisticky vysoce významné ($p < 0,00001$).

Tabulka 22: Střední hodnoty denzit arteriálního řečiště a v. portae

	<i>Retrospektivně [HU]</i>	<i>Prospektivně [HU]</i>
Denzita a. carotis com. l.dx.	184,25	289,27
Denzita a. carotis com. l.sin.	185,73	295,15
Denzita aorta ascendens	173,18	241,31
Denzita aorta descendens	164,11	223,17
Denzita aorta abdominalis	169,88	229,50
Vena portae	136,60	173,93

V tabulce 22 jsou uvedeny střední hodnoty denzit všech měření prováděných v arteriálním řečišti a ve v. portae. Jak je vidět, u všech uvedených hodnot prospektivního vzorku je patrný značný nárůst denzity oproti hodnotě vzorku retrospektivního. Nejmarkantnější je rozdíl hodnot v karotickém řečišti bilaterálně a to o hodnotu vyšší než 100 HU. U aortálního řečiště tvořil tento rozdíl ve všech etážích hodnotu přibližně 60 HU. K nejvyššímu nárůstu došlo v úseku vzestupné aorty a to o 68,13 HU. Denzity v portální žíle se v průměru zvýšily použitím AS SB o více než 35 HU.

Vzhledem k výsledkům těchto měření prokazující vysoký nárůst hodnot denzit v arteriálním i portálním řečišti, zvláště pak v karotických tepnách, zamítám nulovou hypotézu a přijímám hypotézu alternativní.

Závěr: Při použití aplikačního schématu SPLIT BOLUS existuje statisticky významné zvýšení hodnot denzit v arteriálním řečišti karotid a jiných magistrálních cév, ve srovnání s použitím jednofázového aplikačního schématu.

11.2 DRUHÁ HYPOTÉZA

$1H_0$: Předpokládám, že neexistuje statisticky významné zvýšení hodnot denzit v parenchymových orgánech při použití aplikačního schématu SPLIT BOLUS ve srovnání s použitím jednofázového aplikačního schématu.

$1H_A$: Předpokládám, že existuje statisticky významné zvýšení hodnot denzit v parenchymových orgánech při použití aplikačního schématu SPLIT BOLUS ve srovnání s použitím jednofázového aplikačního schématu.

K testování této hypotézy byla využita měření denzit, která probíhala v oblastech parenchymových orgánů. Měřeny byly denzity jaterního parenchymu pravého a levého jaterního laloku (tabulka 18) a parenchymu sleziny (tabulka 19) – tedy dvou u polytraumat nejčastěji postižených parenchymových orgánů (Ševčík, 2014, s. 875-877).

Testování hypotézy je vyjádřeno ve vztahu mezi soubory retrospektivních a prospektivních denzit, měřených ve vztahu k optimalizaci CT polytrauma protokolu.

Hladina významnosti byla stanovena na $\alpha = 0,05$. Rozdíly naměřených hodnot parenchymu sleziny byly ze statistického hlediska vysoce signifikantní ($p < 0,00001$). Rozdíly denzit jaterního parenchymu byly při hodnotě $p < 0,0001$ statisticky významné.

Tabulka 23: Střední hodnoty denzit parenchymu jater a sleziny

	<i>Retrospektivně [HU]</i>	<i>Prospektivně [HU]</i>
Denzita parenchymu pravého laloku jater	89,12	101,65
Denzita parenchymu levého laloku jater	86,58	102,85
Denzita parenchymu sleziny	113,29	140,88

V tabulce 23 jsou uvedeny střední hodnoty denzit měření prováděných v parenchymu sleziny a pravém a levém oddílu jater. Opět u všech těchto měření jsou evidentní nárůsty středních hodnot denzit v prospektivním souboru oproti retrospektivnímu. Rozdíl v nasycení parenchymu jater JKL lze stanovit na průměrných 14,4 HU. Rozdíl středních hodnot denzit parenchymu sleziny činí 27,59 HU.

Vzhledem k výsledkům těchto měření prokazující nárůst hodnot denzit v parenchymu jater a zvláště pak sleziny, zamítám nulovou hypotézu a přijímám hypotézu alternativní.

Závěr: Při použití aplikačního schématu SPLIT BOLUS existuje statisticky významné zvýšení hodnot denzit v parenchymových orgánech ve srovnání s použitím jednofázového aplikačního schématu.

11.3 TŘETÍ HYPOTÉZA

1H₀: Předpokládám, že neexistuje statisticky významné zvýšení průměrných hodnot efektivních dávek při vyšetřování optimalizovaným CT polytrauma protokolem ve srovnání s CT polytrauma protokolem používaným před optimalizací.

1H_A: Předpokládám, že existuje statisticky významné zvýšení průměrných hodnot dávkového výstupu při vyšetřování optimalizovaným CT polytrauma protokolem ve srovnání s CT polytrauma protokolem používaným před optimalizací.

K testování této hypotézy byla využita data získaná odečtem dávkových výstupů jednotlivých respondentů z daných dávkových reportů (tabulka 21).

Testování hypotézy je vyjádřeno ve vztahu mezi soubory retrospektivních a prospektivních naměřených dávkových výstupů CT vyšetření, řazených ve vztahu k optimalizaci CT polytrauma protokolu.

Vzhledem k tomu, že hodnota DLP_{BODY} není hodnota vhodná k posuzování přesné efektivní dávky pacientem obdržené, byla nejprve prokázána její statistická závislost na hodnotě BMI pacienta (graf 10 a 11, tabulka 20), kterážto závislost je analogická pro vztah efektivní dávky a BMI pacienta. V této rovině můžeme tedy říci, že hodnotu DLP_{BODY} lze použít pro hodnocení přibližné míry radiační zátěže pacientů vyšetřovaných na CT (Sukupova, 2015, s. 195-196), (Sukupova, 2018, s. 169).

Hladina významnosti byla stanovena na $\alpha = 0,05$. Rozdíly naměřených hodnot dávkových výstupů byly ze statistického hlediska při hodnotě $p < 0,02$ statisticky významné.

Tabulka 24: Střední hodnoty dávkových výstupů - DLP_{BODY}

	<i>Retrospektivně</i>	<i>Prospektivně</i>
DLP_{BODY}	936,88	1047,92

V tabulce 24 jsou uvedeny střední hodnoty dávkových výstupů pro druhou fázi vyšetření CT polytrauma retrospektivního a prospektivního souboru pacientů. Jak je patrné střední hodnota dávkové výstupu se pro druhou fázi vyšetření citelně zvýšila. Rozdíl středních hodnot je roven hodnotě 111,04.

Vzhledem k výsledkům měření prokazující značný nárůst středních hodnot dávkového výstupu prospektivního souboru oproti retrospektivnímu, zamítám nulovou hypotézu a přijímám hypotézu alternativní.

Závěr: Při vyšetřování optimalizovaným CT polytrauma protokolem existuje statisticky významné zvýšení průměrných hodnot dávkového výstupu ve srovnání s CT polytrauma protokolem používaným před optimalizací.

12 DISKUZE

Optimalizace CT polytrauma protokolu používaného na přístrojích Radiologické kliniky Fakultní nemocnice v Olomouci lze rozdělit na několik částí podle úprav, které na tomto standardizovaném protokolu proběhly. Hlavním požadavkem, který si vyžádal optimalizaci tohoto protokolu, bylo zlepšení diagnostické informace vedoucí k odhalení traumatických disekcí a jiných poranění cév, především v oblasti krčních tepen. Z tohoto požadavku vyplynula především potřeba zvětšit rozsah druhé fáze vyšetření od oblasti plicních hilů po bazi lební, aby docházelo ke standardnímu zachycení celého průběhu krčních tepen ve skenovací fázi s aplikací JKL.

Druhá významná změna z tohoto požadavku vyplývající byla potřeba zvýšit průměrnou hodnotu denzit v arteriálních strukturách těla vyšetřovaného. Z tohoto vyplynula nutnost celkové změny aplikačního schématu JKL. Možnosti se nabízely dvě - použití jednofázového aplikačního schématu s následnými dvěma fázemi skenování nebo použití techniky SPLIT BOLUS, které umožňuje provedení jednofázového vyšetření s kontrastně naplněnými arteriálními i parenchymovými strukturami. Vzhledem k vysoké radiační zátěži plynoucí z dvojího skenování pacientů u jednofázového aplikačního schématu se pro optimalizaci využilo aplikační schéma na principu SPLIT BOLUS techniky, které umožňuje získání kvalitních diagnostických dat s nižší radiační zátěží pacienta.

Vzhledem ke konvencím radiologického pracoviště FNOL, kde se pro synchronizaci podání JKL a spuštění akvizice dat využívá především metoda bolus-tracking, bylo nutné protokol upravit i v tomto směru. Tato úprava zahrnovala provedení krátké spirální skenovací fáze, sloužící pro naplánování úrovně axiálního dynamického skenu pro sledování nátoku JKL do těla pacienta. Vzhledem k těmto úpravám vznikla otázka míry zvýšení radiační zátěže polytraumatických pacientů vyšetřovaných na CT. Řešení této problematiky bylo z tohoto důvodu součástí praktické části této diplomové práce.

V teoretické části diplomové práce byly shrnuty poznatky o akutní péči traumatizovaných pacientů v ČR s ohledem na radiologické metody, nejběžnější komplikace a orgánová poranění spojená s polytraumaty. V druhé kapitole následoval výčet radiologických zobrazovacích metod, jejich využití a přednosti v diagnostice traumatických stavů. Závěr teoretické části byl věnován možnostem a významu akvizičních a rekonstrukčních parametrů CT a obecným zásadám a specifikacím celotělových vyšetření prováděných na CT. V úvodu praktické části diplomové práce byly uvedeny akviziční a skenovací parametry, aplikační schémata JKL a jiné podrobnosti týkající se CT polytrauma protokolů používaných před a po optimalizaci ve FNOL. Praktická část pokračuje rozvedením způsobu měření a získávání dat použitých pro splnění cílů diplomové práce a následuje prezentace změřených výsledků.

Praktická část práce byla realizována na souboru 160 pacientů vyšetřovaných pro závažná poranění na pracovišti CT Radiologické kliniky FNOL vyšetřovacím protokolem „CT-polytrauma“. Tento vzorek pacientů byl složen z pacientů vyšetřovaných retrospektivně a prospektivně ve vztahu k provedení optimalizace tohoto CT protokolu provedené dne 22. 7. 2019. Náběr veškerých dat probíhal prostřednictvím nemocničního systému PACS metodou softwareového měření denzit a odečtem dávkového výstupu. Soubor 80 pacientů byl měřen po provedení starého jednofázového protokolu, zaměřeného na zachycení parenchymové cirkulační fáze JKL a druhý soubor 80 pacientů byl měřen po provedení nového optimalizovaného jednofázového protokolu s použitím aplikačního schématu technikou SPLIT BOLUS.

Výzkumná část diplomové práce se zabývala prokázáním zvýšení průměrných hodnot denzit v arteriálních i parenchymových strukturách u pacientů vyšetřovaných optimalizovaným protokolem oproti protokolu staršímu a porovnáním průměrných dávkových výstupů obou těchto protokolů.

V části měření denzit bylo ve všech měřených strukturách, převážně pak v arteriálním řečišti karotických tepen pozorováno významné zvýšení středních hodnot denzit. Jak uvádí Linsenmaier (2015, s. 1112-1115), hraniční diagnostická hodnota kvalitní kontrastní náplně arteriálního řečiště je stanovena na 185 HU. Oproti retrospektivnímu souboru pacientů, kde tuto hodnotu překonalo ve všech měřených referenčních místech arteriálního řečiště jen

26 pacientů z 80, z prospektivního souboru překonalo tuto hodnotu 75 z 80 pacientů. Z těchto pěti pacientů dva přijížděli k vyšetření s velmi zhoršenými vitálními funkcemi a hemodynamicky velmi nestabilní s tím, že u nich byla do hodiny po provedení vyšetření konstatována smrt. U tří zbývajících pacientů byla snížená arteriální náplň JKL způsobena předčasným spuštěním akvizice skenování radiologickým asistentem.

Nejvyšších hodnot denzit v arteriálním řečišti dosahovala měření prospektivního souboru prováděná v pravé a levé karotické tepně se středními hodnotami pro pravou tepnu – 289,27 HU a levou tepnu – 295,15 HU. Maximální hodnoty v této etáži byly 528,4 HU pro pravou tepnu a 624,4 pro levou tepnu. V porovnání s retrospektivním souborem dosahují rozdíly měření hodnot denzit v karotickém řečišti hodnot nad 100 HU. V aortálním řečišti pak došlo také ke značnému nárůstu denzit a to v průměru o 60 HU, nejvyšší byl nárůst v měřeném úseku vzestupné aorty – 63,13 HU.

Kontrastní náplň v parenchymových orgánech dosahovala u prospektivního souboru pacientů středních hodnot 115,12 HU. Vyšších hodnot kontrastního nasycení dosahovala slezina se střední hodnotou 140,88 HU. U retrospektivního souboru pacientů dosahovala střední hodnota denzit parenchymu 96,33 HU, u sleziny pak 113,29 HU. Jak je patrné i v měřeních cílených na parenchymové orgány došlo optimalizací k viditelnému zvýšení hodnot denzit. Nižší hodnoty i rozdíl středních hodnot denzit není u parenchymových orgánů tak vysoký jako u arteriálních struktur, to lze vysvětlit cirkulačními zákonitostmi a poměry v těle (Ferda, 2009, s. 46-51).

V praktické části práce, zabývající se porovnáním dávkových výstupů vyšetření prováděných retrospektivně a prospektivně ve vztahu k provedení optimalizace, bylo prokázáno zvýšení radiační zátěže pacientů vyšetřovaných optimalizovaným protokolem. Střední hodnota dávkového výstupu retrospektivního souboru byla rovna 936,88 a prospektivní soubor dosahoval střední hodnoty 1047,92. Jak je patrné, dávkový výstup se u pacientů vyšetřovaných optimalizovaným protokolem zvýšil v průměru o 11,8 %, což vypovídá o zvýšení radiační zátěže. Vzhledem k závažnosti polytraumatických stavů a jejich urgentnosti je však toto radiační zatížení s ohledem na významný diagnostický přínos tohoto vyšetření přijatelné (Ferda, 2015, s. 95).

Ve zkoumaných souborech pacientů jsou patrné vyšší míry variability ve sledovaných vztazích např. hodnota DLP a hodnota denzity ve vybraných strukturách. Tato rozptýlenost hodnot je způsobena jednak přirozenou rozdílností testovaných osob, tzv. biologickou variabilitou a dále pak, jak uvádí Reiterová (2016, s. 46), chybami měření, které způsobují, že i při opakovaném měření jakékoliv veličiny na stejném objektu můžeme dostávat rozdílné hodnoty. Další velkou a významnou skupinou faktorů, které tuto rozptýlenost způsobují, je rozdílné a silně individuální vnímání vyšetřujícího radiologického asistenta kdy a za jakých okolností spustit akvizici daného vyšetření, v jakém množství aplikovat JKL, jak a jestli přizpůsobit aplikační schéma KL, atd. Vzhledem k tomu, že polytraumatická vyšetření na zkoumaném CT pracovišti provádí na dvě desítky radiologických asistentů je tato variabilita značně podpořena. Dalším faktorem je též aspekt lidské chybovosti, který se projevil i při tomto měření, jak je uvedeno výše. Je proto třeba dbát patřičného proškolení radiologických asistentů, kteří provádí daná vyšetření (Ferda, 2015, s. 87-95).

Vzorem a porovnáním praktické části mé diplomové práce může být výzkumná práce autorů Bajcurové a spol. (2019), ve kterém autoři testovali pět různých aplikačních schémat a jejich přednosti použití u polytraumatického protokolu na CT. Tři z těchto pěti aplikačních schémat byla založena na technice SPLIT BOLUS, dvě schémata byla jednofázová s tím, že u jednoho se provádělo jednofázové vyšetření cílené na parenchymovou cirkulační fázi a u druhého proběhlo dvoufázové vyšetření cílené na arteriální a následně parenchymovou cirkulační fázi. Měření souboru pacientů vyšetřených dvoufázovým vyšetřením s jednofázovým aplikačním schématem pak sloužila jako referenční pro zbylé soubory pacientů vyšetřené třemi alternativami aplikačních schémat SPLIT BOLUS. Soubor pacientů vyšetřených jednofázovým aplikačním schématem s fází cílenou na parenchymovou cirkulační fázi sloužil pro zhodnocení předností aplikačních schémat SPLIT BOLUS a vzájemné porovnání různých technik aplikace. Autoři prováděli měření denzit u všech vyšetření v etážích krčních tepen, oblouku aorty, břišní aorty, pánevních tepen, játrech, slezině, atd.

Bajcurová et al. (2019) ve svém výzkumu docílili ve všech měřeních denzit u vyšetření provedených s aplikačním schématem SPLIT BOLUS vysokých a diagnosticky významných hodnot nad 185 HU, s výjimkou měření prováděných v rámci jednoho z aplikačních schémat SPLIT BOLUS v arteriálním pánevním řečišti. V oblastech krčních tepen dosahovali autoři průměrných hodnot 288,6 HU; v segmentech aorty průměrně 204,7 HU. Měření autoři prováděli i v parenchymových strukturách jater a sleziny, kde naměřili průměrně hodnoty denzity 88,7 HU pro játra a 108 HU pro slezinu.

V tabulce 25 uvádím pro porovnání hodnoty naměřené ve výzkumné části práce Bajcurové et al. (2019) a hodnoty naměřené mnou ve FNOL v rámci této diplomové práce. Měření denzit neprobíhalo v obou výzkumných pracích ve zcela shodných lokalitách struktur, přibližná podobnost lokalizací pro porovnání ale dostačuje. V tabulce 25 jsou uvedeny průměrné hodnoty denzit získaných měřeními třech variant provedení polytraumatického protokolu za použití aplikačních schémat SPLIT BOLUS (hodnoty A, B, C) výzkumné části práce Bajcurové et al. (2019) a měření denzit prospektivního souboru mé práce (hodnoty D).

Tabulka 25: Porovnání průměrných hodnot denzit arteriálního řečiště měřených ve FNOL (2021) s prací Bajcurové et al. (2019)

<i>Aplikační schéma</i>	<i>Bajcurová et al. (2019)</i> <i>[HU]</i>			<i>Vymazal (2021)</i> <i>[HU]</i>
	A	B	C	D
Krční tepny	330	274	262	292,21
Oblouk aorty / vzestupná aorta	221	257	207	241,31
Břišní aorta / sestupná aorta	187	228	167	223,17
Pánevní tepny / břišní aorta	181	236	158	229,50
Jaterní parenchym	88	96	82	102,25
Parenchym sleziny	110	114	100	140,88

Zdroj: Bajcurová et al. (2019), Vymazal (2021)

Jak je patrné, řadí se hodnoty denzit arteriálního řečiště prospektivního souboru mé práce (hodnoty D) na pomyslné druhé místo. V oblasti krčních tepen dosahuje nejvyšších hodnot denzit skupina A, v oblastech celého proběhu aorty až do pánevních tepen dominují hodnoty měření skupiny B autorů Bajcurové et al. (2019). V měřeních parenchymových

struktur jater a sleziny dosahují nejvyšších hodnot denzit pacienti prospektivního souboru této diplomové práce (skupina D). Bajcurová et al. však ve všech variantách SPLIT BOLUS aplikačních schémat aplikovali max. 100 ml JKL, optimalizovaný protokol CT polytrauma používaný ve FNOL však používá minimálně 120 ml JKL. Z tohoto vyplývá, že Bajcurová et al. (2019) dosáhli obdobných výsledků denzit za použití nižšího množství JKL.

Jako vysvětlení se nabízí možnosti modernější přístrojové techniky používané autory práce k vyšetřování polytraumatických protokolů a tím i souborů pacientů skupin A, B a C. Vyšší počet detektorů a větší možnosti v nastavení akvizičních parametrů umožňují individuálněji nastavit akviziční čas a skenovací rychlost a tím lépe využít dané množství aplikované JKL. Možné řešení tohoto nedostatku tkví v brzké modernizaci přístrojové techniky pracoviště CT FNOL. Modernější CT přístroje umožní svými parametry další optimalizaci tohoto protokolu a potenciální snížení množství aplikované JKL se zachováním vysokých hodnot denzit nutných pro kvalitní diagnostiku.

ZÁVĚR

Hlavním cílem této diplomové práce bylo zhodnotit optimalizovaný protokol pro vyšetření polytraumatizovaných pacientů na CT, používaný ve Fakultní nemocnici v Olomouci a ověřit, zda změny provedené v tomto protokolu vedly prokazatelně k zdokonalení techniky vyšetření a k zisku kvalitnější diagnostické informace s aplikací co nejnižší radiační dávky pacientovi.

Praktická část této práce prokázala toto zlepšení převážně ve formě zvýšení hodnot denzit všech měřených struktur prospektivního souboru pacientů oproti retrospektivnímu, čehož bylo docíleno optimalizací aplikačního schématu JKL a úpravou rozsahů a způsobu provedení kontrastní skenovací fáze. V důsledku těchto úprav došlo k negativnímu zvýšení radiační zátěže pacientů vyšetřovaných na CT polytraumatickým protokolem o průměrných 10%. Vzhledem k závažnosti polytraumatických stavů a jejich urgentnosti je však toto radiační zatížení s ohledem na významný diagnostický přínos tohoto vyšetření přijatelné.

V oblasti současné péče o traumatizované pacienty dochází k mnoha inovacím a vytvářením co nejefektivnějších postupů pro zvýšení šancí pacientů na přežití a celkovou rekonvalescenci. Jeden z nejzásadnějších aspektů rychlé a přesně cílené léčby o traumatizované pacienty je přesná, kvalitní a rychlá diagnostika, schopná odhalit všechny významné a život ohrožující patologické stavy. Naprostou špičkou v diagnostických postupech je v současnosti metoda výpočetní tomografie, která se díky své všestrannosti, minimu absolutních kontraindikací, časové nenáročnosti a přínosem diagnosticky maximálně výtěžných informací, stala alfou a omegou akutní diagnostiky. Jedním z nejvýznamnějších a nejnebezpečnějších stavů urgentní medicíny je polytrauma. Je tedy zcela logické, že i standardizované postupy v péči o polytraumaticky poraněné pacienty podléhají neustálým modernizacím a inovacím.

V oblasti radiodiagnostiky se tento trend týká především zavádění a neustálého modernizování standardizovaných vyšetřovacích postupů pro diagnostiku všech akutních stavů. A právě zavádění a modernizování vyšetřovacích postupů pro diagnostiku polytraumat na CT, přispívá přínosem přesné a rychlé diagnostické informace, k celkovému snížení morbidity a mortality u těchto závažných stavů.

Je si však třeba uvědomit, že rutinní vyšetřování polytraumatizovaných pacientů cestou celotělového CT vyšetření je spojeno s vyššími náklady a vyšší radiační zátěží. Nemělo by proto docházet ke zneužívání tohoto protokolu pro alibistické primární vyšetřování nezávažně poraněných pacientů či pacientů s nejasnou diagnózou (Ferda, 2015, s. 87).

LITERATURA A ZDROJE

BAJCUROVÁ, Kristýna, Hynek MÍRKA a Eva KORČÁKOVÁ. Optimalizace split-bolus techniky podání kontrastní látky při celotělovém CT vyšetření u pacientů s polytraumatem. *Česká radiologie* [online]. 2019, **73**(2), 99-106 [cit. 2021-04-07]. ISSN 1210-7883. Dostupné z: http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad_1902_99_106.pdf

BLAŽEK, M., E. HAVEL a J. CERMÁN. Syndrom tukové embolie – přehled problematiky a kazuistika: závažný průběh po traumatu dlouhých kostí. *Rozhledy v chirurgii* [online]. 2009, **88**(11), 649-655 [cit. 2021-03-07]. ISSN 1805-4579. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/rozhledy-v-chirurgii/2009-11/syndrom-tukove-embolie-prehled-problematiky-a-kazuistika-zavazny-prubeh-po-traumatu-dlouhych-kosti-30962>

ČECH, Jakub, Jan PEŠEK, Vratislav PECHMAN a Richard ROKYTA. Traumatická disekce RIA jako příčina rozsáhlé ischemie myokardu. *Cor et Vasa* [online]. 2011, **53**(12), 737-739 [cit. 2021-04-03]. ISSN 0010-8650. Dostupné z: <https://www.e-coretvasa.cz/pdfs/cor/2011/12/14.pdf>

ČERNÁ, Marie, Martin KÖCHER, Vojtěch PRÁŠIL a Igor ČIŽMÁŘ. Endovaskulární léčba traumatického krvácení u polytraumatizovaných pacientů. *Česká radiologie*. 2019, **73**(1), 13-18. ISSN 1210-7883.

DRÁBKOVÁ, Jarmila. *Polytrauma v intenzivní medicíně*. Praha: Grada, 2002. ISBN 80-247-0419-6.

Fakultní nemocnice Olomouc, 2021 [online]. FNOL [cit. 2021-04-05]. Dostupné z: <https://www.fnol.cz/kliniky-ustavy-oddeleni/radiologicka-klinika/cleneni-kliniky>

FERDA, Jiří, Hynek MÍRKA a Jan BAXA. *Multidetektorová výpočetní tomografie: Technika vyšetření*. Praha: Galén, 2009. ISBN 978-80-7262-608-3.

FERDA, Jiří, Hynek MÍRKA, Jan BAXA a Alexander MALÁN. *Základy zobrazovacích metod*. Praha: Galén, [2015]. ISBN 978-80-7492-164-3.

FERDA, Jiří. *Inovativní zobrazovací metody*. Praha: Galén, [2015]. ISBN 978-80-7492-186-5.

FRANZ, Jiří. Décollement. *Urgentní medicína* [online]. 2006, **9**(4), 23-24 [cit. 2021-03-02]. ISSN 1212-1924. Dostupné z: https://urgentnimediceina.cz/casopisy/UM_2006_04.pdf

GE health Care - brochure: Discovery CT750 HD [online]. Waukesha - U.S.A., 2012, , 1-27 [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: http://www3.gehealthcare.com/~media/documents/us-global/products/computed-tomography/brochures/discovery-ct-750-hd/gehealthcare-brochure_discover-ct750-hd.pdf

HAJNOVIČ, Ľudovít, Vladimír ŠEFRÁNEK a L. SCHÜTZ. Poranenia extrakraniálnych ciev mozgu pri traume krčnej chrbtice. *Rozhledy v chirurgii* [online]. 2018, **97**(11), 504-508 [cit. 2021-04-03]. ISSN 0035-9351. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/rozhledy-v-chirurgii/2018-11-2/poranenia-extrakraniálnych-ciev-mozgu-pri-traume-krcej-chrbtice-107041>

HEINIGE, Pavel, Martin PRCHLÍK a Martin FAJT. Polytrauma u dětí. *Urgentní medicína* [online]. 2018, **21**(2), 46-56 [cit. 2021-02-09]. Dostupné z: https://urgentnimediceina.cz/casopisy/UM_2018_2.pdf

HEŘMAN, Miroslav. *Základy radiologie*. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2014. ISBN 978-80-244-2901-4.

KARLO, Christoph, Ralph GNANNT, Thomas FRAUENFELDER, Sebastian LESCHKA, Martin BRÜESCH, Guido A. WANNER a Hatem ALKADHI. Whole-body CT in polytrauma patients: effect of arm positioning on thoracic and abdominal image quality. *Emergency Radiology* [online]. 2011, **18**(4), 285-293 [cit. 2021-01-30]. ISSN 1070-3004. Dostupné z: doi:10.1007/s10140-011-0948-5

Katalog standardizovaných výkonů pro CT přístroje - KSVCT - FNOL: pracovní postup č. PP-MP-L019-02-05. *Radiologické standardy pro CT přístroje FNOL: 1. vydání*. Fakultní nemocnice Olomouc, 2015.

Katalog standardizovaných výkonů pro CT přístroje – KSVCT - FNOL: pracovní postup č. PP-MP-L019-02-06. *Radiologické standardy pro CT přístroje FNOL: 2. vydání*. Fakultní nemocnice Olomouc, 2021.

KRASS, Vladimír, Vratislav PROCHÁZKA, Ján KUŽMA, Helena VLACHOVÁ a Radek VESELÝ. Kompartment syndrom v traumatologii končetin: použití podtlakové terapie. *Úrazová chirurgie* [online]. 2013, **21**(2), 38-43 [cit. 2021-03-07]. ISSN 2336-5919. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/urazova-chirurgie/2013-2/kompartment-syndrom-v-traumatologii-koncetini-48319>

LINSENMAIER, U. a H. HAÜSER. Implementation of a split bolus single-pass CT protocol at a UK major trauma centre to reduce excess radiation dose in trauma pan-CT. *Clinical Radiology* [online]. 2015, **70**(10), 1110-1115 [cit. 2021-5-11]. ISSN 1110-1115. Dostupné z: [https://www.clinicalradiologyonline.net/article/S0009-9260\(15\)00254-8/fulltext](https://www.clinicalradiologyonline.net/article/S0009-9260(15)00254-8/fulltext)

LINSENMAIER, U., L.L. GEYER, M. KÖRNER, M. REISER a S. WIRTH. Stellenwert der Multidetektor-CT bei Polytrauma. *Der Radiologe* [online]. 2014, **54**(9), 861-871 [cit. 2021-01-30]. ISSN 0033-832X. Dostupné z: doi:10.1007/s00117-013-2634-y

NEUWIRTH, Jiří a Pavel ELIÁŠ. Urgentní indikace k vyšetření magnetickou rezonancí v neuroradiologii - přehled literatury a návrh základních indikací dle současných znalostí a zavedené praxe („Good practice“). *Česká radiologie*. Praha: Galén, 2008, **62**(1), 5-10. ISSN 1210-7883.

POVÝŠIL, P., R. SLOVÁČEK, M. ADÁMEK a B. KŘUPKA. Tupé poranění karotidy. *Rozhledy v chirurgii* [online]. 2009, **88**(12), 704-707 [cit. 2021-04-03]. ISSN 0035-9351. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/rozhledy-v-chirurgii/2009-12/tupe-poraneni-karotidy-30997>

Průměrný Čech trpí mírnou nadváhou. *Český statistický úřad* [online]. 2018 [cit. 2021-5-9]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/prumerny-cech-trpi-mirnou-nadvahou>

REITEROVÁ, Eva. *STATISTIKA PRO NELÉKAŘSKÉ ZDRAVOTNICKÉ OBORY* [online]. Olomouc: Fakulta zdravotnických věd, 2016 [cit. 2021-5-9]. ISBN 978-80-244-5082-7. Dostupné z:

https://www.fzv.upol.cz/fileadmin/userdata/FZV/Dokumenty/OSE/Statistika_pro_nelekarske_zdravotnicke_obory.pdf

SEIDL, Zdeněk. *Radiologie pro studium i praxi*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.

SMOLKOVÁ, Andrea. POLYTRAUMA – STRATIFIKÁCIA RIZIKA A SKÓROVACIE SYSTÉMY. *Urgentní medicína* [online]. MEDIPRAX CB, 2016, **19**(3), 29-36 [cit. 2021-02-12]. ISSN 1212-1924. Dostupné z: https://urgentnimedicina.cz/casopisy/UM_2016_3.pdf

SÚKUPOVÁ, Lucie. Co představuje parametr CTDIvol uváděný CT skenery a je tento parametr skutečně vhodný pro stanovení dávek pacientům? *Česká radiologie* [online]. 2015, **69**(3), 194-200 [cit. 2021-4-24]. ISSN 1210-7883. Dostupné z: http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad_1503_194_200.pdf

SÚKUPOVÁ, Lucie. *Radiační ochrana při rentgenových výkonech - to nejdůležitější pro praxi*. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-247-2842-1.

SVITÁK, Roman. PÉČE O PACIENTY SE ZÁVAŽNÝM ÚRAZEM A VÝZNAM LZS V TÉTO PÉČI. *Urgentní medicína* [online]. MEDIPRAX CB, 2016, **19**(3), 19-24 [cit. 2021-02-12]. ISSN 1212-1924. Dostupné z: https://urgentnimedicina.cz/casopisy/UM_2016_3.pdf

SVITÁK, R., R. BOSMAN a V. ŠIMÁNEK. *POLYTRAUMA: urgentní diagnostika a léčba* [online]. Úrazová nemocnice v Brně, 4.3.2014, , 1-26 [cit. 2021-01-30]. Dostupné z: <https://www.unbr.cz/Data/files/Konf%20MEKA%202014/5%20Svit%C3%A1k.pdf>

ŠERCL, Miroslav, Zuzana EICHLOVÁ, Pavel BARSA, Veronika MELLANOVÁ, Vít MACHAČKA a Ladislav ENDRYCH. Spontánní disekce krčního úseku vnitřní krkavice. *Česká radiologie* [online]. 2020, **74**(2), 131-138 [cit. 2021-04-03]. ISSN 1210-7883. Dostupné z: http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad_2002_131_138.pdf

ŠEVČÍK, Pavel. *Intenzivní medicína*. 3. přepracované a rozšířené vyd. Praha: Galén, 2014, 1195 s. ISBN 978-80-7492-151-3.

TLUSTÝ, Zdeněk, Martina PERNÁ a Roman ŠKULEC. Plošné zavedení přednemocniční ultrasonografie do praxe zdravotnické záchranné služby středočeského kraje. *Urgentní medicína* [online]. 2016, **19**(2), 6-8 [cit. 2021-02-09]. ISSN 1212-1924. Dostupné z: https://urgentnimedicina.cz/casopisy/UM_2016_2.pdf

Traumacentra: Centra vysoce specializované traumatologické péče. *Ministerstvo zdravotnictví České republiky* [online]. 2016 [cit. 2021-02-09]. Dostupné z: <https://www.mzcr.cz/traumacentra/>

Věstník MZČR 6/2008: Triáž rizika úrazových pacientů na místě úrazu a jejich směřování do nemocničních zařízení k poskytnutí definitivní péče [online]. 61-63 [cit. 2021-02-12]. Dostupné z: <https://www.mzcr.cz/wp-content/uploads/wepub/2146/6399/ZDRAVOTNICTVI-tisk%2006-08.indd.pdf>

Věstník MZČR 15/2015: CVS traumatologické péče [online]. 13.10.2015, 2-18 [cit. 2021-01-30]. Dostupné z: <https://www.mzcr.cz/wp-content/uploads/wepub/10877/36286/V%C4%9Bstn%C3%ADk%20MZ%20%C4%8CR%2015-2015.pdf>

Věstník MZČR 3/2016: Seznam center vysoce specializované traumatologické péče a vysoce specializované péče o pacienty s popáleninami [online]. 38-41 [cit. 2021-02-09]. Dostupné z: <https://www.mzcr.cz/wp-content/uploads/wepub/11416/36104/V%C4%9Bstn%C3%ADk%20MZ%20%C4%8CR%203-2016.pdf>

Věstník MZČR 2/2016: Standardy zdravotní péče - „Národní radiologické standardy – výpočetní tomografie“. Soubor doporučení a návod pro tvorbu místních radiologických standardů na pracovištích výpočetní tomografie v České republice [online]. 26.1.2016, 2-61 [cit. 2021-04-09]. Dostupné z: http://www.nemta.cz/wp-content/uploads/2014/09/V%C4%9Bstn%C3%ADk-MZ-%C4%8CR-2_2016.pdf

VOMÁČKA, Jaroslav. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. Druhé, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. ISBN 978-80-244-4508-3.

VOMÁČKA, J., NEKULA, J., KOZÁK, J. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2012. ISBN: 978-80-244-3126- 0.

VYHNÁNEK, František. Význam mezioborové spolupráce v ošetření polytraumat. *Rozhledy v chirurgii*. Praha, 2014, **93**(5), 282-286. ISSN 0035-9351.

SEZNAM ZKRATEK

Zkratka	Význam
CVSTP	centra vysoce specializované traumatologické péče
UZ	ultrazvuk
RTG	rentgen
CT	výpočetní tomografie (computed tomography)
MR	magnetická rezonance
i.v.	intravenózní
FAST	Focused Assessment with Sonography for Trauma – Cílené posouzení traumatu za použití UZ
ARO	anesteziologicko-resuscitační oddělení
DSA	digitální substrakční angiografie
GIT	gastrointestinální trakt
ARDS	syndrom akutní dechové tísně
ŽOK	život ohrožující krvácení
STE	syndrom tukové embolie
BKS	břišní kompartment syndrom
KS	kompartment syndrom
KL	kontrastní látka
JKL	jodová kontrastní látka
MDCT	multidetektorová výpočetní tomografie
FOV	field of view – šíře zobrazovaného pole
MPR	multiplanární rekonstrukce
MIP	maximum intensity projection
MinIP	minimum intensity projection
VRT	volume rendering technique
BMI	Body Mass Index
SB	split bolus
RA	radiologický asistent
FNOL	Fakultní nemocnice Olomouc
AS	aplikační schéma

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Ukázka MIP rekonstrukce v koronální rovině – CT angiografie plicních tepen

Obrázek 2: Ukázka MinIP rekonstrukce v koronální rovině – nativní CT plic

Obrázek 3: Ukázka VRT rekonstrukce – CT angiografie aorty

Obrázek 4: Tlakový injektor používaný ve Fakultní nemocnici Olomouc

Obrázek 5: Letecký pohled na FNOL

Obrázek 6: CT přístroj GE LightSpeed VCT

Obrázek 7: Aplikační schéma KL – POLYTRAUMA

Obrázek 8: Nastavení GE – SMART, CT-POLYTRAUMA

Obrázek 9: Aplikační schéma KL - POLYTRAUMA SPLIT BOLUS

SEZNAM TABULEK

- Tabulka 1:** Density struktur a tkání
- Tabulka 2:** Akviziční parametry – 1. skenovací fáze, před 22.7.2019
- Tabulka 3:** Rekonstrukční parametry – 1. skenovací fáze, před 22.7.2019
- Tabulka 4:** Akviziční a rekonstrukční parametry – 2. skenovací fáze, před 22.7.2019
- Tabulka 5:** Nastavení tlakového injektoru – aplikační schéma Polytrauma
- Tabulka 6:** Rekonstrukční algoritmy MPR – 1. skenovací fáze - před 22.7.2019
- Tabulka 7:** Rekonstrukční algoritmy MPR – 2. skenovací fáze - před 22.7.2019
- Tabulka 8:** Akviziční a rekonstrukční parametry – 2. skenovací fáze, po 22.7.2019
- Tabulka 9:** Akviziční a rekonstrukční parametry – přehled. na asc. aortu, po 22.7.2019
- Tabulka 10:** Nastavení tlakového injektoru pro POLYTRAUMA protokol Split Bolus
- Tabulka 11:** Hodnoty BMI retrospektivního souboru dat
- Tabulka 12:** Hodnoty BMI prospektivního souboru dat
- Tabulka 13:** Statistické hodnoty denzit a. carotis communis dx. et sin.
- Tabulka 14:** Statistické hodnoty denzit aorta ascendens
- Tabulka 15:** Statistické hodnoty denzit aorta descendens
- Tabulka 16:** Statistické hodnoty denzit aorta abdominalis
- Tabulka 17:** Statistické hodnoty denzit vena portae
- Tabulka 18:** Statistické hodnoty denzit parenchymu pravého a levého laloku jater
- Tabulka 19:** Statistické hodnoty denzit parenchymu sleziny
- Tabulka 20:** Dvouvýběrový t-test na střední hodnotu (BMI a DLP_{BODY})
- Tabulka 21:** Statistické hodnoty dávkového výstupu DLP_{BODY}
- Tabulka 22:** Střední hodnoty denzit arteriálního řečiště a v. portae
- Tabulka 23:** Střední hodnoty denzit parenchymu jater a sleziny
- Tabulka 24:** Střední hodnoty dávkových výstupů - DLP_{BODY}
- Tabulka 25:** Porovnání průměrných hodnot denzit arteriálního řečiště hodnot měřených ve FNOL (2021) s prací Bajcurové et al. (2019)

SEZNAM GRAFŮ

- Graf 1:** Věková struktura retrospektivního souboru dat
- Graf 2:** Příčiny polytraumat pacientů u retrospektivního souboru dat
- Graf 3:** Věková struktura prospektivního souboru dat
- Graf 4:** Příčiny polytraumat u pacientů prospektivního souboru dat
- Graf 5:** Hodnoty denzit a. carotis comm. dx. et sin.
- Graf 6:** Hodnoty denzit jednotlivých etáží aorty
- Graf 7:** Hodnoty denzit vena portae
- Graf 8:** Hodnoty denzit jaterního parenchymu
- Graf 9:** Hodnoty denzit parenchymu sleziny
- Graf 10:** Korelace mezi BMI a DLPBODY u retrospektivního souboru dat
- Graf 11:** Korelace mezi BMI a DLPBODY u prospektivního souboru dat

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1:** Centra vysoce specializované traumatologické péče
- Příloha 2:** Subdurální hematomy a pneumocefalus na snímcích CT
- Příloha 3:** Subarachnidální krvácení na snímku CT
- Příloha 4:** Subarachnidální krvácení na snímku CT
- Příloha 5:** Fraktura druhého krčního obratle s posunem na snímcích CT
- Příloha 6:** Luxace šestého krčního obratle na snímku MR
- Příloha 7:** Fraktura třetího bederního obratle na snímcích CT
- Příloha 8:** Penetrující poranění hrudníku způsobené nožem na snímcích CT
- Příloha 9:** Emfyzém měkkých tkání hrudníku na snímku CT
- Příloha 10:** Emfyzém měkkých tkání krku na snímku CT
- Příloha 11:** Emfyzém měkkých tkání hrudníku, hemothorax, pneumothorax, kontuzní změny na plíci na snímcích CT
- Příloha 12:** Aktivní krvácení do retroperitonea na snímku CT
- Příloha 13:** Uzávěr levé a. vertebralis na snímku CT
- Příloha 14:** Měření denzity v a. carotis communis dextra et sinistra
- Příloha 15:** Měření denzity v aorta ascendens v oblasti odstupu truncus pulmonalis ze srdce
- Příloha 16:** Měření denzity v aorta descendens v úrovni bránice
- Příloha 17:** Měření denzity v aorta abdominalis
- Příloha 18:** Měření denzity ve vena portae
- Příloha 19:** Měření denzity v pravém a levém jaterním laloku
- Příloha 20:** Měření denzity parenchymu sleziny
- Příloha 21:** Ukázka dávkového reportu
- Příloha 22:** Souhlasné vyjádření náměstkyně pro NLZP FNOL s výzkumem
- Příloha 23:** Souhlasné stanovisko Etické komise FZV UP s výzkumnou částí diplomové práce

PŘÍLOHA 1

Centra vysoce specializované traumatologické péče pro dospělé

Nemocnice České Budějovice, a.s.

Fakultní nemocnice Brno

Fakultní nemocnice Plzeň

Fakultní nemocnice Hradec Králové

Fakultní nemocnice v Motole

Fakultní nemocnice Olomouc

Fakultní nemocnice Ostrava

Krajská nemocnice Liberec

Krajská zdravotní, a.s. – Masarykova Nemocnice v Ústí nad Labem, o.z.

Ústřední vojenská nemocnice – Vojenská fakultní nemocnice

Fakultní nemocnice Královské Vinohrady

Krajská nemocnice T. Bati, a.s.

Centra vysoce specializované traumatologické péče pro děti

Nemocnice České Budějovice, a.s.

Fakultní nemocnice Brno

Fakultní nemocnice Plzeň,

Fakultní nemocnice Hradec Králové

Fakultní nemocnice v Motole

Thomayerova nemocnice Praha

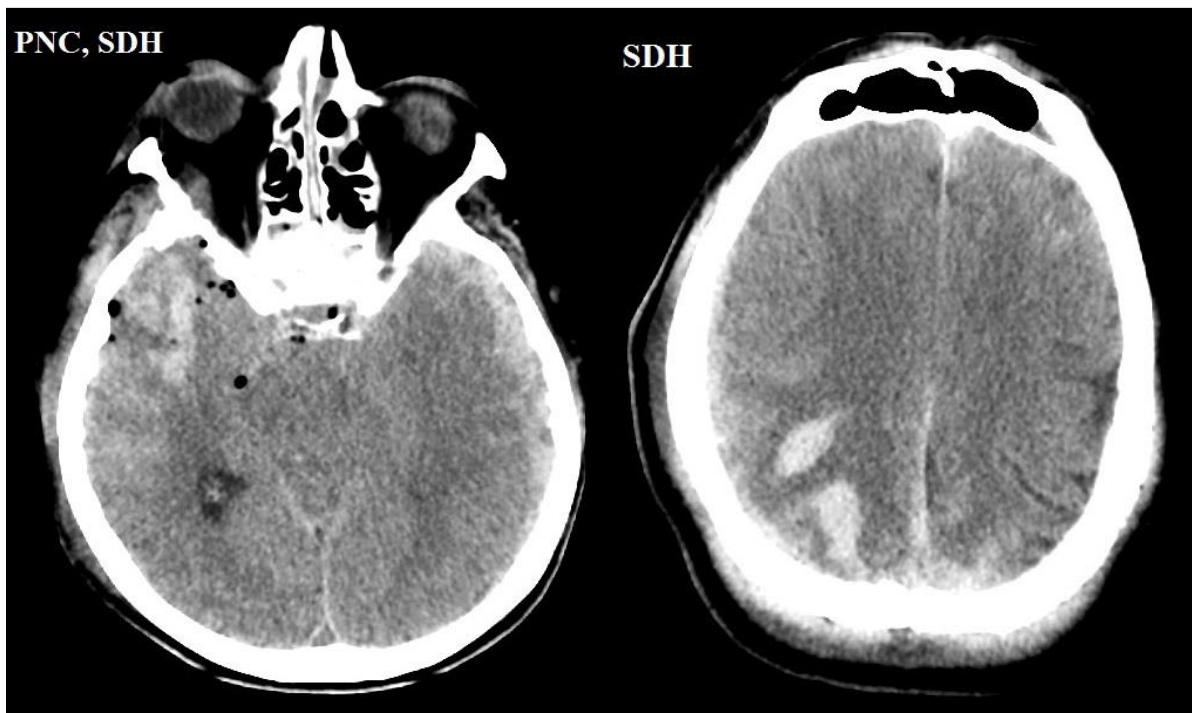
Fakultní nemocnice Ostrava

Krajská zdravotní, a.s. – Masarykova Nemocnice v Ústí nad Labem, o. z.

Zdroj: MZČR dostupné z: <https://www.mzcr.cz/traumacentra/>

PŘÍLOHA 2

Vlevo subdurální hematom a známky pneumocephalu, vpravo subdurální hematom
– Nativní CT vyšetření – rekonstrukce v axiální rovině



Zdroj: archiv FNOL

PŘÍLOHA 3

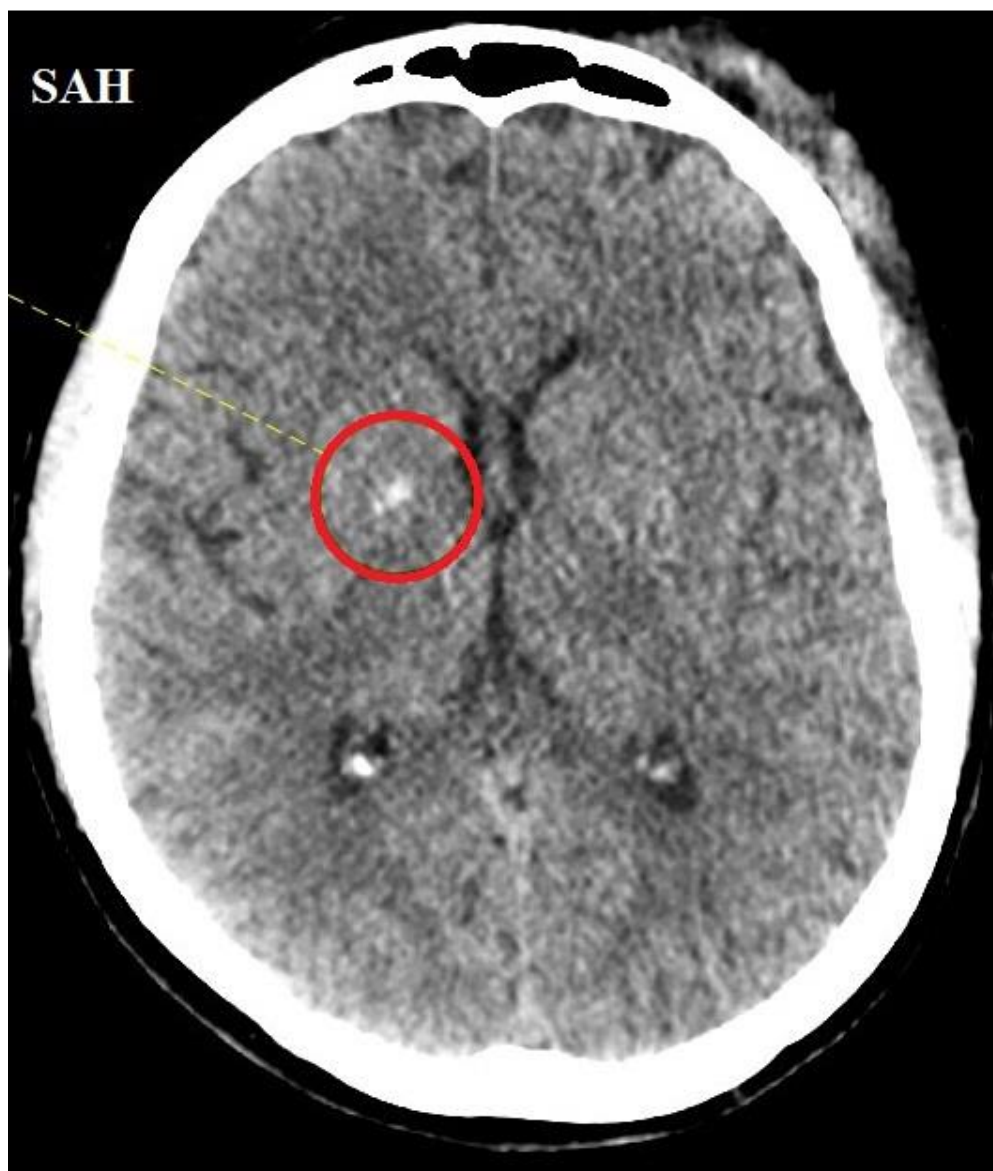
Subarachnoidální krvácení – nativní CT vyšetření – rekonstrukce
v axiální rovině



Zdroj: archiv FNOL

PŘÍLOHA 4

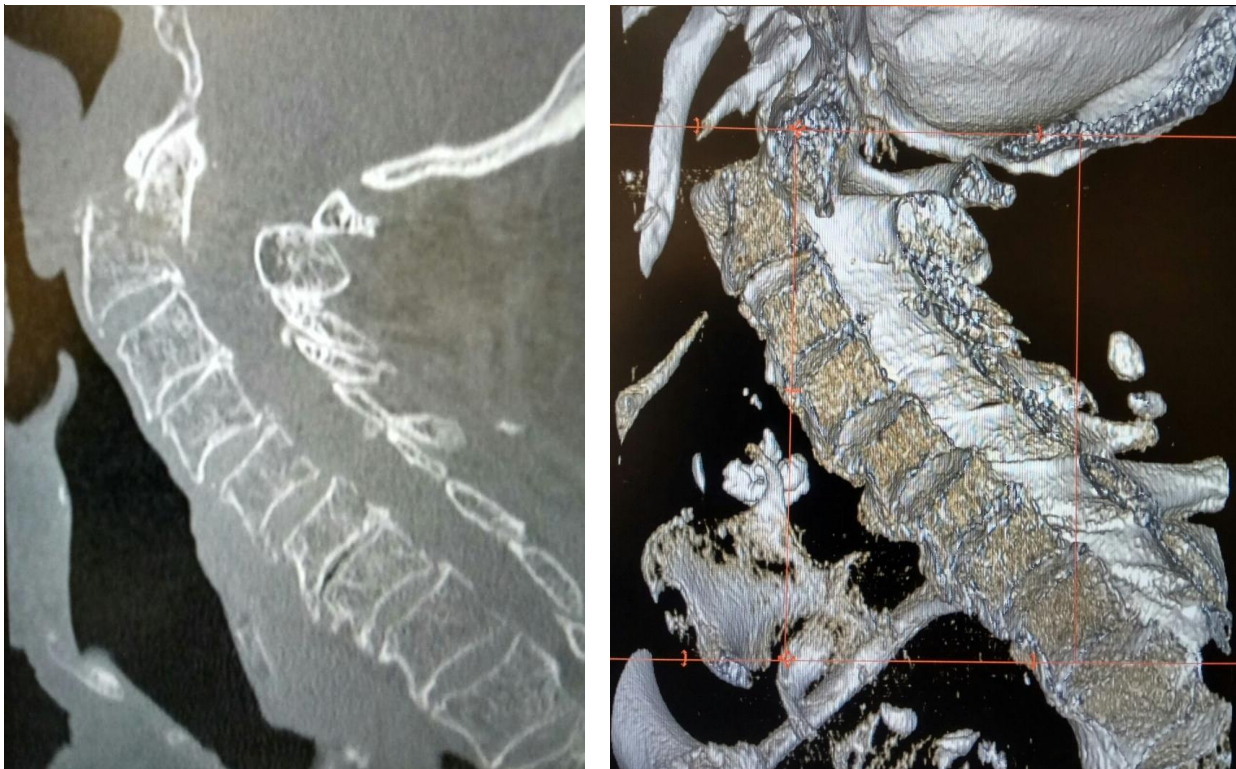
Subarachnoidální krvácení – nativní CT vyšetření – rekonstrukce
v axiální rovině



Zdroj: archiv FNOL

PŘÍLOHA 5

Fraktura horní etáže krční páteře, konkrétně obratel C2, s posunem a zúžením páteřního kanálu – na snímku vlevo rekonstrukce nativního CT vyšetření v sagitální rovině, na snímku vpravo 3D rekonstrukce nativního CT vyšetření



Zdroj: archiv FNOL

PŘÍLOHA 6

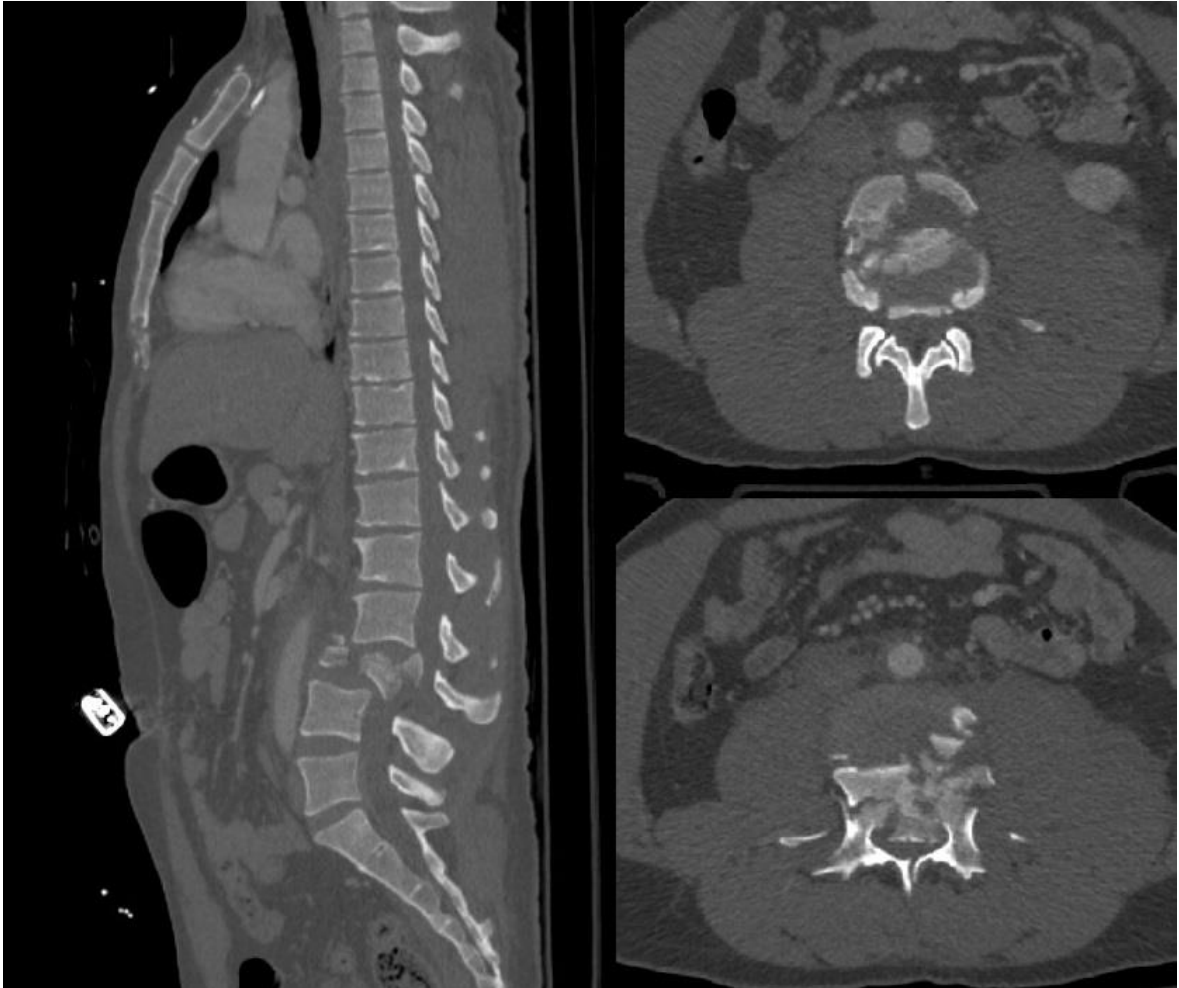
Luxace šestého krčního obratle s významným posunem, zúžením páteřního kanálu a kompresí míchy – sagitální rovina T2 vážené sekvence nativního MR vyšetření



Zdroj: archiv FNOL

PŘÍLOHA 7

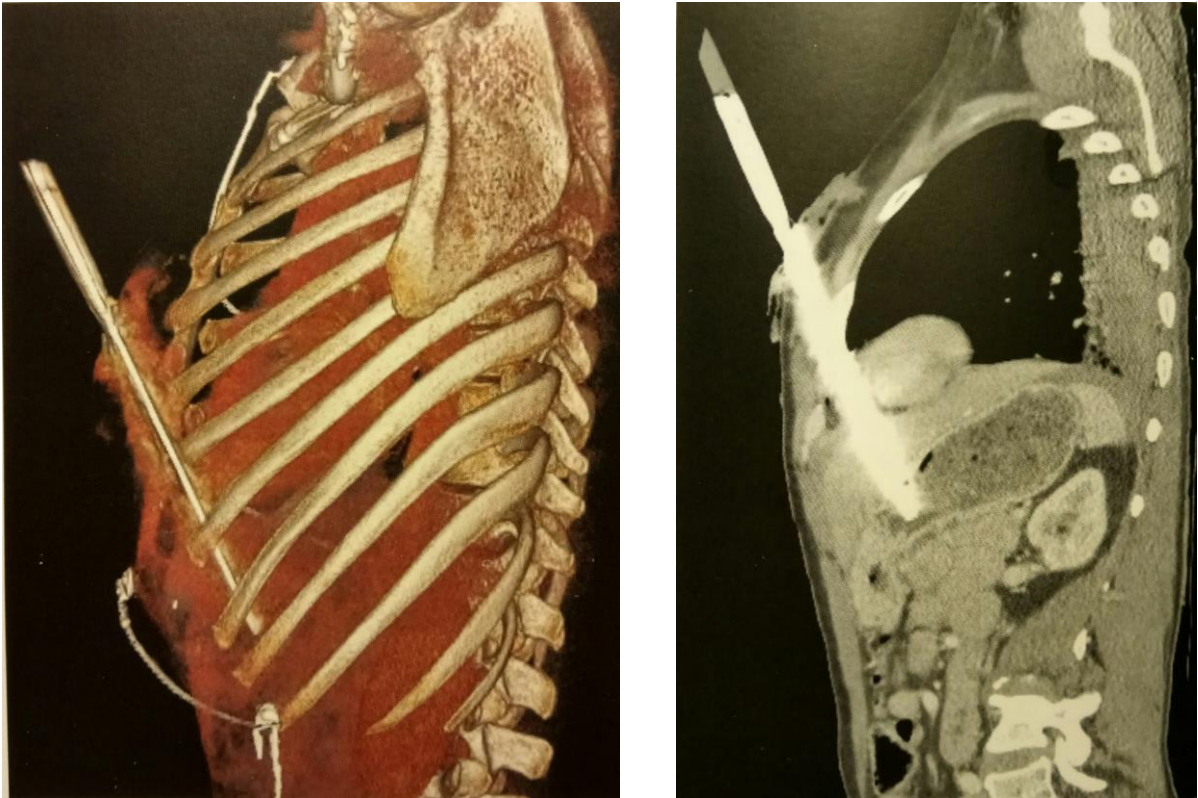
Fraktura třetího bederního obratle s dislokací fragmentů směrem do míšního kanálu – na snímcích patrné zúžení kanálu – na snímku vlevo rekonstrukce nativního CT vyšetření v sagitální rovině, na snímcích vpravo rekonstrukce nativního CT vyšetření v rovině axiální



Zdroj: archiv FNOL

PŘÍLOHA 8

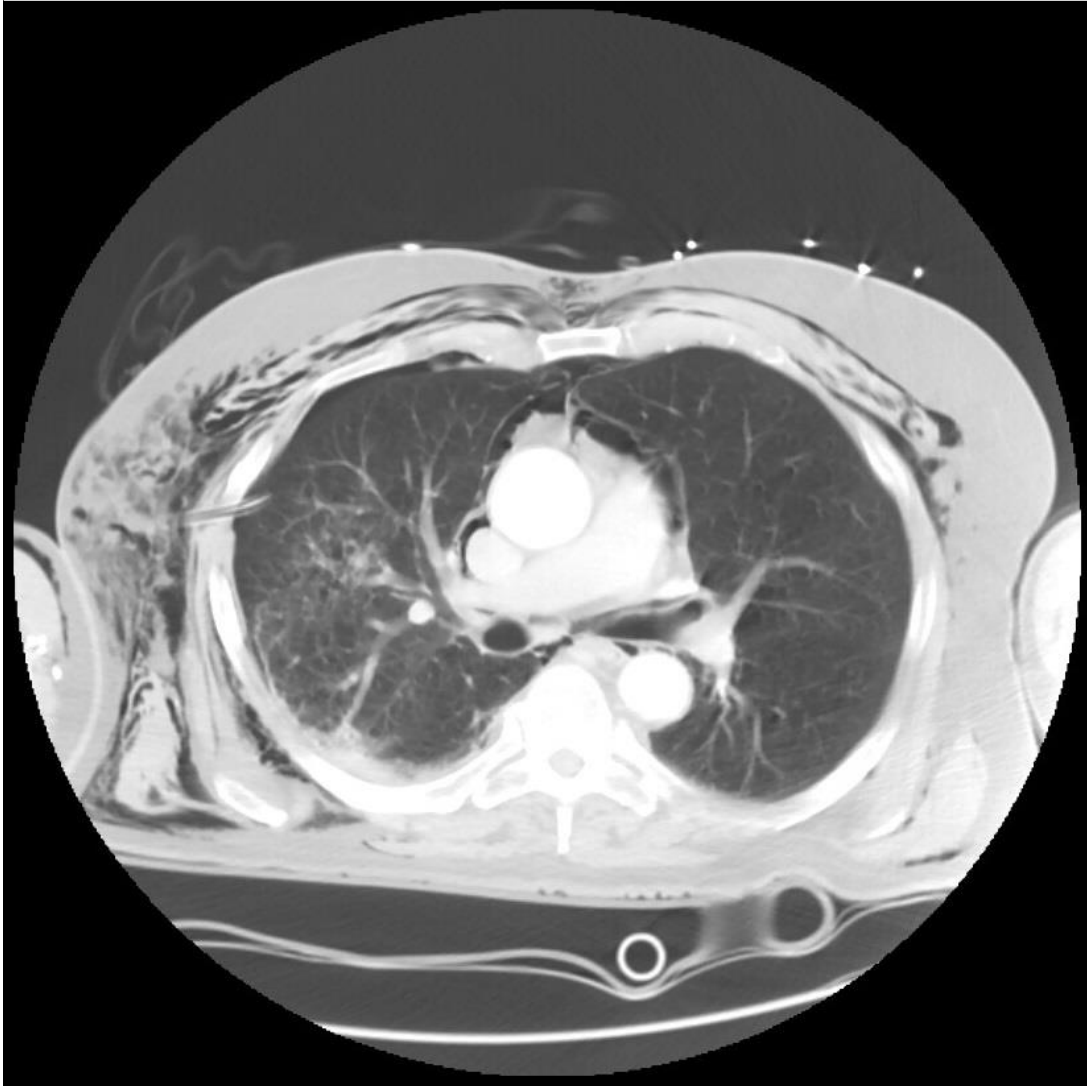
Penetrující poranění hrudníku a břicha způsobené nožem – na snímku vlevo 3D rekonstrukce nativního CT vyšetření, vpravo 2D rekonstrukce nativního CT vyšetření v sagitální rovině - shodné s průběhem nože



Zdroj: HEŘMAN a kol., *Základy radiologie*, 2014, ISBN 978-80-244-2901-4

PŘÍLOHA 9

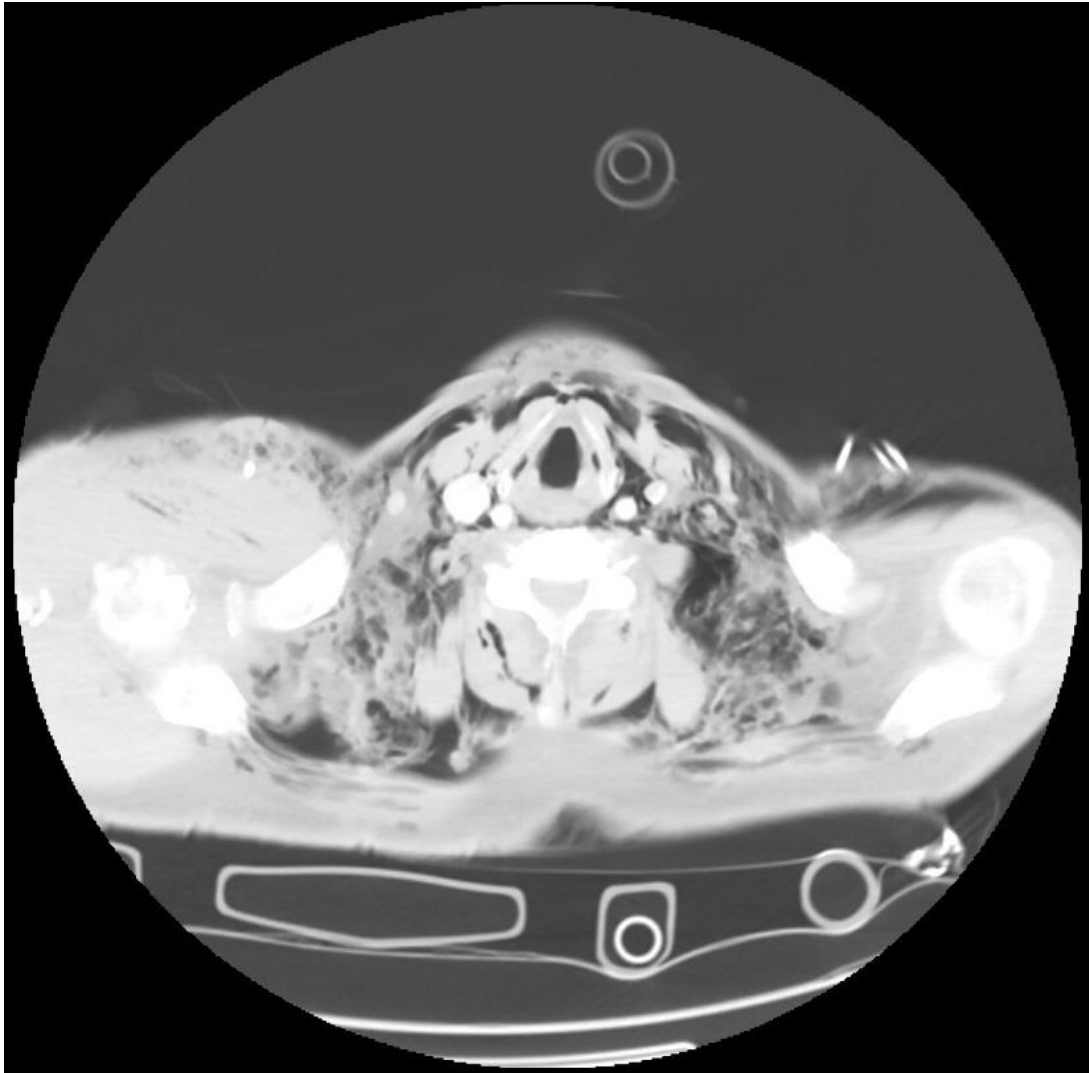
**Emfyzém měkkých tkání hrudníku, jako následek penetrujícího poranění
hrudní stěny - nativní CT vyšetření – axiální planární rekonstrukce**



Zdroj: archiv FNOL

PŘÍLOHA 10

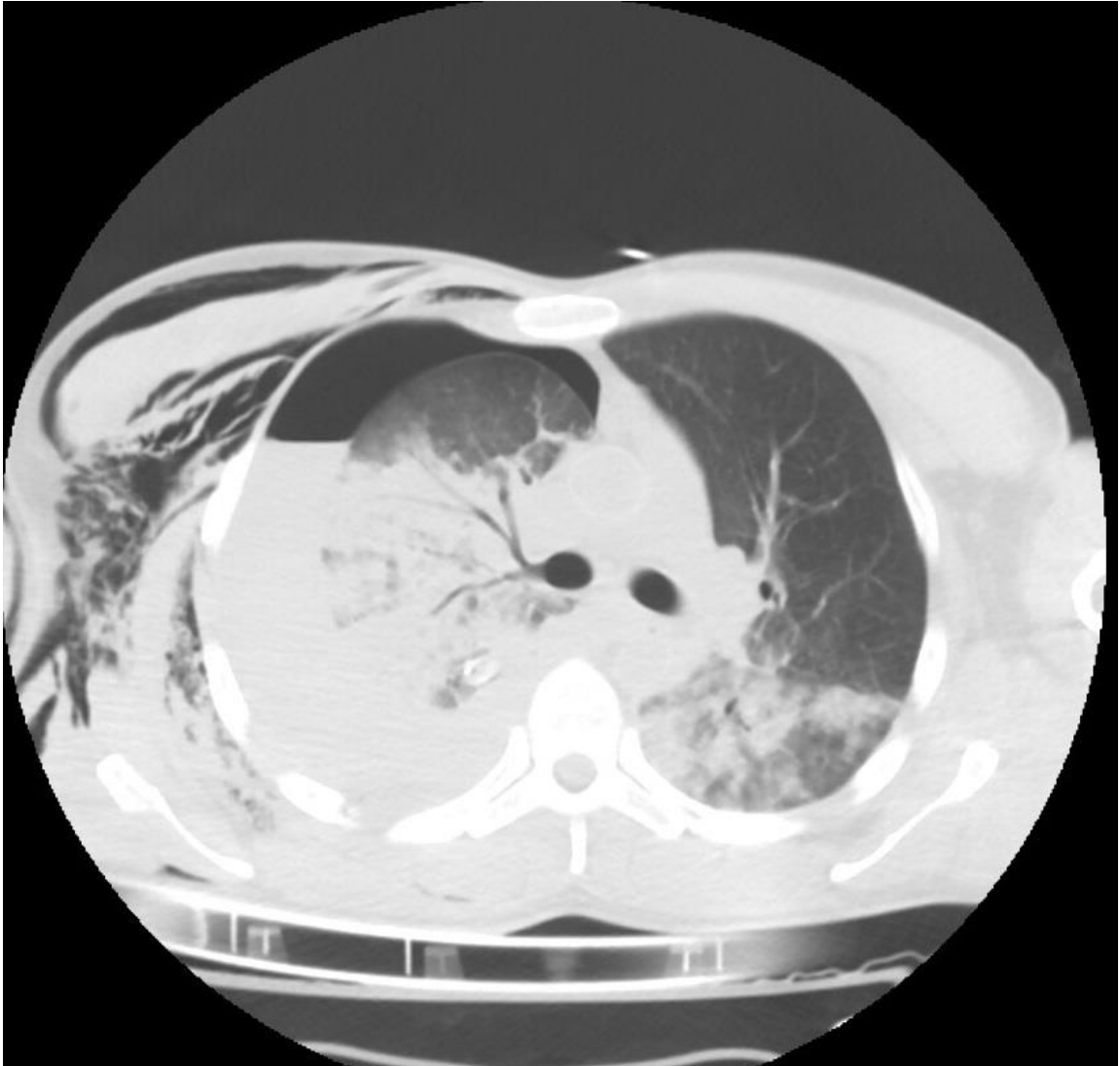
Emfyzém měkkých tkání krku, jako následek penetrujícího poranění hrudní stěny - nativní CT vyšetření – axiální planární rekonstrukce



Zdroj: archiv FNOL

PŘÍLOHA 11

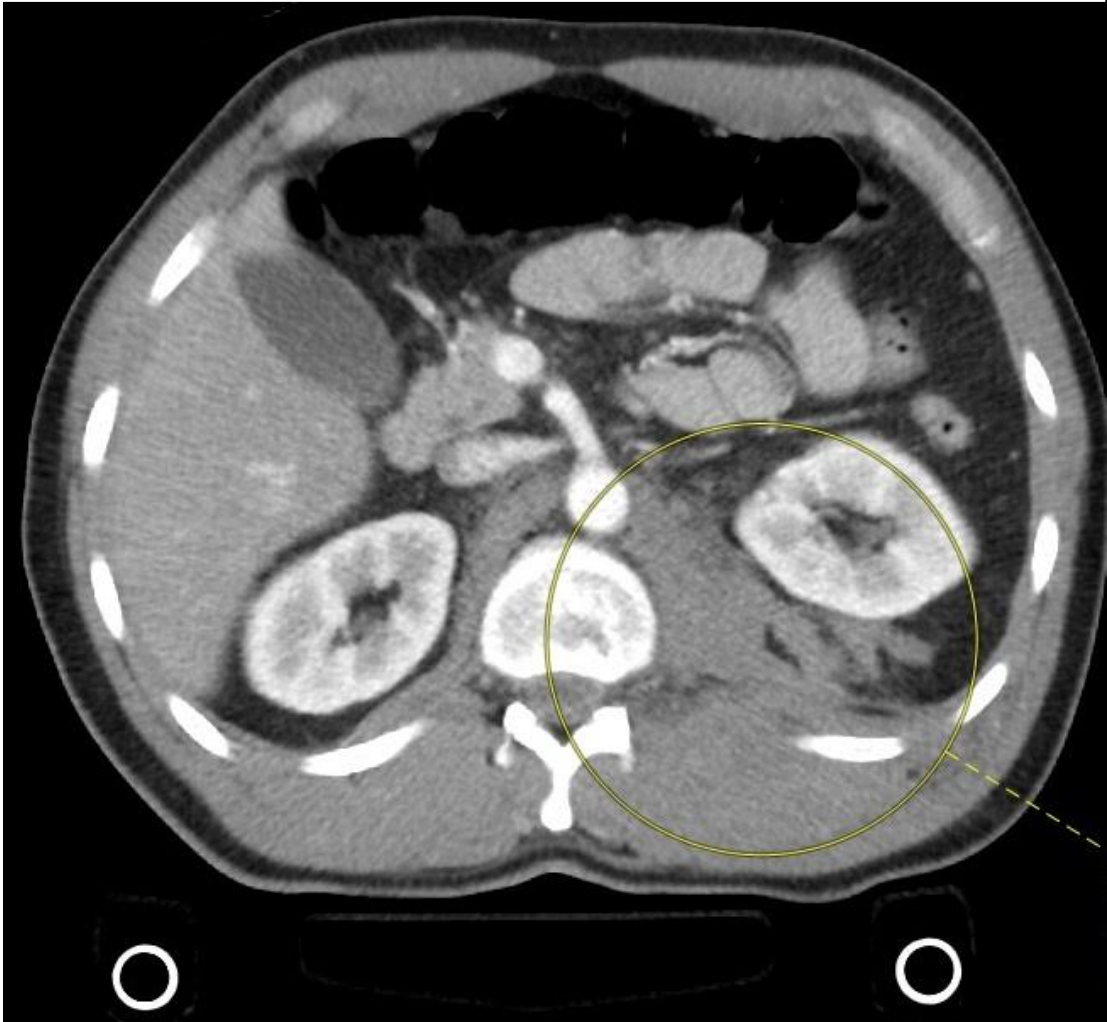
Emfyzém měkkých tkání hrudníku, v pravé části hrudníku rozsáhlý hemothorax, pneumothorax a patrná linie utlačené pravé plíce. Na levé plíci jsou patrné kontuzní změny – nativní CT vyšetření – rekonstrukce v axiální rovině



Zdroj: archiv FNOL

PŘÍLOHA 12

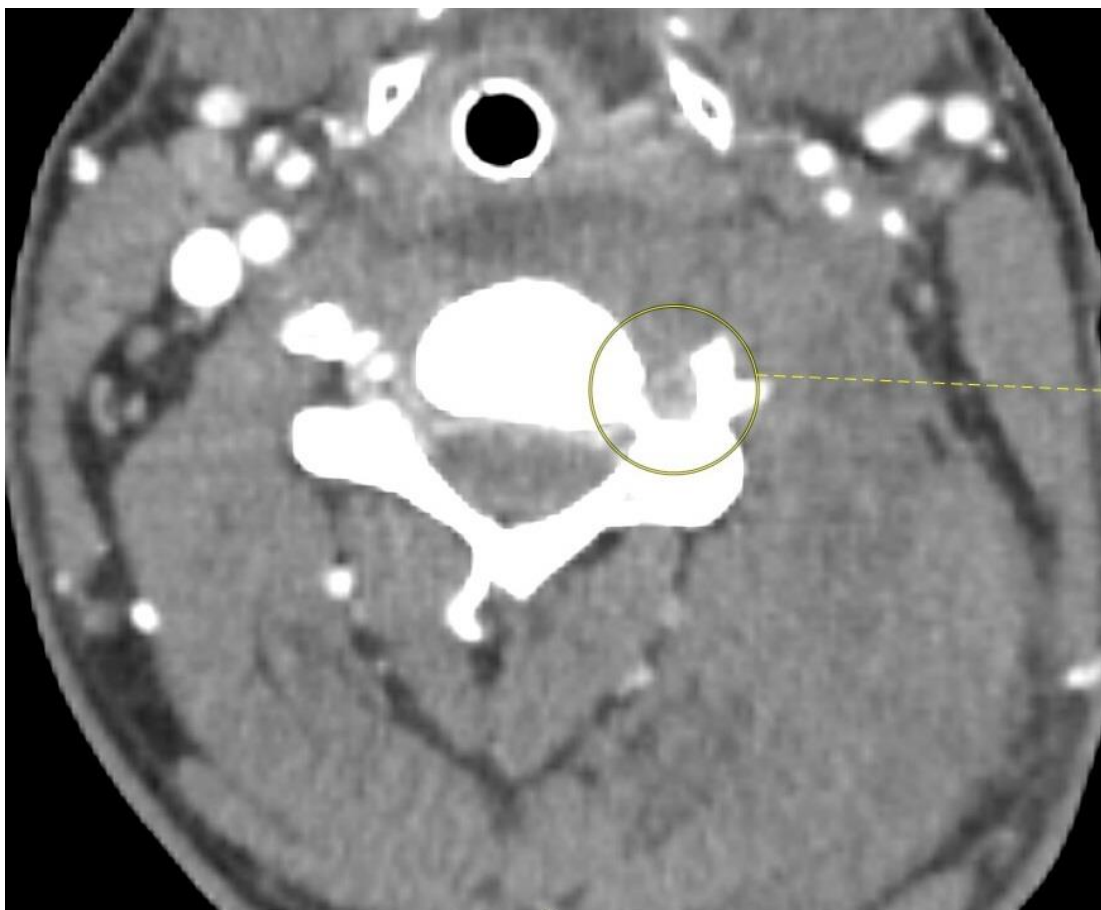
Aktivní krvácení do retroperitonea v oblasti levé ledviny – nativní CT vyšetření – rekonstrukce v axiální rovině



Zdroj: archiv FNOL

PŘÍLOHA 13

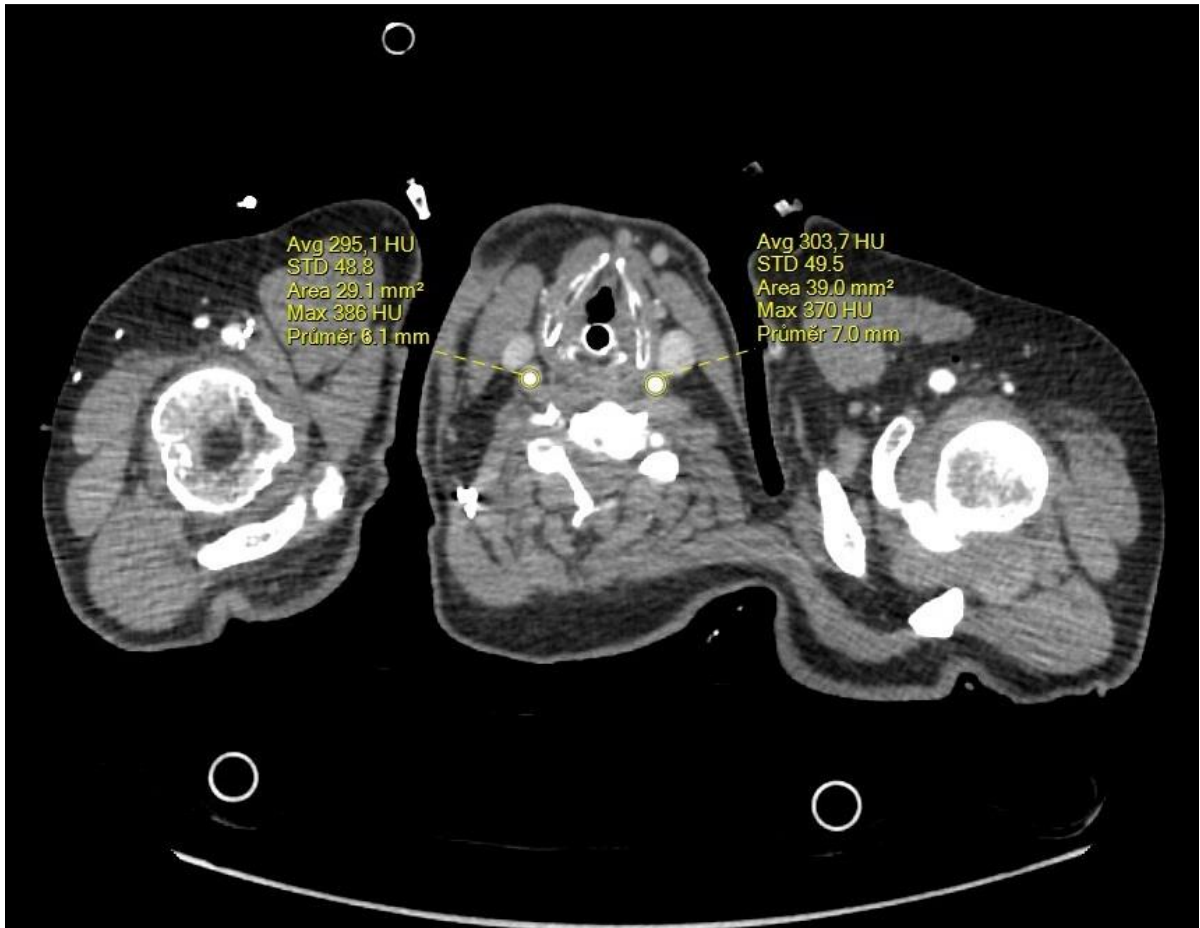
Uzávěr a. vertebralis l. sin. – způsobený traumatem cévy – CT vyšetření s aplikací kontrastní látky i.v. – rekonstrukce v axiální rovině



Zdroj: archiv FNOL

PŘÍLOHA 14

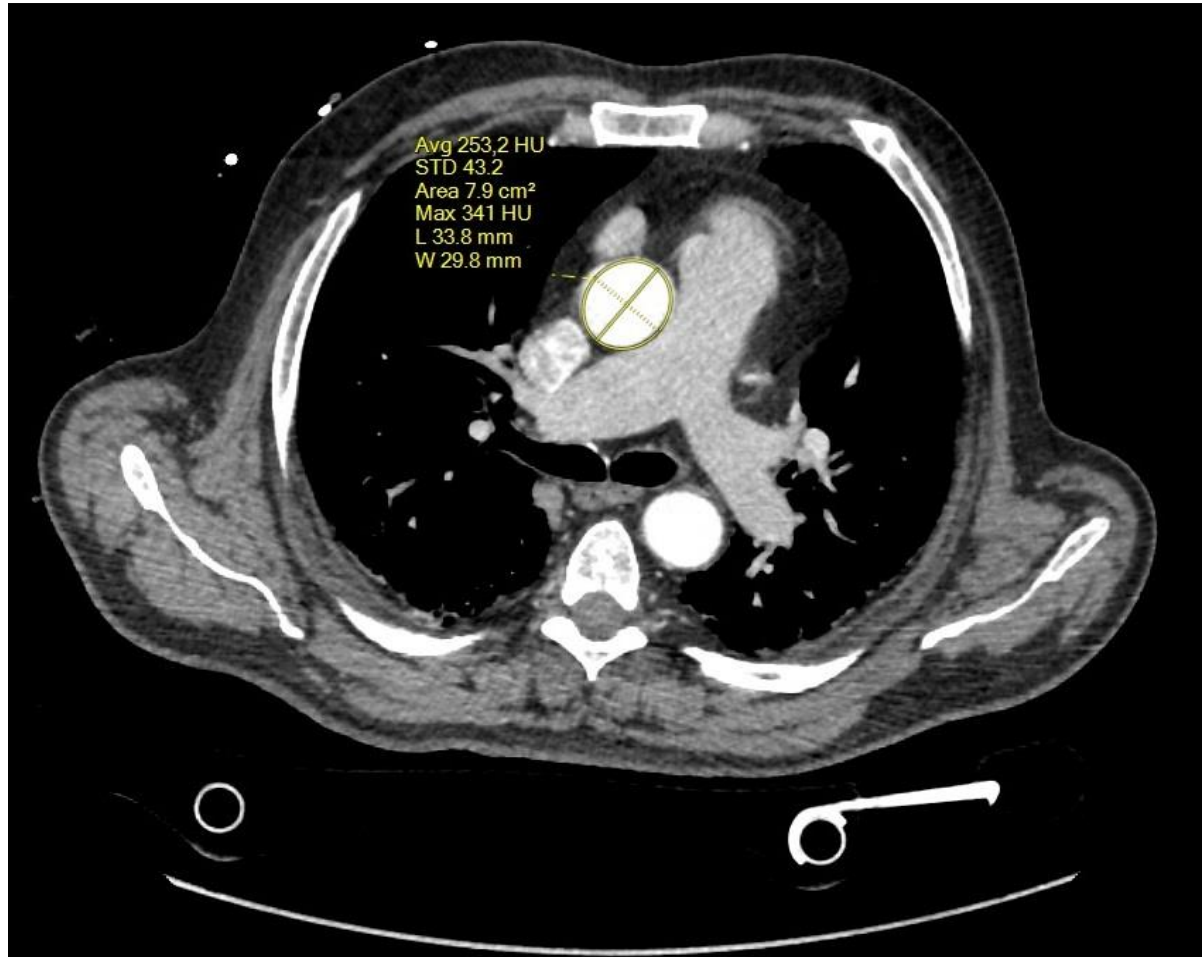
Měření denzity v oblasti a. carotis communis dextra et sinistra



Zdroj: archiv FNOL

PŘÍLOHA 15

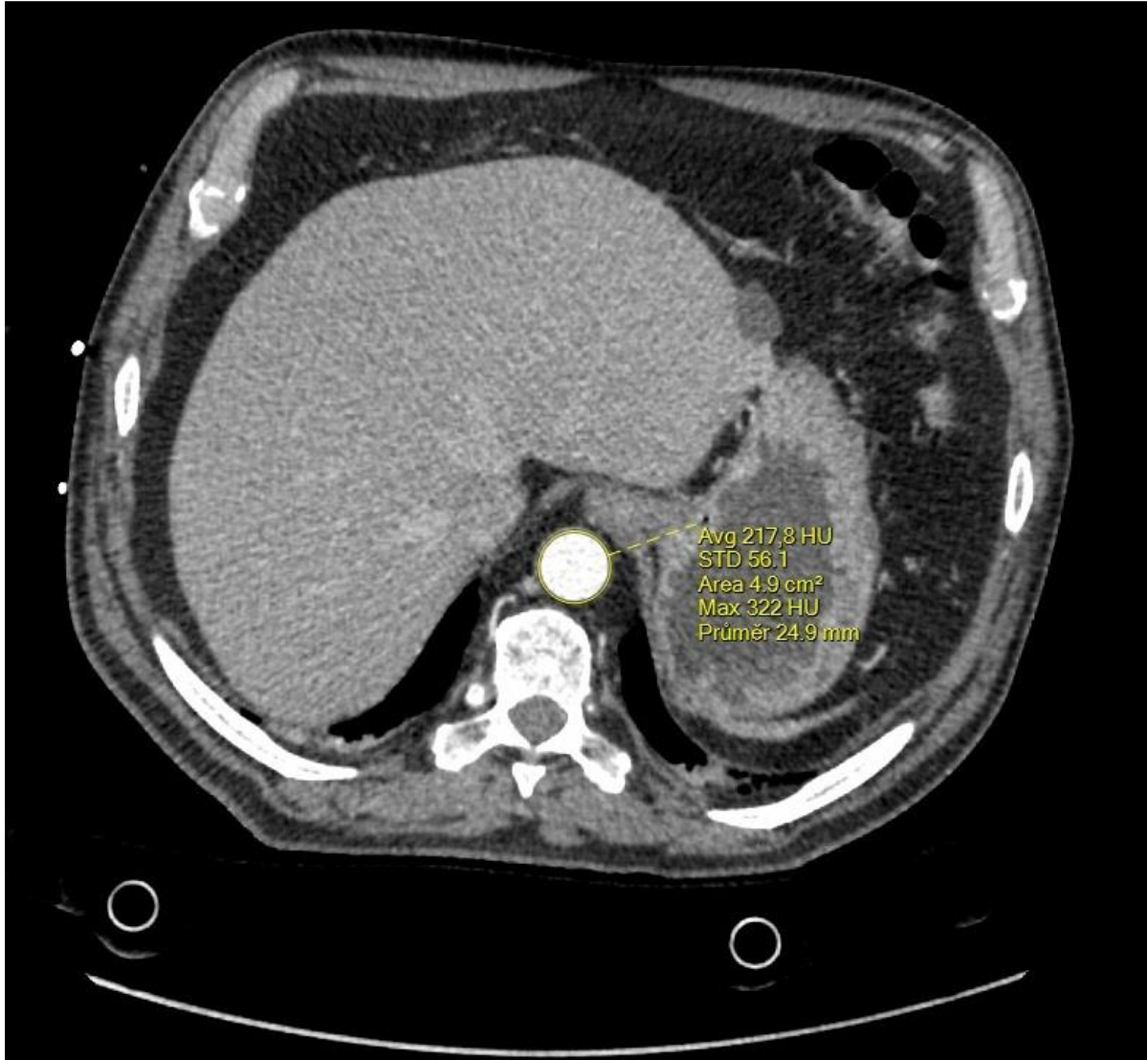
Měření denzity v aorta ascendens v oblasti odstupu truncus pulmonalis ze srdce



Zdroj: archiv FNOL

PŘÍLOHA 16

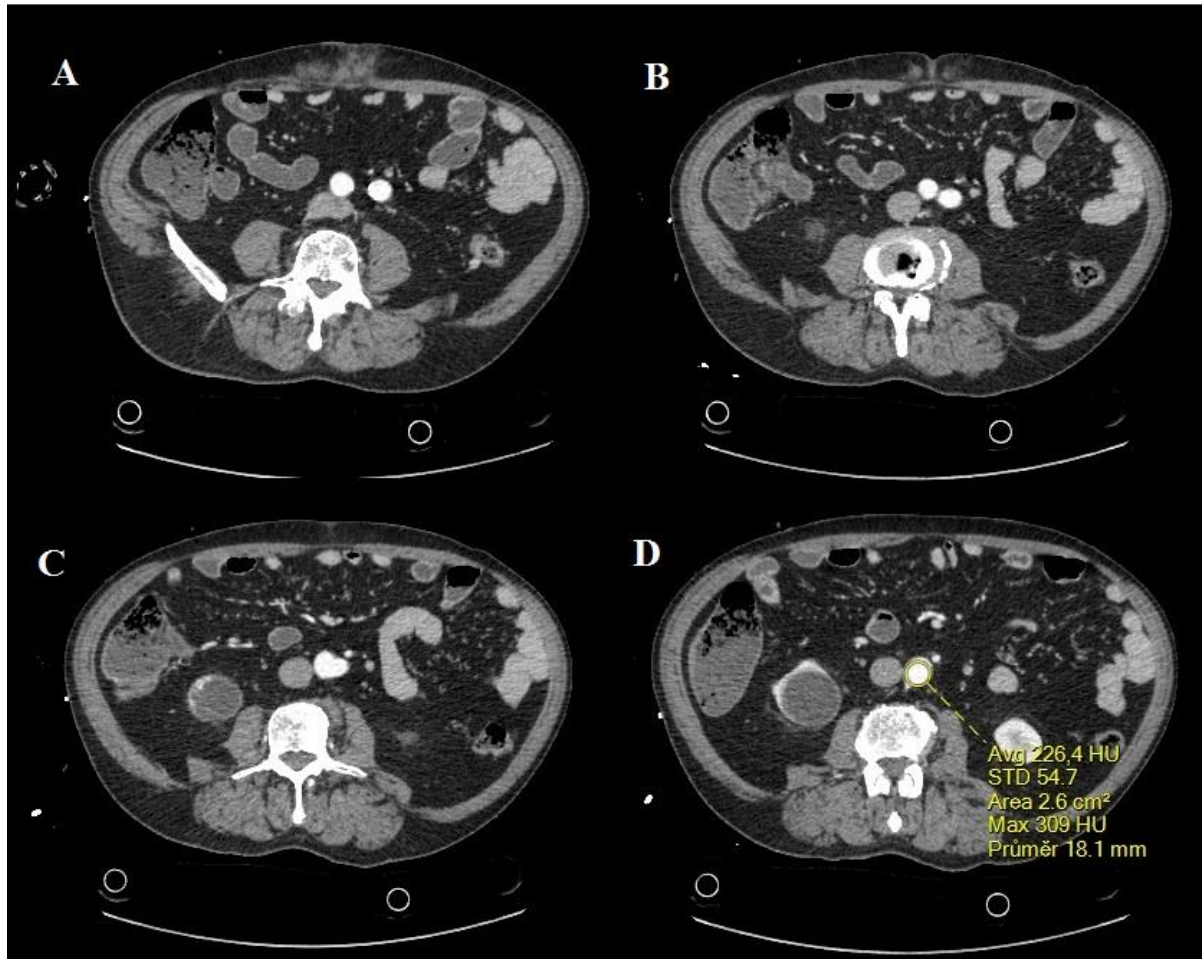
Měření denzity v aorta descendens v úrovni bránice



Zdroj: archiv FNOL

PŘÍLOHA 17

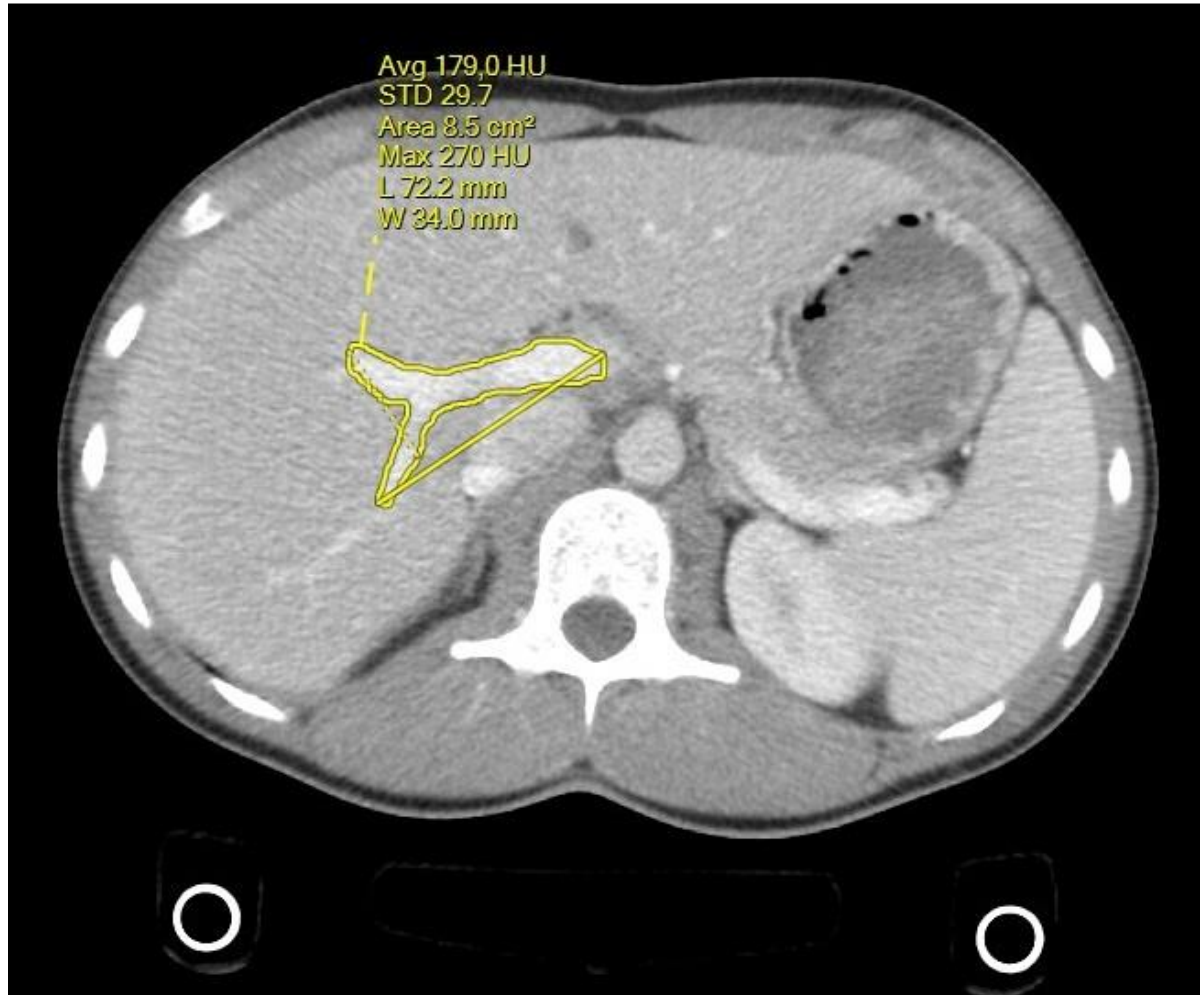
Měření denzity v aorta abdominalis – na snímcích A – C je patrné, jak byla volena úroveň řezu určeného pro měření, snímek D – určen pro měření



Zdroj: archiv FNOL

PŘÍLOHA 18

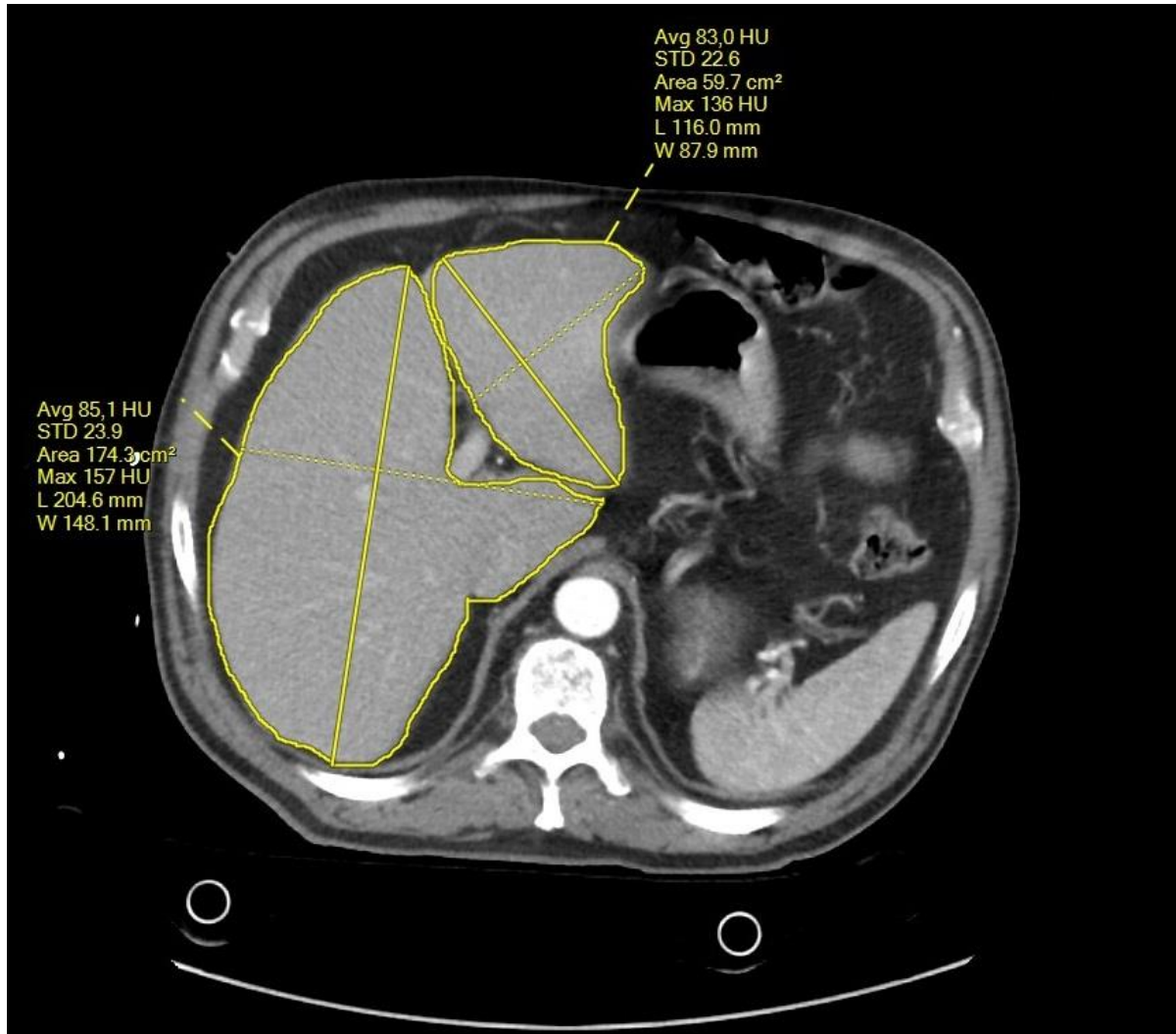
Měření denzity ve vena portae



Zdroj: archiv FNOL

PŘÍLOHA 19

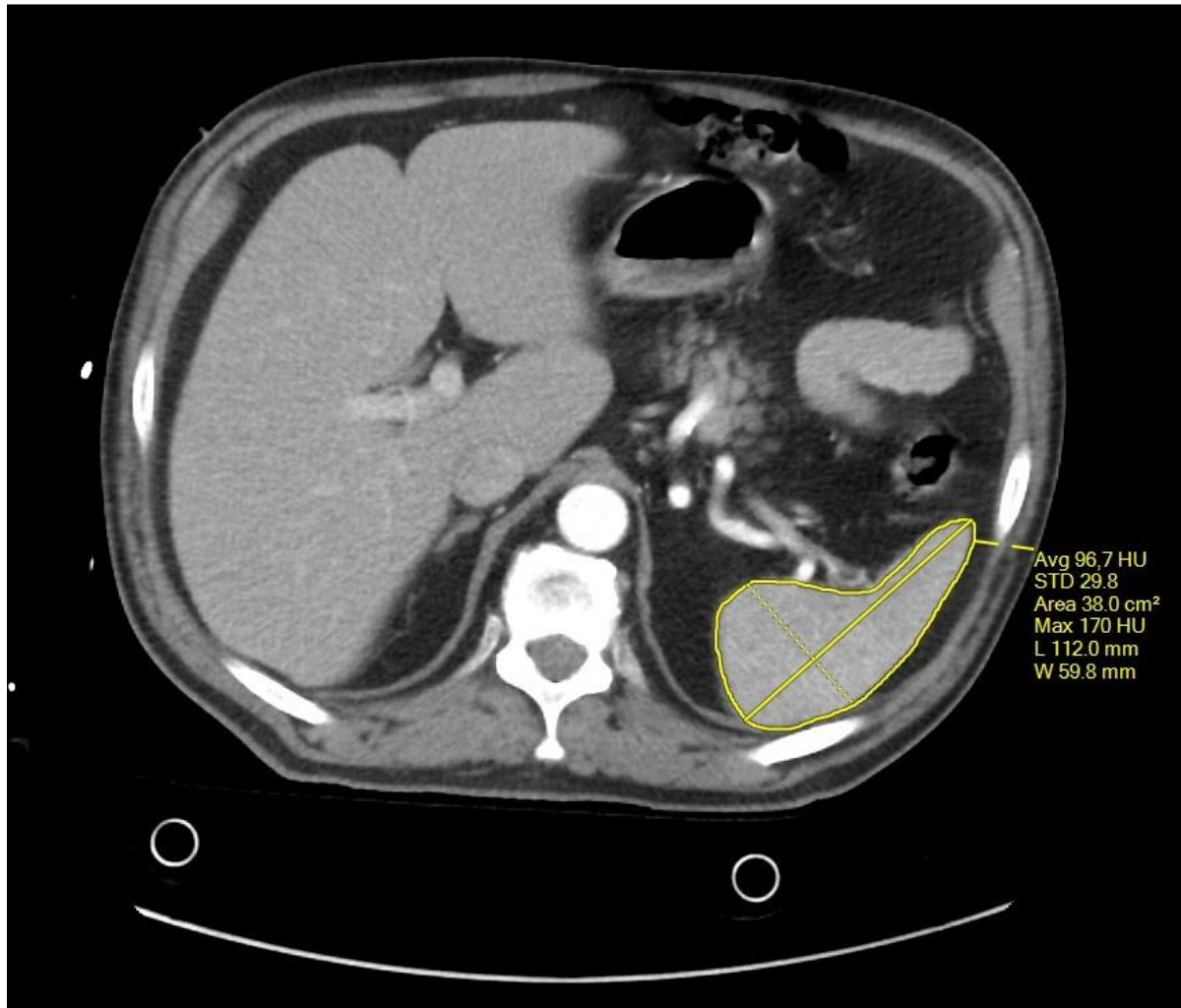
Měření denzity v pravém a levém jaterním laloku



Zdroj: archiv FNOL

PŘÍLOHA 20

Měření denzity parenchymu sleziny



Zdroj: archiv FNOL


PŘÍLOHA 21

Ukázka dávkového reportu generovaného CT přístrojem – zvýrazněny jsou hodnoty $DLP_{HEAD\&NECK}$ (nahore) a DLP_{TOTAL} (dole)

Dose Report					
Series	Type	Scan Range (mm)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy-cm)	Phantom cm
1	Scout	-	-	-	-
2	Helical	I250.000-S80.000	74.54	2618.49	Head 16
6	Scout	-	-	-	-
7	Helical	I109.000-I59.000	12.04	138.12	Body 32
200	Axial	I104.000-I104.000	111.50	55.75	Body 32
8	Helical	S137.250-I682.750	17.07	1510.14	Body 32
201	Axial	I109.000-I109.000	64.55	32.28	Body 32
10	Helical	S143.750-I711.250	17.11	1573.79	Body 32
Total Exam DLP:				5928.56	

Zdroj: archiv FNOL

PŘÍLOHA 22

 FAKULTNÍ NEMOCNICE[®] OLOMOUC I. P. Pavlova 185/6, 779 00 Olomouc Tel. 585 441 111, E-mail: info@fnol.cz IČ: 00096892	ODBOR KVALITY	Fm-MP-G015-05-ZADOST-001 verze č. 1, str. 1/2
--	----------------------	--

Žádost o poskytnutí informace pro studijní účely/sběr dat

Jméno a příjmení žadatele: Radek Vymazal

Datum narození: 14.5.1990 Telefon: +420122907569 E-mail: radek.vymazal@fnol.cz

Kontaktní adresa: Zolova 22/36 Olomouc - Slavonín, 78301

Přesný název školy/fakulty: Univerzita Palackého v Olomouci, Fakulta zdravotnických věd

Obor studia: Zobrazovací technologie v radiodiagnostice

Forma studia: prezenční kombinovaná distanční

Téma závěrečné práce:
Optimalizace CT protokolu pro vyšetření polytraumat na CT přístrojích Fakultní Nemocnice Olomouc

Žadatel ve FNOL koná odbornou praxi:
 ANO na pracovišti: _____ v termínu od: _____ do: _____
 NE

Žadatel je zaměstnancem FNOL:
 ANO na pracovišti: Radiologická klinika - pracoviště CT
 NE

Pracoviště FNOL dotčená průzkumem: Radiologická klinika - pracoviště CT

Účel žádosti:
 sběr dat/zjišťování informací pro zpracování diplomové/bakalářské práce
 sběr dat/zjišťování informací pro zpracování seminární/odborné práce
 sběr dat/zjišťování informací pro jiný účel: (uveďte): _____

Požadavek na (zaškrtněte):
V případě, že žadatel potřebuje získat informaci o počtech vyšetření/ošetření a předem má souhlas konkrétního pracoviště, že tato data mu budou poskytnuta vedením tohoto pracoviště bez nutnosti jeho nahlížení do zdravotnické dokumentace pacientů, vyplní oddíl „Ostatní – statistická data“. Jinak vyplní oddíl „Nahlížení do zdr. dokumentace“.

Dotazníková akce pro pacienty FNOL pro zaměstnance FNOL

Počet respondentů, kteří budou vyplňovat dotazník: _____
Termín, kdy proběhne vyplnění dotazníků: od: _____ do: _____

K vyplněné žádosti je nutno doložit vzor vašeho dotazníku.

Nahlížení do zdravotnické dokumentace
Předpokládaný počet kusů zdravotnické dokumentace, do které bude žadatel nahlížet: 200
Termín, ve kterém bude žadatel nahlížet do zdravotnické dokumentace: od: červenec 2020 do: květen 2021

Přesná specifikace co bude žadatel vyhledávat ve zdravotnické dokumentaci: Ze zdravotnické dokumentace budou především získávána data o tělesné hmotnosti a výšce pacientů, eventuálně hodnoty BMI. Případně budou zkoumány informace o tělesných dispozicích, které vedly k nestandardnímu provedení polytraumatického protokolu na CT. Hodnota 200 je přibližná hodnota celkového vzorku pacientů pro vytvoření práce, je nepravděpodobné, že bude potřeba nahlížet do dokumentace všech těchto pacientů.

Př nahlášení do zdravotnické dokumentace bude do každé dokumentace vložen formulář Fm-MP-G015-05-NAHLED-001 Záznam o nahlédnutí do zdravotnické dokumentace pro účely výzkumu/studie.

Ostatní

kazuistika – počet

vedení rozhovoru s pacientem FNOL – počet pacientů:

vedení rozhovoru se zaměstnancem FNOL – počet zaměstnanců: 20 povolání: lékař - radiolog

K vyplněné žádosti je nutno doložit vzor rozhovoru (orientační okruh otázek).

statistická data – informace o počtech např. zdravotnických výkonů, vyšetření, určité agendy (např porodnost), přístrojích

jiné (specifikujte): Měření denzity (koncentrace) kontrastní látky v určitých tělesných strukturách a cévách

Za které období budou data zjišťována: leden 2015 - květen 2021

Kdy proběhne sběr dat žadatelem: od: červenec 2020 do: květen 2021

Přesná specifikace co bude žadatel zjišťovat: Tělesnou výšku a váhu pacientů vyšetřovaných na CT při podezření na mnohočetné poranění - dle protokolu POLYTRAUMA. Budou zpracovávána data z dávkového reportu na CT přístrojích a měřena denzita (hustota) kontrastních látek uvnitř pacientova těla po podání této látky během vyšetření - měření softwareově na konzolách CT a prostřednictvím programu pro obrazovou dokumentaci (PACS). Tato data budou použita k porovnání CT protokolu používaného před optimalizací a po optimalizaci, tedy k zhodnocení úspěšnosti a efektivity provedených změn. Následně budou lékařům zodpovědným za popis těchto vyšetření předloženy snímky z vyšetření provedených před optimalizací a po optimalizaci tohoto CT protokolu a budou požádáni o zhodnocení kvality vyšetření a vyjádření se ke změnám v kvalitě zobrazení.

Způsob zveřejnění závěrečné/seminární práce: Formou diplomové práce oficiálně zveřejněné v databázi UPOL

Budete FNOL uvádět jako „zdroj dat“ ve své práci? ANO NE

Poučení:

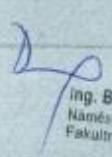
Žadatel souhlasí se zpracováním jeho osobních údajů dle zásad GDPR pro účely evidence této žádosti. Zavazuje se zachovat mlčenlivost o skutečnostech, o nichž se dozví v souvislosti s prováděným výzkumem a sběrem dat/informací.

Žadatel (datum podpis): 02-06-2020

Bc. Rašek Vymazal
64351

Schválil (datum podpis): 7.6.2020

Poznámky:


Ing. Bc. Andrea Drobiličová
Naměstýtné lékařských oborů
Fakultní nemocnice Olomouc

PŘÍLOHA 23



Fakulta
zdravotnických věd

UPOL-117645/1030S-2020

Vážený pan
Bc. Radek Vymazal

2020-14-07

Vyjádření Etické komise FZV UP

Vážený pane bakaláři,

na základě Vaší Žádosti o stanovisko Etické komise FZV UP byla Vaše výzkumná část diplomové práce posouzena a po vyhodnocení všech zaslaných dokumentů Vám sdělujeme, že diplomové práci s názvem „**Optimalizace CT protokolu po vyšetření polytraumat na CT přístrojích Fakultní nemocnice Olomouc**“, jehož jste hlavním řešítelem, bylo uděleno

souhlasné stanovisko Etické komise FZV UP .

S pozdravem,

Mgr. Lenka Mazalová, Ph.D.
předsedkyně
Etické komise FZV UP

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
Fakulta zdravotnických věd
Etická komise
Hněvotínská 3, 775 15 Olomouc

Fakulta zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci
Hněvotínská 3 | 775 15 Olomouc | T: 585 632 880
www.fzv.upol.cz