

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Marie Pavlíková

Zobrazovací metody v diagnostice polytraumat

Bakalářská práce

Vedoucí práce: doc. MUDr. Jaroslav Vomáčka, Ph.D., MBA

Olomouc 2021

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 30. března 2021

podpis

Děkuji vedoucímu práce panu doc. MUDr. Jaroslavu Vomáčkovi, Ph.D., MBA za odborné vedení, cenné rady, doporučené postupy a studijní literaturu.

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Bakalářská práce

Téma práce: Zobrazovací metody v diagnostice polytraumat

Název práce: Zobrazovací metody v diagnostice polytraumat

Název práce v AJ: Imaging methods in the diagnosis of polytrauma

Datum zadání: 2020/10/22

Datum odevzdání: 2021/02/28

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

Autor práce: Pavlíková Marie

Vedoucí práce: doc. MUDr. Jaroslav Vomáčka, Ph.D., MBA

Oponent práce: MUDr. Zuzana Sedláčková Ph.D

Abstrakt v ČJ:

Bakalářská práce pojednává o zobrazovacích metodách v radiodiagnostice polytraumat.

Cíle práce jsou definovat polytrauma a jeho roli v současné urgentní medicíně, vyhodnotit význam jednotlivých zobrazovacích metod v diagnostice traumat a polytraumat a definovat roli radiologického asistenta v procesu diagnostického zobrazování, popsat jednotlivé protokoly a postupy při radiologické asistenci polytraumatických stavů. Práce je zaměřena na problematiku polytraumat, jednotlivé zobrazovací metody. Dále popisuje jednotlivé vyšetřovací protokoly na CT a MR a roli radiologického asistenta na daném pracovišti. Práce definuje přehled publikovaných poznatků z české i světové literatury posledních 15 let.

Abstrakt v AJ:

The bachelor thesis deals with imaging methods in radiodiagnosis of polytraumas. The aims of the thesis are to define polytrauma and its role in current emergency medicine, to evaluate the importance of individual imaging methods in the diagnosis of trauma and polytrauma and to define the role of radiological assistant in the diagnostic imaging process, to describe individual protocols and procedures in radiological assistance of polytraumatic conditions. The work is focused on the issue of polytraumas, individual imaging methods, further describes the individual examination protocols for CT and MR and the role of a radiological assistant at the workplace. The thesis defines an overview of published knowledge from Czech and world literature of the last 15 years.

Klíčová slova v ČJ:

polytrauma, radiodiagnostika polytraumat, rychlý ultrazvuk, výpočetní tomografie, magnetická rezonance, skiografie

Klíčová slova v AJ:

polytrauma, radiodiagnosis of polytrauma, fast ultrasound, computed tomography, magnetic resonance, skiagraphy

Rozsah: 68/0

Obsah

Úvod.....	9
1 Polytrauma.....	10
1.1 Česká síť traumacenter	11
1.2 Úrazové mechanismy.....	12
1.3 Hodnotící škály polytraumat.....	12
1.4 Standardní vyšetření pacienta s polytraumatem	13
1.5 Radiologický standardní postup.....	14
2 Ultrasonografie v radiodiagnostice polytraumat.....	15
2.1 Rychlý ultrazvuk (fast ultrasound).....	16
2.2 Urgentní ultrazvuk plic u lůžka nemocného	20
2.3 Vyšetření šokového stavu za pomoci ultrasonografie plic	20
2.4 Urgentní transthorakální echokardiografie	21
3 Výpočetní tomografie v radiodiagnostice polytraumat.....	21
3.1 Vyšetření mozku a lebky výpočetní tomografií.....	23
3.2 Vyšetření páteře výpočetní tomografií.....	25
3.3 3D vyšetření kostí a kloubů pomocí výpočetní tomografie	31
3.4 Polytraumatický CT protokol	35
3.5 CT protokol „mediastinum a retroperitoneum“	40
3.6 Intervenční výkony pod CT kontrolou.....	41
4 Magnetická rezonance v radiodiagnostice polytraumat.....	42
4.1 Vyšetření páteře za pomoci magnetické rezonance	42
5 Skiografie v radiodiagnostice polytraumat	47
5.1 Vyšetření horní končetiny pomocí skiografie	48
5.2 Vyšetření hrudníku za pomoci skiografie	50

5.3 Vyšetření dolní končetiny za pomoci skiografie.....	51
6.Role radiologického asistenta	54
6.1 Role radiologického asistenta při vyšetření za pomoci ultrasonografie	54
6.2 Role radiologického asistenta při vyšetření za pomoci výpočetní tomografie	54
6.3 Role radiologického asistenta při vyšetření za pomoci magnetická rezonance	55
6.4 Role radiologického asistenta při vyšetření za pomoci skiografie.....	56
Závěr	57
Literatura a prameny	58
Seznam zkratek	65
Seznam tabulek	67

Úvod

Turbulentní doba přináší nové výzvy i ve zdravotnictví. Zejména pak jde o masivní nárůst v oblasti urgentní medicíny, jako jsou traumata a polytraumata. Polytrauma je současné poranění dvou a více orgánových systémů, které ohrožuje zraněného na životě, a je velmi častou indikací k neodkladné resuscitaci a specializované péči v traumacentru ([FRENZEL, Stephan, 2017](#)). I přes všechny moderní technologie je nejčastější příčinou úmrtí u osob do 45 let ([KNOR, Jiří, 2016](#)).

Svou bakalářskou prací bychom rádi zodpověděli tyto otázky: Co to je polytrauma a jaký má význam v urgentní medicíně? Jaký význam mají jednotlivé zobrazovací metody v radiodiagnostice polytraumat? Jaká je role radiologického asistenta v radiodiagnostice polytraumat, jaké známe vyšetřovací protokoly a postupy k vyšetření nemocného?

Před započítáním samotného psaní práce autorka, jako vstupní literaturu, prostudovala příslušné kapitoly v těchto publikacích:

ŽIŽKA, Jan et al., 2014. Protokoly MR zobrazování. Praha: Galén, ISBN 978-80-7492-109-4.

FERDA, Jiří et al., 2015. *Základy zobrazovacích metod*. Praha: Galén, ISBN 978-80-7492-164-3.

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

VOMÁČKA, Jaroslav et al., 2015 *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. 2. Univerzita Palackého v Olomouci: Vydavatelství Univerzity Palackého v Olomouci, str. 38–40. ISBN 978-80-244-4508-3

VOMÁČKA, Jaroslav, Ultrazvukový kongres Čejkovice 2018. Ultrasonografie v urgentní traumatologii. Radiologická klinika LF a FN v Olomouci, URM FZV UP v Olomouci.

V této práci čerpám zejména z článků vyhledaných pomocí elektronických informačních zdrojů v databázi EBSCO, Medvik a Pub Med, dále z recenzovaných časopisů vyhledaných pomocí google scholar, ale také z tištěných publikací.

Bylo dohledáno 250 článků souvisejících s problematikou, z nichž bylo konkrétně použito 48. Ostatní byly vyřazeny, protože neobsahovaly vyhovující údaje. Zbylé informace byly dohledány v uvedených bibliografických zdrojích. Vyhledávacími jazyky byly český a anglický jazyk.

Cíle mé práce jsou:

1. Definovat polytrauma a jeho roli v současné urgentní medicíně.

2. Vyhodnotit význam jednotlivých zobrazovacích metod v diagnostice traumat a polytraumat.
3. Definovat roli radiologického asistenta v procesu diagnostického zobrazování, popsat jednotlivé protokoly a postupy při radiologické asistenci polytraumatických stavů.

1 Polytrauma

Pojem polytrauma obvykle znamená vážné poranění více orgánů či orgánových systémů s vysokým rizikem úmrtí. K jeho hodnocení lze použít mnoho klasifikačních stupnic užívaných zejména v Evropě, USA a Austrálii.

V jednotlivých státech také dochází k záměrnému vytváření sítí traumacenter, v nichž se pacientům dostává komplexní a specializované péče na anesteziologicko-resuscitačních odděleních, nebo na jednotkách intenzivní péče. Jednotlivá traumacentra jsou mezi sebou srovnávána a samotná péče v nich je velmi finančně nákladná ([FRENZEL, Stephan, 2017](#)). I přes prevenci jsou polytraumata nejčastější příčinou úmrtí osob do 45 let a Česká republika stále obsazuje jedno z prvních míst v evropském žebříčku ([KNOR, Jiří 2016](#)).

1.1 Česká síť traumacenter

V naší republice se v současnosti nachází dvanáct komplexních diagnosticko-terapeutických traumacenter pro dospělé, osm se specializovanou péčí pro děti ([ČERNÁ, Marie, 2019](#)) „(Brno, České Budějovice, Hradec Králové, Ostrava, Plzeň, Praha 2x, Ústí nad Labem)“ ([RYGL, Michal 2017](#)) a tři popáleninová centra. Jsou určena zejména pro pacienty s vážným multiorgánovým poraněním s nutností mezioborové kooperace. Součástí je radiodiagnostické pracoviště vybavené rentgenovým přístrojem, sonografickým pracovištěm, výpočetní tomografií, která tvoří základ radiologického diagnostického postupu, a rovněž je vybaveno magnetickou rezonancí. Důležitou roli hraje také možnost využití intervenční radiologie ([ČERNÁ, Marie 2019](#)).

Důvody k převozu nemocného do traumacentra se určuje testem zvaným „Indikace k převozu do traumacentra“, a to už při pozitivním výsledku alespoň jedné položky z alespoň jedné skupiny hodnocených faktorů. Naopak převoz pacienta na jiné pracoviště by byl v případě pozitivního výsledku testu závažným pochybením. Hodnoceny jsou tyto kategorie: „fyziologické ukazatele – (F), anatomická poranění – (A), mechanismus poranění – (M).“

„Indikace k převozu do traumacentra“:

Fyziologické ukazatele:

- méně než 13 bodů Glasgow coma scale, systolický tlak pod 90 mm/Hg, dechová frekvence pod 10/min, nebo nad 29/min.

Poranění:

- penetrující hrudní a kraniální poranění, nestabilita hrudní a břišní stěny nebo pánve, zlomeniny alespoň dvou dlouhých kostí.

Mechanismus poranění:

- pád alespoň ze 6 m, úraz způsobený vozidlem: srážka v rychlosti nad 35 km/h, přejetí, katapultáž, zaklínění, „rotace vozidla přes střechu, výbuch v uzavřeném prostoru s poraněním a/nebo popálením“.

Speciální kritéria :

- věk méně než šest a více než šedesát let, závažné komorbidity ([SVITÁK, Roman, 2016](#)).

1.2 Úrazové mechanismy

U dětí do jednoho roku jde především o asfyxie, popáleniny a pády, zatímco mezi prvním a čtvrtým rokem dominují dopravní nehody, kdy je dítě v roli spolujezdce, a teprve poté pády, popáleniny a utonutí. V období základní školní docházky můžeme na prvním místě nalézt dopravní nehody, kdy je raněný v roli chodce či cyklisty, a teprve na třetím místě spolujízdu v motorovém vozidle, utonutí a popáleniny. Nejrizikovější věkovou kategorií jsou adolescenti, kde nejrůznější úrazy způsobují 65,7 % úmrtí. U dětí a mladších osob musíme uvažovat i sportovní úrazy. U dospělých jsou úrazy povětšinou způsobeny tzv. vysokoenergetickým polytraumatem při dopravní nehodě, zejména u motocyklistů ([KNOR, Jiří 2016](#)), při pádu, nebo v důsledku pokusu o suicidium ([HAVLŮJ, Lukáš, 2017](#)).

1.3 Hodnotící škály polytraumat

Počáteční hodnocení zraněného je velmi náročné po stránce rychlosti a systematičnosti. Různé úrazy, které jsou součástí polytraumatu, tvoří určité struktury hodnocené stupnicí s názvem „pokročilá podpora života po traumatu (ATLS)“, která je dílem Americké vysoké školy chirurgů, a která vedla k vývoji postupu péče o zraněné a různých bodovacích systémů k hodnocení stavu pacientů s polytraumatem. Počátek moderního hodnocení můžeme hledat v až v druhé polovině 20. století, kdy byla vyvinuta primární Zkrácená stupnice úrazů „(AIS – Abbreviated Injury Scale)“ hodnotící závažnost zranění „(ISS, tzv. Injury Severity Score)“. Její dceřiné produkty jsou „Asociace pro pokrok v automobilovém lékařství (AAAM) a Mezinárodní výbor pro úpravu újm (IISC)“, přičemž u všech dokumentů platí verze z roku 2005.

Dále používáme různé bodovací škály, za pomoci kterých hodnotíme šance na přežití u polytraumatizovaných pacientů na oddělení urgentního příjmu, nebo sledování vývoje jejich stavu od přijetí až po propuštění. Příkladem těchto stupnic je: „stupnice Glasgow Coma (GCS), revidované skóre traumatu (RTS), stupnice akutní fyziologie a hodnocení chronického zdraví II (APACHE II).“

Další možností hodnocení polytraumatu je tzv. „primární šetření (primary survey), neboli emergency systém A-B-C-D-E:

- A (arways) – průchodnost dýchacích cest + ochrana krční páteře;
- B (breathing) – dýchání a ventilace;
- C (circulation) – cirkulace a zástava krvácení;
- D (disability) – neurologický stav;
- E (exposure + enviromental)“ – svlečení pacienta a prevence hypotermie.

V bodě C může být jako první zobrazovací metoda indikováno tzv. „FAST“.

1.4 Standardní vyšetření pacienta s polytraumatem

Každé vyšetření začíná hodnocením kompletní anamnézy včetně mechanismu úrazu a dříve prodělaných úrazů či onemocnění. Jako další následuje „kompletní primární a sekundární klinické hodnocení podle opatření ATLS (pokročilá podpora života po traumatu) a ACLS (Advanced cardiac life support)“. Po něm je nutno provést „radiologické hodnocení včetně rentgenů lebky, krční páteře, hrudníku a pánve, CT mozku, ultrazvukové vyšetření břicha“ a další vyšetření související s úrazem. Vyšetření bývá doplněno i laboratorními testy včetně „kompletního krevního obrazu, elektrolytů v krvi (Na, K, Cl), hladiny cukru v krvi, renální funkce při testech, jaterních testech, krevních plynech“. Po ukončení komplexní diagnostiky „jsou vypočtena dvě skóre polytraumat: stupnice Glasgow Coma Scale (GCS) a revidované skóre traumatu (RTS)“ ([CERNEA, Daniela 2014](#)).

Tabulka 1: Revidované skóre traumatu:

„Počet dechů	10–29	4
	>29	3
	6–9	2
	1–5	1

	0	0
sTK	>90	4
	76–89	3
	50–75	2
	<49	1
	0	0
GCS	15–13	4
	12–9	3
	8–6	2
	5–4	1
	0–4	0
TRTS Třídící priorita	12–11	T3 (Immediate)
	11	T2 (Urgent)
	1–10	T1 (Delayed)
	1–3	T4 (Expectant)
	0	Mrtvý (Dead)“

([HOMOLA, Ambrož 2014, str. 273–275](#))

sTK – systolický tlak

GCS – Glasgowská stupnice míry bezvědomí (Glasgow Coma Scale)

TRTS – Třídící revidované skóre traumatu (Triage Revised Trauma Score)

1.5 Radiologický standardní postup

Prvním diagnostickým krokem je, pokud je tak indikováno, tzv. rychlý ultrazvuk ([LINSENMAIER, Ulrich 2014](#)), který dovede velmi dobře detekovat volnou tekutinu a pneumothorax ([GIRSA, David, 2019](#)). V případě negativního nálezu následuje vyšetření výpočetní tomografií, které zvyšuje šance na uzdravení nemocného až o 25 %. Pokud lékař neindikuje rychlý ultrazvuk, je multidetektorová výpočetní tomografie na prvním místě ([LINSENMAIER, Ulrich 2014](#)), a to především díky snadnější dostupnosti, vyšší rychlosti a jednoduchosti provedení, ale také díky menším nárokům na komunikaci, spolupráci a anamnézu

pacienta. Hlavní výhodou výpočetní tomografie je polytraumatický CT protokol. V praxi jsou aplikovány různé varianty, jako například nativní vyšetření mozku a následné kontrastní vyšetření krku, hrudníku a pánve ([RYGL, Michal 2017](#)). Dle strategie k podání kontrastní látky je možno hovořit o monofázovém, multifázovém a polytraumatickém CT protokolu s použitím děleného bolu ([GIRSA, David, 2019](#)). V případě, že má indikující lékař podezření na zlomeninu v oblasti pánve či u kostí končetin, je ze strany radiologického asistenta vhodné navrhnout doplnění 3D vyšetření příslušných kostí ([PETROVIČ, KOSTKA, 2013](#), [TALLER, Stanislav, 2005](#)). I přes významně nižší tkáňový kontrast v porovnání s magnetickou rezonancí poskytuje výpočetní tomografie v těchto situacích většinou dostatečnou diagnostickou informaci pro další léčbu pacienta ([JANDURA, Jiří, 2019](#)). Zhruba po dvou hodinách, kdy je pacient stabilizován a není tedy již bezprostředně ohrožen na životě, přistupujeme k vyšetření za pomoci skiografie ([LINSENMAIER, Ulrich, 2014](#)) či magnetické rezonance, která může být bez problému doplněna v případě, že potřebujeme lepší tkáňový kontrast, a zároveň je možno využít její výhody z hlediska radiační ochrany ([JANDURA, Jiří, 2019](#)).

2 Ultrasonografie v radiodiagnostice polytraumat

Ultrasonografie je relativně rychlé, levné, a v krátkém časovém horizontu opakovatelné vyšetření. Má vysokou přesnost a citlivost, a neexistují kontraindikace tohoto vyšetření.

Ultrazvukové vyšetření hrudníku je indikováno u hemodynamicky nestabilních pacientů k diagnostice pneumothoraxu či hemothoraxu, kde se vyznačuje vyšší senzitivitou než rentgenový snímek srdce a plic. Pokud je tak indikováno, můžeme diagnostikovat zlomeninu žebra, úraz srdce, velkých cév a tamponádu srdeční či plic pomocí specializovaných protokolů.

Kromě Focused Assessment Sonography for Trauma, tzv. FAST, je používáno i ultrasonografické vyšetření břicha a vyšetření u lůžka nemocného na odděleních intenzivní péče za účelem sledování vývoje krvácení, hematomů. Můžeme též doplnit vyšetření poraněné oblasti u stabilizovaných pacientů. Pokud není ultrazvukové vyšetření indikováno, je metodou první volby vyšetření za pomoci výčetní tomografie ([VOMÁČKA, Jaroslav, 2018](#)).

Tato technologie se používá při počátečním hodnocení pacienta s traumatem, kdy se ultrazvukové vyšetření často používá k určení potřeby okamžité laparotomie nebo další diagnostické studie ([HENDERSON, Sean, O. 2000](#)).

Moderní metodou jsou také ultrazvukově navigované výkony. V urgentní medicíně se může jednat o hrudní drenáž při pneumothoraxu ([BESSMANN, Ebbe, L., 2019](#)), „ultrazvukově kontrolované zavedení žilního vstupu, ultrazvukově kontrolovaná perkutánní tracheostomie“ ([WILSON, Stephen, 2012](#)).

Ultrasonografické vyšetření provádíme sondou s piezoelektrickými krystaly, při jejichž stlačení dojde k vzniku elektrického potenciálu. Při jeho přerušení vznikají ultrazvukové kmity o frekvenci 1–1,5 MHz, které pronikají skrz vodivý kontaktní gel do kůže. Tyto kmity se odrážejí na rozhraní dvou prostředí s různou akustickou impedancí a vracejí se zpět do sondy, kde jsou vyhodnocovány ([VOMÁČKA, Jaroslav 2015](#)).

2.1 Rychlý ultrazvuk (fast ultrasound)

„Focused assessment with sonography“, neboli tzv. „FAST“ je, v případě indikace, vhodným doplněním klinického vyšetření, v případě že tak neindikuje je metodou první volby vyšetření za pomoci výpočetní tomografie. Jeho cílem je detekovat aktivní krvácení do dutiny břišní u hemodynamicky nestabilních pacientů, které je indikací k urgentní laparotomii ([SUCIU,](#)

[Sebastian, 2019](#)). Toto vyšetření je prováděno jako součást neodkladné resuscitace ([MOŠNA, František, 2018](#)) a není používáno jako jediná diagnostická metoda. Je-li nález negativní, pokračujeme vyšetřením výpočetní tomografií, ultrasonografickým vyšetřením břicha a sledováním známek krvácení po celou dobu hospitalizace zraněného. Je vhodné taktéž využít snímku plic k detekci možného pneumothoraxu či hemothoraxu, který by v případě podání anestetik či intubace mohl nemocného ohrozit na životě ([SUCIU, Sebastian, 2019](#)). Diagnostiku pneumothoraxu je možná provést také pomocí ultrasonografie. V urgentní medicíně používáme tzv. e-FAST (extended focused assessment with sonography in trauma), který nám umožní vyšetřit dutinu břišní a hrudní ([VIVEK, S., Tayal, 2004](#)) v krátkém časovém horizontu méně než pěti minut ([MOŠNA, František, 2018](#)). Toto vyšetření je též nazýváno „nový vizuální stetoskop dvacátého prvního století“ a je snadno proveditelné kdykoliv v terénu či u lůžka nemocného s vynikající diagnostickou výtěžností ([BESSMANN, Ebbe, L., 2019](#)).

Vysokou senzitivitu k detekci intraperitoneální hemoragie má dopplerovská metoda. Indikací je hypotenze, změněné vnímání a nejasné důvody k operačnímu výkonu. Nevýhodou je velmi nízká přesnost ([SUCIU, Sebastian, 2019](#)).

Základním účelem rychlého ultrazvuku je diagnostika hemodynamické nestability s nutností okamžité operace u „potenciálně život ohrožujících zranění během zlaté hodiny.“ Jako druhý význam vyšetření lze potom stanovit diagnostiku hemodynamické stability u pacientů, kteří díky tomu nevyžadují další vyšetření krvácení do dutiny břišní. Doplníme další nutná vyšetření, jako je výpočetní tomografie či laboratorní vyšetření. Focussed assessment sonography with trauma je používáno již jako součást neodkladné resuscitace k hodnocení cirkulace, a to ihned po zajištění dýchacích cest a dýchání. Využití této moderní metody s vysokou citlivostí a přesností vede k vyšetření volného vzduchu či tekutiny v rámci dutiny perikardiální, břišní a hrudní, která se jeví jako hypoechogenní. Vyšetření trvá maximálně pět minut a jsou jím získány tři skeny dutiny břišní a jeden dutiny hrudní. U hemodynamicky nestabilních pacientů s pozitivním nálezem na rychlém ultrazvuku následuje laparotomická zástava krvácení ([KIRKPATRICK, Andrew, 2004](#)).

Rychlý ultrazvuk je diagnostická studie zahrnující oblast břicha („pevné orgány, peritoneum“), hrudníku („perikardu a pleurální prostory, pneumotorax, srdce, plic“) a dolní duté žíly a má mnoho různých variant. Vyšetřujeme zejména srdce, peritoneum, játra, ledviny, slezinu, slinivku, střeva a velké cévy břicha a hrudníku. Dále můžeme doplnit stěny hrudní a břišní, kosti hrudní, glandulae salivariae a oblasti malé pánve ([VOMÁČKA, Jaroslav, 2018](#)). Celé vyšetření se skládá

z „perikardiálního pohledu, pohledu na pravý horní kvadrant (RUQ), pohledu na levý horní kvadrant (LUQ) a pohledu na pánev“. Napomáhá triáži nemocných při hromadných nehodách ([SAVATMONGKORNGUL, Sorravit, 2017](#)).

Účelem FAST je stanovit další postup terapie, jako je urgentní operace, vyšetření CT, cévní intervence či konzervativní postup v podobě observace. Výhoda je bezproblémové vyšetření gravidních a dětských pacientů díky nulové radiační zátěži.

Pomocí „akustického okna“ tvořeného játry vyšetřujeme pravý horní kvadrant, „hepatorenální prostor a jaterní parenchym“. Krvácení v dutině břišní se jeví zpočátku jako „anechoické až hypoechoické. Dlouhodobé krvácení nabírá na echogenitě.“

„Zobrazení levého horního kvadrantu“ umožňuje vyšetřit oblast sleziny. V této fázi můžeme nemocného uložit na levý bok. V podbřišku můžeme sledovat tekutinu v oblasti Douglasova prostoru a močový měchýř. V interkostálních prostorech vyšetřujeme oblast srdce a plic ([RICHARDS, R., John, 2017](#)).

Pohled na pravý horní kvadrant je nejcitlivější metoda k vyšetření traumatu jater, a pohled na levý horní kvadrant je zas schopen odhalit volnou tekutinu ve „splenorenálním, levém parakolickém a v subfrenickém prostoru“. Pánevní pohled je užitečný díky viditelnosti volné tekutiny o objemu od sto mililitrů ([SAVATMONGKORNGUL, Sorravit, 2017](#)).

Ultrazvukové vyšetření pneumotoraxu je možno provést pomocí tzv. e-FAST dutiny břišní a hrudníku. Terapie závisí zejména na včasné diagnostice, kterou ohrožuje riziko přehlédnutí pneumothoraxu či nedostačující vyšetření za pomoci rentgenu či fyzikálního vyšetření. Opět zde využíváme možnosti vyšetření pacienta už v době neodkladné resuscitace za pomoci ručního ultrazvukového vyšetření. Při vyšetření plic je širokopásmová sonda umístěna kolmo na mezižební prostor, a díky tomu je zobrazeno pleurální rozhraní a detekovány dýchací pohyby. Vyšetření může být doplněno Dopplerovským vyšetřením „power-slide“ a zobrazením mezižebního prostoru ve „střední axilární linii“.

Vyšetření lze provést za méně než minutu, a ve chvíli, kdy nevidíme tzv. „klouzavý artefakt ocasu komety“, jsme schopni diagnostikovat pneumothorax. V tomto případě se také vyskytují „horizontální zrcadlové artefakty a artefakty horizontálního dozvuku na vrcholu hrudníku.“ O pneumothoraxu lze hovořit ve chvíli, kdy nelze oddělit viscerální pleuru od parietální, a ve chvíli, kdy jsou „dva pleurální povrchy v apozici.“ „Klouzání pleurálního povrchu“ je vidět tehdy, kdy jsou oba povrchy odděleny tekutinou..

K hodnocení patologického vzduchu či tekutiny v dutině pohrudniční jsou používány „křivočaré poloabdominální sondy s těsně zakřiveným poloměrem, který umožňuje, aby se hlavice převodníku vešla mezi žebra“. Výsledkem vyšetření jsou 4 pohledy vytvořené sondou o frekvenci 3,5 MHz. Díky tomuto rozšíření je indikací k focused assessment with sonography in trauma nejen nitrobřišní a intercelulární krvácení, ale též krvácení do osrdečníku. Výhodné je jejich využití u hromadných neštěstí, a to zejména díky malé velikosti, „kompatibilitě a přenosnosti“. Indikacemi k vyšetření rychlým ultrazvukem je „izolované tupé břišní trauma; multisystémové tupé trauma; pronikající rány torakoabdominálního, pánevního pletence a proximálních stehen; a u obětí v bezvědomí s neznámým mechanismem poranění“. Vyšetření je velmi citlivé k volné tekutině, ale není dostatečně přehledné po stránce orgánových změn. Lze provést tzv. „ruční cílené hodnocení pomocí sonografie (HFAST)“, nebo „zaměřené hodnocení pomocí sonografie pro trauma (FFAST)“ s menším rizikem falešně negativního nálezu. Obě vyšetření mají stejné poslání: doplnit nejasný nález z fyzikálního vyšetření v důsledku „neurologického stavu, přítomnosti analgetik, sedativ a jiných psychotropních léků a dalším rušivým zraněním“ a umožnit využití výhod digitalizace už v přednemocniční péči. HHFAST je vždy zapotřebí doplnit dalšími vyšetřovacími metodami či cíleným zobrazením na určitou oblast. Jedná se pouze o „počáteční screeningovou techniku“, která nemá ideální senzitivitu pro vyšetření střev ([KIRKPATRICK, Andrew, 2004](#)).

Může být též detekováno krvácení do dutiny hrudní či břišní s poraněním bránice, jater, žaludku či sleziny. Toto vyšetření je využíváno zejména k detekci rychlým ultrazvukem „tupého poranění v oblasti břicha a izolovaného penetračního srdečního poranění“. Metodu lze využít také k vyšetření malé pánve a Morisonova prostoru ([MOŠNA, František, 2018](#)).

Je-li nemocný hypoxický a hypovolemický, je vždy nutno uvažovat o možném zranění hrudníku a břicha. Díky včasné diagnostice a terapii hemothoraxu a pneumothoraxu je možno významně snížit úmrtnost.

Vyšetření pomocí ultrasonografie je vhodné jako metoda první volby v detekci volné peritoneální tekutiny a k získání přehledu o intraperitoneální dutině. Jsme schopni vyšetřit tyto rizikové oblasti: „(Morisonův vak ([SUCIU, Sebastian, 2019](#)) k detekci masivního peritonea ([KIRKPATRICK, Andrew, 2004](#)), Collerův vak, splenorenální fossa, Douglasův vak, parenchymální poškození nitrobřišních orgánů)“.

Vysokou senzitivitu k detekci intraperitoneální hemoragie má Dopplerovská metoda. Indikací je hypotenze, změněné vnímání a nejasné důvody k operačnímu výkonu. Nevýhodou je velmi nízká přesnost ([SUCIU, Sebastian, 2019](#)).

Základní polohou pro vyšetření je vleže na zádech, při níž dochází ke standardnímu rozložení tekutiny ([MOŠNA, František, 2018](#)).

Je-li nemocný hypoxický a hypovolemický, je vždy nutno uvažovat o možném zranění hrudníku a břicha. Díky včasné diagnostice a terapii hemothoraxu a pneumothoraxu je možno významně snížit úmrtnost.

2.2 Urgentní ultrazvuk plic u lůžka nemocného

Urgentní ultrazvuk plic u lůžka nemocného, neboli BLUE, je ultrasonografické vyšetření v reálném čase zaměřené na poranění plic, pleury a cév hrudníku. Provádí se u hypoxemických a dyspnoických pacientů a hodnotí „klouzání plic, alveolární konsolidace nebo pleurální výpotek a žilní analýzu“. Je přirovnáváno ke skenování výpočetní tomografií, výrazně šetří čas a náklady, a nevystavuje nemocného ionizujícímu záření.

K vyšetření používáme „konvexní sondu 2–5 MHz a vysokofrekvenční lineární sondu 5–10 MHz“. Pomocí profilu A a B sledujeme klouzavý pohyb plic a „profilem C přední konsolidaci“. Naopak profil A+ nám umožňuje vyšetřit „alveolární a / nebo pleurální akutní respirační tíseň“. Výsledkem je zobrazení přední a laterální strany hrudníku spolu s „bodem posterolaterálního alveolárního pleurálního syndromu“. Každou oblast dělíme do dvou, a každou plic pak dělíme do šesti zón.

O pneumothoraxu uvažujeme ve chvíli, kdy na M-módu chybí klouzání plic. Je však nutno diagnózu potvrdit CT či RTG.

2.3 Vyšetření šokového stavu za pomoci ultrasonografie plic

FALLS protokol (Fluid Administration Limited by Lung Sonography) slouží k vyloučení „obstrukčního, kardiogenního (z levého srdce), hypovolemického a nakonec distribučního šoku, tzv. septického šoku“. Postupně vyhledává „substanciální perikardiální tekutinu, rozšíření pravé komory, tamponádu srdeční, plicní embolii, pneumothorax“ ([PATEL, Neil, 2017, str. 403–418](#)).

Je-li patrné více B-linií, tzv. „artefakty ocasu komety“, můžeme hovořit o plicním edému s rizikem levého kardiogenního šoku. Po podání tekutin bychom měli vidět normální obraz povrchu plic.

Přejdou-li vodorovné čáry A na svislé B, můžeme uvažovat distribučním či septickým šoku, o tzv. „přímém markeru volemie.“ Za pomoci „mikrokonvexní sondy dovyšetříme srdce, plíce a žíly“ ([FALLS, Daniel, 2013, str. 142–147](#)).

2.4 Urgentní transthorakální echokardiografie

Urgentní transthorakální echokardiografie, neboli FATE protokol, používáme k diagnostice akutních obtíží u pacientů s dušností a dalšími příznaky svědčícími o suspektním poranění v oblasti hrudníku ([OVELAND, N., Petter, 2013, 189–193](#)). Díky tomuto vyšetření jsme schopni ve velmi krátkém časovém horizontu získat informace o případné „hypovolémii v důsledku krvácení, tamponádě perikardu, disekci, či traumatu aorty, pneumothoraxu a atelektáze plic“ ([LICHTENSTEIN, Daniel, 1995, str. 1345–1348](#)).

Celé vyšetření sestává z pěti pohledů:

1. „Subkostální pohled.
2. Apikální čtyřkomorový pohled: levé síně, levé komory, pravé síně a pravé komory. Interatriální přepážka, mezikomorová přepážka, mitrální chlopně a trikuspidální chlopně, přičemž lze také odhadnout tloušťku volné stěny pravé komory, průměr a zhroucení dolní duté žíly.
3. Parasternální pohled na dlouhou osu: Tento pohled ukazuje levou komoru, mitrální chlopně, levou komoru, AV, pravou komoru a sestupnou aortu. systolickou funkci levé komory, dilataci a hypertrofii komor, hypertrofii mezikomorového septa, funkci mitrální a aortální chlopně, sestupnou dilataci aorty, perikardiální a pleurální výpotek.
4. Parasternální pohled na krátkou osu levé komory, mezikomorovou přepážku a část pravé komory, anterolaterálními a posteromediálními papilárními svaly, apikální segmenty levé komory, vizualizaci aorty v krátké ose, pravý koronární hrot sousedící s pravou komorou, nekoronární hrot sousedící s interatriální přepážkou a zbývající levý koronární hrot. Levá síň, interatriální přepážka, RATV, pravá komora, výtokový trakt pravé komory, plicní chlopně a hlavní plicní tepna, levá hlavní koronární tepna.
5. Pleurální skenování“ ([NAGRE, A., Sachin, 2019, str. 302–308](#)).

3 Výpočetní tomografie v radiodiagnostice polytraumat

Základním principem funkce multidetektorové výpočetní tomografie (MDCT) je „skenování CAT, computed axial tomography,“ založená na rozdílné absorpci transmisního rentgenového záření v jednotlivých tkáních a počítačovém vypočítání následného obrazu. Dojde k tzv. „rozřezání“ celé skenované oblasti na vrstvy „slice“, jejichž tloušťka vrstvy méně než jeden až deset milimetrů je určena tloušťkou rentgenového svazku, kterým postupně skenujeme tělo pacienta projíždějící spolu se stolem otvorem přístroje. Skenování probíhá z mnoha různých úhlů během 10–50 rotací, tak, že rentgenka opisuje tvar spirály. Odtud název spirální výpočetní tomografie. Trendem dnešní doby je EBCT skener (Electron beam computed tomography), který disponuje elektronovým paprskem a neobsahuje pohyblivé součásti, což zrychluje vyšetření. a nabízí i kontrastní možnost angiografie ([CELLINA, Michaela, 2018](#)). Výpočetní tomografie je soustava rentgenky a stovek tisíc protilehlých detektorů uložených v gantry. Skenování probíhá na principu transmisního skeneru v řezech o jednotkách až desítkách milimetrů ve stovkách projekcí z mnoha různých úhlů. Následně pomocí zpětné filtrované projekce, či iterativní rekonstrukce vzniká obraz. Absorbce rentgenového záření s vyjadřuje pomocí tzv. Hounsfieldových jednotek (HU).

Tabulka č. 2 Hounsfieldovy jednotky dle knihy Multidetektorová výpočetní tomografie od Jiřího Ferdy pro dané tkáně:

„Tkáň	Denzita (HU)
Vzduch	-1000
Tuk	-100 až -50
Voda	0
Mozkomíšní mok	+15
Bílá hmota mozková	+20 až +30
Šedá hmota mozková	+37 až +45
Nekoagulovaná krev	+30 až +45
Játra	+50 až +65
Koagula	+60 až +80
kost	>+ 700
kov	Až +3000“

([FERDA, Jiří, 2015, str.18–19](#))

3.1 Vyšetření mozku a lebky výpočetní tomografií

Výpočetní tomografie vykazuje vysokou citlivost k hemoragickým lézím vzniklým při úrazech mozku, které mají velmi vysokou mortalitu. Na základě CT vyšetření můžeme stanovit výsledky až dvou prognostických hodnocení ([HARDMANN, Simon, 2019](#)). Považuje se „za zlatý standard pro hodnocení traumat hlavy“ ([CELLINA, Michaela, 2018](#)) a důkazem přínosu této zobrazovací metody k diagnostice je i velmi vysoké procento nitrolebních krvácení hlášených radiologem. Obecně se jedná o subdurální, subarachnoidální, komorová a subspínální krvácení. Vyšetření musí být velmi často prováděno opakovaně k potvrzení diagnózy a sledování vývoje stavu nemocného. Terapie je zejména chirurgická a antihypertenzní. U novorozenců může být alternativou „transfontanární ultrasonografie“ ([MASCARENHAS, Lino, 2019](#)).

Z důvodu radiační ochrany a vysokých ekonomických nákladů je užití výpočetní tomografie stanoveno těmito přísnými pravidly: „přítomnost fokálního neurologického deficitu, stížnost: sensorická nebo motorická abnormalita, abnormální řeč, vizuální změna a poruchy sluchu), zřetelná rána hlavy, příznaky podezření na zlomeninu lebky, hemotympanum, oči mývalové / pandy, přítomnost úniku mozkomíšního moku z nosu, nebo ucha, předchozí operace ústní dutiny, předpoklad alkoholu a perorální antikoagulační předpoklad“ ([CELLINA, Michaela, 2018](#)).

Tabulka č.3: CT protokol pro nativní vyšetření mozku

Rozsah	Foramen magnum až vertex
KV/referenční kvalita mAs	120kV/250-380
Kolimace/faktor stoupání	<1 mm/ <1
Šíře vrstvy/increment	5 mm/ 5 mm; 0,75 mm/ 0,5 mm
Rekonstrukční algoritmus	Pro mozek s optimalizací
Aplikace kontrastní látky	Nekontrastní
Fáze zobrazení/ zpoždění	Nekontrastní
Indikace	
Nekontrastní:	Poranění hlavy, Bolest hlavy, Podezření na krvácení, Podezření na ischemii, Bezvědomí, Syndrom nitrolební hypertenze, Hydrocefalus, Žilní trombóza
postkontrastní	Intrakraniální expanze, Předoperační navigace

Hodnocení	
Šíře vrstvy	5–6 mm
Okénko	C 35; W 120/ C 35; W120
Roviny MPR	Orbitomeatální, COR, SAG
MIP/ MiNIP	Nemá uplatnění
VRT rekonstrukce	Stínované – neurokranium
Další postprocessing	Analýza cerebral blood volume
Dokumentace nálezu	MPR
Tipy a Triky	<p>Pro hodnocení neurokrania je vhodná rekonstrukce tenkých obrazů algoritmem pro HRCT</p> <p>U poranění hlavy dle stavu je možné prodloužit rozsah i na obličej a krční páteř</p> <p>U přístrojů, kde není možné sklopit gantry, je vhodné sklopit hlavu pomocí polohovacího podhlavníku.</p> <p>U akutní ischémie mozku následuje perfuzní zobrazení a CTA u subarachnoidálního krvácení CTA“</p>

([FERDA, Jiří, 2009, str. 82–84](#))

Tabulka č. 4: CT protokol pro vyšetření mozku při kraniofaciálním traumatu nativně

Příprava pacienta	Základní bez přípravy (vyplněný a podepsaný informovaný souhlas)
Centrace	AP na kořen nosu, bočný: zevní zvukovod
Akvizice CT – nativní	<p>Topogram: bočný a předozadní</p> <p>Rozsah vyšetřované oblasti: od dolního okraje mandibuly po klenbu lební</p> <p>Vyšetřovací rovina – axiální</p> <p>Směr skenování - kaudo – kraniální</p> <p>Instrukce pacientovi</p>

Akviziční parametry	Nastavené ve vyšetřovacích protokolech v CT přístroji HLAVA /PRO 3D/
Rekonstrukce nativně v případě traumat	R2 Šíře vrstvy – 0,625 mm Interval – 0,600 mm Recon Type – bone plus R3 Šíře vrstvy – 5 mm Interval – 5 mm Recon type – standard
Zpracování studie	Filtrovaná zpětná studie + iterativní rekonstrukce Batch z BONE PLUS rekonstrukce – MOZEK OBLIČEJ Koronálně pro celou oblast lebky
Reformát nativně	Mode – average Batch ze STANDARD REKONSTRUKCE – mozek obličej Orbitomeatálně přes celou oblast lebky Sparing between images – 2,5 mm“

R2/3 – rekonstrukce 2/3

3.2 Vyšetření páteře výpočetní tomografií

Jako první vyšetření při podezření na poranění páteře bývá volena výpočetní tomografie a teprve v případě nejasného nálezu, který nevede k odhalení příčiny obtíží je užita magnetická rezonance. Rozsah traumatu závisí na mechanismu úrazu a přidružených onemocněních, jako je osteoporóza, zánětlivé změny a předchozí úrazy ([JANDURA, Jiří 2019](#)). Základem diagnostiky můžou být, díky vysoké senzitivitě už samotné CT skauty a v případě jejich nedostatečnosti přistupujeme k celému vyšetření výpočetní tomografií, která umožňuje diagnostiku vertebrální komprese pomocí multiplanárních rekonstrukcí, nebo izolovanou příčinu fraktury lumbálního úseku páteře. V případě nejasného nálezu lze využít moderní magnetickou rezonanci, která však není dostupná ve všech nemocnicích ([ASO-ESCARIO, José, 2019](#)).

Tabulka č. 5 CT protokol pro vyšetření krční páteře nativně

Protokol	
Rozsah	Foramen magnum – C7
kV/ referenční kvalita mAs	120 kV/ 250 mAs
Kolimace/ faktor stoupání	0,6 mm/ 0,9
Šíře vrstvy/ inkrement	0,75 mm/ 0,5 mm
Rekonstrukční algoritmus	Měkké tkáně, HRCT
Aplikace kontrastní látky	Nekontrastní
Fáze zobrazení/zpoždění	Nekontrastní
Hodnocení	
Šíře vrstvy	0,75 mm, 2 mm
Okénko	C 50/ W 400; C 300, W 1500
Roviny MPR	AX, SAG, COR
MIP, MinIP	Nemají využití
VRT rekonstrukce	Stínované
Další postprocessing	Vzácně virtuální endoskopie (VE)
Dokumentace nálezu	MPR
Indikace	Diskopatie Degenerativní onemocnění kloubů Poranění Nádory Záněty – apondylodiscitida
Tipy a triky	Sagitální roviny jsou velmi rychlé při posouzení závažného poranění. Při hodnocení v 3D prostředí je možné adaptovat roviny zobrazení dle rovin plotének nebo oblouků. Pro zobrazení foramin jsou nutné parasagitální sešikmené projekce.

	Při aplikaci k.l. i.v. je možné zobrazit i spinální arterii.“
--	---

([FERDA, Jiří, 2009, str. 202–204](#))

Tabulka č. 6 CT protokol pro vyšetření krční páteře

indikace	Průkaz traumatu krční páteře
kontraindikace	Gravidita, laktace, obezita, nespolupráce pacienta
Příprava pacienta	Základní: bez přípravy Vyplněný a podepsaný informovaný souhlas
poloha	Vleže na zádech, hlavou směrem do gantry. Hlava fixována v nástavci pro vyšetření hlavy a krku fixačním pásem, ruce podél těla.
Centrace (pozice centrovacích laserů	AP – na jugulum Bočný – do středu vyšetřovaného objemu
Strategie vzhledem k podání k.l. i.v.	Nativní sken
Akvizice CT – nativní	Topogram – předozadní a bočný Rozsah vyšetřované oblasti: od horní hrudní apertury po kost skalní Vyšetřovací rovina: axiální Směr skenování – kaudokraniální Instrukce pacientovi: nedýchat, nepolykat
Akviziční parametry	Nastavení ve vyšetřovacích protokolech v přístroji – C-PATER
Rekonstrukce – nativně	R2 Šíře vrstvy – 0,625 mm Interval – 0,625 mm Recon type – BONE PLUS
Zpracování studie	Filtrovaná zpětná projekce + iterativní rekonstrukce
Reformát – nativně	Batch z BONE PLUS – C PÁTEŘ koronálně

	Spacing between images – 1 mm Slice thickness – 1 mm MODE – average Batch z BONE PLUS – C PÁTEŘ sagitálně Spacing between images – 1 mm Slice thickness – 1 mm MODE – average
--	---

Tabulka č. 7 CT protokol pro vyšetření hrudní páteře nativně

Indikace	Průkaz traumatu hrudní páteře a kontrola
Kontraindikace	Relativní: Gravidita, laktace, obezita, nespolupráce pacienta
Příprava pacienta	Základní: bez přípravy, vyplněný a podepsaný informovaný souhlas
Podání KL i. v.	
Poloha pacienta	Vleže na zádech, nohama směrem do gantry CT přístroje. Vyšetřovací stůl s plochým nadstavcem pro vyšetření těla a končetin, ruce natažené za hlavou.
Centrace (pozice centrovacích laserů)	AP – na jugulum Boční – dolní třetina hrudníku
Akvizice CT nativní	Topogram – předozadní a bočný Rozsah vyšetřované oblasti – od C7 po L1, popřípadě indikujícím lékařem stanovený úsek Vyšetřovací rovina – axiální Směr skenování – kraniokaudální Instrukce pacientovi
Akviziční parametry	Nastavené ve vyšetřovacích protokolech v CT přístroji – TH PÁTEŘ HELICAL
Rekonstrukce – nativně	R2

	Šíře vrstvy – 0,625 mm Interval – 0,625 mm Recon Type – BONE R3 Šíře vrstvy – 0,625 mm Interval – 0,625 mm Recon Type – SOFT
Zpracování studie	Filtrovaná zpětná studie + iterativní rekonstrukce
Reformát nativně	Batch ze STANDARD skenu – Th páteř v rovině Obratle při traumatu (axiálně) Spacing between images – 2 mm Slice thickness – 2 mm Mode – average

Tabulka č. 8 CT protokol pro vyšetření hrudní a bederní páteře nativně

Indikace	Průkaz traumat bederní páteře a pooperační kontrola
Kontraindikace	Relativní: Gravidita, laktace, obezita, nespolupráce pacienta
Příprava pacienta	Základní: bez přípravy, vyplněný a podepsaný informovaný souhlas
Podání KL i. v.	
Poloha pacienta	Vleže na zádech, nohama směrem do gantry, ruce volné položené za hlavu
Centrace (pozice centrovacích laserů)	AP – na spojnici hřebenů kostí kyčelních – crista illiaca Božný – dolní třetinu břicha
Akvizice CT nativní	Topogram – předozadní a bočný

	<p>Rozsah vyšetřované oblasti – od Th12 po S1, po případě indikujícím lékařem stanovený úsek</p> <p>Vyšetřovací rovina – axiální</p> <p>Směr skenování – kraniokaudální</p> <p>Instrukce pacientovi -----</p>
Akviziční parametry	Nastavené v protokolech v CT přístroji – LS páteř helical
Rekonstrukce – nativně	<p>R2</p> <p>Šíře vrstvy – 0,625 mm</p> <p>Interval – 0,625 mm</p> <p>Recon type – BONE</p> <p>R3</p> <p>Šíře vrstvy – 0,625 mm</p> <p>Interval – 0,625 mm</p> <p>Recon type – SOFT</p>
Zpracování studie	Filtrovaná zpětná projekce + iterativní rekonstrukce
Reformát nativně	<p>Batch ze STANDARD skenu L páteř v rovině obratle při traumatu (axiálně)</p> <p>Sparing between images – 2 mm</p> <p>Slice thickness – 2 mm</p> <p>Mode – average</p> <p>Batch ze standard skenu – L páteř sagitálně vždy</p> <p>Sparing between images – 2 mm</p>

([FERDA, Jiří, 2009, str. 204–206](#))

3.3 3D vyšetření kostí a kloubů pomocí výpočetní tomografie

Můžeme velmi dobře zobrazit zlomeniny lebky, páteře a v případě vyšetření břicha zobrazíme v kostním okně obě ramena kosti stydké, nebo Malgaigneovu zlomeninu s vysokým rizikem intraabdominálního krvácení ([KILLEEN, Kareen, I., 1999](#)).

Zlomeniny lebky

Kostní okno výpočetní tomografie umožňuje vyšetřovat s vysokou citlivostí lokalizaci zlomeniny, fragmenty kostí, akutní krvácení a odlišit kompresivní zlomeniny od lineárních zlomenin. Odlišit můžeme také akutní krvácení, epidurální, či subdurální hematom, a zjistit hloubku depresivního zlomeniny, případná doprovodná intrakraniální, pronikající zranění, nebo tříštivou zlomeninu.

Zlomeniny hrudníku

Výpočetní tomografie má významný podíl v diagnostice fraktur kostí hrudníku způsobené tupým tělesem. Výhodou je možnost trojrozměrného zobrazení pohledu na hrudní koš ze všech stran a také chrupavku, kterou jsou žebra připevněna k hrudní kosti. Můžeme zobrazit též všechny přítomné kostní fragmenty v řezech o tloušťce 5 milimetrů a zadní stranu žeber, která lze jinak jen velmi obtížně vyšetřit. Pro frakturu hrudní kosti je výhodné zobrazení v axiálních pěti, nebo jednomilimetrových řezech s možností „koronální a sagitální multiplanární rekonstrukce“ a mnoho dalších trojrozměrných rekonstrukcí. Můžeme touto cestou vyšetřit také zlomeninu scapuly a výskyt subskapulárního hematomu s možnou návazností na zranění horní končetiny a klíční kosti. I velmi závažné zlomeniny sternálních obratlů, dnes již využívají možnosti 3D zobrazení v kostním okně MDCT ([PETROVIČ, Kostka, 2013](#)).

Zlomeniny pánve a kostí končetin

Zlomeniny pánve mají nižší incidenci než zlomeniny ostatních kostí. Jsou však velmi nebezpečné z pohledu krvácení, či poranění měkkých tkání. Vyžadují včasnou diagnostiku a chirurgickou terapii, která by měla vést nejen k fixaci, ale také ke zlepšení hemodynamického stavu pacienta. ([TALLER, Stanislav, 2005](#)) Poranění kostí končetin lze rozpoznat zobrazením lomné linie, zjevné „luxace, či distorze“. Lze doplnit vyšetření magnetickou rezonancí ([BARTUŠEK, Daniel 2004, str. 10–20](#)).

Tabulka č. 9 CT protokol pro vyšetření poranění kostí a kloubů končetin

Protokol	Hodnocení
rozsah	Šíře vrstvy

Rozsah poranění skeletu	1,5 mm, 3 mm
KV/ referenční kvalita mAs	Okénko
120 KV/150 mAs	C 300, W 1500
Kolimace/faktor stoupání	Roviny MPR
0,6–0,75 mm/1	AX, SAG, COR, dle osy kosti
Šíře vrstvy/increment	MIP, MinIP
0,-0,75 mm/0,4-06 mm	MIP vrstvy
rekonstrukční algoritmus	VRT rekonstrukce
Pro HRCT a pro měkké tkáně	Nestínované, stínované
Aplikace kontrastní látky	Další postprocessing
Nekontrastní	Subtrakce části skeletu
Fáze zobrazení/zpoždění	Dokumentace nálezu
Nekontrastní	MPR, VRT
Indikace	Tipy a triky
Zobrazení zlomenin	Poraněnou kost, nebo kloub je nutno zobrazit vcelku
Klasifikace zlomenin	Rekonstrukční algoritmus pro HRCT je často nevhodným pro VRT rekonstrukci v oblasti pánve
Předoperační plánování	Použitím rekonstrukčního algoritmu s potlačením rozhraní zanikají často na VRT některé linie lomu
	Jednotlivé fragmenty kosti nebo hlavici z jamky kloubu lze subtrahovat“

([FERDA, Jiří, 2009, str. 194–195](#))

Tabulka č. 10 CT protokol pro vyšetření poranění kostí končetin

Indikace	Podezření na frakturu.
Kontraindikace	Relativní: gravidita (provedení jen u závažných stavů), laktace, obezita, nespolupráce pacienta.

Příprava pacienta	Základní: bez přípravy Vyplněný a podepsaný informovaný souhlas!
Podání KL i. v.	-
Poloha pacienta	Vleže na zádech hlavou, nebo nohama směrem do gantry
Centrace (pozice centrovacích laserů)	AP: do středu vyšetřovaného objemu Bočný: do středu vyšetřovaného objemu
Strategie vzhledem k podání KL i. v.	Nativní sken
Akvizice CT – nativní	Topogram: předozadní a bočný Rozsah vyšetřované oblasti: celá oblast kloubu s okolní návazností, event. úsek dlouhé kosti Vyšetřovací rovina: axiální Směr skenování: kraniokaudální Instrukce pacientovi: nehýbat se
Akvizice CT – kontrastní	-
Akviziční parametry	Nastavené ve vyšetřovacích protokolech v CT přístroji: RAMENO, LOKET, ZAPESTI / KOLENO / PATA, KOTNIK
DRÚ	viz příloha č.
Rekonstrukce	R2 Šíře vrstvy: 1,25 mm Interval: 0,625 mm Recon type: BONE PLUS
Zpracování studie	Filtrovaná zpětná projekce + iterativní rekonstrukce
Reformát	Batch – SKELET koronárně Sparing between images: 1 mm Slice thickness: 1 mm

	Mode: average Batch – SKELET sagitálně Spacing between images: 1 mm Slice thickness: 1 mm Mode: average
--	---

Tabulka č. 11 CT protokol pro vyšetření poranění pánve

Indikace	Podezření na frakturu.
Kontraindikace	Relativní: gravidita (provedení jen u závažných stavů), laktace, obezita, nespolupráce pacienta.
Příprava pacienta	Základní: bez přípravy Vyplněný a podepsaný informovaný souhlas!
Podání KL i. v.	-
Poloha pacienta	Vleže na zádech, nohama směrem do gantry.
Centrace (pozice centrovacích laserů)	AP: crista iliaca a dolní třetina břicha Bočný: do středu vyšetřovaného objemu
Strategie vzhledem k podání KL i. v.	Nativní sken
Akvizice CT – nativní	Topogram: předozadní a bočný Rozsah vyšetřované oblasti: celá oblast pánve Vyšetřovací rovina: axiální Směr skenování: kraniokaudální Instrukce pacientovi: nehýbat se
Akvizice CT – kontrastní	-
Akviziční parametry	Nastavené ve vyšetřovacích protokolech v CT přístroji: PANEV, KYCLE – TRAUMA
Rekonstrukce	R2 Šíře vrstvy: 1,25 mm Interval: 0,625 mm Recon type: BONE PLUS

Zpracování studie	Filtrovaná zpětná projekce + iterativní rekonstrukce
Reformát	Batch – SKELET koronárně Sparing between images: 1 mm Slice thickness: 1 mm Mode: average

3.4 Polytraumatický CT protokol

Celotělové vyšetření výpočetní tomografií je standardním postupem obzvláště pak u pacientů se selháním základních životních funkcí. Celotělové kontrastní trauma vyšetření začíná nativním skenem hlavy a krku po němž následuje kontrastní vyšetření hrudníku a břicha ([RYGL, Michal, 2017](#)) za pomoci jodové kontrastní látky, jejíž koncentrace závisí na druhu preparátu ([GIRSA, David, 2019](#)). Zvláště u dětí lze kontrastní látku aplikovat dvoufázově, což zajistí dostatečnou náplň tepen i orgánů kontrastní látkou („Camp Bastion Contrast Calculator“) ([RYGL, Michal, 2017](#)). Existuje více variant polytraumatického CT protokolu, které jsou voleny a individuálně upravovány dle konkrétních potřeb diagnostického procesu. Jednotlivé vyšetřovací postupy nejsou rigidní a samotný polytraumatický CT protokol má mnoho různých variant, které jsou individuálně upravovány. Disponuje například možností vyšetřit postkontrastně oblast krku, hrudníku, břicha a pánve k eventuální diagnostice disekce karotid, či možnost postkontrastního vyšetření pouze hrudníku, břicha a pánve. Rozeznáváme tyto základní typy:

Monofázový polytraumatický CT protokol

Umožňuje relativně snadné provedení na úkor zobrazení traumatu tepenného řečiště a relativně malého množství získaných dat.

Multifázový polytraumatický CT protokol

Skýtá zobrazení tepenného řečiště, parenchymových orgánů i volné tekutiny. Získáme tak velké množství dat a pacient obdrží velkou dávku záření, cca. 30 mSv.

Polytraumatický CT protokol s použitím děleného bolu

Kombinuje možnost posouzení tepen a parenchymových orgánů při radiační a datové zátěži nižší než v případě multifázového protokolu. Je zapotřebí zkušeného personálu, který je schopen správně načasovat vhodnou velikost dávek kontrastní látky. Je zde i riziko špatné přehlednosti poranění v podobě arteriálních pseudoaneurysmat, parenchymových orgánů a arteriovenózních

píštělí a nutnost navýšit kontrastní látku zhruba o jednu třetinu. Lze ji dávkovat buď všem pacientům bez rozdílu, nebo se řídit jejich hmotností ([GIRSA, David, 2019](#)).

Tabulka č. 12 Polytraumatický CT protokol

Protokol	Hodnocení
Rozsah	Šíře vrstvy
Hlava + krk, hrudník + břicho +pánev	5 mm, 3 mm, 1,5 mm
KV/referenční hodnota mAs	Okénko
	C 35, W 120; C 50, W 350; C -600, W 16 000
Kolimace/faktor stoupání	Roviny MPR
0,6 mm/1,5	AX, SAG, COR
Šíře vrstvy/ inkrement	MIP, MinIP
5 mm/ 5 mm, 0,6 mm/0,4 mm	MIP nebo MinIP vrstvy
Rekonstrukční algoritmus	VRT rekonstrukce
Mozek, měkké tkáně, HRCT	Stínované
Aplikace kontrastní látky	Další postprocessing
i.v. 100-120 ml, 3 ml/s trup	Vzácné virtuální endoskopie (VE)
Fáze zobrazení/zpoždění	Dokumentace nálezu
Naplnění aorty a portální žíly/ 35 s	MPR, MIP, MinIP, VRT
Indikace	Tipy a triky
Vysokoenergetické trauma Pády z výšek Dopravní nehoda zasypání Přítisknutí břemenem	Neztrácet čas zbytečnými rekonstrukcemi Neztrácet informace pomnutím rekonstrukcí tenkých vrstev Při nedostatečném nasycení břišních orgánů bezprostředně provést další fázi zobrazení Trojrozměrné rekonstrukce poraněného skeletu dají informace více než celá stránka popisu“

VRT – volume rendering technics

([FERDA, Jiří, 2009, str. 210–211](#))

Tabulka č. 13 Polytraumatický CT protokol

Indikace	Průkaz traumatu při vysoko energetických poranění a krvácení do Centrálního nervového systému, dutiny hrudní a břišní.
Kontraindikace	Relativní: gravidita, laktace, obezita a nespolupráce pacienta.
Příprava pacienta	Bez přípravy Vyšetření z vitální indikace Vyplněný a podepsaný informovaný souhlas
Podání K.L. i.v.	Typ, koncentrace: neionická, 320 – 400 mg J/ml Množství: 80 ml (nebo dle váhy) + proplach 30 ml FR Způsob podání: tlakový injektor Rychlost podání: 1,8 ml/s Zpoždění zahájení skenování: 60s od bolusu KL
Poloha pacienta	Nativní – mozek a C páteř: Vleže na zádech hlavou směrem do gantry. Hlava fixována v nástavci pro vyšetření hlavy a krku fixačním pásem, ruce podél těla. Kontrastní – hrudník a břicho: Vleže na zádech hlavou směrem do gantry, ruce natažené za hlavou a zajištěné fixačním pásem nebo překřížené na břiše. Zajištěn venózní přístup – kanyla 18 – 22G
Centrace (poloha centrovacích laserů)	Nativní – mozek a C páteř: AP:: na kořen nosu Bočný: zevní zvukovod Kontrastní – hrudník a břicho: AP: na jugulum

	Bočný: do středu vyšetřovaného objemu
sStrategie vzhledem k podání K.L. i.v.	Nativní a kontrastní sken
Akvizice CT – nativní	<p>Topogram: bočný a předozaďní</p> <p>MOZEK:</p> <p>Rozsah vyšetřované oblasti: od báze po klenbu lební</p> <p>Vyšetřovací rovina: supraorbitomeatální čára</p> <p>Směr skenování: kaudokraniální</p> <p>Instrukce pacientovi: -</p> <p>C PÁTEŘ:</p> <p>Rozsah vyšetřované oblasti: od báze po Th 1</p> <p>Vyšetřovací rovina: axiální</p> <p>Směr skenování: kraniokaudální</p> <p>Instrukce pacientovi: -</p>
Akvizice CT – kontrastní	<p>Topogram: bočný a předozaďní</p> <p>HRUDNÍK A BŘICHO:</p> <p>Rozsah vyšetřované oblasti: od C 6 až pod dolní okraj pánve</p> <p>Vyšetřovací rovina: axiální</p> <p>Směr skenování: kraniokaudální</p> <p>Instrukce pacientovi: zadržení dechu v nádechu</p>
Akviziční parametry	<p>Nastavené ve vyšetřovacích protokolech v CT přístroji</p> <p>POLYTRAUMA</p>
Rekonstrukce nativně i postkontrastně	<p>NATIVNÍ MOZEK:</p> <p>R2</p> <p>Šíře vrstvy: infratentoriálně 1,25 mm</p> <p>supratentoriálně 1,25 mm</p> <p>Interval: 20 mm</p> <p>Recon type: BONE PLUS</p>

	<p>NATIVNÍ C PÁTEŘ:</p> <p>R2</p> <p>Šíře vrstvy: 0,625 mm</p> <p>Interval: 0,625 mm</p> <p>Recon type: BONE PLUS</p> <p>POSTKONTRASTNÍ HRUDNÍK A BŘICHO:</p> <p>R2</p> <p>Šíře vrstvy: 1,25 mm</p> <p>Interval: 1 mm</p> <p>Recon type: STANDARD</p>
Zpracování studie	Filtrovaná zpětná projekce + iterativní rekonstrukce
Reformát nativně i postkontrastně	<p>NATIVNÍ:</p> <p>Batch z BONE PLUS rekonstrukce – C</p> <p>PÁTEŘ koronálně Sparing between images: 1 mm</p> <p>Slice thickness: 1 mm</p> <p>Mode: average</p> <p>Batch z BONE PLUS rekonstrukce – C</p> <p>PÁTEŘ sagitálně</p> <p>Sparing between images: 1 mm</p> <p>Slice thickness: 1 mm</p> <p>Mode: average</p> <p>POSTKONTRASTNÍ:</p> <p>Batch ze STANDARD rekonstrukce – Th a L</p> <p>PÁTEŘ sagitálně</p> <p>Sparing between images: 2 mm</p> <p>Slice thickness: 1 mm</p> <p>Mode: average</p>

	Batch ze STANDARD rekonstrukce – HRUDNÍK a BŘICHO koronálně Sparing between images: 5 mm Slice thickness: 3 mm Mode: average“
--	---

3.5 CT protokol „mediastinum a retroperitoneum“

Tento protokol užíváme k vyšetření trupu zraněného v rozsahu od kostí klíčních po symfýzu, tzv. hrudník, břicho a pánev ([FERDA, Jiří, 2009, str. 144–145](#)).

Poranění hrudníku se týká až 1/3 osob s úrazem. Vyšetření bývá doplněno rentgenovým snímkem srdce a plic a pozitivní nález nemocného indikuje k hrudní drenáži, či chirurgickému otevření dutiny hrudní. Je též možno provést celou řadu miniinvazivních výkonů. Můžeme takto diagnostikovat a léčit pneumothorax, hemothorax, poranění trachey, jícnu, jater, srdce, či plic a velkých cév ([VODIČKA, Josef, 2007](#)).

CT vyšetření břicha bezpečně diagnostikuje „poranění parenchymových orgánů retroperitonea a bránice“ ([VYHNÁNEK, František, 2012](#)).

Poranění uropoetického systému lze vyšetřit za pomoci CT „retrográdní ureterocystografie“, které doplníme o klasické CT k diagnostice hemoragie, hematomu, či poranění pánevních orgánů. Diagnostiku fraktur pánve lze doplnit o klasické skiagrafické vyšetření. ([CHMELOVÁ, Jana, 2008](#))

Tabulka č. 14 CT protokol „mediastinum a retroperitoneum“

Protokol	Hodnocení
Rozsah	Šíře vrstvy
Klíční kost až symfýza	5mm, 1mm plíce
kV/referenční kvalita mAs	Okénko
120kV/150mAs	C50, W350; C -600, W 1600
Kolimace/faktor stoupání	Roviny MPR
0,6-0,75 mm/1-1,5	AX, SAG, COR
Šíře vrstvy/ increment	MIP, MinIP
0,6 mm/0,4 mm;5mm/5mm	MIP vrstvy k hodnocení plicního ložiska
Rekonstrukční algoritmus	VRT rekonstrukce

Měkké tkáně	Nestínované
Aplikace kontrastní látky	Další postprocessing
i.v. 80 ml, 3 ml/s; p.o. 1000 ml	CAD plicních uzlů, CAD uzlin
Fáze zobrazení/ zpoždění	Tipy a triky
Portální/ 40–50 s	U lymfomů je často součástí vyšetření i oblast
Indikace	krku, lze ji vyšetřit také samostatně.
Traumata	Při velmi krátkých akvizicích dat je potřeba
Staging a restaging lymfomů	prodloužit zpoždění akvizice dat od podání
Nádorová diseminace	k.l. i.v.
Sepse nejasného původu	Pokud nemocný není schopen delší apnoe,
Pooperační stavy	mělce dýchá, prudký nádech zanechá velký artefakt.
	Pro dvoufázové zobrazení břicha je zkráceno zpoždění akvizice, aby břicho bylo v arteriální fázi.“

([FERDA, Jiří, 2009, str. 144–145](#))

CAD – Počítačem podporovaná detekce (Computer-aided detection)

3.6 Intervenční výkony pod CT kontrolou

Kromě klasické laparotomie, či thorakotomie je k zástavě krvácení možno využít intraarteriální embolizaci. Tato léčba je prováděna na základě CT angiografie za pomoci mikrokatestrů, je však vysoce specializovaná a není tedy dostupná ve všech nemocnicích. Její dostupnější obdobou může být léčba endoskopická. Tímto způsobem je možno léčit zejména krvácení do trávicího traktu. Indikací k tomuto zákroku jsou příznaky hemodynamické nestability jako například „meléna, enteroragie, pokles systémového tlaku krve a tachykardie.“ Při CTA je zjevně vidět únik kontrastní látky do lumen trávicí trubice. Tepna je selektivně nasondována a je provedena embolizace. S odstupem 10 minut je opakováno angiografické vyšetření a v případě, že nenalezneme krvácení můžeme terapii považovat za úspěšnou. K mikroembolizaci jsou užívány tyto preparáty: „polyvinylakoholu n-butyl, 2-kyanoakrylát a trombogenní mikrospirály s polyesterovými vlákny“ ([KRAJINA, Antonín, 2020](#)). Kromě léčby krvácení je možno touto cestou provést terapii „pseudoaneurysmat a arteriovenózních píštělí“ ([ČERNÁ, Marie, 2019](#)).

4 Magnetická rezonance v radiodiagnostice polytraumat

Jedná se hůře dostupné a nákladné vyšetření. Dostupnost je limitována přístrojovým vybavením, dostatečným vzděláním zaměstnanců a edukací všech přítomných osob, a to včetně pacienta, pokud to jeho stav umožňuje. Oproti výpočetní tomografii je také delší doba přípravy i samotného vyšetření, což souvisí i se zajištěním všech potřebných pomůcek k intubaci, anestezii a infuzní terapii v podobě kompatibilní s magnetickou rezonancí. Jednou z důležitých podmínek vyšetření je odstranění všech kovových předmětů z povrchu těla pacienta i z prostoru vyšetřovny. V opačném případě hrozí poškození přístroje, či dokonce úraz pacienta ([JANDURA, Jiří 2019](#)). Funkční princip spočívá ve fyzikálním jevu nukleárně magnetické rezonance tzv. spinu atomů s lichým počtem protonů umístěných v silném magnetickém poli, díky kterému dojde k vyrovnání vektorů jednotlivých atomů s vektorem pole. Ovlivnění precesního pohybu vede k vychýlení vektoru a ke vzniku příčné magnetizace. Měříme T1 a T2 relaxační čas, což je doba obnovy 63 % a 37 % původní podélné magnetizace ([FERDA, Jiří, 2015, str. 22](#)).

4.1 Vyšetření páteře za pomoci magnetické rezonance

Jako první vyšetření při podezření na poranění páteře bývá volena výpočetní tomografie, a teprve v případě nejasného nálezu, který nevede k odhalení příčiny obtíží, je užita magnetická rezonance. Rozsah traumatu závisí na mechanismu úrazu a přidružených onemocněních, jako je osteoporóza, zánětlivé změny a předchozí úrazy. Odchytky od fyziologického postavení skeletu by měly vést k pátrání po poškození vazů (jejich rupturu, odtržení, či avulzi), meziobratlových disků (krvácení, ruptura či kýla do epidurálního prostoru), míchy (komprese, edém, či nehemoragická kontuze), a dokonce i edému kostní dřevě. Celé nativní vyšetření provádíme v sagitální rovině, a následně doplníme zobrazení Short tau inversion recovery (Short Tau Inversion Recovery) k potlačení signálu tukové vrstvy.

V rámci T2 zobrazením s velmi tenkými řezy a velkou variabilitou rekonstrukcí můžeme vyšetřit syndrom kaudy, akutní plegii, nebo parézu, akutní bolest vyžadující chirurgický zásah, příznaky útlaku kořenů míšních nervů, příznaky edému, či kontuze míchy. Dále pak útlaky nervů v míšním kanálu i jeho okolí.

V případě zjištění patologie doplníme pro danou oblast T2 vážené zobrazení. „Difuzně vážené zobrazení (DWI), ačkoliv nebývá prováděno rutinně, může být zásadní pro detekci ischemické

léze míchy nebo abscesu, jeho nevýhodou je velká distorze obrazu se ztrátou rozlišovací schopnosti.“ Můžeme provést též T2 vážené gradientní sekvence, susceptibilně vážené zobrazení v případě, že potřebujeme ozřejmit poškození míchy a dobu vzniku hematomu.

Magnetická rezonance je jedinou zobrazovací metodou, která umožňuje zhodnotit poškození míchy, jeho stupeň a prognózu. Méně závažným stupněm poškození je nehemoragická míšní kontuze, která se na výsledném obraze jeví zcela negativně a hemoragická obecně vytvoří hypointenzní oblast s hyperintenzním lemem na T2 vážené sekvenci. Otok se projevuje hyperintenzní oblastí na T2 váženém obraze. Míšní transekce, jakožto velmi závažné poranění míchy, je obvykle diagnostikována jako hyperintenzní oblast T2 vážené sekvence. Obecně se tato oblast nachází v mozkomíšním moku a zasahuje do přerušené míchy ([JANDURA, Jiří, 2019](#)).

Tabulka č. 15 Protokol magnetické rezonance pro vyšetření krční páteře

Popis protokolu
Standardní protokol obsahující indikace pro vyšetření C páteře u degenerativních onemocnění, cervikokraniálního a cervikobrachiálního syndromu, demyelinizačních onemocnění, vrozených vývojových vad, traumat, zánětů, tumorů
Uložení pacienta
Vleže na zádech bez laterálního zakřivení páteře, končetiny volné (dolní končetiny), eventuálně podložit pro větší komfort
Cívka
Vždy povrchová, preferenčně multikanálová
Anatomie
Sagitální vrstvy rovnoběžné s průběhem páteře (pokrytí kraniálně 4. mozkové komory, laterálně včetně transverzálních výběžků obratlů). Transverzální vrstvy vedené rovnoběžně s meziobratlovými prostory standardně pokrývají obsah C4/5 včetně (nevyplývá-li z klinického nálezu jinak). Koronální vrstvy vedené rovnoběžně s dlouhou osou C páteře pokrývají páteřní kanál a obratlová těla, prevertebrální prostor a supraklavikulární oblasti.
Tipy a triky
U sagitálně orientovaných vrstev je většinou výhodnější zvolit směr fázového kódování nikoliv předozadní, ale kraniokaudální se 100 % převzorkování (phase over-sampling), a na

<p>polovinu sníženým počtem akvizic (doba trvání sekvence i poměr signál/šum tedy mohou zůstat nezměněné): výhodou je nižší náchylnost k pohybovým artefaktům způsobeným polykáním a pulzacemi likvoru.</p> <p>U podezření na akutní míšní ischemii lze provést difuzně vážené obrazy (sagitální/transverzální), preferenčně s využitím paralelních technik (PAT).</p> <p>Three-dimensional turbo-spin echo sequence pro izotropní vysoké prostorové rozlišení: hodnocení míšních kořenů, foramin, drobných hernií disků; díky vysokému turbo faktoru (ETL – Echo train length) rovněž velmi vhodné k redukci metalických artefaktů (UPOZORNĚNÍ: naopak nevhodné pro hodnocení míšních lézí – nízké kontrastní rozlišení).</p> <p>Pro posouzení brachiálního plexu T2 FS nebo Short tau inversion recovery koronálně a T1 sagitálně paravertebrálně. Rozsah vyšetření zasahuje ventrálně několik cm před páteř (koronální rovina) a laterálně až do úrovně zevního klíčku (sagitální rovina).</p>
T1 postkontrastně
<p>Intradurální patologické procesy: standardní T1 sekvence, tzv. bez spektrální saturace tuku</p> <p>Extradurální patologické procesy: T1 se spektrální saturací tuku</p>
Závazné parametry
<p>Provedení alespoň tří diagnostických sekvencí v kombinaci sagitálních a transverzálních vrstev (pouze T1 a T2 sagitálně není dostačující).</p> <p>Laterální pokrytí na sagitálních vrstvách (musí být zachyceny min. obě vertebrální tepny).</p> <p>Pro posouzení kořenů tvořících brachiální plexus je nutné zchytit na transverzálních vrstvách rozsah alespoň C4/5 až C7/Th1.</p>

[\(ŽÍŽKA, Jan, 2014, str. 44–47\)](#)

Tabulka č. 16 Protokol magnetické rezonance pro vyšetření hrudní páteře

Popis protokolu
Standardní protokol obsahující indikace pro vyšetření Th páteře u degenerativních onemocnění, demyelinizačních onemocnění, vrozených vývojových vad, traumat, zánětů, tumorů.
Uložení pacienta
Vleže na zádech bez laterálního zakřivení páteře, končetiny volné (dolní končetiny možno podložit pod kolena pro větší komfort).

Cívka
Vždy povrchová, preferenčně multikanálová
Anatomie
Sagitální vrstvy rovnoběžně s průběhem páteře (laterální pokrytí včetně intervertebrálních skloubení). Transverzální vrstvy vedené rovnoběžně s meziobratlovými prostory v segmentech dle klinického nebo aktuálního grafického nálezu. Koronální vrstvy vedené rovnoběžně s meziobratlovými prostory v segmentech dle klinického nebo aktuálního grafického nálezu. Koronální vrstvy vedené rovnoběžně s dlouhou osou vyšetřovaného úseku Th páteře pokrývají alespoň intervertebrální skloubení, páteřní kanál a obratlová těla.
Typy a triky
U sagitálně orientovaných vrstev je většinou výhodnější zvolit směr fázového kódování nikoli předozadní, ale kraniokaudální se 100% převzorkováním (phase over sampling), a na polovinu sníženým počtem akvizic (doba trvání sekvence i poměr signál/šum tak zůstanou nezměněné): výhodou je nižší náchylnost k pohybovým artefaktům způsobeným pulzacemi srdce, velkých cév a likvoru i respiračními pohyby. T2 vážené obrazy v transverzální rovině: T2* (gradientní echo – dobře eliminuje pulzace likvoru): horní a střední Th páteř T2 (rychlé spinové echo: dolní Th páteř
T1 postkontrastně
Intradurální patologické procesy: standardní T1 sekvence, bez spektrální saturace tuku Extradurální patologické procesy: T1 se spektrální saturací tuku (FatSat)
Závazné parametry
Provedení minimálně tří diagnostických sekvencí Laterální pokrytí na sagitálních vrstvách (na krajní vrstvě by měl být zachycen paravertebrální prostor

(ŽIŽKA, Jan, 2014 str. 48–51)

Tabulka č. 17 Protokol magnetické rezonance pro vyšetření bederní páteře

Popis protokolu

Standardní protokol obsahující indikace pro vyšetření bederní páteře u degenerativních onemocnění, bederních kořenových syndromů a vrozených onemocnění, traumat, tumorů.
Uložení pacienta
Vleže na zádech bez laterálního zakřivení páteře, dolní končetiny volně (preferenční) podložit pod kolena pro redukci bederní lordózy a větší komfort.
Cívka
Vždy povrchová, preferenčně multikanálová
Anatomie
Sagitální vrstvy rovnoběžné s průběhem páteře (laterální pokrytí včetně intervertebrálních skloubení). Transverzální vrstvy vedené rovnoběžně s meziobratlovými prostory v segmentech L3-S1 nebo dle klinického či akutního grafického nálezu. Koronární vrstvy vedené rovnoběžně s dlouhou osou vyšetřovaného úseku L páteře pokrývají minimálně pulzacemi velkých cév, peristaltikou a respiračními pohyby.
Tipy a triky
U sagitálně orientovaných vrstev je většinou výhodnější zvolit směr fázového kódování nikoliv předozadní, ale kraniokaudální se 100% převzorkováním (phase over-sampling), a na polovinu sníženým počtem akvizic (doba trvání sekvence i poměr signál/šum tak zůstanou nezměněné): výhodou je nižší náchylnost k pohybovým artefaktům způsobeným pulzacemi velkých cév, peristaltikou a respiračními pohyby. U pacientů s velkými bolestmi vleže na zádech lze vyšetření provést vleže na břicho nebo na boku, kdy bolesti mohou být menší. Je však většinou nutné použít přídatnou povrchovou cívku přes bederní páteř. T2 vážené 3D TSE sekvence díky vysokému turbo faktoru (ETL - Echo train length) jsou velmi vhodné pro redukci metalických artefaktů u osob s kovovými implantáty v páteři. Transverzální vrstvy musí pokrývat celý vertikální rozsah meziobratlového otvoru, tzv. že na první a na poslední vrstvě musí být zachyceny pedikly (v praxi jsou až 2/3 vrstev nad středem 1/3 vrstev pod středem meziobratlového disku). T1 nativně standardně neprovádíme se saturací tuku! Používá-li se saturační pás přes břicho, pozor na možnost přehlédnutí vyduté břišní aorty. T1 po aplikaci kontrastní látky Intradurální patologické procesy: standardní, tzv. bez spektrální saturace tuku

Extradurální patologické stavy: se spektrální saturací tuku (FatSat)
Závazné parametry
Provedení minimálně tří diagnostických sekvencí ve dvou rovinách. Protokol musí obsahovat minimálně sagitální T1 a T2 sekvence doplněné o T2 transverzální sekvenci. Laterální pokrytí na sagitálních vrstvách (na krajní vrstvě by měl být zachycen paravertebrální prostor) Pokrytí celého vertikálního rozsahu meziobratlových otvorů transverzálními řezy“

[\(ŽIŽKA, Jan, 2014, str. 52–55\)](#)

5 Skiografie v radiodiagnostice polytraumat

Skiografii je možno použít k doplnění radiodiagnostiky polytraumat. Je možno detekovat zlomeninu kostí či poranění plic v podobě pneumothoraxu či hemothoraxu ([RYGL, Michal 2017 str. 498–503](#)). Polytrauma však indikuje pacienta k celotělovému CT vyšetření, které rentgenový snímek nejen velmi snadno nahradí, ale má daleko vyšší diagnostickou výtěžnost ([RYGL, Michal 2017 str. 498–503](#)). Základem rentgenového přístroje je evakuovaná dioda (rentgenka) obsahující katodu a rotační anodu. Prostor mezi skleněným a kovovým krytem rentgenky vyplňuje chladicí medium, olej. Na rentgenku je přiváděno vysoké a žhavicí napětí o 20–200KV, díky kterému dojde k rozžhavení katody a termoemisi elektronů, které po urychlení dopadají na anodu, a 99 % jejich energie je přeměněno na teplo, zatímco z 1 % vzniká rentgenové záření. Jeho svazek vychází skrze primární okénko a je usměrňován primárními clonami, prochází skrze pacienta (objekt), přičemž vzniká sekundární záření, odfiltrované sekundárními clonami, a zbytek primárního svazku dopadá na detektor. Rentgenový snímek je dvourozměrné zobrazení trojrozměrného objektu ve škálách šedi, a dochází v něm tedy k sumaci. Běžným vybavením rentgenové vyšetřovny je stropní závěs s rentgenkou, vyšetřovací stůl a vertigraf ([FERDA, Jiří 2015, str. 16–17](#)).

5.1 Vyšetření horní končetiny pomocí skiografie

Skiografii horní končetiny můžeme provést ať už jako snímek celé končetiny, tak jako detail poraněných kostí, kloubů poranění kostí či měkkých tkání s rentgen kontrastním tělesem, jako je sklo, některé nátěry, kovové předměty a předměty překrývající oblast zájmu.

Tabulka č. 18 Projekce pro skiografické vyšetření horní končetiny

Vyšetřovaná oblast	Projekce
Ramenní kloub	AP – nemocný zády k vertigrafu, paže dlaní na nahoru. Transthorakální – nemocný vyšetřovanou stranou k vertigrafu, zdravá paže zdvižena nahoru.

Lopatka	<p>AP – zády k vertigrafu a centrální paprsek směřuje vertikálně na hranu scapuly.</p> <p>LAT – pacient natočen nevyšetřovanou stranou k rentgence a dlaň vyšetřované končetiny položí na zdravé rameno.</p>
Klíční kost	<p>AP – Pacient nechá paži vyšetřované končetiny volně podél těla dlaní dopředu. Hlavu odvrátí od vyšetřované klíční kosti a centrální paprsek směřuje kolmo k receptoru.</p> <p>Axiální – svazek záření skloněn ve směru kaudo-kraniálním a to pod úhlem čtyřiceti pěti stupňů.</p>
Humerus	<p>AP – za dokonalé supinace a extenze v lokti. Paže a předloktí naléhá laterální stranou na detektor.</p> <p>LAT – epikondyly se zobrazí v superpozici. Pacient stojí bokem k receptoru a paže je v pronaci.</p>
Loket	<p>AP – Loket v supinaci, olecranon v superpozici, oblast zájmu: distální předloktí, loketní kloub, proximální humerus</p> <p>LAT – flexe loketního kloubu do úhlu devadesáti stupňů. Epikondyly jsou zobrazeny v superpozici a štěrbina loketního kloubu je dobře viditelná.</p>
Předloktí a zápěstí	<p>AP – ruka přitištěna k receptoru od prstů až po loketní kloub.</p> <p>LAT – končetina flektována v lokti pod úhlem devadesáti stupňů a je položena na malíkovou stranu. Obě kosti předloktí jsou v superpozici.</p>

Ruka, prsty horní končetiny	AP – ruka přitisknuta dlaní k receptoru. LAT – přiložíme malíkovou hranu končetiny k detektoru a prsty vějířovitě rozprostřeme, tak aby se nepřekrývaly a špičkami se dotýkaly receptoru.
-----------------------------	--

([Ministerstvo zdravotnictví České republiky, 2019, str. 1–95](#))

5.2 Vyšetření hrudníku za pomoci skiografie

Snímek hrudníku indikujeme v případě, že máme podezření na traumatický hemothorax, pneumothorax či kontuzi.

Tabulka č. 19 Projekce pro skiografické vyšetření hrudníku

Vyšetřovaná oblast	Projekce
Srdce a plíce – od plicních hilů po bránice	PA – ve stoje, prováděná tvrdou snímkovací technikou v hlubokém nádechu, CP kolmý na střed detektoru. AP – v leže na stole/ lehátku, CP kolmý na střed detektoru.
žebra	AP – viz srdce a plíce. Šikmá – dle lokalizace bolesti, při kterých je nevyšetřovaná strana nadzvednuta tak, aby s detektorem svírala úhel čtyřicet pět stupňů.
sternum	AP – viz srdce a plíce. LAT – bočnou projekci, při které má pacient ruce za zády, ramena tlačí vzad a hrudník vpřed.

([Ministerstvo zdravotnictví České republiky, 2019, str. 1–95](#))

5.3 Vyšetření dolní končetiny za pomoci skiografie

V případě, kdy má nemocný bolest, popřípadě otok v oblasti dolní končetiny, provedeme rentgenový snímek požadované oblasti k vyloučení úrazu kostí či kloubů.

Tabulka č. 20 Projekce pro skiografické vyšetření dolní končetiny

Vyšetřovaná oblast	Projekce
noha	<p>Dorso-plantární – zobrazení celých prstů včetně distálních článků a hlavic metatarzů, na kterém jsou prokresleny všechny kloubní štěrby. Dolní končetina je flektována v kyčli a kolenu tak, že nemocný stojí chodidlem na receptoru. Centrální paprsek je kolmý na vyšetřovanou oblast.</p> <p>Šikmá projekce – vnější a vnitřní kotník v superpozici, stejně jako metatarzální kosti. Na snímku je plně zachycen Chopartův kloub, sustentaculum tali a prsty včetně distálních článků a hlavic metatarzů. Noha je vytočena k desce stolu pod úhlem třiceti stupňů a centrální paprsek směřuje kolmo na hlavici 3. metatarsu.</p>
pata	<p>Mediolaterální projekce – nemocný leží, či sedí s dolní končetinou flektovanou v kyčli a kolenu. Chodidlo naléhá malíkovou stranou na receptor, se kterým je osa kosti patní paralelní a centrální paprsek míří vertikálně na střed vyšetřované oblasti.</p> <p>Axiální projekce – dolní končetina v extenzi a hlezno v dorzální flexi. Centrální paprsek je</p>

	<p>skloněn třicet až čtyřicet pět stupňů kaudo-kraniálně a míří ze spodu na střed patní kosti.</p>
kotník	<p>AP projekce – dolní končetina natažena s chodidlem přitažených k tělu a mírně rotovaným dovnitř. Dlouhá osa 2. metatarsu je rovnoběžná s centrálním paprskem, který je kolmý na receptor a míří na střed kloubní štěrbiny.</p> <p>Medio-laterální projekce – noha naléhá malíkovou hranou na receptor. Oba kotníky se nacházejí v superpozici a centrální paprsek míří na střed vyšetřované oblasti.</p>
bérec	<p>AP projekce – natažená a mírně mediálně rotovaná dolní končetinou. Centrální paprsek je rovnoběžný k dlouhé ose druhého prstu a kolmý na receptor a střed tibie.</p> <p>Medio-laterální projekce – dolní končetina ohnuta v kyčli a koleni, přičemž noha naléhá na receptor malíkovou hranou a kotníky jsou zobrazeny v superpozici. Kolmý centrální paprsek míří na střed tibie.</p>
kolenní kloub	<p>AP projekce – DK v extenzi a dlouhá osa prvního prstu je rovnoběžná s centrálním paprskem kolmým k receptoru. Centrujeme na střed kloubní štěrbiny asi jeden centimetr pod čěšku.</p> <p>Medio-laterální projekce – noha naléhá malíkovou stranou na receptor a hrboly femuru jsou v superpozici. Dolní končetina je ohnuta v kyčli a koleni. Centrální paprsek je skloněn pod úhlem nula až osm stupňů a míří na střed</p>

	kolenní štěrbiny jeden až dva centimetry pod česku.
femur	AP projekce – zraněný stojí zády k vetrigrafu, či leží na zádech se špičkami k sobě a patami od sebe. LAT – uložen na vyšetřovací stůl a nevyšetřovaná dolní končetina je maximálně přednožena. Vyšetřovaný femur je při obou projekcích v extenzi a centrální paprsek je kolmý na střed kosti stehenní
pánev	AP – zády k detektoru, centrace kolmo 3 cm nad hřebeny kostí kyčelních.

(Ministerstvo zdravotnictví České republiky, 2019, str. 1–95)

6. Role radiologického asistenta a jeho význam v radiodiagnostice polytraumat

6.1 Role radiologického asistenta při vyšetření za pomoci ultrasonografie

Urgentní medicína vyžaduje znalost specializovaných protokolů, a to nejen po radiologickém asistentovi, který asistuje lékaři. Musí umět zadat nemocného do počítače, spustit přístroj, reaguje na pokyny lékaře z urgentního příjmu, anesteziologa, traumatologa, potřeby nemocného s ohledem na průběh resuscitace a na zajištění základních životních funkcí. Vše musí probíhat s ohledem na to, že rychlý ultrazvuk je součástí neodkladné resuscitace, kterou nemá komplikovat, ale usnadnit a zvýšit nemocnému šance na přežití ([VOMÁČKA, Jaroslav, 2018](#)).

6.2 Role radiologického asistenta při vyšetření za pomoci výpočetní tomografie

Základem radiodiagnostiky polytraumatických stavů je právě výpočetní tomografie. Vše začíná preventivním podáním premedikace v situacích, kdy hrozí alergická reakce na kontrastní látku, nebo kdy nám nemocný není schopen sdělit údaje z oblasti alergologické anamnézy. Zajistíme žilní přístup obecně v podobě periferní žilní kanyly a nemocného připojíme na tlakový injektor s jodovou kontrastní látkou. Uložíme jej na vyšetřovací stůl na záda, fixujeme dle potřeby zejména při vyšetření mozku a při poruše vědomí. Nastavíme „akviziční parametry: expozice, kolimace, rychlost posunu stolu a otáčky gantry“. Dále je nutno nastavit aplikaci kontrastní látky, a s tím související parametry vyšetření: „zpoždění skenování, průtok a objem, koncentrace a příkon jódu, cirkulační čas tzv. synchronizace aplikace k.l. a skenování, monitorace bolusu tzv. bolus-timing, bolus test, bolus tracking, bolus monitoring.“ Po zhotovení tzv. „topogramů“ označíme vyšetřovanou oblast a získáme hrubá data. Zvolíme parametry „prostorového rozlišení matici a zobrazované pole, spolu s parametry kontrastu a šumu tzv. objem těla, expoziční parametry mAs, KV, šíře datové stopy, šíře rekonstruované vrstvy a rekonstrukční algoritmus“ ([FERDA, Jiří, 2009, str. 36–64](#)). Ze získaných raw dat vytvoříme jednotlivé rekonstrukce. Jedná se o multiplanární rekonstrukce v požadovaných oknech, jejichž parametry odpovídají kvalitě. Při rekonstrukci dat „volíme šíři obrazu, rekonstrukční inkrement a rekonstrukční algoritmus“. Multiplanární 2D a 3D rekonstrukce mohou být „izotropní, paralelní, radiální, nebo zakřivené, maximum a minimum intensity projection, nebo volume rendering technique“ ([FERDA, Jiří, 2009, str. 36–64](#)). Zhotovené obrazy s rekonstrukcemi, případně s 3D, 4D zobrazením, jsou odeslány do systému PACS ([VOMÁČKA, Jaroslav, 2015, str. 44–45](#)). To vše je práce radiologických asistentů, a zároveň část radiodiagnostiky polytraumat s primární diagnostickou výtěžností. Je vyžadována

„znalost komplexního vyšetřovacího postupu a speciálních standardních vyšetřovacích protokolů zejména polytraumatického CT protokolu, kde provádíme rekonstrukce páteře v sagitální rovině a kontrastní vyšetření hrudníku, břicha a pánve rekonstruuje v rovině koronální“. Dále je nutno znát protokol pro vyšetření „hrudníku, břicha a pánve“, mozku s krční páteří a 3D rekonstrukce vybrané části skeletu. Je kladen důraz na rychlost a zároveň vysokou diagnostickou výtěžností ([VOMÁČKA, Jaroslav 2015 str. 152–153](#)).

6.3 Role radiologického asistenta při vyšetření za pomoci magnetické rezonance

Při vyšetření magnetickou rezonancí je role radiologického asistenta v zadání údajů o zraněném do počítače, přípravě vyšetření, provedení vyšetření a úpravě dat. Příprava vyšetření spočívá v kontrole pomůcek a nemocného, protože nic z předmětů, které budou v průběhu skenování na vyšetřovně, nesmí být z feromagnetických materiálů. Po podepsání informovaného souhlasu uložíme nemocného a provádíme samotné vyšetření. V průběhu vyšetření je právě na radiologickém asistentovi, aby zvolil rozsah vyšetřované oblasti dle údajů na žádance, vhodné sekvence, cívku, velikost matrix a postprocessing. První část vyšetření je provedení pilotních skenů a následuje náběr raw data, která jsou upravena a odeslána do systému PACS archivu ([VOMÁČKA, Jaroslav, 2015, str. 54–55](#)).

V případě volby sekvencí máme tyto možnosti výběru: „T1 vážená, T2 vážená, proton denzity, sekvence spinové echo, rychlé spinové echo, inversion recovery a koherentní echo. Dále volíme prostorové parametry tzv. „voxel, tloušťku vrstvy, orientaci vrstev, časové parametry a šířku pásma“. Dále můžeme vhodně zvolit způsob a náběr dat, a to takto: k-prostor může být lineární, centrický, aliptický či radiální“. Signál je následně průměrován a počet signálů, tzv. řádků k-prostoru, je redukován podle „rozlišení, FOV, částečného fourieru, nebo PAT“.

Dále je nutné zvolit vhodnou cívku, velikost matrix a postprocessing. V případě MR míchy a páteřního kanálu se jedná o „povrchovou, preferenčně multikanálovou cívku“ ([ŽIŽKA, Jan 2014 44–55](#)) pro oblast páteře. Postprocessing skýtá dvě metody, a to projekčně rekonstrukční a fourierovu rekonstrukční metodu. To vše je v rukou radiologického asistenta ([SEDLÁŘ, Martin, 2011](#)).

6.4 Role radiologického asistenta při vyšetření za pomoci skiografie

Nemocného vždy srozumitelně informujeme o výkonu, podepíše informovaný souhlas, odloží si příslušnou část oděvu a kovové předměty, které by vytvořily artefakt ([VOMÁČKA, Jaroslav, 2015, 73–74](#)). Vždy bereme v potaz, že se jedná o urgentní výkon, nemocný může být v bezvědomí, zaintubovaný, či napojený na infúzi nebo umělou plicní ventilaci. Při vytváření rentgenových snímků se radiologický asistent řídí znalostí zhruba 80 základních projekcí. Výsledný snímek je označen stranovým označením a zkratkou laboranta. Je standardem vytvářet dvě na sebe kolmé projekce, vždy se ale řídíme textem na žádance ([VOMÁČKA, Jaroslav, 2015, 36–37](#)). Celé vyšetření je odesláno do systému PACS ([VOMÁČKA, Jaroslav 2015, 65–71](#)).

Závěr

Bakalářská práce definuje pojmy polytrauma, českou síť traumacenter, hodnotící škály, které pacienta indikují k převozu do traumacentra a standardní klinické a radiologické vyšetření zraněného, čímž je naplněn první cíl práce: definovat polytrauma a jeho roli v současné urgentní medicíně.

Ve zbylých kapitolách se bakalářská práce zabývá jednotlivými zobrazovacími metodami, z nichž prioritní diagnostickou výtěžnost má výpočetní tomografie, která dnes disponuje speciálním polytraumatickým CT protokolem, jehož součástí je nativní vyšetření mozku, kontrastní či nativní vyšetření krku a kontrastní vyšetření hrudníku, břicha a pánve. MDCT páteře a kostí se standardně provádí ve 3D. Výpočetní tomografie má v radiodiagnostice polytraumat široké využití. Samotný polytraumatický protokol má několik variant, z nichž každá má své výhody. Již ve fázi neodkladné resuscitace je možno využít hned několik protokolů ultrasonografie, z nichž za velmi známou a univerzální považujeme je tzv. e-FAST. Zejména k diagnostice poranění míchy doplňujeme v případě nejasného CT nálezu vyšetření za pomoci magnetické rezonance. V případě podezření na pneumothorax, hemothorax či zlomeninu konkrétních kostí lze využít též klasické rentgenové snímky. Skiagrafií a magnetickou rezonancí lze považovat za doplňkové zobrazovací metody indikované klinikem často dodatečně. Z toho vyplývá význam jednotlivých zobrazovacích metod v diagnostice traumat a polytraumat, což je druhý cíl mé práce.

V závěrečné kapitole práce je rozebrána role radiologického asistenta, který vyšetření výpočetní tomografií, magnetickou rezonancí a rentgenové vyšetření provádí samostatně, zatímco při ultrasonografii pouze asistuje lékaři. Jeho práce je zodpovědná, multidisciplinární a vyžaduje hlubokou znalost všech uvedených protokolů, které v práci citujeme spolu s indikacemi, postupy provedení a nejrůznějšími detaily včetně přípravy a kontraindikací. Tím je splněn třetí cíl této bakalářské práce: definovat roli radiologického asistenta v procesu diagnostického zobrazování, popsat jednotlivé protokoly a postupy při radiologické asistenci polytraumatických stavů. Diagnostický algoritmus polytraumat začíná již v přednemocniční péči, kdy je zraněný podroben celkovému fyzikálnímu vyšetření a jsou zajištěny základní životní funkce. Ve fázi neodkladné resuscitace je podroben rychlému ultrazvuku, a v případě pozitivního nálezu následuje urgentní laparotomie. Na oddělení urgentního příjmu může být taktéž proveden některý z těchto protokolů: The bedside lung ultrasound in emergency ke zjištění stavu pohrudniční dutiny, Fluid Administration Limited by Lung Sonography k diagnostice původu šokového stavu nemocného,

či Focus Assessed Transthoracic Echocardiography, který vyloučí poranění srdce. Druhá a základní metoda je výpočetní tomografie. Celé vyšetření zahájíme polytraumatickým CT protokolem v jedné z těchto variant: monofázový polytraumatický CT protokol, multifázový polytraumatický CT protokol, polytraumatický CT protokol s použitím děleného bolu. Dále je v případě nejasného nálezu doplněno samostatné vyšetření mozku či kontrastní vyšetření hrudníku, břicha a pánve. Můžeme též provést 3D rekonstrukci suspektně poraněných kostí. V případě podezření na izolovanou frakturu či pneumothorax, lze doplnit klasický rentgenový snímek, a v případě nejasného podezření na poranění páteře doplníme vyšetření magnetickou rezonancí.

Literatura a prameny

1. FRENZEL, Stephan, et al. 2017. Does the applied polytrauma definition notably influence outcome and patient population? - a retrospective analysis. Scandinavian Journal Of Trauma, Resuscitation And Emergency Medicine [online]. 25(1), 87 [cit. 2020-03-12]. DOI: 10.1186/s13049-017-0400-2. ISSN 17577241. Dostupné z: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=960a2278-7d02-4fa8-8ee2-8501036c21e2%40sessionmgr103>
2. KNOR, Jiří, 2016. ZÁVAŽNÝ ÚRAZ – MECHANISMY ADAPTACE, OBECNÉ PRIORITY LÉČBY. Urgentní medicína [online]. 19(3), 8 [cit. 2020-03-13]. ISSN 1212-1924. Dostupné z: https://urgentnimedica.cz/casopisy/UM_2016_3.pdf#page=8
3. HAVLŮJ, Lukáš, et al. 2017. Damage Control Surgery u polytraumatizovaných pacientů s poraněním pánve. Je možné použít vnitřní osteosyntézu? Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologiae Cechoslovaca. 84(4), 304
4. RYGL, Michal 2017 [Chest injuries in polytraumatized children]. Rozhledy V Chirurgii: Měsíčník Československé Chirurgické Společnosti [online]. 2017, 96(12), 498-503 [cit. 2020-03-17]. ISSN 00359351. Dostupné z: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=11&sid=210c411b-6cc7-4e13-bdfa-a117a8f8477c%40sessionmgr4006>
5. SVITÁK, Roman, 2016. PÉČE O PACIENTY SE ZÁVAŽNÝM ÚRAZEM A VÝZNAM LZS V TÉTO PÉČI. Urgentní medicína [online]. 19(3), 19-24 [cit. 2020-03-13]. ISSN 1212-1924. Dostupné z: https://urgentnimedica.cz/casopisy/UM_2016_3.pdf#page=8
6. CERNEA Daniela, 2014. Polytrauma and Multiple Severity Scores. Current Health Sciences Journal [online]. 40(4), 244-249 [cit. 2020-03-13]. DOI: 10.12865. ISSN 20670656. Dostupné z: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=6&sid=4456bfc3-eaf9-4436-8f33-d3b1f469b338%40pdc-v-sessmgr01>
7. HOMOLA, Ambrož, 2014. Skripta Battlefield advanced training life support [online]. 2. Hradec Králové: J R Army Med Corps [cit. 2020-10-27]. ISBN 1212-1924. Dostupné z: https://www.unob.cz/fvz/npp/Documents/Skripta_BATLS/14%20Triage.pdf

8. LINSENMAIER, Ulrich, 2014, [Importance of multidetector CT imaging in multiple trauma]. *Der Radiologe* [online]. 2014, 54(9), 861-71 [cit. 2020-03-18]. DOI: 10.1007/s00117-013-2634-y. ISSN 14322102. Dostupné z: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=788f2165-227a-4933-8e5d-b3870e6e2738%40pdc-v-sessmgr06>
9. GIRSA, David et al., 2019. Celotělové CT a další zobrazovací metody při vyšetření pacienta s polytraumatem – výsledky dotazníkové studie mezi traumacentry v České republice. *Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologiae Cechoslovaca*. Praha: Česká společnost pro ortopedii a traumatologii a Slovenská ortopedická a traumatologická spoločnosť, 86(5), 7. ISSN 0001-5415. Dostupné také z: http://www.achot.cz/dwnld/achot_2019_5_334_341.pdf
10. JANDURA, Jiří et al., 2019, MR u akutních patologických stavů páteře. *Czech Radiology / Česká Radiologie* [online]. 2019, 73(3), 183-190 [cit. 2020-03-17]. ISSN 12107883. Dostupné z: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=6&sid=1aa3a40d-4787-4898-ab53-c28205cf6cfb%40sdc-v-sessmgr02>
11. VOMÁČKA, Jaroslav, Ultrazvukový kongres Čejkovice 2018. Ultrasonografie v urgentní traumatologii. Radiologická klinika LF a FN v Olomouci, URM FZV UP v Olomouci.
12. HENDERSON, Sean O, 2000. Serial abdominal ultrasound in the setting of trauma. *The Journal of Emergency Medicine: Selected Topics: Emergency Radiology* [online]. New York, 2000, 18(1), 79–81 [cit. 2020-10-18]. Dostupné z: doi:The Journal of Emergency Medicine
13. WILSON, Stephen, 2012. Ultrasound in critical care. *Continuing Education in Anaesthesia Critical Care & Pain* [online]. 2.5.2012, 12(4), 190-194 [cit. 2020-10-18]. ISSN 1477-4518. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1093/bjaceaccp/mks019>
14. LICHTENSTEIN, Daniel, 1995. A bedside ultrasound sign ruling out pneumothorax in the critically ill. Lung sliding. *Chest*. *Chest journal*. Illinois, 5(108), 1348-1348. ISSN 0012-3692. Dostupné z: doi::doi: 10.1378/chest.108.5.1345
15. VOMÁČKA, Jaroslav et al., 2015 *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. 2. Univerzita Palackého v Olomouci: Vydavatelství Univerzity Palackého v Olomouci, str. 38-40. ISBN 978-80-244-4508-3

16. SUCIU, Sebastian, 2019. THE EMERGENCY ULTRASOUND IN POLYTRAUMA PATIENTS: PELVIC-ABDOMINAL AND CHEST BLUNT TRAUMA. Acta medica transilvanica [online]. Sibiu, Romania, 28.08.2019, 24(3), 81-83 [cit. 2020-10-18]. ISSN 1453-1968. Dostupné z: <http://www.amtsibiu.ro/Arhiva/2019/Nr3-en/Suciu2.pdf>
17. MOŠNA, František, 2018. VYUŽITÍ ULTRASONOGRAFIE V INTENZIVNÍ MEDICÍNĚ: Specializační kurz Základy anesteziologie a intenzivní medicíny. In: Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví [online]. FN Motol, 17.4.2018 [cit. 2020-10-07]. Dostupné z: <https://www.ipvz.cz/vzdelavaci-akce/dokumenty/11131-mudr-mosna-ultrasonografie-v-intenzivni-peci.pdf>
18. VIVEK, S. Tayal, 2004. FAST (Focused Assessment With Sonography in Trauma) Accurate for Cardiac and Intraperitoneal Injury in Penetrating Anterior Chest Trauma. Journal of ultrasound in medicine [online]. 4(23), 467-472 [cit. 2020-10-07]. ISSN 0278-4297. Dostupné z: doi:10.7863/jum.2004.23.4.467 Dostupné z: http://aiimsultrasound.com/wp-content/docs/FAST_1.pdf
19. BESSMANN, Ebbe L., 2019. Consensus on technical procedures for simulation-based training in anaesthesiology: A Delphi-based general needs assessment. The acta anaesthesiologica scandinavia [online]. 15 March 2019, 63(1), 720-729 [cit. 2020-10-18]. ISSN 1399-6576. Dostupné z: doi:10.1111/aas.13344
20. KIRKPATRICK, Andrew 2004. Hand-Held Thoracic Sonography for Detecting Post-Traumatic Pneumothoraces: The Extended Focused Assessment With Sonography For Trauma (EFAST). The Journal of TRAUMA Injury, Infection, and Critical Care. 57(2), 288-295. ISSN 1079-6061. Dostupné z: doi:doi:0.1097/01.TA.0000133565.88871.E4 Dostupné z: http://www.emergencyultrasoundteaching.com/assets/articles/FAST_2004_Kirkpatrick_J_Trauma.pdf
21. RICHARDS, R. John et al., 2017. Focused assessment with sonography in Trauma (FasT) in 2017: What Radiologists Can Learn. Radiology [online]. duben 2017, (283), 30-48 [cit. 2020-03-30]. ISSN 1527-1315. Dostupné z: <https://pubs.rsna.org/doi/pdf/10.1148/radiol.2017160107>
22. SAVATMONGKORNGUL, Soravit, 2017. Focused assessment with sonography for trauma: current perspectives. Open Access Emergency Medicine [online]. červenec

- 2017, (9), 57-62 [cit. 2020-03-30]. ISSN 1179-1500. Dostupné z:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5536884/>
23. PATEL, Neil, 2017. Imaging of Acute Thoracic Trauma. *Emergency Radiology* [online]. USA: Springer, 29 October 2017, 24(5), 403-418 [cit. 2020-11-06]. ISSN 1438-1435. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1007/978-3-319-65397-6_24
24. FALLS, Daniel, 2013. FALLS-protocol: lung ultrasound in hemodynamic assessment of shock. *Heart Lung Vessel*. 5(3), 142–147. ISSN 2283-3420. FALLS, Daniel, 2013. FALLS-protocol: lung ultrasound in hemodynamic assessment of shock. *Heart Lung Vessel*. 5(3), 142–147. ISSN 2283-3420.
25. OVELAND, N. Petter, 2013. Focus assessed transthoracic echocardiography (FATE) to diagnose pleural effusions causing haemodynamic compromise. *Case Reports in Clinical Medicine* [online]. Dánsko, 15.5. 2013, 3(2), 189-193 [cit. 2020-10-27]. ISSN 2050-0904. Dostupné z: doi:<http://dx.doi.org/10.4236/crcm.2013.23052>
26. NAGRE, A. Sachin, 2019. Focus-Assessed Transthoracic Echocardiography: Implications in Perioperative and Intensive Care. *Annals of cardiac anaesthesia* [online]. Indie: Wolters Kluwer Medknow Publications, červenec-srpen 2019, 22(3), 302-308 [cit. 2020-10-27]. ISSN 09745181. Dostupné z: doi:[10.4103/aca.ACA_88_18](https://doi.org/10.4103/aca.ACA_88_18)
27. CELLINA, Michaela., et al. 2018. Overuse of computed tomography for minor head injury in young patients: an analysis of promoting factors. *La Radiologia Medica* [online]. 123(7), 507-514 [cit. 2020-03-16]. DOI: 10.1007/s11547-018-0871-x. ISSN 18266983. Dostupné z:
<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=52&sid=1a8aa294-d8f5-4b46-972f-f3f289b4bb9f%40sdc-v-sessmgr02>
28. MASCARENHAS, Lino, 2019. Descriptive epidemiology of intracranial hemorrhage patterns and the main complaints motivating brain computed tomography scans in Northern Portugal. *Revista Mexicana de Neurociencia* [online]. 20(5), 237-243 [cit. 2020-03-16]. DOI: 10.24875/RMN.M19000070. ISSN 16655044. Dostupné z:
<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=47&sid=1a8aa294-d8f5-4b46-972f-f3f289b4bb9f%40sdc-v-sessmgr02>
29. ASO-ESCARIO José, et al., 2019. Delay in diagnosis of thoracolumbar fractures. *Orthopedic Reviews* [online]. 11(2), 47-52 [cit. 2020-03-16]. DOI:

- 10.4081/or.2019.7774. ISSN 20358237. Dostupné z:
<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=18&sid=400e5e3e-0c90-4eb1-b5e5-d99b8a051ec4%40sdc-v-sessmgr03>
30. FERDA, Jiří, et al., 2009. Multidetektorová výpočetní tomografie Technika vyšetření. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-608-3.
31. VODIČKA, Josef, 2007. Penetrující poranění hrudníku – sedmileté zkušenosti s diagnostikou a léčbou. Rozhledy v chirurgii [online]. Praha: Chirurgie-servis, 4.6.2007, 86(3), 120–125 [cit. 2020-11-02]. ISSN 1805-4579. Dostupné z:
https://www.researchgate.net/profile/Julia_Csanady2/publication/6246901_Shot_injury_of_the_thorax_associated_with_the_left_carotid_trauma-a_case_review/links/555350c508aeaaff3bf125ba/Shot-injury-of-the-thorax-associated-with-the-left-carotid-trauma--a-case-review.pdf#page=10
32. VYHNÁNEK, František, 2012. Postup při poranění břicha. Rozhledy v chirurgii [online]. Praha: Chirurgie Servis, o.s, listopad 2012, 91(11), 632-638 [cit. 2020-11-02]. ISSN 1805-4579. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/rozhledy-v-chirurgii/2012-11/postup-pri-poraneni-bricha-39417>
33. CHMELOVÁ, Jana, 2008. Diagnostika poranění pánve – role zobrazovacích metod u izolovaných traumat i polytraumat. Acta Chirurgiae orthopaedicae et Traumatologiae čechoslovaca [online]. Praha: POLY+, spol. s r.o., 2008, 75(2), 93-98 [cit. 2020-11-02]. ISSN 0001-5415. Dostupné z: http://www.achot.cz/dwnld/0802_093.pdf
34. HARDMAN, Simon., et al., 2019. Is cranial computed tomography unnecessary in children with a head injury and isolated vomiting? BMJ (Clinical research ed). [online]. 365, 11875 [cit. 2020-03-16]. DOI: 10.1136/bmj.11875. ISSN 17561833. Dostupné z:
<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=38&sid=1a8aa294-d8f5-4b46-972f-f3f289b4bb9f%40sdc-v-sessmgr02>indikováno
35. KILLEEN, Karen L., et al., 1999, CT detection of serious internal and skeletal injuries in patients with pelvic fractures. Academic radiology [online]. 6(4), 224-8 [cit. 2020-03-16]. ISSN 10766332. Dostupné z:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1076633299802098>
36. PETROVIĆ, Kosta, et al., 2013, Blunt trauma of bone structures of the chest -- computed tomography vs multidetector computed tomography. Vojnosanitetski Pregled:

- Military Medical [online]. 2013, 70(8), 757-761 [cit. 2020-03-17]. DOI: 10.2298/VSP1308757P. ISSN 00428450. Dostupné z: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=5&sid=30c9933d-a198-47fd-9c05-6036cf167146%40pdc-v-sessmgr06>
37. TALLER, Stanislav et al., 2005. Urgentní ošetření komplexních zlomenin pánve. Rozhledy v chirurgii [online]. Praha: Bibliographia Medica Čechoslovaca, 2005, 84(2), 83-87 [cit. 2020-11-02]. ISSN 1805-4579. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Martin_Krivohlavek/publication/7923876_Urgent_management_of_the_complex_pelvic_fractures/links/55154ce10cf2d70ee27000a7.pdfv
38. BARTUŠEK, Daniel, 2004. Zobrazovací diagnostika skeletu. BARTUŠEK, Daniel. Diagnostické zobrazovací metody: pro bakalářské studium fyzioterapie a léčebné rehabilitace [online]. Brno: MU Brno, str. 10-20 [cit. 2020-11-02]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/med/jaro2019/ARADc/um/Diagnosticke_zobrazovaci_metody.pdf
39. ŽIŽKA, Jan et al., 2014. Protokoly MR zobrazování. Praha: Galén, ISBN 978-80-7492-109-4.
40. KRAJINA, Antonín, 2019. Katetrizační léčba arteriálního krvácení do dolního zažívacího traktu: Transcatheter therapy of the lower gastrointestinal hemorrhage. Česká radiologie [online]. Olomouc: Galén, 6.4.2020, 73(1), 114-121 [cit. 2020-11-05]. ISSN 1210-7883. Dostupné z: http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad_2002_114_121.pdf
41. ČERNÁ, Marie, 2019. Endovaskulární léčba traumatického krvácení u polytraumatických pacientů: Endovascular treatment of traumatic bleeding in polytraumatic patients. Česká radiologie [online]. Olomouc: Galén, 8.4.2019, 73(1), 13-18 [cit. 2020-11-05]. ISSN 1210-7883. Dostupné z: http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad_1901_13_18.pdf
42. SEDLÁŘ, Martin, 2011. Magnetická rezonance. In: Masarykova univerzita lékařská fakulta [online]. Brno, 2011 [cit. 2020-11-04]. Dostupné z: https://www.med.muni.cz/biofyz/files/nutricispecialista/MRI_2011_Sedlar.pdf
43. FERDA, Jiří et al., 2015. Základy zobrazovacích metod. Praha: Galén, ISBN 978-80-7492-164-3.
44. MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY, 2019. Národní radiologické standardy – skiografie, dospělí. Soubor doporučení a návod pro tvorbu místních radiologických standardů pro dospělé pacienty na skiagrafičeských pracovištích v

České republice. Věstník Ministerstva zdravotnictví České republiky. [online]. Praha: Státní zdravotnické nakladatelství, 29.3.2019, 29(3), 1-95 [cit. 2020-11-04]. ISSN 1211-0868. Dostupné z: <https://www.mzcr.cz/wp-content/uploads/wepub/17047/37091/V%C4%9Bstn%C3%ADk%20MZ%20%C4%8CR%203-2019.pdf>

Seznam zkratek

AP	Předozadní (anteroposterior)
ATLS	Pokročilá podpora života po traumatu (advanced trauma life support)
AX	Axiální rovina
C	střed okénka (center)
COR	Koronální rovina
CT	Výpočetní tomografie
DWI	Difúzně vážené obrazy
MDCT	Multidetektorová výpočetní tomografie
FAST	Rychlý ultrazvuk (Focused assessment with sonography for trauma)
FatSat	Technika selektivní saturace tukových protonů před získáním dat
G	zevní průměr jehly (Gauge)
HU	Hounsfieldovy jednotky
i.v.	nitrožilně (Intravenózně)
k.l.	Kontrastní látka
LAT	Bočný (laterální)
LUQ	Levý horní kvadrant
MinIP	Projekce o minimální intenzitě (Minimum Intensity projection)
MIP	Projekce o maximální intenzitě (Maximum Intensity projection)
MPR	Multiplanární rekonstrukce
MR	Magnetická rezonance
PAT	Technika paralelního náběru dat (Parallel Acquisition Techniques)
R2	Rekonstrukce 2
R3	Rekonstrukce 3
RTG	Rentgen
RUQ	pravý horní kvadrant
SAG	sagitální rovina
STIR	krátká inverze zotavení TI (short tau inversion recovery)
T1	podélná relaxace, neboli spin-mřížka relaxace
T2	příčná relaxace, neboli spin-spin relaxace

VE

Virtuální endoskopie

W

šíře intervalu zobrazených denzit (Width)

Seznam tabulek

Tabulka č. 1 Revidované skóre traumatu:.....	13
Tabulka č. 2 Hountsfieldova stupnice.....	22
Tabulka č. 3 CT protokol pro nativní vyšetření mozku	23
Tabulka č. 4 CT protokol pro vyšetření mozku při kraniofaciálním traumatu nativně	24
Tabulka č. 5 CT protokol pro vyšetření krční páteře nativně	26
Tabulka č. 6 CT protokol pro vyšetření krční páteře	27
Tabulka č. 7 CT protokol pro vyšetření hrudní páteře nativně	28
Tabulka č. 8 CT protokol pro vyšetření hrudní a bederní páteře nativně	29
Tabulka č. 9 CT protokol pro vyšetření poranění kostí a kloubů končetin.....	31
Tabulka č. 10 CT protokol pro vyšetření poranění kostí končetin	32
Tabulka č. 11 CT protokol pro vyšetření poranění pánve	34
Tabulka č. 12 polytraumatický CT protokol.....	36
Tabulka č. 13 polytraumatický CT protokol.....	37
Tabulka č. 14 CT protokol „mediastinum a retroperitoneum	40
Tabulka č. 15 protokol magnetické rezonance pro vyšetření krční páteře	43
Tabulka č. 16 protokol magnetické rezonance pro vyšetření hrudní páteře	44
Tabulka č. 17 Protokol magnetické rezonance pro vyšetření bederní páteře	45
Tabulka č. 18 Projekce pro skiagrafické vyšetření horní končetiny	48
Tabulka č. 19 Projekce pro skiagrafické vyšetření hrudníku.....	50
Tabulka č. 20 Projekce pro skiagrafické vyšetření dolní končetiny	51