

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD  
ÚSTAV RADIOLOGICKÝCH METOD

Petra Přidalová

Zobrazovací metody při traumatech hlavy a páteře

Bakalářská práce

Vedoucí práce: MUDr. Jiří Kozák

Olomouc 2017

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

Olomouc 30. dubna 2017

---

Podpis autora

Děkuji MUDr. Jiřímu Kozákovi za odborné vedení, cenné rady a připomínky při zpracování bakalářské práce.

## **ANOTACE**

**Typ závěrečné práce:** Bakalářská práce

**Téma práce:** Zobrazovací metody při traumatech hlavy a páteře

**Název práce v ČJ:** Zobrazovací metody při traumatech hlavy a páteře

**Název práce v AJ:** Imaging methods in traumas of head and spine

**Datum zadání:** 2016-05-11

**Datum odevzdání:** 2017-05-11

**Vysoká škola, fakulta, ústav:** Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav radiologických metod

**Autor práce:** Petra Přidalová

**Vedoucí práce:** MUDr. Jiří Kozák

**Oponent práce:** MUDr. Jan Hrbek

**Abstrakt v ČJ:** Bakalářská práce popisuje základní vyšetřovací metody, které se používají při traumatech hlavy a páteře. Při traumatech se musí zobrazovací metoda volit rychle a správně. Jednotlivé kapitoly jsou zaměřeny na zobrazovací metody a jejich principy, postupy vyšetření a použití metod při traumatech. Cílem práce je sumarizace informací dohledaných na základě poznatků nalezených rešeršní činností a studiem publikované literatury. V práci jsou uvedeny výhody a nevýhody použití výpočetní tomografie a magnetické rezonance.

**Abstrakt v AJ:** The bachelor's thesis describes basic methods that are used for examination of traumatic head and spine injuries. When examining such sorts of injuries, a visualization method must be selected promptly and correctly. Individual chapters focus on visualization methods and their principles, examination procedures, and implementation of the methods in the treatment of traumatic injuries. The thesis aims to summarize information gained through a thorough literature

search. The thesis lists pros and cons of computed tomography and magnetic resonance.

**Klíčová slova v ČJ:** traumata páteře, traumata hlavy, výpočetní tomografie, skiografie, magnetická rezonance, ultrasonografie

**Klíčová slova v AJ:** spinal cord trauma, head trauma, computed tomography, scintigraphy, magnetic resonance imaging, ultrasonography

**Rozsah:** 45 stran / 5 příloh

## Obsah

Úvod .....	7
1 Úrazy hlavy, mozku a páteře .....	10
2 Zobrazovací metody.....	15
2.1 Skiografie (snímkování).....	15
2.1.1 Skiografie při traumatech hlavy .....	16
2.1.2 Skiografie při traumatech páteře .....	18
2.2 Ultrasonografie.....	21
2.2.1 Ultrasonografie při traumatech hlavy.....	21
2.2.2 Ultrasonografie při traumatech páteře.....	22
2.3 Výpočetní tomografie .....	22
2.3.1 CT vyšetření při traumatech hlavy a mozku .....	24
2.3.2 CT vyšetření při traumatech páteře .....	26
2.4 Magnetická rezonance.....	28
2.4.1 Magnetická rezonance při traumatech hlavy a mozku .....	30
2.4.2 Magnetická rezonance při traumatech páteře.....	32
3 Výhody a nevýhody zobrazování úrazů hlavy CT a MR.....	35
Závěr.....	36
Referenční seznam .....	37
Seznam zkratk .....	40
Seznam příloh .....	42
Přílohy .....	43

## Úvod

Urgentní medicínu zasáhl nárůst dopravy, provozování sportů, rozvoj cestovního ruchu, terorismus a další (Vomáčka a kol., 2015, s. 152). Dopravní nehody tvoří 50% smrtelných úrazů CNS (Seidl, Vaněčková, 2007, s. 195). Základním zobrazovacím postupem je prostý snímek lbi a páteře ve dvou projekcích. Dalším ze základních diagnostických metod je nativní CT vyšetření mozku. V traumatologii je také často požadováno CT krční páteře (Vomáčka a kol., 2015, s. 152). MR je doplňující metodou, kterou využíváme k upřesnění nálezů na CT. Je však rozhodujícím vyšetřením při poškození míchy nebo diskoligamentózních poranění (Nekula a kol., 2005, s. 110). Primární zobrazovací metodou u nízkoenergetických traumat (dopravní nehody do 50 km/h a pády z výšky do 3-4 metrů) je ultrazvukové a rentgenové vyšetření. Při vysokoenergetických traumatech (dopravní nehody nad 50 km/h a pády z výšek nad 3-4 metry) nebo u traumat neznámého mechanismu je prováděno jako metoda první volby tzv. celotělové vyšetření MDCT (Ferda a kol., 2015a, s. 87). Vzhledem k tomu, že urgentní medicína je nezastupitelnou součástí nemocničního oddělení, je na místě položit si otázku: Jaké zobrazovací metody je vhodné využít při traumatech hlavy a páteře, jejich indikace, výhody a nevýhody jejich použití? Cílem práce je sumarizovat dohledané publikované aktuální poznatky o radiodiagnostických metodách při zobrazení traumat hlavy a páteře a indikace jednotlivých zobrazovacích metod.

Díličními cíli jsou:

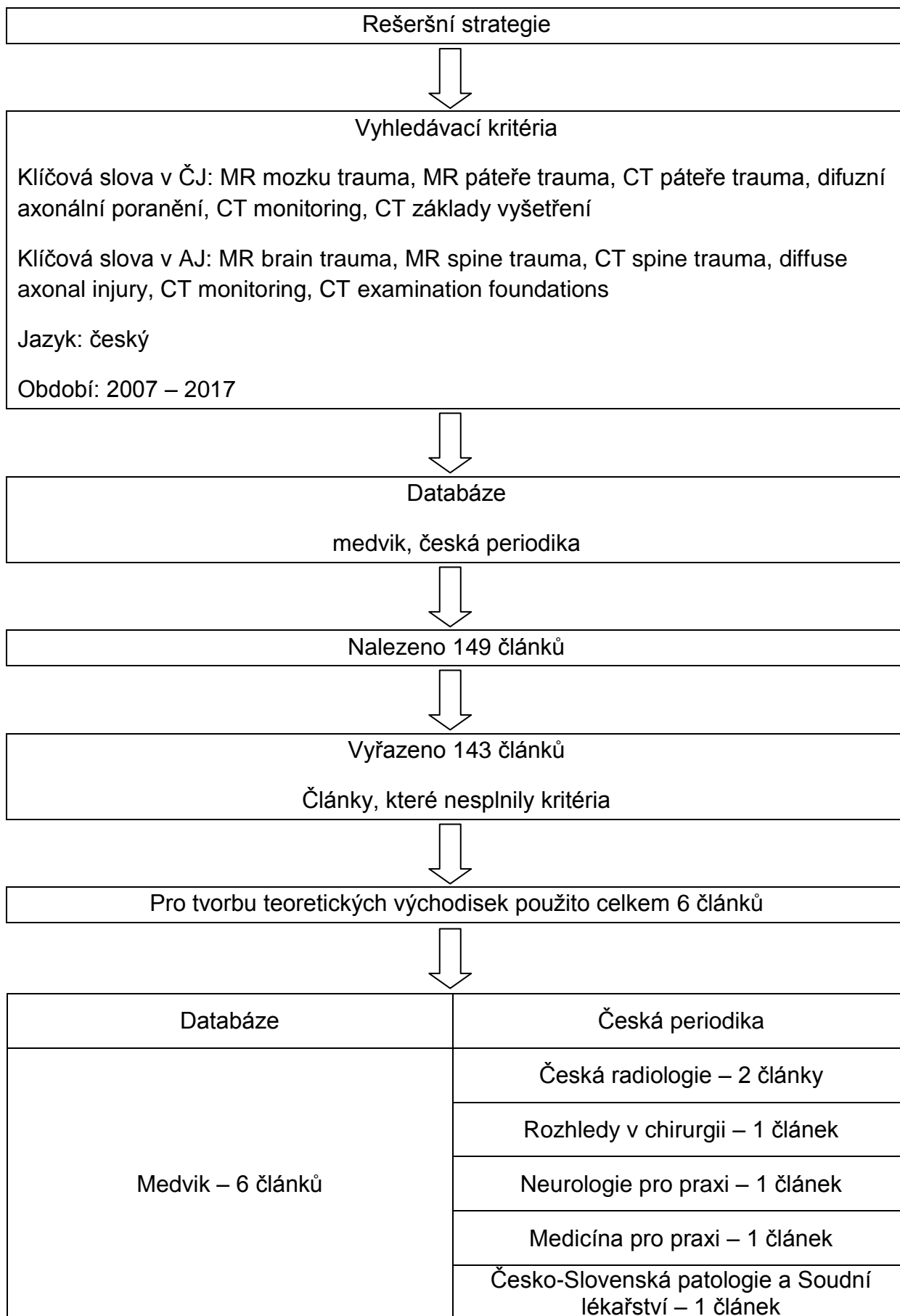
- 1) Sumarizovat dohledané publikované aktuální poznatky o radiodiagnostických metodách při zobrazení traumat hlavy a páteře.
- 2) Sumarizovat dohledané publikované aktuální poznatky o indikacích jednotlivých zobrazovacích metod.

Jako vstupní studijní literatura byly prostudovány publikace:

- 1) HEŘMAN, Miroslav a kol. 2014. *Základy radiologie*. 1. vyd. V Olomouci: Univerzita Palackého. 314 s. Učebnice. ISBN 978-80-244-2901-4.

- 2) CHARVÁT, František a kol. 2006. *Zobrazení hlavy: metodika vyšetřování, anatomie, patologie, klinika: CT, MR, RTG, PET, PET/CT, sonografie, endoskopie, angiografie, intervenční neuroradiologie, navigovaná chirurgie*. 2. upr. a rozš. vyd. Praha: Triton. 658 s. ISBN 80-7254-904-9.
- 3) NEKULA, Josef a CHMELOVÁ, Jana. 2007. *Základy zobrazování magnetickou rezonancí*. Vyd. 1. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Zdravotně sociální fakulta. 67 s. ISBN 978-80-7368-335-1.
- 4) VOMÁČKA, Jaroslav a kol. 2015. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. Druhé, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 157 s. Odborná publikace. ISBN 978-80-244-4508-3.





# 1 Úrazy hlavy, mozku a páteře

## Úrazy obličejového skeletu

Mezi nejčastější příčiny obličejových zlomenin se řadí násilí ve 41 % a dopravní nehody ve 27 %. Alkohol v krvi má 26-54 % zraněných. Nejvíce časté jsou fraktury očnice a zlomeniny nosních kůstek. U život ohrožujících zranění se zlomenina maxily nachází u 45 % zraněných (Charvát, Markalous a kol., 2006, s. 226).

## Zlomeniny obličejových kostí

Nejčastěji se provádí Watersova projekce, bočný snímek nebo axiální snímek. Na CT se dělá rekonstrukce ve třech rovinách a šíře vrstvy je 2-3 mm. Popíše se všechny linie lomu obličejových kostí. Rekonstrukce 3D se doplňují při větších dislokacích. Zlomeniny obličejových kostí se dělí na omezené a transfaciální zlomeniny a zlomeniny orbity. Mezi omezené zlomeniny patří zlomeniny nosních kůstek, které jsou nejčastější zlomeninou obličejového skeletu. Dělá se snímek ve Watersově projekci a při poranění chrupavčitých nosních kůstek se dělá CT nebo MR. Dále zde patří zlomeniny lícni kosti, které prokážeme na CT. Transfaciální zlomeniny vyšetřujeme v bočné projekci a zlomeniny očnice na CT (Neuwirth a Šprinrich, 2016, s. 38-41).

## Poranění čelistí

U luxace dolní čelisti se provede rtg. snímek podle Schüllera a při komplikacích CT. Zlomenina horní čelisti se vyšetřuje rtg a dělá se poloaxiální snímek lebky a CT vedlejších dutin nosních a baze lební (Charvát, Markalous a kol., 2006, s. 226-229).

## Zlomeniny lebky

Lineární linie lomu lebky patří mezi nejčastější zlomeniny. Na rentgenovém snímku se nejlépe zobrazí v tangenciální projekci, ale nejlépe jde linie lomu vidět na 3D rekonstrukci CT. Zlomeniny kosti klínové jsou nejvíce patrné na tenkých axiálních CT skenech (Neuwirth a Šprinrich, 2016, s. 38-39).

## **Kraniocerebrální poranění**

Ve věku od 1 až 40 let je nejčastější příčinou úmrtí. Dopravní nehody způsobí téměř 50% všech KCP a 75 % zraněných podlehe zraněním před převozem do nemocnice (Charvát, Markalous a kol., 2006, s. 432). Klinický stav nemocného je rozhodující pro indikaci zobrazovacích metod. Pro posouzení klinického stavu se využívá Glasgowské schéma. Nemocné rozdělujeme do tří skupin na lehká, středně těžká a těžká poranění. CT vyšetření provádíme u středně těžkých a těžkých poranění. Kranocerebrální poranění se dělí na primární a sekundární změny. Primární změny jsou přímým důsledkem poranění a sekundární jsou následkem primárních změn. Na vzniku primárních traumatických změn se uplatňuje přímé stlačení mozku a rotační a střížné síly. Klinická závažnost sekundárních změn je v mnoha případech významnější než u primárních. Příčinou je zvýšení nitrolebního tlaku, který podmiňuje herniace mozku. Mezi primární poranění patří kontuze mozku, difuzní axonální poranění, traumatická hemoragie, poranění mozkových tepen a žil, poranění skeletu a měkkých tkání podkoží a penetrující poranění. Mezi sekundární traumatické změny patří herniace mozku, posttraumatické ischemie a krvácení, edém mozku, subdurální hygrom a jiné (Heřman, 2006, s. 40).

## **Kontuze**

Je to poškození mozkové tkáně, které je nejvíce časté. Jejich přítomnost je nadpoloviční u středně těžkých a těžkých poranění. Nastane při kontaktu gyrů se skeletem nebo duplikaturami dury (Heřman, 2006, s. 42).

## **Difuzní axonální poranění**

Závažné poranění mozku, které odpovídá za 50 % všech úmrtí na trauma CNS. Následkem je přerušení komunikace mezi kůrou a mozkovým kmenem (Seidl, Vaněčková, 2007, s. 198). Po difuzním axonálním poranění nastává bezvědomí ihned po úraze. Při lehčím poranění však koma být nemusí. CT vyšetření zobrazí pouze větší prokrvácené léze, ale MR prokáže i menší hemoragická a větší nehemoragická ložiska (Heřman, 2006, s. 50).

## **Extracerebrální traumatická krvácení**

Epidurální hematom se nachází u 1-4 % všech kraniocerebrálních poranění a až u 10 % pacientů může skončit úmrtím. Hematom je uložen mezi kalvou a tvrdou plenou. Nejčastěji jsou zdrojem krvácení meningeální tepny.

Mezi nejčastější pouřazové intrakraniální extracerebrální krvácení patří subdurální hematom. Hematom se vyskytuje mezi tvrdou plenou a arachnoideou. Hematomy mohou být různého stáří a liší se klinicky i CT obrazem. Akutní subdurální hematom vzniká do 2-3 dnů od úrazu. Subakutní subdurální hematom je starý od 3. až 4. dne do 3. týdne. Jestliže není hematom patrný na nativním CT, aplikuje se intravenózně kontrastní látka nebo se vyšetření provede na MR. Chronický subdurální hematom je starší než 2-3 týdny.

Subarachnoidální krvácení se často vyskytuje společně s kontuzí nebo subdurálním hematomem. Zdrojem krvácení jsou žíly, které se nacházejí v subarachnoidálním prostoru nebo krvácení z povrchu mozku při kontuzi (Heřman, 2006, s. 60-76).

### **Úrazy páteře**

Úrazy páteře patří k nejobávanějším poraněním hlavně kvůli možnosti vzniku celoživotních následků. Poruchy hybnosti či cití se objevují u 10-23 % případů. Traumata se nejčastěji vyskytují u horního (C1-2) a dolního (C4-7) krčního úseku a torakolumbálního přechodu, jsou to také místa, kde dochází k poškození míchy. Myelopatie se také vyskytují při úrazech horní a střední hrudní páteře, kde je ke vzniku zapotřebí velké energie. Časté může být také víceúrovňové postižení v 17-30 % a přidružení úrazu krční páteře u kraniocerebrálního traumatu v 7-10 %. Proto je důležité zařadit vyšetření krční páteře při špatně hodnotitelných zraněních s bezvědomím (Černoch a kol., 2000, s. 542). Trauma páteře nemusí být hned s poškozením míchy nebo míšních kořenů, ale páteř nemusí být stabilní, a tak hrozí poškození nervových struktur. U traumat se proto musí popsat vlastní poranění, ale i zhodnotit, zda může dojít k narušení stability páteře. Po běžné zátěži páteře, která je nestabilní může dojít k deformaci skeletu, páteřního kanálu nebo k neurologickému deficitu. K instabilitě přispívají úrazy, při kterých je zlomena zadní třetina těla a oblouku obratle, zároveň s rupturami ligament. Mechanizmy vzniku poranění jsou flexe, extenze, rotace a ve směru axiálním komprese nebo distrakce (Nekula a kol., 2005, s. 107). Podle lokalizace násilí jeho velikosti a směru může úraz zapříčinit různá poranění. Při diagnostice poranění páteře a míchy velice záleží na rychlosti a přesnosti vyšetření (Peterová a kol., 2005, s. 113).

## **Úrazy krční páteře**

Úrazy horní krční páteře představují 1/3 všech úrazů krční páteře a až 40 % z nich končí smrtí již na místě nehody, protože dochází k poškození prodloužené míchy. V mladším věku jsou to poranění s vysokou energií, jako jsou autonehody, nehody na motorce a na kole, srážky chodců autem, pády z výšek a skoky do vody a ve starším věku převažují jednoduché pády.

Poranění krční páteře se dělí na poranění horní krční páteře, kde patří okcipitální oblast (C0), atlas (C1), epistrofei (C2) a spojení kloubní i vazivové. Střední a dolní krční páteř tvoří obratle C3-C7 a jejich spojení. Díky tomu, že v této oblasti zaujímá mícha jen 25%, mohou být poranění bez neurologického nálezu (Ryba a kol., 2016, s. 20).

Poranění kraniocervikálního přechodu (od atlantookcipitálního spojení po C2) jsou často současně s úrazem hlavy a mají významnou neurologickou symptomatiku. Atlantookcipitální luxace je oddělení lebky od páteře a závažné poškození míchy s vysokou mortalitou. Atlanto-axiální luxace je hojně poranění u dětí. Rotační atlantoaxiální luxace, kdy se oddělí pouzdra faset je obvykle přidružena k úrazu hlavy. Dále mohou být zlomeniny čepovce a Jeffersonova fraktura a zlomeniny oblouku C2. Úrazy střední a dolní krční páteře jsou flekční zlomeniny a jsou doprovázeny kompresemi obratlů. Zlomeniny extenční a hyperextenční nejsou tak časté, ale jsou klinicky závažnější a jsou spojeny s kraniocerebrálním zraněním při nárazu do tváře. Diskoligamentózní zranění může být s trvalým poškozením míchy a to i bez zlomení obratle. K tomuto poranění často dochází při dopravních nehodách, kdy páteř a lebka připomínají pohyb švihnutí bičem (Nekula a kol., 2005, s. 112-113).

## **Úrazy hrudní a bederní páteře**

Vznikají nejčastěji při pádech z výšky a dopravních nehodách. Typy úrazů jsou kompresivní zlomeniny obratlového těla, distrační poranění předního a zadního sloupce a rotační poranění předního a zadního sloupce (Nekula a kol., 2005, s. 115). Nejvíce úrazů obratlů je v thorakolumbálním přechodu. Fraktury Th12-L2 mají za následek až 25 % fraktur celé páteře. Provádí se rentgenový snímek v předozadní a boční projekci a k upřesnění nálezu slouží CT a MR vyšetření (Višňa, Hoch a kol., 2004, s. 71-72).

## **Poranění míchy a spinálních kořenů**

Jedná se o nejvíce závažnou komplikaci traumat páteře. Trauma může být často i smrtelné. Hlavně pokud se jedná o krční páteř, kdy při ireverzibilní míšní lézi dojde k těžkému neurologickému deficitu. Nejvíce častá je komprese nebo natržení kostním úlopkem, epidurálním hematomem nebo vyhřezlou ploténkou. Lukovité napnutí míchy provází krvácení do míšního parenchymu, poškození cév a může způsobit ischemii. Krátkodobý míšní edém může být bez následků, ale pokud je déle trvající a rozsáhlý, zanechává neurologické změny. MR vyšetření je u takovýchto poranění nezbytné a často rozhodne až kontrolní vyšetření za 24 hodin po úraze (Nekula a kol., 2005, s. 116).

## 2 Zobrazovací metody

Jsou velice důležitý obor nynější medicíny. Až 70 % diagnóz je stanoveno vyšetřením zobrazovacími metodami (Nekula, Chmelová, 2005, s. 6). Během diagnostického algoritmu musí lékař indikující vyšetření vybrat zobrazovací metodu, která co nejrychleji určí typ, lokalizaci a rozsah traumat. Výběr zobrazovací metody je odlišný, pokud se jedná o úraz jedné oblasti nebo polytrauma s vážným klinickým stavem (Višňa, Hoch a kol., 2004, s. 24).

### 2.1 Skiografie (snímkování)

Snímek provedeme krátkým vystavením pacienta rtg. záření, které prochází vyšetřovanou oblastí, kde se z části absorbuje, rozptyluje a poté je registrováno na detekčním médiu (Ferda a kol., 2015b, s. 16).

#### Základní princip metody

Rentgenové záření objevil v roce 1895 německý fyzik Wilhelm Conrad Röntgen. Rentgenové záření je elektromagnetické vlnění, které v radiodiagnostice používá vlnové délky  $10^{-9}$ – $10^{-11}$  m. V přístrojích pro diagnostiku i terapii je umělým zdrojem záření rentgenka. Rentgenka je vakuovaná dioda, která má dvě elektrody: zápornou katodu a kladnou anodu. (Vomáčka a kol., 2015 s. 11-15).

Mezi vlastnosti rtg. záření patří jeho neviditelnost, přímočaré šíření rychlostí světla. Záření prochází hmotou, kde se z části absorbuje a rozptyluje a to závisí na složení hmoty a kvalitě rtg. záření (Heřman a kol., 2014, s. 11).

Výsledkem rtg. obrazu je trojrozměrný objekt dvourozměrného obrazu. Na vzniku rentgenového obrazu se podílí tři základní složky: zdroj záření – ohnisko rentgenky, objekt – vyšetřovaný pacient a film, luminiscenční plocha a detektory digitálních přístrojů (Vomáčka a kol., 2015, s. 28-29). Obraz je sumační, což znamená, že zachycuje průchod rtg. záření všemi tkáněmi a nezáleží na pořadí, v jakém k tomu došlo (Heřman a kol., 2014, s. 14).

Na rentgenovém snímku se dobře zobrazí všechny části, kde je obsaženo kalcium. Tedy struktura kosti a pozice dílčích částí osifikovaného skeletu (Ferda a kol., 2015b, s. 32).

## **Indikace a kontraindikace**

Skiografie je indikována hlavně pro detekci patologických nálezů vlastního skeletu lebky a páteře (Černoch a kol., 2000, s. 9). Snímek lebky se provádí v traumatologii hlavně u lehkých poranění hlavy (Vomáčka a kol., 2015, s. 117). Kontraindikací vyšetření s rtg. zářením je gravidita. Vyšetření u gravidních se provede pouze z vitální indikace a pokud se nemůže použít jiná zobrazovací metoda (Seidl a kol., 2012, s. 74).

### **2.1.1 Skiografie při traumatech hlavy**

Skiografie slouží hlavně k orientaci u menších poranění. Nesnímkuje se při kraniocerebrálním poranění kvůli časové prodlevě i nízké výtěžnosti (Charvát, Markalous a kol., 2006, s. 435). Prostý snímek lebky není prováděn při komoci, kde nedošlo ke ztrátě vědomí a paměti a pokud nejsou na lebce tržné rány. Také se neprovádí kvůli forensním otázkám (Neuwirth a Šprindrich, 2016, s. 36). Rentgenový snímek při traumatech hlavy již není tak běžný díky vyšetření výpočetní tomografií. Současně s poraněním hlavy může být u 1 % pacientů i trauma krční páteře, a proto je nutné zvážit rentgen této oblasti (Černoch a kol., 2000, s. 441).

Při traumatech se dělají snímky ve dvou základních projekcích a to zadopřední nebo předozadní a bočné. Podle lokalizace úrazu nebo při bolestivosti se dělá třetí projekce. Projekce na obličejovou kostru se provádí při poranění obličejové části, při úrazech v týle se dělá projekce podle Towna nebo axiální projekce (Ort, Strnad, 1997, s. 96).

### **Základní a speciální projekce lebky**

Základní snímky lebky se provádí nejčastěji vleže s ohniskovou vzdáleností 100 cm nebo ve stoje či vsedě s ohniskovou vzdáleností 150 cm. Příkaz pacientovi je „nedýchat“. Pacient si sundá všechny ozdoby a spony z hlavy a vyndá zubní protézu (Chudáček, 1993, s. 250). U pacientů neklidných nebo v bezvědomí se použije větší ohnisko a vysoce zesilující fólie, abychom předešli pohybovým neostrostem. Během snímkování se chrání oblast pohlavních žláz olovnatou gumou.

Zadopřední projekce se snímkuje vleže na břicho a pacient se dotýká stolu čelem a nosem. Horní končetiny jsou pod hrudníkem. Při traumatech, bezvědomí nebo u dětí lze snímkovat předozadně. Pacient leží na zádech a bradu má



přitaženou k tělu. Centrální paprsek míří u zadopřední i předozadní projekci na kořen nosu a střed kazety. (Ort, Strnad, 1997, s. 93-96).

Při bočné projekci leží pacient na bříše s hlavou otočenou na bok. Paže, která je na naléhající straně, je natažena podél těla a druhá je opřena rukou o stůl. Hlava je přitažena ke krku (Chudáček, 1993, s. 251). Centrální paprsek směřuje mírně nad a před zevní zvukovod.

Poloaxiální projekce na obličejovou kostru se provádí vleže na bříše s horními končetinami podél těla. Hlava se opírá o stůl bradou a nosem. Centrální paprsek směřuje na špičku nosu do středu kazety. (Ort, Strnad, 1997, s. 94-96).

Při axiální projekci leží pacient na zádech a je pod nimi vypodložen, aby mohl zaklonit hlavu a dotknout se temenem hlavy stolu. Centrální paprsek míří 1 cm před zevním zvukovodem do středu kazety (Chudáček, 1993, s. 252). Pokud pacient nezakloní úplně hlavu, sklání se centrální paprsek kraniálně.

Speciální projekce slouží k zobrazení určité části lebky. U zadopřední projekce na vedlejší dutiny nosní se pacient nastaví jako na zadopřední projekci lebky a ke kořeni nosu se vloží klínek. Centrální paprsek směřuje na kořen nosu. Při poloaxiální projekci (dle Waterse) leží pacient na bříše. Bradu opírá o stůl a nos má 2 cm nad stolem. Centrální paprsek směřuje na hrot nosu do středu kazety. Snímek se může provádět i u vertigrafu s opřenou bradou a nosem a ústa jsou plně otevřena.

Projekce na skalní kost, kdy se zobrazuje pouze jedna pyramida, jsou Stenversova, Schüllerova a Mayerova. Projekce se dělají jako srovnávací snímky a při jejich provedení se používá ušní tubus. Obě pyramidy kosti skalní se zobrazí projekcí dle Towna. Stenversova projekce se provádí vleže na bříše. Pacient se nejprve nosem a čelem opírá o stůl a poté se hlava skloní o 45° vložení klínu, o který se opírá vyšetřovaným uchem. Centrální paprsek směřuje na mastoidální výběžek a prst od zevního týlního hrbolku se sklonem 10-15° kraniálně. Při Schüllerově projekci leží pacient na bříše s hlavou v přesné boční projekci. Ušní boltec je připevněn dopředu. Centrální paprsek je skloněn 25° kaudálně a směřuje dva prsty nad zevní zvukovod. Mayerova projekce se dělá na zádech s přitaženou bradou k tělu. Hlava se otočí o 45° k zobrazované straně. Centrální paprsek směřuje do středu zvukovodu a je skloněn 45° kaudálně. Šikmou, předozadní projekci (dle Towna) snímujeme vleže na zádech s pokrčenými dolními končetinami a horními končetinami podél těla. Hlava je podložena klínem a brada přitažena maximálně

k hrudníku. Centrální paprsek směřuje 4 prsty nad kořen nosu a sklání se o 45° kaudálně.

Boční projekce na turecké sedlo se dělá jako boční snímek lebky, ale na menší formát.

Při zadopředním snímku orbity leží pacient na břiše. O stůl se nemocný opírá čelem a nosem. Centrální paprsek směřuje na kořen nosu a je skloněn o 30° kaudálně. Projekce na optický signál (Rhese-Goalwina) se provádí s použitím dlouhého ušního tubusu. Pacient leží na břiše a dotýká se stolu horním okrajem očníce, hranou jařmové kosti a špičkou nosu zobrazované strany. Centrální paprsek směřuje do středu očníce a je skloněn 15° kaudálně.

Při boční projekci nosu stojí pacient šikmo u vertigrafu, ale hlava je přesně bokem, tak aby naléhala na vertigraf. Centrální paprsek směřuje na kořen nosu.

Boční projekce dolní čelisti se vyšetřuje na boku vleže. Hlava je podložena klínem se sklonem 25°. Centrální paprsek směřuje do středu čelisti a je skloněn o 45° kraniálně. (Ort, Strnad, 1997, s. 96-115).

Při snímcích jařmových oblouků leží pacient na břiše. Bradu má opřenou o stůl, ústa otevřená a nos se nedotýká stolu. Centrální paprsek je skloněn kaudálně, aby mířil kolmo na rovinu jařmových oblouků (Chudáček, 1993, s. 258).

### **2.1.2 Skiografie při traumatech páteře**

Pro správné provedení snímku je nutné, aby byly zobrazeny všechny obratle vyšetřovaného úseku páteře i první sousední obratle kvůli správnému určení výšky a počtu obratlů. Základní projekce páteře se provádí vleže, kromě bočné projekce C páteře. Vleže se lépe posoudí tvarové a strukturální změny páteře a také je méně pohybových artefaktů než ve stoje. Vleže, ale nemusí být zřetelná fyziologická lordóza (Nekula a kol., 2005, s. 19).

Skiografie je při úrazech páteře metodou první volby. Při akutních traumatech se musí vyšetření provádět velice opatrně, aby se u nestability páteře stav nemocného nezhoršil. S postiženým zbytečně nemanipulujeme a vyšetření provádíme vleže na zádech a pohybujeme rentgenkou a ne pacientem.

Krční páteř se zobrazuje nejméně ve třech základních projekcích: předozadní, boční a transorální, která je cílená na atlanto-axiální oblast. Projekce hrudní a bederní páteře jsou předozadní a bočné. Při zobrazení dolní krční páteře v bočné projekci často dochází k sumaci ramenních struktur a tím k podexponování. Šikmé

snímky krční páteře zobrazí meziobratlové otvory, kloubní výběžky a přilehlé úseky oblouků. Při podezření na postižení kloubních úseků obratlových oblouků se doplňují šikmé projekce. Zátěžové funkční snímky v extenzi a flexi páteře se doplňují za několik dní po úrazu, pokud přetrvává bolestivá symptomatologie.

Na snímcích páteře se posuzuje zakřivení páteře a vzájemné posunutí obratlů. Při úrazu páteře může docházet ke snížení i rozšíření meziobratlových prostor. Dále se hodnotí postavení horního a spodního těla obratle vůči sobě. Při flekčním úrazu často dochází ke kyfotickému zakřivení. Stranový posun, stranovou kompresi těl obratlů s vyosením páteře a otočení obratlového sloupce kolem svislé osy může způsobit rotační mechanismus úrazu. Nativní snímek nezobrazí traumatický výhřez ploténky. Hematom, který způsobila ruptura předního podélného vazy, se hodnotí na bočním snímku krční páteře. (Černocho a kol., 2000, s. 546-555).

### **Projekce páteře**

Páteř se snímkuje s použitím sekundární clony. Ohnisková vzdálenost je 100 cm. Před expozicí se pacientovi přikáže „nadechnout – vydechnout – nedýchat“ (Chudáček, 1993, s. 226). Oblast pohlavních žláz se chrání olovnatou gumou nebo olovněnými chrániči pokud se nepřekryje obraz vyšetřované oblasti. Žen v reprodukčním období se ptáme na možnost těhotenství a v kladném případě se nevyšetřují (Ort, Strnad, 1997, s. 77).

### **Krční páteř**

Pacient si musí sundat všechny ozdoby z vyšetřované oblasti, vyndat zubní protézu a svléct si horní polovinu těla nebo obnažit krk. Při předozadní projekci pacient leží na zádech na vyšetřovacím stole nebo sedí zády opřený o vertigraf. Hlavu zakloní tak, aby spojnice ústních koutků a ušních lalůček byla kolmá na vyšetřovací stůl nebo vertigraf. Centrální paprsek míří na horní okraj štítné chrupavky a je skloněn 10-15° kraniálně. Bočná projekce se provede v sedě nebo ve stoje u vertigrafu, ke kterému stojí pacient bokem a je opřený ramenem. Obě ramena stáhne co nejvíce dolů. Při šikmé předozadní projekci stojí pacient nejprve bokem a pak se otočí o 45° nazad. Ohnisková vzdálenost je 150 cm. Centrální paprsek prochází C4. Předozadní projekce na krční obratel se provádí vleže na zádech s maximálně otevřenými ústy. Centrální paprsek míří na střed otevřených úst (Chudáček, 1993, s. 226-231). Funkční snímky se provádí většinou v boční projekci a méně v předozadní projekci. Pacient sedí u vertigrafu a předklání, zaklání

nebo uklání hlavu. Pohyb vykoná pacient do takové míry, aby nebyl bolestivý. Parametry snímkování jsou totožné jako u předozadní nebo bočné projekce páteře (Nekula, Chmelová, 2005, s. 55).

### **Hrudní páteř**

Pacient je svlečen od pasu nahoru. Používají se sekundární clony. Ohnisková vzdálenost je 100 cm. Při předozadní projekci leží pacient na zádech na vyšetřovacím stole. (Chudáček, 1993, s. 233). Centrální paprsek míří na střed hrudní kosti a kazety (Ort, Strnad, 1997, s. 84). Pacient při bočné projekci leží bokem ke stolu. Horní končetiny jsou natažené nad hlavou a hlava podložena tak, aby byla v rovině s páteří. Dolní končetiny má mírně pokrčené v kyčlích a kolenou. Centrální paprsek prochází dolním úhlem lopatky (Chudáček, 1993, s. 234-235).

### **Bederní páteř**

Pacient je svlečený od pasu dolů, nechává jen trenýrky a kalhotky. Použije se sekundární clona. Při předozadní projekci leží pacient na stole na zádech. Horní končetiny jsou nataženy podél těla a dolní končetiny pokrčeny v kolenou (Chudáček, 1993, s. 236). Centrální paprsek směřuje na bikristální spojnici (Ort, Strnad, 1997, s. 86). Při bočné projekci pacient leží na boku na stole. Horní končetiny jsou nataženy za hlavou a dolní končetiny pokrčeny v kyčelním i kolenním kloubu (Chudáček, 1993, s. 236-237). Centrální paprsek míří dva prsty pod bikristální spojnici do středu kazety. Při šikmé projekci na meziobratlové otvory leží pacient na zádech. Vyšetřovanou oblast podložíme, aby pánev byla výše než hrudník. Centrální paprsek směřuje na průsečík bikristální spojnice s medioklavikulární čarou (Ort, Strnad, 1997, s. 88-89).

### **Křížová kost a kostrč**

Pacient se svleče od pasu dolů a zůstanou pouze trenýrky a kalhotky. Použije se sekundární clona. Pacient leží na zádech. Horní končetiny jsou za hlavou a dolní pokrčeny v kolenou. Kostrč se snímkuje s nataženými dolními končetinami (Chudáček, 1993, s. 241). Centrální paprsek se sklání o 25° kraniálně a míří mírně nad symfýzu (Ort, Strnad, 1997, s. 90). Při bočné projekci leží pacient na boku a nohy má přitážené k tělu. Mezi koleno je polštář, aby byly od sebe na šířku pánve. Centrální paprsek míří 3-4 cm nad konec kostrče (Chudáček, 1993, s. 242-243).

## **2.2 Ultrasonografie**

Je diagnostická zobrazovací metoda, která využívá registraci ultrazvuku odraženého od tkání (Seidl a kol., 2012, s. 40). Metoda je velmi rozšířená a dostupná (Vomáčka a kol., 2015, s. 38).

### **Princip ultrasonografie**

Jsou to podélné mechanicko-elastické kmity, které se šíří prostředím. Nositelem vlnění jsou molekuly prostředí. V diagnostice se používají frekvence ultrazvukového vlnění od 1-15 MHz. Zdrojem ultrazvukového vlnění jsou látky s piezoelektrickými vlastnostmi (Vomáčka a kol., 2015, s. 38). Ultrazvuk se při průchodu hmotou absorbuje, rozptyluje a odráží. Při vyšetření je nutné použít kontaktní gel na kůži, aby nebyla vrstvička vzduchu mezi kůží a sondou, protože by došlo k odrazu velké části ultrazvukového vlnění (Heřman a kol., 2014, s. 17). Základní US metody jsou zobrazování v reálném čase a dopplerovské zobrazování. K vyšetření se používají sondy, které obsahují piezokrystaly a mohou být konvexní, lineární nebo sektorové (Vomáčka a kol., 2015, s. 38-39).

Vyšetření ultrazvukem nemá žádné kontraindikace ani prokázané nežádoucí účinky na organismus ani plod (Heřman a kol., 2014, s. 21).

Ultrasonografie je primárním vyšetřením CNS u novorozenců a kojenců. Vyšetření transfontanelární US nebo zobrazení páteřního kanálu je nejlepší do šestého měsíce života, ale dá se provést až do 12-15 měsíce života. Ultrasonografie se dělá v urgentním stavu při porodním traumatu. Při transfontanelárním zobrazení mozku se používá sektorová fázově řízená sonda, která má frekvenci 5-12 MHz. Struktury v těsné blízkosti fontanely a páteřní kanál se zobrazují lineární elektronickou sondou s frekvencí 7,5-12 MHz (Černoch a kol., 2000, s. 12-13).

### **2.2.1 Ultrasonografie při traumatech hlavy**

Zobrazení mozku ultrazvukem se nazývá echoencefalografie. Přístupem jsou neuzavřené fontanely, zadní jáma přes velký týlní otvor a tenká temporální šupina, kterou můžeme zobrazit téměř celou intrakraniální oblast (Vomáčka a kol., 2015, s. 126). Ultrasonografie se využívá k zobrazení mozkové tkáně plodu, novorozenců a kojenců. Použití je možné do doby než se uzavře velká fontanela. Dopplerovská ultrasonografie se využije při zobrazení cév. Doppler je možné využít k získání

informací o charakteru a pulzatilitě toku ve Willisově okruhu, které lze dostat transtemporálním přístupem.

Indikace jsou zobrazení komorové soustavy, hydrocefalu a intraventrikulárního krvácení novorozenců (Ferda a kol., 2015b, s. 96).

### **2.2.2 Ultrasonografie při traumatech páteře**

Novorozenci a kojenci leží při vyšetření páteře na břiše. Při vyšetření krční páteře leží na hrudníku a hlava se přidržuje mírně předkloněná. Páteřní kanál se zobrazuje hlavně v sagitální a transverzální rovině (Vomáčka a kol., 2015, s. 127).

## **2.3 Výpočetní tomografie**

Je metoda založená na matematické rekonstrukci anatomických řezů získaných průchodem rtg. záření v mnoha průmětech po kruhovém obvodu. Metoda byla objevena na přelomu šedesátých a sedmdesátých let 20. století (Ferda a kol., 2015b, s. 18).

### **Základní princip metody**

Metoda využívá schopnosti rtg záření odlišně se absorbovat v tkáních různého složení (Vomáčka a kol., 2015, s. 42). Vycházející svazek záření z rentgenky je vycloněn do tvaru vějíře a jeho šířka určuje šířku vyšetřované vrstvy. Záření, které projde pacientem, dopadá na detektory uložené naproti rentgence. Systém rentgenka - detektory se otočí kolem pacienta o 360° během zhotovení jedné vrstvy. Detektory registrují dopadající záření a převádí jej na elektrický signál, který je odeslán do počítače, kde se zpracovává (Heřman a kol., 2014, s. 22). CT tak matematicky vyjadřuje v hodnotách denzity (Hounsfieldových jednotkách – HU) intenzitu absorpce rentgenového záření (Vomáčka a kol., 2015, s. 42). Denzity jsou na obrazech CT skenů reprezentovány stupni šedi (Heřman a kol., 2014, s. 22). Lidské oko rozpozná pouze 16 stupňů šedi, je nutné při vyšetření pracovat s jinou šíří denzit a jejich středem, proto pro různá vyšetřování používáme jiné „okno“, například pro vyšetření mozku, plic nebo skeletu (Vomáčka a kol., 2015, s. 42).

CT přesně zobrazí kalcifikované tkáně, jako je osifikovaná kost. Jeho vysoké rozlišení umožní hodnotit malé změny struktury v kompaktní i spongiózní kosti a mikrotraumatické změny (Ferda a kol., 2015b, s. 32).

## **Multidetektorová výpočetní tomografie**

MDCT je způsob akvizice dat, kdy je současně získávána více jak jedna datová stopa (Ferda, Mírka, Baxa, 2009, s. 14-15). Přístroj je vybaven jednou rentgenkou a řadou detektorů. Přednostmi MDCT jsou zkrácení doby vyšetření, získání většího množství informací, uplatnění multiplanárních i prostorových rekonstrukcí a také rekonstrukce v HRCT kvalitě, použití u hůře vyšetřitelných pacientů k redukci pohybových artefaktů (Charvát, Markalous a kol., 2006, s. 29-31).

### **Provedení vyšetření**

Před vlastním vyšetřením je příprava pacienta, která začíná jeho poučením o vyšetření, dále zjištění anamnestických dat kvůli možné alergické reakci na kontrastní látku a také onemocnění ledvin, srdce a štítné žlázy. U nemocného s alergií je nutné zvážit premedikaci. Před intravenózní aplikací kontrastní látky je zajištěn nitrožilní přístup pomocí plastické kanyly. Poté je pacient uložen na vyšetřovací stůl a vyšetřovaná oblast je fixována. Dále je důležité správně nacentrovat vyšetření a to tak, že vyšetřovaný orgán musí ležet v izocentru, tedy v ose, která probíhá kolmo na rovinu gantry středem rotace (Ferda, Mírka, Baxa, 2009, s. 16). Jako první se udělá digitální snímek vyšetřované oblasti (topogram), kdy se rentgenka ani detektory nepohybují kolem pacienta. Pacient leží na posuvném stole, který zajíždí do otvoru zvaného gantry. Ze zhotoveného snímku se naplánuje rozsah vyšetření. Dále je na řadě vlastní vyšetření konvenční nebo spirální technikou. Řezy jsou zhotoveny většinou v transverzální rovině. Lze z nich vytvořit řezy v libovolných rovinách nebo trojdimenzionální rekonstrukce. Můžeme vyšetřovat nativně nebo po podání kontrastní látky, která pomůže lépe rozlišit cévy od ostatních struktur a také patologickou tkáň díky odlišnému sycení oproti normální tkáni. U konvenčního CT vyšetření jsou jednotlivé vrstvy zhotovovány postupně a to tak, že se udělá jeden řez a poté se posune stůl s pacientem o šířku dalšího řezu. Při spirálním CT kontinuálně rotuje gantry a současně se posouvá stůl s pacientem. Výhodou je zkrácení doby vyšetření, nižší radiační zátěž pacienta a lepší rekonstrukce z překrývajících se obrazů (Heřman a kol., 2014, s. 23).

## **Indikace k CT vyšetření**

CT vyšetření se indikuje k ověření nebo zpřesnění nálezu viditelného na rtg. U těžkých poranění např. polytraumat je metodou první volby CT v oblasti hlavy a celého trupu. Také pokud má pacient neurologické příznaky a může být poraněna mícha nebo míšní kořeny je provedeno urgentní CT vyšetření (Ferda a kol., 2015b, s. 112). Indikace k CT vyšetření zahrnují prakticky všechny části těla a všechny skupiny diagnóz. K akutnímu CT jsou indikována hlavně traumata (lebky, páteře, hrudníku, břicha, pánve a končetin) (Heřman a kol., 2014, s. 25). Jedno z nejčastějších CT vyšetření je nativní CT mozku. Pomocí CT se diagnostikuje čerstvé krvácení, abscesy i řada nádorových onemocnění (Vomáčka a kol., 2015, s. 45).

### **2.3.1 CT vyšetření při traumatech hlavy a mozku**

CT je metodou první volby u akutních stavů díky své dostupnosti a rychlejšímu vyšetření než magnetickou rezonancí (Heřman a kol., 2014, s. 179). CT vyšetření se vždy provede při poruše vědomí, při podezření na zlomeninu baze, u zlomeniny, kde je kost vtlačena dovnitř, při penetrujícím poranění a při neurologické symptomatologii. CT neprovedeme, pokud je stav pacienta při přijetí dobrý a po 12 hodinách je GCS rovno patnácti (Neuwirth, Šprindrich, 2016, s. 36). Nativní CT vyšetření mozku je základní diagnostickou metodou (Vomáčka a kol., 2015, s. 152). Použití konvenční technologie CT je při neuroradiologických aplikacích stejné nebo i lepší než modernější spirální CT. Ve snaze docílit maximální rozlišení používáme při většině vyšetření lebky, mozku nebo páteře konvenční techniku i na spirálních CT zařízeních. Jen u vyšetření, kde dbáme na kvalitu multiplanárních nebo 3D rekonstrukcí nebo u nestabilních pacientů, kde je důležitá rychlost vyšetření použijeme spirální techniku (Černoch a kol., 2000, s. 15). Rozsah vyšetření je od velkého týlního otvoru po vertex a gantry je skloněn paralelně se supraorbitomeatální čarou. Většinou postačuje nativní snímek, jen podle klinické potřeby se doplní skeny po intravenózním podání kontrastní látky. Na normálním obraze CT mozku má šedá hmota denzitu až 35 HU, bílá hmota 25-32 HU a likvor, kterým je vyplněn komorový systém má denzitu kolem 10 HU (Vomáčka a kol., 2015, s. 118).

Výpočetní tomografie je základní zobrazovací metodou při akutních vyšetření mozku, u kterých se nepodává kontrastní látka. Posuzuje se stav mozkové tkáně,



velikost komorové soustavy, výskyt rozšiřujícího se útvaru nebo čerstvé krvácení (Ferda a kol., 2015b, s. 96). CT vyšetření prokáže útlak mozku větším krvácením, posoudí stupeň kontuze, perifokální nebo celkový edém a hrozící herniaci mozku (Višňa, Hoch a kol., 2004, s. 131). CT se provádí neodkladně při kraniocerebrálním poranění (Charvát, Markalous a kol., 2006, s. 435).

### **Standardní vyšetřovací protokol mozku a hlavy**

Zobrazení mozku na CT se provádí bez podání kontrastní látky tedy nativní sken. Topogram se udělá bočný. Rozsah vyšetřované oblasti je od baze ke klenbě lební. Vyšetřovací rovina je orientována shodně s bazí lební a supraorbitomeatální čarou. Skenuje se ve směru kaudokraniálním. Při skenovacích parametrech je šíře vrstvy a interval infratentoriálně 2,5 mm a supratentoriálně 5 mm. Při rekonstrukcích je šíře vrstvy a interval 1,25 mm. Rekonstrukční algoritmus s bone plus.

U protokolu hlava se dělá CT mozku a obličejů u těžkých kraniofaciálních traumatech. Vyšetření je bez podání kontrastní látky a topogram je bočný. Rozsah vyšetřované oblasti je od dolního okraje mandibuly ke klenbě lební. Sklon gantry se nemění kvůli potřebě následných rekonstrukcí. Skenuje se ve směru kaudokraniálním. Skenovací parametry mají šířku vrstvy i interval 0,625 mm. Při rekonstrukcích je šíře vrstvy 2,5 mm a interval 2 mm. 2D rekonstrukce bone plus mají šířku vrstvy a interval 1 mm a rovina je koronální. 2D rekonstrukce standard mají šířku vrstvy a interval 2,5 mm a rovina je orbitomeatální (Vomáčka a kol., 2015, s. 154).

### **CT monitoring při kraniocerebrálním poranění**

Intrakraniální stav po závažném poranění mozku se prudce mění během prvních 24 hodin. První provedené CT po 1-2 hodinách po úraze často nestačí a musí se provést kontrola po 3-6 hodinách a někdy až třetí CT po 12-24 hodinách prokáže chirurgickou lézi. U pacientů, kdy děláme první CT po 12-24 hodinách od úrazu, provádíme kontrolu při stabilizovaném klinickém stavu až za 24 hodin. CT se provede po operaci další den, aby se vyhodnotila úspěšnost operačního výkonu (Juráň, Smrčka, 2013, s. 72).

Při epidurálním hematomu vzniká na CT obraz čočkovitého hematomu s přetlačením středočárových struktur (Višňa, Hoch a kol., 2004, s. 127). U akutního subdurálního hematomu je na CT obraze srpkovitá hyperdenzita, u subakutního je srpkovitá kolekce izodenzní s kortexem a při chronickém je hypodenzní srpkovitá

kolekce. Při subarachnoidální a intraventriculární hemoragii je CT obraz hyperdenzní (Charvát, Markalous a kol., 2006 s. 442).

Hyperdenzní je čerstvý hematoma po dvou až třech týdnech se mění a má denzitu jako okolní mozková tkáň a hypodenzní je starý kolikvovaný hematoma tzv. hydrom a jeho ohraničení zlepšuje podání kontrastní látky. Opakované krvácení do dutiny hematomu, koaguly nebo sedimentací krve je způsobena smíšená denzita. Po menších úrazech mohou vznikat extracerebrální hematomy až po několika dnech nebo týdnech od úrazu. Při subarachnoidálním krvácení se zobrazí krev v likvorových prostorech nebo intracerebrální hematoma (Peterová, 2010, s. 92).

### **Neinvazivní diagnostika subarachnoidálního krvácení**

Na nativním CT vyšetření mozku se subarachnoidální krvácení znázorní jako hyperdenzní náplň subarachnoidálních prostorů. Při traumatech se subarachnoidální krvácení často vyskytuje s dalším nitrolebním poraněním a má špatnou prognózu. S odstupem času se vyšetření opakuje a s velkou pravděpodobností dochází ke zhoršení nálezu (Heřman, 2007, s. 255-257).

### **Kontuze**

CT vyšetření hned po úraze může být často negativní. Až s odstupem času se objeví drobné hemoragie s edémem. Současně jsou často kontuze spolu s difuzním axonálním poraněním nebo subarachnoidálním krvácením. Na CT obraze je nevýrazná heterogenní hypodenzita (Heřman, 2006, s. 42).

### **Difuzní axonální poranění**

Na CT obraze jsou vícečetná drobná prokrváčená ložiska v bílé hmotě. Mohou být i nehemoragické léze, které jsou hypodenzní nebo v kombinaci s prokrváčenými hyperdenzními ložisky. Nález na CT ale může být i normální (Heřman, 2006, s. 50).

### **2.3.2 CT vyšetření při traumatech páteře**

U CT vyšetření je citlivost k detekci fraktur (90 až 99 %), proto můžeme najít skiagrafiicky neznázorněné patologické nálezy. (Acheson 1987, Woodring a Lee 1992 cit. podle Černocho a kol., 2000, s. 555-556). Páteř v traumatologii zobrazujeme v sagitální rovině (Vomáčka a kol., 2015, s. 121). Prvořadou metodou pro vyhodnocení kostního poranění je CT vyšetření. Zejména v horní krční páteři a cervikokraniálním přechodu, které jsou na snímcích chaotické. Cervikotorakální

přechod je zase zakryt masivem ramen. U konvenčních CT přístrojů musí v každém segmentu rovina vrstvy probíhat souběžně s krycími ploškami (Nekula a kol., 2005, s. 110). CT kromě skeletu také umožňuje posoudit postižení páteřního kanálu a měkkých tkání, např. krvácení, které je přítomno u traumatu (Ferda a kol., 2015b, s. 112). Většinou vyšetřujeme jen určitou část páteře. U polytraumat lze zobrazit MDCT celou páteř v krátkém čase a poté zrekonstruovat jednotlivé oblasti (Heřman a kol., 2014, s. 201-202). Nevýhodou vyšetření až 12 segmentů páteře na MDCT je větší zátěž pacienta ionizujícím zářením. Při vyšetření určitého úseku je potřeba přesně stanovit lokalizaci indikujícím klinikem, ale to není zvlášť u hrudní páteře snadné. Proto se musí přesný úsek páteře označit na topogramu. Na CT přístroj jsou kladeny tyto požadavky: volba variabilní kolimace 1-5mm, gantry se sklonem nejméně 20 stupňů, počítačový program pro 2D a 3D rekonstrukce a rychlé rekonstrukce ve všech základních rovinách. Podle denzity a zájmu diagnostiky se volí šířka a střed okénka: měkkotkáňové okénko na páteřní kanál a paravertebrální struktury 300-450/40, kostní okénko 1000-3000/300-500 a intermediální okénko pro CT myelografii 400-800/100 (Nekula a kol., 2005, s. 34). C páteř vyšetřujeme použitím kontinuálních, tenkých vrstev (2 mm) a Th a L páteř se používá tloušťka vrstvy 2 až 4 mm (Černoch a kol., 2000, s. 17).

Při poranění C páteře u polytraumat i vysokorychlostních úrazů je základní vyšetřovací metodou CT a rentgenový snímek se již v některých nemocnicích neprovádí (Neuwirth, Šprindrich, 2016, s. 55).

### **Standardní protokol C-páteř**

Vyšetření C- páteře při traumatu je bez podání kontrastní látky tedy nativní sken. Topogram je v C-úseku bočný. Vyšetřovaná oblast má rozsah od baze po první hrudní obratel. Neměnit sklon gantry kvůli potřebě následných rekonstrukcí. Skenuje se ve směru kraniokaudálním. Při skenovacích parametrech je šíře vrstvy a interval 2,5 mm. Rekonstrukce má šíři vrstvy a interval 0,625 mm. 2D rekonstrukce bone plus mají šíři vrstvy a interval 1 mm a v rovině sagitální a koronální (Vomáčka a kol., 2015, s. 154).

### **Indikace**

Indikace CT je k průkazu zlomenin skeletu, luxací a subluxací a epidurálního hematomu. Horizontální fraktury se mohou přehlédnout na axiálních řezech, proto

se doplňují rekonstrukce ve více rovinách. Šikmé rekonstrukce se doplňují na foramina a parasagitální na facies articularis. Pro zobrazení delšího úseku je ideální vyšetřovat spirálním přístrojem (Nekula, 2005, s. 38). K indikacím dále patří nedostačující kvalita zobrazení při skiagrafii kraniocervikálního a cervikotorakálního přechodu, zhodnocení skiagraficky nestabilních poranění před operací, nesoulad neurologických příznaků a skiagrafickým obrazem stabilního traumatu (Černocho a kol., 2000, s. 556).

### **Algoritmus vyšetření**

Lékař se musí před vyšetřením podívat na nativní snímky, kde posoudí počet obratlů a zakřivení křivky páteře v AP projekci, ale často přijde pacient bez dokumentace snímků. Topogram se provede v boční projekci, pokud je znám počet obratlů a je možné přesně stanovit výšku vyšetřované oblasti. Pokud ne, musí se udělat topogram ve frontální rovině. Topogram na moderních přístrojích se provede v AP i bočné projekci. Poté se zvolí základní parametry, provedou se rekonstrukce a podle potřeby doplní skeny po aplikaci kontrastní látky. Nejčastějšími chybami jsou provedení vyšetření bez prostých snímků, chybění přechodu mezi Th/L a C/Th páteří v bočním topogramu a chybí označení jednotlivých skenů (Nekula a kol., 2005, s. 38). Výška obratle se měří buď kaudálně od C2 nebo kraniálně od L5. V oblasti krční páteře se na konvenčním CT dělají řezy po 2 mm a v oblasti hrudní a bederní páteře jsou řezy po 3-4 mm. 3D rekonstrukce se dělají z transverzálních řezů v sagitálních projekcích. Multidetektorové spirální vyšetření izotropní v 3D modu má řezy po 0,75-1 mm v oblasti krční páteře a po 2 mm v oblasti hrudní a bederní páteře. (Peterová a kol., 2005, s. 48-49).

## **2.4 Magnetická rezonance**

Zobrazuje tkáň podle jejich chování v magnetickém poli. V porovnání s ostatními metodami se vyznačuje vysokým kontrastem mezi tkáněmi (Ferda a kol., 2015b, s. 22).

### **Základní princip metody**

Teorie magnetické rezonance vychází z toho, že protony v jádrech rotují kolem své osy a pouze atomy s lichým protonovým číslem vytvářejí magnetické pole. Magnetické vlastnosti lze nejvíce pozorovat u vodíku. Tkáň se musí vložit do silného magnetického pole, aby se chovala navenek magneticky. Aby se dalo magnetické

pole měřit, musí se dosáhnout příčné magnetizace, která je měřitelná cívkou. To se docílí vysláním elektromagnetického impulzu do těla pacienta. Poté se systém vrátí za určitý čas do prvotního stavu. Tento čas se nazývá relaxační čas. Doba T1 je čas, kdy podélná magnetizace získá 63 % původní hodnoty a doba T2 je čas, kdy příčná magnetizace klesne na 37 % původní velikosti (Ferda a kol., 2015b, s. 22).

### **Základní vyšetřovací postupy**

Různé tkáně mají odlišné T1 a T2 časy i odlišnosti v intenzitě signálů, které vyjdou najevo v rozdílném stupni šedi. Název pro tmavší struktury na obrazovce je hyposignální nebo hypointenzní a světlejší jsou hypersignální nebo hyperintenzní. Černé, asignální jsou tkáně, které nemají signál. Vzniklé obrazy nazýváme T1 a T2 vážené obrazy. T2 v.o. je citlivý na patologie s vyšším obsahem vody. Inversion recovery jsou specifické sekvence, jde o obměnu vážené T1. Používá se tehdy, kdy je nutné potlačit signál vody (sekvence FLAIR) nebo (sekvence STIR) potlačení tuku (Vomáčka a kol., 2015, s. 49-50). Gradientní echa umožňují zkrácení základních frekvencí a lepší využití MR přístroje (Nekula, Chmelová, 2007, s. 11).

### **MR sekvence**

Základní spin-echo sekvence. U T1 v.o. je tekutina (likvor, žluč, moč) tmavá hyposignální, tuk je bílý hypersignální, solidní tkáně (např. mozek) jsou světlejší lehce hypersignální a kalcifikace, proudící krev, kompakta jsou asignální. U T2 v.o. je tekutina bílá hypersignální, tuk je šedý izosignální, solidní tkáně jsou tmavé hyposignální a kalcifikace, proudící krev a kompakta asignální. U PD obrazů je tekutina tmavě šedá a tkáně s vyšším obsahem vody (šedá hmota mozková) tmavší než ostatní (např. bílá hmota). Použití při vyšetření mozku nebo velkých kloubů. Inversion recovery sekvence používá hlavně STIR na potlačení tuku, který používáme při vyšetření páteře nebo velkých kloubů a FLAIR na potlačení vody, který se používá při vyšetření mozku (Nekula, Chmelová, 2007, s. 16-17).

Přednosti magnetické rezonance jsou podrobnější zobrazení měkkých tkání, vyšetření v základních třech rovinách, zobrazení cév mozku bez použití kontrastní látky, neionizující vyšetření a speciální postupy vyšetřování jako je mozková difuze, funkční MR a MR spektroskopie (Nekula, Chmelová, 2007, s. 7). Výhodou magnetické rezonance je možnost provést řezy v libovolné rovině, na CT lze provést pouze řezy v axiální rovině a ostatní řezy se musí rekonstruovat (Seidl a kol., 2012, s. 240).

## **Indikace a kontraindikace**

Zobrazování magnetickou rezonancí se nejčastěji používá v neuroradiologii při zobrazení mozku, míchy a páteře. Další indikací je muskuloskeletální systém. Vyšetření srdce se provádí se synchronizací s EKG. Použití MR je také při průkazu či vyloučení ložiskových lézí a stážování tumoru (Heřman a kol., 2014, s. 28-29). MR se využívá k vyšetření s podezřením na kontuze kostí, mikrotraumata a únavové zlomeniny (Višňa, Hoch a kol., 2004, s. 26). Kontraindikací MR jsou elektronicky řízené implantáty (kardiostimulátor, defibrilátor, neurostimulátory, inzulinové pumpy a kochleární implantáty), lze s nimi vyšetřit, pokud jsou slučitelné s MR přístrojem. Absolutní kontraindikací je cizí kovové těleso v oku. Relativními kontraindikacemi jsou kovový materiál v těle a klaustrofobie. Také se nedoporučuje provádět MR v době těhotenství (Heřman a kol., 2014, s. 28-29). Vyšetření nemocného s klaustrofobií se provádí pod sedativy nebo v celkové anestézii s dohledem anesteziologa. Vyšetření v anestézii se také dělá u dětí do 4-5 let. Neztížitelný kašel nebo extrapyramidové mimovolní pohyby se tlumí medikamentózně (Peterová a kol., 2005, s. 34-35). MR vyšetření je při zobrazení většiny patologií mozku, hlavy, míchy a páteře senzitivnější a specifitější než CT (Seidl a kol., 2012, s. 242).

### **2.4.1 Magnetická rezonance při traumatech hlavy a mozku**

Při MR vyšetření poranění lebky existují omezení. Jako je nižší dostupnost zařízení, delší doba vyšetření, vyšší cena za provedení vyšetření, nutnost respirátorů a monitorovací techniky slučitelné s MR přístrojem, horší zobrazení skeletu při traumatických změnách a kontraindikace při výskytu kovových cizích těles. Také u nestabilních nemocných, kde může být potřeba okamžitého chirurgického zásahu. Některá závažná poranění se na MR vyšetřují po vymizení edému do dvou týdnů po poranění, kdy se objeví parenchymové změny (Černoch a kol. 2000, s. 441). Vyšetřuje se alespoň ve dvou rovinách a transverzální rovina se řídí podle dolního okraje corpus callosum. Transverzální a koronální řezy mozku se dělají v T1 v.o., T2 v.o. a FLAIR. Gradientní sekvence mají vysokou senzitivitu při zobrazení krvácení a kalcifikací a nemají tolik artefaktů kvůli pulzaci likvoru (Seidl a kol., 2012, s. 242).

MR se indikuje k posouzení rozsahu poranění CNS, zobrazení VDN, mastoideálních sklepů a defektů kostí vyplněných likvorem nebo hematomem. Přibližně lze na MR znázornit průběh a kompresi n. VII, VIII a dalších hlavových nervů (Charvát, Markalous a kol., 2006, s. 435). Akutní MR se provádí tehdy je-li

podezření na lézi míšňí a patologický proces v zadní jámě lební (Seidl a kol., 2012, s. 242).

### **MR protokol mozku**

Při vyšetřování mozku leží pacient na vyšetřovacím stole na zádech. Hlava by měla být uložena rovně bez rotace nebo úklonu a je fixovaná v hlavové cívce. Na transverzálních sekvencích je celé neurokranium a skelet, od vertexu pod foramen occipitale magnum. Na sagitální sekvenci je celá hlava i horní krční páteř. Sagitální sekvence se sklání podle falxu. Transverzální a koronální sekvence míří kolmo na střední rovinu, aby se souměrně zobrazily obě hemisféry. Transverzální rovina kopíruje dolní okraje kalózního tělesa a koronální rovina je rovnoběžná se zadním okrajem mozkového kmene (Mechl, Tintěra, Žižka a kol., 2014, s. 18).

### **Mozková kontuze**

Akutní vyšetření může léze mozkové tkáně podhodnotit a až kontrolní vyšetření za 24-48 hodin může prokázat větší rozsah poškození. Na T1 v.o. je ložisko hyposignální a na T2 v.o. je hypersignální a je dobré využít modus FLAIR, který je senzitivní pro subarachnoidální krvácení (Seidl, Vaněčková, 2007, s. 196-197).

### **Difuzní axonální poranění**

20 % lézí je hemoragických a můžeme je pozorovat na MR obraze. 80 % se v T1 v.o. objeví zřídka jako malá ložiska sníženého signálu a v T2 v.o. nebo FLAIR se zobrazí hojně jako malá ložiska zvýšeného signálu. Při těžkém klinickém stavu může být MR obraz skoro normální (Seidl, Vaněčková, 2007, s. 198). Vyšetření na MR se dělá, pokud nález na CT neodpovídá klinickému stavu. MR má vysokou senzitivitu i specifitu vyšetření a nativní CT vyšetření DAP má nízkou senzitivitu a vysokou specifitu (Stulík a kol., 2015, s. 61-66).

### **Zobrazení nitrolebního krvácení**

U epidurálního hematomu MR signál intenzity kolísá podle doby od krvácení. Při akutním subdurálním hematomu je T1 v.o. izosignální a T2 v.o. hyposignální s kortexem, při subakutním jsou T1 i T2 v.o. centrálně hyposignální s hypersignálním lemlem a při chronickém jsou T1 i T2 v.o. hypersignální. Při subarachnoidální hemoragii jsou na FLAIR sekvenci hypersignální kolekce subarachnoidálního

prostoru. U intravertikulární hemoragie MR obraz závisí na stupni degradace krve (Charvát, Markalous a kol., 2006, s. 442).

#### **2.4.2 Magnetická rezonance při traumatech páteře**

Magnetická rezonance je jediná zobrazovací metoda, která dokáže neinvazivním způsobem zobrazit páteř, páteřní kanál a míchu. MR vyšetří páteř ve třech základních rovinách a dobře zobrazí měkké tkáně paravertebrálně a změny v kostní dřeni. Páteř se vyšetří v celé její délce až 50 cm s použitím spojených cívek (Nekula a kol., 2005, s. 40-41). Vyšetření magnetickou rezonancí se využije při míšních komocích, kontuzích nebo krvácení, které jsou na CT často neidentifikovatelné. Poranění obratlových těl je viditelné zvýšeným signálem v T2 v.o. kvůli edému kostní dřeni. Na MR také lze zobrazit poranění šlachového aparátu nezbytného pro stabilitu páteře, které může mít klinické obtíže, ale bez nálezu na skeletu (Ferda a kol., 2015b, s. 112). V mnoha případech nelze z MR obrazů okamžitě zjistit, jestli jde o ireverzibilní míšní změny nebo o reverzibilní edém a vyšetření se musí provést s odstupem času (Seidl, Vaněčková, 2007 s. 261).

Výška obratlů se vyšetřuje buď kaudálně od C2 nebo kraniálně od S1. Vyšetření krční páteře se provádí v T1 v.o. v sagitální rovině a tloušťka řezu je 3-4 mm. Získají se informace o anatomii páteře a míchy. Doplnují se T2 v.o. v sagitální rovině a jsou viditelné patologické procesy v míše. K vyšetření v transverzální rovině, která je rovnoběžná s rovinou vyšetřovaného disku se používají T2 v.o. a vrstvy se dělají po 3-5 mm. Hrudní páteř se vyšetřuje společně s krční nebo bederní páteří bez užití speciálních sekvencí. Bederní páteř se zobrazuje v T1 i T2 v.o. v sagitální rovině po řezech 3-4 mm. Transverzální řezy se dělají v T1 v.o. rovnoběžně s dlouhou osou vyšetřované ploténky a šíře vrstvy je 3-5 mm (Peterová a kol., 2005, s. 29-33).

#### **Provedení MRI**

Aby se omezily pohybové artefakty z pohybujících se orgánů a cév mimo páteř, použije se saturační vrstva. Náběr dat jde od noh k hlavě. Podle výšky páteře se stanoví šířka řezů, mezera mezi řezy a rozsah vyšetřované oblasti. Nativní vyšetření jedné oblasti páteře trvá 20 minut (Peterová a kol., 2005, s. 43).



## **MR obraz**

Pevná část obratle, kompakta, která obsahuje minimum protonů vodíku, nedává na MR obraze žádný signál, ale kostní dřev, která je složená hlavně z vody a tuku se dobře zobrazí. K potlačení artefaktů z proudící krve z velkých cév se využívá u krční páteře a horní hrudní páteře presaturace. Používají se sekvence T1 v.o., T2 v.o., STIR a gradientní echa. Na T1 v.o. je kompakta signální, kostní dřev hyposignální, likvor je hyposignální, mícha je hypersignální, ligamenta hyposignální až asignální a tuk je hypersignální. Na T2 v.o. je kompakta také asignální, kostní dřev mírně hypersignální, meziobratlová ploténka i likvor je hypersignální a mišní sloupec je hyposignální. Vzhledem k tomu, že se používají rychlé T2 sekvence je SI tuku v kostní dřevu skoro stejný jako SI vody, proto používáme sekvence STIR s potlačením tuku. Tuk se tak stane téměř asignální a ložiska s obsahem vody hypersignální. Vhodná sekvence pro aplikaci kontrastní látky je T1 v.o. s potlačením tuku. Sekvence FLAIR potlačí signál mozkomíšního moku. Použití velkého počtu gradientních ech je nevýhodné, protože se získá velká senzitivita vyšetření, ale menší specifita (Nekula a kol., 2005, s. 41-44).

## **Indikace**

V traumatologii se indikuje magnetická rezonance při poškození míchy nebo u některých diskoligamentózních úrazů krční páteře. Při poranění páteře a míchy se použije vyšetřovací protokol T1, STIR, sagitální a transverzální rovina pokud je postižen skelet a T1, T2 a STIR pokud je poškozena mícha (Nekula a kol., 2005, s. 45). T2 v.o. a STIR v sagitální rovině se použije při posouzení edému kostní dřevě jako příznaku kontuze obratle, traumatický prolaps ploténky. Gradientní echa nejlépe prokazují krvácení v páteřním kanále. Často až za 24 hodin po úraze se získá obraz s přesnou vypovídající hodnotou (Vomáčka a kol., 2015, s. 122). MR se dává přednost v případech, kdy jsou jasné klinické příznaky postižení míchy, ale skiagrafický nález je normální nebo minimální, ale může být diagnostikováno diskoligamentózní trauma nebo epidurální krvácení. Výhodou MR je také zobrazení poranění vertebrálních arterií při traumatech krční páteře, což uvidíme jako výpadek signálu toku (Černocho a kol., 2000, s. 557-558).

## **MR protokol páteře**

Vyšetření páteře se dělá vleže na vyšetřovacím stole bez vykřivení páteře. Končetiny jsou volně položeny a hlava je fixována. Sagitální vrstva je rovnoběžná

s průběhem páteře, transverzální s meziobratlovými prostory a koronální s dlouhou osou vyšetřovaného úseku páteře. U vyšetření bederní páteře s velkou bolestí lze provést vyšetření vleže na břiše nebo na boku (Mechl, Tintěra, Žižka a kol., 2014, s. 44-52).

### **Magnetická rezonance při diagnostice poranění torakolumbální páteře**

Při zhodnocení nestability fraktury páteře dobře poslouží magnetická rezonance. Na rentgenovém snímku i CT může být přehlédnuto poranění zadního vazivového komplexu. Poranění meziobratlové ploténky a obratlové krycí desky zobrazené na MRI může být důležité kvůli rozhodnutí, zda nahradit poškozenou ploténku či ne. (Hrabálek, Houdek, Vaverka, 2009, s. 461).

### **Poranění míchy a spinálních kořenů**

Lehká kontuze míchy má obraz edému. Patologická ložiska T1 hypointenzní a T2 a STIR hyperintenzní se nachází při těžším poškození míchy. Měnlivý obraz podle stáří krve má krvácení do míchy. Spojitost celé míchy je porušena při transekcii a může ji doprovázet edém nebo krvácení na okrajích. Traumatiké hernie disku se může vyšetřit na MR i multidetektorovém CT (Nekula a kol., 2005, s. 116).

### **3 Výhody a nevýhody zobrazování úrazů hlavy CT a MR**

#### **Výhody**

CT má výhodu díky jeho snadné dostupnosti u akutních stavů. Je také rychlé a neinvazivní. Dobře charakterizuje vlastnosti akutních lézí a ohraničuje fraktury báze lební, paranazálních dutin a měkkotkáňových změn. Lehce identifikuje pneumocefalus a herniace. Spolehlivě lokalizuje kovové cizí tělesa a kostní úlomky. Lze provést CTA krku a intrakraniálních cév. Dobře hodnotí přidružená poranění v dalších oblastech těla.

MR má výhodu, protože je to neinvazivní metoda a má výborné anatomické zobrazení. Má odpovídající identifikaci vlastností akutních lézí a hernií. Má věrnou detekci úrazových cévních lézí. Lze provést MRA krku a intrakraniálních cév. Zobrazí i přidružené krční cévní i měkkotkáňová poranění. Zjistí difuzní axonální poranění. Funkční studií určí pacientův stav.

Obě metody mají výhodu ve věrné lokalizaci intra i extraaxiálních lézí (Charvát, Markalous a kol., 2006, s. 57).

#### **Nevýhody**

Na CT obraze se mohou vyskytovat artefakty. Nelze dobře určit difuzní axonální poranění. Možnost neidentifikování některých intrakraniálních cévních lézí. Nelze předpovědět prognózu stavu pacienta. Impresivní zlomeniny lebky na vertexu se mohou přehlédnout.

Nevýhodou MR je menší dostupnost, delší doba vyšetření a je dražší. Horší kvalita vyšetření kvůli pohybovým artefaktům. Kostní struktury jsou špatně ohraničeny a zlomeniny nelze určit. Kontraindikací jsou cizí kovová tělesa v těle (Charvát, Markalous a kol., 2006, s. 57).

## Závěr

Ve své bakalářské práci jsem sumarizovala informace o jednotlivých zobrazovacích metodách, které lze využít při traumatech hlavy a páteře. Nejvíce používanou zobrazovací metodou při traumatech je výpočetní tomografie, která dobře zobrazí jak skelet, tak i měkké tkáně. CT vyšetření je dostupné a rychlé. Rentgenový snímek se využije pouze k orientaci u menších poranění skeletu. Ultrazvuk je dobré využít u dětí do jednoho roku, kdy ještě nejsou uzavřeny velké fontanely. Magnetická rezonance je indikována až v druhé době po úrazu k zobrazení měkkých tkání a vazů. Ultrazvuk ani magnetická rezonance nemá nežádoucí účinky v podobě ionizujícího záření. V bakalářské práci jsou uvedené některé výhody a nevýhody použití jednotlivých zobrazovacích metod.

## Referenční seznam

ČERNOCH, Zdeněk a kol. 2000. *Neuroradiologie*. 1. vyd. Hradec Králové: Nucleus HK. 585 s. ISBN 80-901753-9-2

FERDA, Jiří et al. 2015a. *Inovativní zobrazovací metody*. Praha: Galén. 140 s. ISBN 978-80-7492-186-5.

FERDA, Jiří et al. 2015b. *Základy zobrazovacích metod*. Praha: Galén. 148 s. ISBN 978-80-7492-164-3.

FERDA, Jiří, MÍRKA, Hynek a BAXA, Jan. 2009 *Multidetektorová výpočetní tomografie: technika vyšetření*. 1. vyd. Praha:Galén. 213 s. ISBN 978-80-7262-608-3.

HEŘMAN, Miroslav. 2006. *Akutní CT mozku: atlas nálezů*. 1. vyd. V Olomouci: Univerzita Palackého. 181 s. Monografie. ISBN 80-244-1229-2.

HEŘMAN, Miroslav a kol. 2014. *Základy radiologie*. 1. vyd. V Olomouci: Univerzita Palackého. 314 s. Učebnice. ISBN 978-80-244-2901-4.

HEŘMAN, Miroslav. 2007. Neinvazivní diagnostika subarachnoidálního krvácení. *Česká radiologie*. Praha: Galén, roč. 61, č. 3, s. 255-263. ISSN: 1210-7883.

HRABÁLEK, Lumír., HOUDEK, Michael a VAVERKA, Miroslav. 2009. Přínos magnetické rezonance pro diagnostiku a léčbu poranění torakolumbální páteře. *Rozhledy v chirurgii*. Praha: Česká lékařská společnost J.E. Purkyně, roč. 88, č. 8, s. 461-465. ISSN: 1805-4579.

CHARVÁT, František a kol. 2006. *Zobrazení hlavy: metodika vyšetřování, anatomie, patologie, klinika: CT, MR, RTG, PET, PET/CT, sonografie, endoskopie, angiografie, intervenční neuroradiologie, navigovaná chirurgie*. 2. upr. a rozš. vyd. Praha: Triton. 658 s. ISBN 80-7254-904-9.

JURÁŇ, Vilém a SMRČKA, Martin. 2013. Novinky v akutní péči o kraniocerebrální poranění. *Neurologie pro praxi*. Březsko: Solen, roč. 14, č. 2, s. 67-71. ISSN: 1803-5280.

MECHL, Marek et al. 2014. *Protokoly MR zobrazování*. 1. vyd. Praha: Galén. 103 s. ISBN 978-80-7492-109-4.

NEKULA, Josef a CHMELOVÁ, Jana. 2005. *Vybrané kapitoly z konvenční radiologie*. Vyd. 1. Ostrava: Ostravská univerzita, Zdravotně sociální fakulta. 97 s. ISBN 80-7368-057-2.

NEKULA, Josef a CHMELOVÁ, Jana. 2007. *Základy zobrazování magnetickou rezonancí*. Vyd. 1. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Zdravotně sociální fakulta. 67 s. ISBN 978-80-7368-335-1.

NEKULA, Josef. 2005. *Zobrazovací metody páteře a páteřního kanálu*. 1. vyd. Hradec Králové: Nucleus HK. 211 s. ISBN 80-86225-71-2.

NEUWIRTH, Jiří a ŠPRINDRICH, Jan. 2016. *Kompendium muskuloskeletálního zobrazování*. Praha: NEUW. 485 s. ISBN 978-80-903322-9-4.

ORT, Jaroslav. 1997. *Radiodiagnostika. Část 2, Radiodiagnostika kostí - projekční část*. Vyd. 1. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví. 124 s. ISBN 80-7013-240-X.

PETEROVÁ, Věra. 2010. CT - základy vyšetření, indikace, kontraindikace, možnosti, praktické zkušenosti. *Medicína pro praxi*, Konice: Solen, roč. 7, č. 2, s. 90-94. ISSN: 1803-5310.

PETEROVÁ, Věra et al. 2005. *Páteř a mícha*. Praha: Galén. 188 s. ISBN 80-7262-336-2.

RYBA, Luděk, CIENCIALA, Jan, CHALOUPKA, Richard, et al. 2016. Poranění horní krční páteře. *Česko-slovenská patologie a Soudní lékařství*. Praha: Česká lékařská společnost J.E. Purkyně, roč. 52-61, č. 2, s. 20-25 příl. ISSN: 1805-4498.

SEIDL, Zdeněk et al. 2012. *Radiologie pro studium i praxi*. 1. vyd. Praha: Grada. 368 s. ISBN 978-80-247-4108-6

SEIDL, Zdeněk a VANĚČKOVÁ, Manuela. 2007. *Magnetická rezonance hlavy, mozku a páteře*. 1. vyd. Praha: Grada. 319 s. ISBN 978-80-247-1106-5.

STULÍK, Jakub, POLÁČKOVÁ, Monika Justýna, MAXOVÁ, Marie a MECHL, Marek. 2015. Současný pohled na diagnostiku difuzního axonálního poranění zobrazovacími metodami. *Česká radiologj*. Praha: Galén, roč. 69, č. 1, s. 61-66. ISSN: 1210-7883.

VIŠŇA, Petr a kol. 2004. *Traumatologie dospělých: učebnice pro lékařské fakulty*. Praha: Maxdorf. 157 s. ISBN 80-7345-034-8.

VOMÁČKA, Jaroslav a kol. 2015. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. Druhé, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 157 s. Odborná publikace. ISBN 978-80-244-4508-3.

## Seznam zkratek

2D	dvojměrný, dvojdimenzionální
3D	trojměrný, trojdimenzionální
AP	předozaďní (anteroposterior)
C	cervikální (krční obratle)
CNS	centrální nervový systém
CT	výpočetní tomografie
CTA	CT angiografie
DAP	difuzní axonální poranění
EKG	elektrokardiografie
FLAIR	MR sekvence s potlačením signálu vody (fluid-attenuation inversion recovery)
GSC	Glasgow coma scale
HU	Hounsfieldovy jednotky
HRCT	high resolution CT (vysokorozlišovací CT)
KCP	kranioerebrální poranění
L	lumbální (bederní obratle)
MDCT	multidetektorová výpočetní tomografie
MR	magnetická rezonance
MRA	angiografie magnetickou rezonancí
MRI	zobrazování magnetickou rezonancí
n. VII a VIII	nervus facialis a statoacusticus
PD	MR sekvence, protonová denzita



rtg.	rentgen, rentgenový
S	sakrální (křížové obratle)
SI	signál intenzity (intenzita signálu)
STIR	MR sekvence s potlačením signálu tuku (short-tau inversion recovery)
T1	podélná relaxace vodíkových protonů
T2	příčná relaxace vodíkový protonů
Th	torakální (hrudní obratle)
US	ultrasonografie
VDN	vedlejší dutiny nosní
v.o.	vážené obrazy

## Seznam příloh

**Příloha č. 1:** RTG snímek - bočná projekce bederní páteře. Kompresivní fraktura těla Th12, ventrální spondylolisthesa těla L4 o 1cm při osteochondrose plotének

**Příloha č. 2:** Nativní CT vyšetření mozku s prokrváčenými konzuzními ložisky ve frontálním laloku vlevo

**Příloha č. 3:** Nativní CT vyšetření mozku (skelet, okno) s vícefragmentovou impresní frakturou frontální kosti vlevo s dislokací fragmentů

**Příloha č. 4:** CT vyšetření Th páteře, nativ - sagitální rekonstrukce - kompresivní fraktura těla Th 12 s prolomením zadní hrany do páteřního kanálu. Stav po staré fraktuře horní krycí plochy těla Th 7. Schmorlův uzel na horní krycí ploše těla Th10

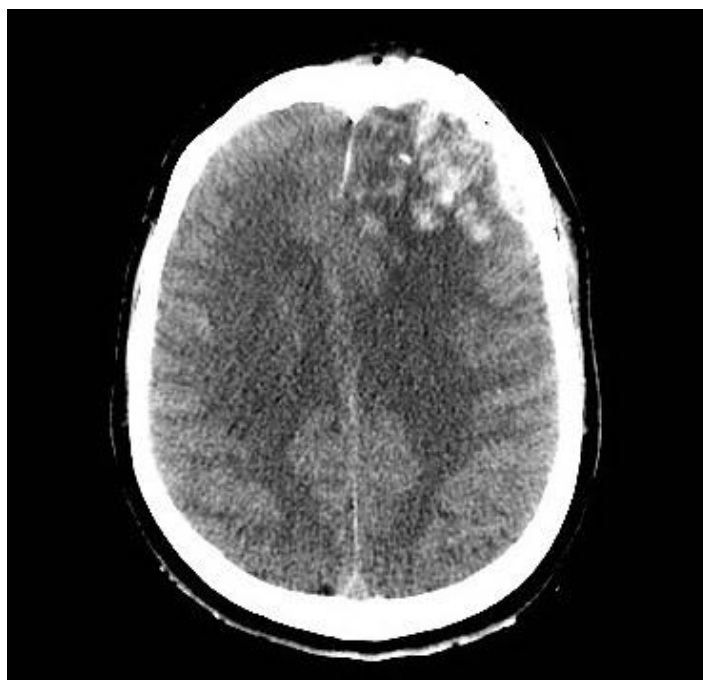
**Příloha č. 5:** MR vyšetření, sekvence STIR. Sagitální řez bederní páteře s kompresivní frakturou těla L1 s prolomením dorzální hrany do páteřního kanálu

## Přílohy



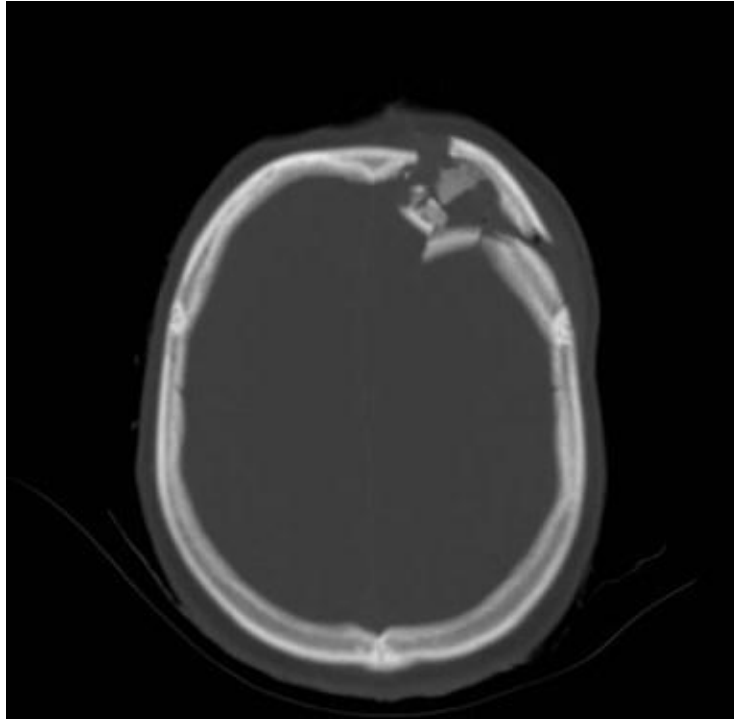
**Příloha 1**

(zdroj: archiv FNOL, Radiologická klinika)



**Příloha 2**

(zdroj: archiv FNOL, Radiologická klinika)



**Příloha 3**

(zdroj: archiv FNOL, Radiologická klinika)



**Příloha 4**

(zdroj: archiv FNOL, Radiologická klinika)



**Příloha 5**

**(zdroj: archiv FNOL, Radiologická klinika)**