

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Kristýna Syrová

**Výpočetní tomografie a magnetická rezonance u poranění
krční páteře**

Diplomová práce

Vedoucí práce: MUDr. Eva Čecháková

Olomouc 2021

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně a veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Olomouci, dne 5.5.2021

Bc. Kristýna Syrová

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat především paní MUDr. Evě Čechákové za odborné vedení mé diplomové práce a za rady a připomínky během tvorby. Také děkuji všem svým přátelům a blízkým, kteří se mi snažili jakkoliv pomáhat a podporovat mě.

ANOTACE

- Typ práce:** Diplomová práce
- Téma práce:** Možnosti zobrazení krční páteře a jejich indikace
- Název práce:** Výpočetní tomografie a magnetická rezonance u poranění krční páteře
- Název práce v AJ:** Computed tomography and magnetic resonance imaging in cervical spine injury
- Datum zadání:** 2020-01-28
- Datum odevzdání:** 2021-05-05
- VŠ, fakulta, ústav:** Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta zdravotnických věd
Ústav radiologických metod
- Autor:** Syrová Kristýna
- Vedoucí:** MUDr. Eva Čecháková
- Oponent:**
- Abstrakt v ČJ:** Diplomová práce se zabývá výpočetní tomografií a magnetickou rezonancí u poranění krční páteře. Cílem práce je zjistit, v jaké míře MR vyšetření jako doplňující vyšetření k CT u poranění krční páteře zvýšilo za sledované období detekci dalších poranění a přidružených nálezů a posoudit důležitost vyšetření. Výzkum byl realizován na Radiologické klinice ve Fakultní nemocnici Olomouc. Výzkumný soubor tvořilo 100 pacientů, kteří podstoupili vyšetření v letech 2018-2019. Výsledky ukázaly, že 55 % pacientů mělo pomocí magnetické rezonance diagnostikovaná další poranění, že přidružené degenerativní změny byly více detekovány magnetickou rezonancí, a že na magnetické rezonanci bylo zobrazeno více případů poranění ploténky. Magnetická rezonance je důležitým doplňkem k CT pro průkaz nestability vazů, disků nebo poranění míchy.
- Abstrakt v AJ:** The diploma thesis focuses on computed tomography and magnetic resonance imaging in cervical spine injury. The purpose of this thesis was to find out the rates of other MRI

findings after CT in monitored period and to assess the importance of this examination in cervical spine injury. The research was realized at Radiology clinic of Fakultni nemocnice Olomouc. One hundred patients who underwent the examination in 2018-2019 were included to study. Results shows that 55 % of patients had other findings in MRI, ancillary cervical spine degeneration was detected more often by MRI and also disc injury cases were more often detected by MRI. Magnetic resonance imaging is important addition to CT for showing the ligament and disc instability and the spinal cord injury.

Klíčová slova: krční páteř, poranění, výpočetní tomografie, magnetická rezonance, CT, MR

Klíčová slova v AJ: cervical spine, injury, CT, MRI

Rozsah práce: 70 stran včetně příloh

OBSAH

Úvod.....	9
1 Teoretická část.....	11
1.1 Anatomie krční páteře.....	11
1.1.1 Okcipitální kost.....	11
1.1.2 Atlas.....	11
1.1.3 Axis.....	12
1.1.4 Střední a dolní krční obratle.....	12
1.1.5 Kraniovertebrální spojení.....	12
1.1.6 Ligamenta krční páteře.....	12
1.1.7 Meziobratlové ploténky.....	13
1.1.8 Arteria vertebralis.....	13
1.2 Biomechanika krční páteře.....	13
1.2.1 Pohyby páteře.....	13
1.2.2 Mícha.....	14
1.2.3 Stabilita páteře.....	15
1.2.4 Páteřní sloupce.....	16
1.3 Poranění krční páteře.....	16
1.3.1 Zlomeniny kondylů okcipitální kosti.....	17
1.3.2 Atlantoockcipitální dislokace.....	17
1.3.3 Zlomeniny atlasu.....	17
1.3.4 Atlantoaxiální dislokace.....	18
1.3.5 Zlomeniny epistrofeu.....	18
1.3.6 Komplexní zlomeniny.....	19
1.3.7 Whiplash injury.....	20
1.3.8 Hyperextenzní poranění.....	20
1.3.9 Poranění skeletu.....	20

1.3.10 Poranění krční páteře a degenerace	22
1.4 CT a CT krční páteře	23
1.4.1 Princip výpočetní tomografie	24
1.4.2 Průběh CT vyšetření krční páteře.....	25
1.4.3 Polytrauma protokol.....	25
1.4.4 Příprava pacienta v kritickém stavu na CT vyšetření.....	26
1.5 MR a MR krční páteře.....	26
1.5.1 Princip magnetické rezonance.....	27
1.5.2 Kontraindikace k vyšetření pomocí MR	28
1.5.3 MR kompatibilní kardiostimulátory.....	29
1.5.4 Průběh MR vyšetření krční páteře	29
1.5.5 MR vyšetření pacientů v kritickém stavu	30
1.6 CT a MR pro detekci poranění krční páteře	31
1.7 Shrnutí poznatků.....	33
2 Praktická část	34
2.1 Metodika výzkumu	34
2.1.1 Výzkumné cíle, otázky a hypotézy.....	34
2.1.2 Charakteristika výzkumného souboru.....	35
2.1.3 Metoda sběru dat.....	35
2.1.4 Realizace výzkumu.....	35
2.1.5 Metoda zpracování dat	36
2.2 Výsledky výzkumu	37
2.2.1 Základní popis zkoumaného souboru.....	37
2.2.2 Ověření platnosti hypotéz.....	39
3 Diskuse.....	48
4 Závěr	54
Referenční seznam	56

Seznam zkratk.....	63
Seznam grafů a tabulek	64
Seznam příloh	65

ÚVOD

Trauma je hlavní příčinou úmrtí věkové skupiny 5–44 let ve vyspělém světě. Na základě britského registru traumat (Trauma Audit and Research Network (TARN)) je výskyt zlomenin nebo dislokací páteře u pacientů s polytraumatem 9,58 %. V této skupině pak 24,5 % zahrnuje zlomeniny a 45,42 % poranění míchy v oblasti krční páteře. Hodnocení zobrazení krční páteře ve spojení s klinickým hodnocením neurologického stavu je zásadní pro přijetí vhodných rozhodnutí o léčbě, čímž dojde ke zlepšení výsledků u pacientů. Hodnocení a klasifikace poranění krční páteře se vyvinuly díky vylepšené technologii multidetektorové počítačové tomografie (MDCT) a magnetické rezonanci, které poskytují vysoce kvalitní snímky (Chilvers, 2017, s. 907-908). Při podezření na trauma krční páteře se pro počáteční vyhodnocení získá CT krční páteře, které se stalo standardní péčí. I když mohou být kostní zlomeniny a subluxace adekvátně detekovány, schopnost tohoto vyšetření prokázat edém či poranění měkkých tkání a krvácení do páteře je omezená. MR krční páteře by mělo poskytovat mnohem lepší zobrazení těchto abnormalit (Onoue *et al.*, 2019, s. 5).

Výpočetní tomografie a magnetická rezonance jako doplňující se zobrazovací metody hrají svou důležitou roli v hodnocení traumatu krční páteře u akutních případů. CT je zobrazovací modalita první linie pro svou rychlost, dostupnost a snadnou proveditelnost. U pacientů s předpokládaným poraněním může zase magnetická rezonance odhalit místo a závažnost poranění a zobrazit příčinu komprese míchy, zejména u pacientů s nejasným nálezem u nichž může chirurgický zákrok předejít dalšímu poranění. Přesná a včasná diagnóza je nutná, aby se zabránilo neurologickému poškození u nestabilních zlomenin. Většina poranění míchy je právě důsledkem nestabilních zlomenin (Izzo *et al.*, 2019, 75-88).

Cílem předkládané práce je zjistit, v jaké míře MR vyšetření jako doplňující vyšetření k CT u poranění krční páteře zvýšilo za sledované období detekci dalších poranění a přidružených nálezů a posoudit důležitost vyšetření.

Diplomová práce je rozdělena na část teoretickou a část výzkumnou. V teoretické části je popsána anatomie a biomechanické vlastnosti krční páteře, dále je zde uvedeno dělení a klasifikace poranění a následně objasnění obou zobrazovacích modalit. Výzkumná část obsahuje metodiku výzkumu s formulovanými výzkumnými otázkami a hypotézami s popisem metody a zpracování dat a výsledky výzkumu.

Rešeršní činnost

Následující základní literatura byla prostudována před provedením rešerše:

1. ČIHÁK, Radomír. Anatomie 3. Praha: Grada Publising, 2004. 692 s. ISBN 80-247-1132-X
2. CHUDÁČEK, Zdeněk. Radiodiagnostika 1. část. Brno: Institut pro vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 293 s. ISBN 80-7013-114-4.
3. FERDA, Jiří, Milan NOVÁK a Boris KREUZBERG. Výpočetní tomografie. Praha: Galén, c2002, 663 s. ISBN 80-726-2172-6.
4. KOČIŠ, Ján a Peter WENDSCHE, 2013. *Poranění páteře*. První vydání v elektronické verzi. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-965-7
5. NEKULA, Josef. Zobrazovací metody páteře a páteřního kanálu. 1. vyd. Hradec Králové: Nucleus HK, 2005, 211 s. ISBN 80-862-2571-2.
6. SEIDL, Zdeněk. Neurologie pro studium i praxi. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, a.s., 2015. str. 384. ISBN 978-80-247-5247-1.
7. ŠTULÍK, Jan, 2010. *Poranění krční páteře*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-685-4.

Rešeršní strategie

K vypracování rešerše bylo kromě 34 odborných knih a publikací dohledaných v Národní digitální knihovně, dostupné na adrese: <https://www.ndk.cz/> či fyzicky vypůjčených na radiodiagnostických odděleních během výkonu praxe, využito odborných článků. Články byly vyhledávány přes portály PubMed, Google Scholar, ScienceDirect. Do vyhledávání byla zadána klíčová slova v českém jazyce: krční páteř, poranění, výpočetní tomografie, magnetická rezonance (nebo CT, MR), a následně i v jazyce anglickém: cervical spine, injury, CT, MRI. Výsledkem hledání bylo 1 764 článků. Po vyloučení článků duplicitních a nebo s velmi podobným obsahem, těch které nevyhovovaly obsahem a nehodily se k tématice a článků, které nebyly veřejnosti vůbec přístupné, bylo pro tvorbu rešerše použito 21 dokumentů s potřebnými informacemi.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 ANATOMIE KRČNÍ PÁTEŘE

Krční páteř, latinsky *vertebrae cervicales*, tvoří 7 krčních obratlů. Značí se písmenem C (C1–C7). Kromě prvních dvou obratlů, které jsou odlišné, se každý obratel skládá z těla, oblouku a výběžků. Oblouk je pedikly (*pediculus arcus vertebrae*) připojen k tělu a spolu s tělem vytváří obratlový otvor, *foramen vertebrale*. Všechna *foramina vertebralia* spolu ve sloupci tvoří páteřní kanál, kde je uzavřena mícha. Z oblouku dále laterálně i dorzálně vybíhají výběžky, dva *proc. transversi* a *proc. spinosus*, na které se upínají svaly a vazy, jež stabilizují páteř. Těla jsou nízká, ledvinovitého tvaru. Místy výstupu míšního nervu a žíly z páteřního kanálu a místy vstupu *r. spinalis* z okolních tepen jsou meziobratlové otvory *foramina intervertebralia* (Dylevský, 2009, s. 126-129; Štulík, 2010, s. 18; Čihák, 2016, s. 103; Gallo, 2011, s. 118; Naňka a Elišková, 2015, s. 20-21).

1.1.1 OKCIPITÁLNÍ KOST

Kost týlní – *os occipitale* (C0), je nejzadnější částí baze lební. Nachází se zde velký otvor, *foramen magnum*, kterým prostupuje mícha a vymezuje kraniální okraj páteřního kanálu. Kloubní výběžky pro skloubení s atlasem, *condyli occipitales*, prominují kaudálně po stranách *foramen magnum* (Štulík, 2010, s. 18-20; Naňka a Elišková, 2015, s. 13).

1.1.2 ATLAS

První krční obratel C1, jinak také *atlas* nebo nosič, se od ostatních obratlů liší tím, že nemá tělo a tvoří jej přední a zadní oblouk s laterálními masami, *massae laterales*. *Massa lateralis atlantis* odpovídá příčným výběžkům. Atlas nemá trnový výběžek, ale je nahrazen drobným hrbolem na zadním oblouku, který lze vleže při maximálním předklonu hlavy vyhmátnat. Na předním oblouku se nachází jamka, která slouží ke spojení se zubem druhého krčního obratle. Obratel C1 je součástí atlantookcipitálního i atlantoaxiálního spojení. Ačkoliv se atlasu říká nosič, hlavní zátěž nese až druhý krční obratel (Dylevský, 2009, s. 129-130; Štulík, 2010, s. 20; Naňka a Elišková, 2015, s. 21).

1.1.3 AXIS

Druhý krční obratel C2, neboli axis, *epistropheus*, či čepovec, je mohutnější než třetí krční obratel. Spinózní výběžek je rozeklaný a větší než u následujících obratlů. Z obratlového těla vybíhá zub *dens axis*, na který nasedá *atlas* (Dylevský, 2009, s. 130; Štulík, 2010, s. 21; Naňka a Elišková, 2015, s. 21).

1.1.4 STŘEDNÍ A DOLNÍ KRČNÍ OBRATLE

Oproti hrudním a bederním obratlům, mají obratle střední a dolní krční páteře (C3–C7) nízká těla. V kaudálním směru ale velikost obratle narůstá. Trnový výběžek sedmého krčního obratle je nápadný a prominuje jako hrbolek označovaný *vertebra prominens* (Štulík, 2010, s. 22; Naňka a Elišková, 2015, s. 21-22).

1.1.5 KRANIOVERTEBRÁLNÍ SPOJENÍ

Kraniovertebrální spojení je soubor kloubů a vazů spojujících lebku a páteř. Do kraniovertebrálního spojení patří jednak spojení kosti týlní a atlasu, *articulatio atlantooccipitalis*, jednak spojení atlasu a epistrofeu, *articulatio atlantoaxialis* (Štulík, 2010, s. 23; Naňka a Elišková, 2015, s. 23).

Atlantookcipitální spojení umožňuje díky elipsovitém ploškám na atlasu a výběžkům na týlní kosti kývavé pohyby hlavy a takéž menší úklony do stran (Štulík, 2010, s. 23; Naňka a Elišková, 2015, s. 23).

Atlantoaxiální skloubení má dvě části. Nepárovou střední část, *articulatio atlantoaxialis mediana*, která je tvořena zubem *dens axis* a předním obloukem atlasu. Zub má funkci čepu, okolo něhož se otáčí atlas. Druhou částí je párový boční kloub, *articulatio atlantoaxialis lateralis*, jenž spojuje kondyly prvního a druhého krčního obratle. Díky těmto částem atlantoaxiálního skloubení je možná rotace krční páteře přibližně 30° na obě strany (Štulík, 2010, s. 23).

1.1.6 LIGAMENTA KRČNÍ PÁTEŘE

Ligamenta zajišťují stabilitu páteře. Nejdůležitějším vazem udržujícím *dens axis*, aby nedošlo k jeho vykloubení, je *ligamentum transversum atlantis*. Podélně ho doplňují snopce a vytváří vaz křížový, *ligamentum cruciforme* (Štulík, 2010, s. 23; Naňka a Elišková, 2015, s. 22).

Dlouhá ligamenta probíhají po celé délce páteře. Patří sem *ligamentum longitudinale anterius et posterius*. Přední vaz jde od týlní kosti po předních plochách

obratlových těl až ke kosti křížové, zadní po zadní straně obratlových těl (Štulík, 2010, s. 23-26; Naňka a Elišková, 2015, s. 22).

Mezi krátká ligamenta spojující příčné výběžky obratlů patří *ligamenta intertransversalia*, trnové výběžky spojují *ligamenta interspinalia* a obratlové oblouky spojuje *ligamentum interarcualium flavum*. *Ligamenta interspinalia* přecházejí v *ligamenta supraspinalia* a vytvářejí šijový vaz *ligamentum nuchae*. Poslední dva zmíněné vazy významně stabilizují páteř (Štulík, 2010, s. 26; Naňka a Elišková, 2015, s. 22).

1.1.7 MEZIOBRATLOVÉ PLOTÉNKY

Meziobratlové ploténky, *disci intervertebrales*, jsou tvořeny cirkulárním vazivovým prstencem, *anulus fibrosus*, v jehož středu je rosolovité jádro, *nucleus pulposus*. Ploténky svou horní a spodní plochou přirůstají k obratlovým tělům. Mezi týlní kostí a prvním krčním obratlem a mezi prvním a druhým krčním obratlem ploténka chybí (Štulík, 2010, s. 26; Naňka a Elišková, 2015, s. 22).

1.1.8 ARTERIA VERTEBRALIS

Krční páteř má těsný vztah s *arteria vertebralis*. Ta probíhá v otvorech příčných výběžků až k prvnímu krčnímu obratli, kolem *massa lateralis* vytváří kličku a prostupuje skrze *foramen occipitale magnum*, kde se obě tepny (obě *aa. vertebrales*) spojují v *arteria basilaris*. Jelikož je *arteria vertebralis* velmi blízko k *foramen intervertebrale* i intervertebrálních kloubů, je dost možné, že při funkčních defektech dojde k jejímu podráždění a s tím spojených potíží (Rychlíková, 2004, s. 37-38).

1.2 BIOMECHANIKA KRČNÍ PÁTEŘE

Páteř je jako celek tvořena kostními a ligamentózními strukturami, jejichž tři základní funkce jsou nosná, pohybová a protektivní. Pokud dojde k poškození jedné z těchto složek, může to funkčně ovlivnit i ty další. Zajištění či obnovení stability páteře je stěžejní pro léčbu poranění (Štulík, 2010, s. 33).

1.2.1 POHYBY PÁTEŘE

Páteř umožňuje 6 různých pohybů ve 3 osách. Krční páteř je nejpohyblivějším úsekem, jelikož je značně flexibilní, což je dáno sklonem obratlových trnů, tvarem kloubních ploch a velikostí meziobratlových plotének (Gross, 2005, s. 64; Čapek, 2018, s. 39). Mezi pohyby páteře patří rotace, tedy úhlový či spirálový posun kolem osy a

měří se ve stupních. Rotační pohyb je možný do flexe a extenze. V úrovni krční páteře jsou nerozsáhlejší předklony a záklony – anteflexe a retroflexe a také úklony do stran – lateroflexe (Rychlíková, 2004, s. 43-44; Naňka a Elišková, 2015, s. 24). Další pohyb je translační. „*Translace: těleso je v translaci, jestliže mají všechny jeho části v daném okamžiku stejný směr pohybu vzhledem k danému pevnému bodu. Je měřena v milimetrech*“ (Štulík, 2010, s. 35).

V kinematice páteře se pod zkratkou ROM skrývá rozsah pohybu, což znamená rozdíl vzdáleností mezi dvěma maximálními fyziologickými polohami a platí jak pro rotaci, tak pro translaci. Dalším termínem je tzv. coupling, tedy kombinace pohybů – rotace nebo translace kolem jedné osy doprovázena rotací nebo translací kolem jiné osy (Štulík, 2010, s. 35).

V okcipitoatlantoaxiálním komplexu je flexe a extenze obou kloubů komplexu 11° , ve skloubení C0–C1 jsou možné laterální úklony 8° , v kloubu C1–C2 jsou jen nepatrné. Přibližně polovina rotace celé krční páteře připadá na skloubení C1–C2. Translační pohyb je v okcipitoatlantoaxiálním komplexu minimální. U dospělých je hranice přední translace C1–C2 3 mm, u dětí 4 mm. V atlantoaxiálním skloubení je výrazný coupling, při kterém axiální rotaci C1 doprovází axiální translace (Štulík, 2010, s. 35).

Flexe a extenze je největší ve středním úseku dolní krční páteře, zvláště v meziobratlovém prostoru C5–C6. Maximální horizontální translace v oblasti dolní krční páteře je v průměru 2 mm. V této oblasti je také významný coupling. Při lateroflexi vlevo, jde spinózní výběžek vpravo a naopak (Štulík, 2010, s. 35).

1.2.2 MÍCHA

Mícha je centrem míšních reflexů a slouží jako vodivá struktura. Začíná u velkého týlního otvoru, pokračuje páteřním kanálem a je chráněna mozkomíšním mokem a okolními měkkými tkáněmi. Končí v oblasti druhého bederního obratle zaobleným koncem nazývaným jako *conus medullaris* (Naňka a Elišková, 2015, s. 271-272).

Mícha je celkem flexibilní, je namáhána ohybovými i tahovými silami. Je schopna harmonického pohybu, a tudíž se umí na jedné straně smrštit a na druhé roztáhnout. Při flexi a extenzi dochází totiž k prodlužování a zkracování páteřního kanálu, čemuž se mícha přizpůsobuje (Štulík, 2010, s. 36-37).

Pokud nastane transverzální porušení míchy, dochází ke ztrátě schopnosti volného pohybu pod místem poškození a vyřadí se veškerá senzitivita. Přeruší-li se

mícha v úrovni prvních čtyř obratlů, poškodí se i brániční nerv a postižený není schopen sám dýchat (Naňka a Elišková, 2015, s. 274).

Při poranění míšních kořenů můžeme pozorovat tyto neurologické příznaky:

- a) Opožděné léze v akutním stadiu – objevují se v průběhu několika dnů po poranění. Způsobuje je nesprávná či neúplná diagnostika, nesprávné ošetření a transport nebo nesprávná terapie. Při postupující herniaci disku, zúžení páteřního kanálu nebo extradurálním krvácení může dojít ke zhoršení stavu.
- b) Opožděné léze v pozdním stádiu – ty jsou způsobeny druhotnými kloubními deformitami, deformitami páteřního kanálu (Steidl *et al.*, 2001, s. 136).

1.2.3 STABILITA PÁTEŘE

Existuje několik odlišných definic od různých autorů o stabilitě a nestabilitě páteře. Obecně stabilita páteře znamená schopnost udržet fyziologickou pozici a chránit nervové struktury před poškozením. Nestabilita je pak ztráta této schopnosti. Nestabilita může být způsobena následkem degenerace, zánětu, nádoru, deformity nebo pooperačně, a také následkem traumatu. Nestabilita následkem úrazu se dá rozdělit na akutní a chronickou. Akutní vzniká hned po traumatu následkem komprese, distrakce, rotace a hrozí při ní další dislokace úlomků a poškození nervových struktur. Ke chronické nestabilitě dochází až po časovém odstupu od úrazu. V literatuře se také můžeme setkat s pojmy temporální kostní a permanentní ligamentózní nestabilita. Temporální kostní nestabilitou se označuje pouze poranění obratle bez poranění vazů a často lze léčit konzervativně, zatímco permanentní ligamentózní nestabilita znamená poranění disku a vazů a je nutné chirurgické řešení. Dalším možným dělení nestability je na mechanickou, neurologickou a kombinovanou. Mechanická nestabilita neohrožuje akutně nervové struktury, u neurologické vzniká nervová léze a kombinovaná je typická pro tříštivé zlomeniny nebo luxační zlomeniny s nervovou lézí (Štulík, 2010, s. 37-38).

I když jsou poranění páteře zřetelně rozdělena na stabilní a nestabilní, všechny komponenty páteře přispívají ke stabilitě, takže jakékoliv poranění jakékoliv struktury páteře vytváří určitý stupeň nestability, který není fenoménem všechno nebo nic. Ve skutečnosti je úplná nestabilita vzácná (Izzo *et al.*, 2019, s. 76).

1.2.4 PÁTEŘNÍ SLOUPCE

Holdsworth v roce 1963 publikoval teorii, že páteř je tvořena dvěma sloupci. Tuto teorii v roce 1983 doplnil Denis ještě o střední sloupec. Do předního segmentu se zařazují 2/3 ventrální části obratlového těla a přední část disku s *ligamentum longitudinale anterior*, ke střední části se řadí zadní třetina obratlového těla, zadní část disku a *ligamentum longitudinale posterior*, zadní sloupec zahrnuje kloubní výběžky, oblouk obratle, žluté vazy a interspinózní a supraspinózní vazy. Zlomenina ve středním sloupci je vždy nestabilní, poškození, které je izolované, na jen předním nebo jen zadním sloupci bývá většinou stabilní bez nutnosti chirurgické terapie. Poškození obou sloupců, předního i zadního, je už nestabilní a musí se chirurgicky stabilizovat. Dle Hellera ale existují patologické stavy, které tuto klasifikaci upravují. Například kompresivní zlomenina předního sloupce se současným snížením obratlového těla o více než 50 % je zlomeninou nestabilní. Flekční poranění páteře může zase předpovědět vzdálenost větší než 2 mm mezi laminami a *processus spinosus* dvou sousedních obratlů (Štulík, 2010, s. 37-38; Seidl a Vaněčková, 2014, s. 403).

1.3 PORANĚNÍ KRČNÍ PÁTEŘE

Úrazy krční páteře se řadí mezi jedny z nejzávažnějších poranění vůbec. Takové poranění může mít za následek široké spektrum klinických projevů, počínaje bolestí krční páteře, přes kvadruplegii až nakonec i smrt. Nejčastější příčinou poranění krční páteře bývají autonehody, pády a zranění při sportu, například při skocích do vody (Štulík, 2005, s. 78).

Dle anatomie a biomechaniky a jejich odlišností, můžeme rozdělit poranění krční páteře na 2 skupiny. Horní krční páteř tvořenou C0 (*okciput*) a obratli C1 (*atlas*) a C2 (*epistropheus*) i s jejich skloubeními a vazy, a dále střední a dolní krční páteř tvořenou obratli C3-C7 (Ryba *et al.*, 2016, s. 20).

Horní úsek krční páteře (C0-C2) je anatomicky velmi složitý. Poranění horního úseku tvoří přibližně třetinu ze všech poranění krční páteře a polovina takto postižených zemře na místě nehody. V oblasti cerviko-kraniálního přechodu jsou zranění často smrtelná (Suchomel *et al.*, 2005, s. 74). Pokud ke smrtelnému zranění nedojde, nemusí se klinické známky poškození výrazně projevit. Mezi projevy se řadí např. bolesti hlavy, nebo při dislokaci asymetrické postavení hlavy. Jelikož je v této lokalitě páteřní kanál relativně prostorný a mícha zaujímá kolem 25 %, může být po neurologické i praktické stránce nález normální. Úrazy horní krční páteře lze dle

úrovně poranění rozdělit na zlomeniny kondylů okcipitální kosti C0, atlantookcipitální dislokace C0-C1, zlomeniny atlasu C1, atlantoaxiální dislokace C1-C2, zlomeniny epistrofeu C2 a komplexní zlomeniny, které kombinují poranění horní krční páteře (Suchomel *et al.*, 2005, s. 74-76; Ryba *et al.*, 2016, s. 21).

1.3.1 ZLOMENINY KONDYLŮ OKCIPITÁLNÍ KOSTI

Zlomeniny kondylů okcipitální kosti nejsou tak časté, zpravidla vznikají při pádu na hlavu a dělí se na čtyři typy: I. zlomeniny baze lebny, II. vylomení kruhu velkého týlního otvoru, III. zlomenina jednoho kondylu a IV. střížná nebo avulzní zlomenina jednoho nebo obou kondylů (Štulík, 2010, s. 87-90).

Terapie zlomenin kondylů okcipitální kosti je dle Jeannereta navržena pro typ I – konzervativní terapie Philadelphia límcem 6 týdnů; pro typ II, III a IV bez atlantookcipitální dislokace také konzervativní léčba s halo fixací 8-10 týdnů, s atlantookcipitální dislokací chirurgické řešení s dorzální okcipitocervikální fixací a dézou C0-C2 (Štulík, 2010, s. 90).

1.3.2 ATLANTOOKCIPITÁLNÍ DISLOKACE

Atlantookcipitální dislokace bývají smrtelné, když výraznější dislokace zapříčiní poškození mozkového kmene, míchy a vede k okamžitému úmrtí. Takovýto nález se až v 31 % objevuje u obětí silničního neštěstí. Při tomto poranění se poruší vazivový aparát a dojde k dislokaci lebky proti atlasu. Dle směru dislokace se dají rozlišit opět čtyři typy: ventrální, longitudinální, dorzální a laterální (Suchomel *et al.*, 2005, s. 74; Ryba *et al.*, 2016, s. 22-23).

Jako terapie se provádí spondylodéza speciálními dlahami ze zadního přístupu (Bartůněk *et al.*, 2016, s. 21).

1.3.3 ZLOMENINY ATLASU

Celkem časté jsou zlomeniny atlasu C1. Většinou k nim dochází u dopravních nehod, při skocích do vody a jiných pádů na hlavu. Obvykle chybí neurologické symptomy, a tudíž mohou tyto zlomeniny zůstat přehlédnuté. K hodnocení se používá klasifikace dle Gehweilera, která rozděluje zlomeniny atlasu do pěti typů. Jedná se o zlomeninu předního oblouku atlasu, zlomeninu zadního oblouku atlasu, kombinovanou zlomeninu předního a zadního oblouku (čtyřúlomková, tříúlomková, dvouúlomková), izolovanou zlomeninu *massa lateralis* a zlomeninu *processus transversus* (Hirt a Beran, 2011, s. 74).

Nejčastější zlomeninou prvního obratle je tzv. Jeffersonova zlomenina. Toto poranění je způsobeno axiálním násilím na hlavu. Oblouk atlasu je zlomen dvakrát v přední i zadní části a dochází k dislokaci kostních úlomků a rozšíření páteřního kanálu. Jestliže není přetrženo *ligamentum transversum atlantis*, bývá zlomenina stabilní (Hirt a Beran, 2011, s. 74). Pokud je zlomenina stabilní, nasadí se halo-trakce na 3 měsíce. Pakliže je zlomenina nestabilní, je terapií spondylodéza podle Magerla, která spočívá v tom, že se po repozici ze zadního přístupu zavedou transartikulárně přes obratel C2 kortikální šrouby a doplní se vložení interspinózního kostního čepu (Bartůněk *et al.*, 2016, s. 21).

1.3.4 ATLANTOAXIÁLNÍ DISLOKACE

Atlantookcipitální dislokace nebo taky traumatická atlantoaxiální instabilita je celkem vzácná. Dochází k ní při poranění vazy *ligamentum transversum atlantis*, který je stabilizátorem atlantoaxiálního komplexu. Klasifikace rozeznává tři typy: ventrální instabilita – přední dislokace atlasu, atlantoaxiální rotační dislokace, dorzální instabilita – zadní dislokace atlasu (Zeman a Krška, 2014, s. 418, Ryba *et al.*, 2016, s. 23). Traumatická atlanto axiální instabilita se léčí chirurgicky spondylodézou ze zadního přístupu (Suchomel *et al.*, 2005, s. 75).

1.3.5 ZLOMENINY EPISTROFEU

Zlomeniny epistrofeu, druhého krčního obratle, jsou docela častými zlomeninami krční páteře. Díky anatomické odlišnosti čepovce vznikají zcela jiné druhy zlomenin, které se rozdělují na 3 skupiny: zlomeniny zubu čepovce, zlomeniny istmu C2 – katovské zlomeniny, ostatní nezařaditelné zlomeniny (Štulík, 2010, s. 133).

Zlomeniny zubu čepovce se dle Andersona a d'Alonza klasifikují do tří typů, a to apikální zlomeninu dentu, zlomeninu v bazi dentu a vylomení dentu s částí těla čepovce (Suchomel *et al.*, 2005, s. 76). Zlomenina vrcholu dentu se považuje za stabilní zlomeninu a léčí se konzervativně. Zatímco zlomenina v bazi dentu je nestabilní a je třeba provést osteosyntézu zavedením jednoho nebo dvou šroubů z předního přístupu. Poslední typ zlomeniny, vylomení dentu s částí těla čepovce, se dá taktéž považovat za nestabilní ale lze léčit i konzervativně v halo-aparátu, u starších pacientů raději chirurgicky (Bartůněk *et al.*, 2016, s. 21). Při přetržení *lig. transversum* dojde ke zhmoždění míchy. Pokud nenastane ihned úmrtí kvůli poranění míchy, pak se neurologické příznaky vyskytují jen vzácně. Zub epistrofeu se zlomí při velké extenzi

způsobené přílišným záklonem hlavy nebo přímým nárazem mezi záhlavím a šíjí, občas také při přílišné flexi (Štefan a Hladík, 2012, s. 67).

Katovské zlomeniny byly nejprve popsány u oběšenců, nyní se vyskytují hlavně u dopravních nehod. Klasifikace podle Effendiho rozlišuje tři typy těchto poranění. U prvního typu je tělo C2 minimálně dislokováno a jedná se o stabilní poranění a léčí se konzervativně krční ortézou. Druhý typ se vyznačuje dislokací těla více než 3,5 mm a úhel je větší než 11 stupňů, vyskytuje se také léze disku C2/3 i vazů, což znamená, že toto poranění je již nestabilní. Při volbě léčby záleží na míře poškození disku a provádí se buď zadní přímá kompresní osteosyntéza dle Judeta, anebo přední disektomie s náhradou a dlahovou fixací dle Decaulxe. U třetího typu dochází k dislokaci C2 ventrálně a kloubní plošky C2/3 jsou vymknuty přes sebe. Jako terapie se volí kombinovaný přístup. (Suchomel *et al.*, 2005, s. 76).

Třetí skupina ostatních nezařaditelných zlomenin zahrnuje téměř čtvrtinu všech zlomenin druhého obratle. U těchto zlomenin probíhá lomná linie v různých rovinách a řadí se sem tříštivé zlomeniny těla, zlomeniny laterálních mas a fraktury zadního oblouku a trnového výběžku. (Suchomel *et al.*, 2005, s. 76; Ryba *et al.*, 2016, s. 23-24)

1.3.6 KOMPLEXNÍ ZLOMENINY

Komplexní zlomeniny nejčastěji kombinují zlomeniny C1 a zlomeninu dentu s dislokací. Jejich incidence narůstá u mladších pacientů při vysokoenergetických poranění a u starších pacientů v důsledku porózy. Léčba odpovídá kombinaci poranění (Ryba *et al.*, 2016, s. 24).

Pro poranění střední a spodní krční páteře lze použít více klasifikací. Jednou z takových je klasifikace dle Aebiho a Nazariana publikována v roce 1987, která rozděluje poranění na 3 skupiny: poranění přední části obratle, poranění zadní části obratle, poranění přední i zadní části obratle. Jinou klasifikací je Clowardova klasifikace z roku 1955, jenž jednoduše rozděluje poranění do dvou skupin. První skupinou je poranění měkkých částí, kam patří whiplash injury a hyperextenzní poranění s parézou. Skupinou druhou z Clowardovy klasifikace je poranění skeletu a dělí se na další podskupiny (Štulík, 2005, s. 78-79; Dungl, 2014, s. 507).

1.3.7 WHIPLASH INJURY

Whiplash injury patří mezi přední úrazy související s autonehodou. Výskyt tohoto poranění se v posledních desetiletích zvyšuje. Kromě toho se mění vzorce srážek způsobujících poranění krční páteře, nyní včetně drobných nehod jakéhokoli typu. Odhaduje se, že u 50 % pacientů s akutním whiplash syndromem se vyvine dlouhodobé postižení (Sarrami *et al.*, 2017, s. 9-10). Poranění typu whiplash injury se obecně považují za poranění měkkých tkání krku s příznaky, jako jsou bolest a ztuhlost krku, slabost ramen, závratě, bolesti hlavy a ztráta paměti atd. Na základě studií na zemřelých a dobrovolnících existují tři odlišná stadia způsobující toto zranění krku. V první fázi je pozorována ohybová deformace krku spolu se ztrátou krční lordózy; ve druhé fázi přechází krční páteř v křivku ve tvaru písmene S, jak se spodní obratle začínají roztahovat a postupně způsobují roztahování horních obratlů; během závěrečné fáze je celý krk natažen kvůli roztahovacím momentům na obou koncích (Chen *et al.*, 2009, s. 305).

1.3.8 HYPEREXTENZNÍ PORANĚNÍ

Hyperextenzní poranění může vzniknout během úrazu při vysokoenergetických sportech jako je lyžování, hokej, americký fotbal nebo zápas, anebo může vzniknout při pádu pacienta ze stoje na zem. V nižším věku k němu dochází jednak v případě většího násilí, kdy bývá příčinou neurologického postižení ruptura disku, měkký výhřez, jednak u vrozeně zúženého páteřního kanálu. Nejčastějším klinickým projevem je syndrom centrální míchy, u kterého dochází k poškození šedé hmoty a vláken *tractus corticospinalis* a je doprovázen nedostatečnou motorickou inervací převážně u horních končetin, poté sfinkterovou poruchou (močová retence) a také poruchou senzitivní inervace různé míry distálně od poškození (Šrámek *et al.*, 2009, s. 131).

1.3.9 PORANĚNÍ SKELETU

Do poranění skeletu dle Clowardovy klasifikace patří:

- 1) Luxace
 - a) Flekční poranění 1.-4. stupně
 - b) Extenční poranění
- 2) Kompresivní poranění těla obratle 1.–4. stupně
- 3) Kombinace poranění

- a) Dislokace těla obratle se zlomeninami zadních elementů
- b) Poranění horní krční páteře (Štulík, 2005, s. 79; Dungal, 2014, s. 507)

V praxi se však setkáváme s jiným dělením:

- 1) Tear drop fracture – flekční slzovitá zlomenina
 - Dochází k avulzi předního okraje obratle trojúhelníkovitého tvaru a k přerušení předního podélného vazy. Tato zlomenina je nestabilní (Ferda *et al.*, 2002, s. 608).
- 2) Diving fracture – flekčně-kompresivní zlomenina
 - Při této zlomenině dochází ke kompresi a subluxaci těla a zlomenině oblouku. Poranění je způsobeno nárazem hlavy o vodní hladinu, postihuje 4., 5., nebo 6. obratel a může skončit kvadruplegií, v některých případech i smrtí (Ferda *et al.*, 2002, s. 608).
- 3) Clay shoveler fracture – zlomenina trnového výběžku
 - U této zlomeniny je linie lomu trnového výběžku kolmá na jeho dlouhou osu. Pokud není současně rozlomen oblouk a roztržena ploténka, pak se jedná o zlomeninu stabilní. Vzniká při těžké námaze ve flexi (Ferda *et al.*, 2002, s. 608).
- 4) Flekčně distrakční poranění
 - Dochází k oboustranné luxaci facetových kloubů způsobené hyperflexí a může či nemusí být doprovázena zlomením kloubních výběžků. V artikulární nebo preartikulární části oblouku se může vyskytnout přelomení. Taktéž se zvětšuje interspinózní vzdálenost, která svědčí o přerušení interspinózních vazů (Ferda *et al.*, 2002, s. 610).
- 5) Jednostranná luxace facetového kloubu
 - Při tomto typu poranění dochází k zapadnutí okrajů kloubních ploch za sebe a fixaci ve vykloubení. Takové poranění způsobuje násilná rotace. Jedná se o stabilní poranění (Ferda *et al.*, 2002, s. 611).
- 6) Laterální flekční poranění
 - Toto poranění zahrnuje zlomeninu příčného výběžku, jednostranného kloubu nebo laterálního pilíře obratle. Možné je současné poranění *arteria vertebralis*, pokud linie lomu prochází jejím kanálkem (Ferda *et al.*, 2002, s. 611).

1.3.10 PORANĚNÍ KRČNÍ PÁTEŘE A DEGENERACE

Jak se zvyšuje věk, zvyšuje se výskyt degenerace v krční páteři. Friedenberga a Miller zjistili rentgenografické degenerativní změny v krční páteři u 75 % jedinců ve věku nad 60 let. Zapletal et al. ve své studii výpočetní tomografie (CT) prokázali, že obliterace kloubního prostoru v atlantoaxiálního kloubu byla častým náhodným nálezem u pacientů doporučených pro CT vyšetření mozku nebo paranazálních dutin (Lakshmanan *et al.*, 2005, s. 79).

Jelikož v horní krční páteři existuje mnoho kloubů, z nichž každý přispívá k různým pohybovým rovinám, degenerace a tedy omezení pohybu v kterémkoli konkrétním kloubu může nepříznivě ovlivnit pohyb a rozložení síly v tomto segmentu páteře. Toto nerovnoměrné rozložení síly spolu s osteoporózou může u starších lidí způsobovat zlomeninu dentu (Lakshmanan *et al.*, 2005, s. 79).

U degenerativní páteře kolaps a narušení disku přesouvá váhové zatížení na fazetové klouby (až 70 %), přičemž relativní stínění předních těl, které je odpovědné za lokální úbytek a oslabení kostí (Wolfův zákon), upřednostňuje selhání předního obratlového těla. Jakýkoliv úbytek kostní hmoty indukuje exponenciální úbytek síly (Izzo *et al.*, 2019, s. 76-77).

Sasaki *et al.* (2018, s. 622-626) zkoumali charakteristiky degenerace krční páteře u japonských profesionálních zápasníků (wrestlerů) a jejich vztah k riziku poranění krční páteře. Autoři přijali žádost jedné z největších japonských profesionálních asociací, aby prováděli pravidelná lékařská vyšetření krční páteře a tak založili lékařskou komisi pro výzkum degenerace krční páteře zápasníků a stanovení některých opatření ke snížení rizika poranění krční páteře. Od roku 2012 podstoupilo 27 japonských zápasníků mužského pohlaví, kteří byli členy profesionální zápasnické asociace, pravidelné lékařské prohlídky. Zobrazovací studie zahrnovaly dynamickou prostou rentgenografii, MR a CT. Stav krční páteře byl ozřejměn každému zápasníkovi a byli informováni o potencionálním riziku poranění krční páteře se středně těžkou nebo těžkou degenerací. Zápasníkům, kteří vykazovali kompresi míchy s intramedulární změnou signálu na MR, bylo doporučeno ukončit svou kariéru.

Zevní trauma v kombinaci s vyšším stupněm komprese krční míchy může způsobit rozvoj manifestní myelopatie. Ke kompresi krční míchy může vést stenóza cervikálního kanálu (Kovalová *et al.*, 2015, s. 74).

Dle autorů Betsch *et al.* (2020, s. 47) mohou být zlomeniny zubu čepovce (*dens axis*) rozděleny podle věku – postihující mladé a starší pacienty. U mladých dospělých

zahrnuje většina úrazů způsobujících zlomeniny dentu vysokoenergetické trauma, jako jsou pády z výšky, nehody motorových vozidel a chodci zranění automobilem nebo motocyklem. U starších pacientů jsou však zlomeniny dentu nejčastěji způsobeny nízkoenergetickým traumatem, jako je například pád ze stoje nebo z polohy vsedě. U starších osob jsou zlomeniny dentu nejčastějšími zlomeninami krční páteře, a jsou také spojeny s vysokým výskytem úmrtnosti. Starší pacienti jsou vystaveni většímu riziku pádu, než mladší pacienti, protože starší lidé trpí sníženou zrakovou ostrotí, sníženou reakční dobou a otupělými reflexy a kvůli biochemickému úbytku kostí spojenému se senilní osteopenií – nejčastější příčinou primární osteoporózy. Existuje možný vztah mezi degenerací horní krční páteře a výskytem zlomenin dentu typu II. S věkem se zvyšuje výskyt osteoartrózy krční páteře, pravděpodobně omezující pohyb v kterémkoli konkrétním klubu krční páteře, což může nepříznivě ovlivnit pohyb a rozložení síly v tomto segmentu po traumatu a zvyšovat pravděpodobnost zlomeniny.

1.4 CT A CT KRČNÍ PÁTEŘE

Poté, co se do klinické praxe zavedla výpočetní tomografie, došlo k velkému pokroku v oblasti diagnostiky (Dungl, 2014, s. 503).

Hlavním problémem standardního zobrazování (prostých RTG snímků) zůstává dobře prokázaná omezená citlivost (30-60 %) při detekci kostních a vazivových poranění, zejména u pacientů s více traumaty, u nichž je výskyt poranění nejvyšší. U pacientů nespolupracujících, s velmi vážným traumatem a s úrazy hlavy nebo imobilizovanými zraněními je prosté zobrazování technicky nedostatečné a časově náročné. Nejprve bylo CT použito jako doplňková modalita a metoda řešení problémů pro hodnocení omezených spinálních segmentů. Počáteční multidetektorové CT (MDCT) přístroje začaly zkoumat celou krční páteř, ale špatná kvalita přeformátovaných obrazů ponechala určitou roli standardnímu zobrazování. Na začátku 90.let nicméně Nunez a kol. v prospektivní sérii 800 pacientů již hlásili více než dvojnásobnou citlivost na CT (98,5 %) ve srovnání s rentgenovými snímky (43 %). (Izzo *et al.*, 2019, s. 81-82).

Kvalitní CT vyšetření podává upřesňující obraz uspořádání kostních struktur a taktéž páteřního kanálu (Dungl, 2014, s. 503). CT může být indikováno rovnou u traumat páteře nebo pro upřesnění nálezu z předchozího RTG. Oproti RTG má CT

vyšší senzitivitu a specifitu (Seidl, 2014, s. 117-119). Pokud je MDCT použito jako první zobrazovací přístup, získává drahocenný čas ve zlaté hodině urychlující vyhodnocení poranění a jeho řešení (Izzo *et al.*, 2019, s. 81).

1.4.1 PRINCIP VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE

Výpočetní tomografie funguje na principu měření intenzity svazku rentgenového záření, které v různých směrech prošlo tělem pacienta. Následně se z naměřených hodnot intenzity vypočítává v počítači obraz vrstev a získává se trojrozměrné zobrazení denzity tkání v těle (Seidl, 2015, s. 117-119).

Součástí CT je vyšetřovací stůl, gantry se systémem rentgenka - detektory, konzola a taky tlakový injektor pro podávání kontrastní látky. Během vyšetření se nejprve vyhotoví topogram. Jde o digitální snímek vyšetřované oblasti. Jeho zhotovení probíhá tak, že se s pacientem na vyšetřovacím stole projede během expozice otvorem gantry, systém detektor – rentgenka se však nepohybují. Na topogramu se naplánuje rozsah vyšetření a následně je pacient na vyšetřovacím stole posunován vůči systému rentgenka – detektor, který se již kolem pacienta otáčí. Poté, co záření projde pacientem, dopadá oslabené na detektory, kde se převede na elektrický signál, jenž je odeslán do počítače, kde je nabraná hrubá data nutné postprocessingově zpracovat (Beneš *et al.*, 2015a, s.).

Intenzita absorpce rentgenového záření je vyjádřena v Hounsfieldových jednotkách (HU), jejichž škála nabývá hodnot od -1000 do +3096 HU a jsou reprezentovány v odstínech šedi. Jelikož lidské oko nedokáže rozlišit tak obrovskou škálu odstínů šedi, existují takzvaná okna (měkkotkáňové, kostní, plicní, mozkové), ve kterém se z celé škály denzity vybere jen určitá část. Každé okno je charakterizováno šířkou – window width a středem – window level. K základním rekonstrukčním algoritmům (kernel) patří hlavně multiplanární rekonstrukce. Pro popis obrazu se používají termíny hyperdenzní – pro světlejší struktury, hypodenzní – pro tmavší struktury a izodenzní při stejné denzitě jako okolní tkáň (Heřman a kolektiv, 2014, s. 21-22).

Na CT lze dobře zobrazit zlomeniny, hlavně v oblastech, které jsou na skiagramu špatně přehledné. Dá se říct, že k nativnímu vyšetření výpočetní tomografií neexistuje žádná absolutní kontraindikace. Relativní kontraindikací je těhotenství, během kterého se vyšetření provádí v případě ohrožení života matky. Při CT vyšetření s podáním kontrastní látky se těžká alergická reakce na jodovou kontrastní látku považuje za

absolutní kontraindikaci. Další alergie v anamnéze, poruchy ledvin (kreatinin nad více než 300 $\mu\text{mol/l}$) a zvýšená funkce štítné žlázy se považují za relativní kontraindikace k podání KL. Vyšetření pomocí CT trvá jen několik minut (Žvák *et al.*, 2006, s. 11; Peterková, 2010, s. 91; Malíková a kolektiv, 2019, s. 28).

Pro vyšetřování oblasti horní krční páteře se používají tenké transverzální řezy. Pozoruje se postavení atlasu a zubu čepovce, odchylky ve vzdálenostech a rotaci, linie lomu a případné úlomky. Frontální a sagitální rekonstrukce dokážou odhalit fraktury kondylů týlní kosti, dislokaci při zlomenině zubu čepovce nebo dislokaci při Jeffersonově zlomenině (Dungl, 2014, s. 503-504).

V oblasti dolní krční páteře se CT uplatňuje hlavně při zobrazení páteřního kanálu a drobných zlomenin pediklů, oblouků i všech výběžků. Vyšetření se provádí v rozsahu dva obratle nad a dva obratle pod zobrazovaným obratlem kvůli hodnocení postavení páteře (Dungl, 2014). Další možností je provedení CT v rozsahu obratlů C0 – Th2 nebo klidně až Th4, kde je vidět i C/Th přechod, s následnou multiplanární rekonstrukcí (Kočiš a Wendsche, 2013, s. 26).

1.4.2 PRŮBĚH CT VÝŠETŘENÍ KRČNÍ PÁTEŘE

Pacient leží na zádech, hlavu má fixovanou, bez úklonu přesně v ose stolu. Nativní vyšetření se provádí bez přípravy. Co se rozsahu vyšetření týče, dělá se, buďto cíleně na požadované obratle a přilehlé meziobratlové prostory, nebo necíleně od *foramen magnum* až po C7/Th1 (nebo Th4). Během vyšetření dostává pacient instrukce, aby se nehýbal a nepolykal a zamezilo se tím tak vzniku artefaktů (Věstník MZ ČR, částka 2/2016, s. 21).

Nejprve se provede topogram, na kterém se naplánuje vyšetření. V kostním kernelu se provádí rekonstrukce ve třech rovinách, v měkkotkáňovém transverzálně a sagitálně. Tloušťka rekonstruované vrstvy kostního kernelu je 0,75–1 mm a měkkotkáňového 2–3 mm (Věstník MZ ČR, částka 2/2016, s. 21). V měkkotkáňovém okně je WL: 30–40 HU, WW: 200–300 HU, v kostním okně je WL: 200–500 HU, WW: 1000–1800 HU (Moeller a Reif, 2009, s. 296-299).

1.4.3 POLYTRAUMA PROTOKOL

Častokrát je krční páteř vyšetřována v rámci polytrauma protokolu. Polytrauma znamená mnohočetné poranění. Jde o poranění více než jednoho tělesného systému a pro zraněného je minimálně jedno z těchto poranění, nebo jejich kombinace,

bezprostředně životu nebezpečné. Ohroženy jsou tedy základní životní funkce jako je dýchání, vědomí, krevní oběh a činnost centrální nervové soustavy (Drábková, 2002, s. 39).

Výhodou CT u polytraumat je určitě to, že je jednak dobře dostupné a jednak umožňuje rychlou diagnostiku. Konkrétní podoba CT protokolu u polytraumat se liší dle daného pracoviště. Polytraumatický protokol se skládá z nativního vyšetření mozku a krční páteře, postkontrastního vyšetření trupu (Vomáčka *et al.*, 2012, s. 149-152).

1.4.4 PŘÍPRAVA PACIENTA V KRITICKÉM STAVU NA CT VYŠETŘENÍ

U pacientů v ohrožení života či zdraví je z důvodu naléhavosti udělena nejvyšší priorita a musí být vyšetření ihned. Nelékařský zdravotnický personál z odesílajícího oddělení zajistí sundání všech kovových věcí, jako např. šperky či oblečení s kovovými součástmi. Odesílající pracoviště by též mělo zajistit pacientovi žilní přístup kanylou. Není-li z důvodu zdravotního pacienta možné podepsat informovaný souhlas, měla by tak učinit doprovázející osoba. Někdy však v naléhavých případech, kdy pacient není sám schopen informovaný souhlas podepsat a není ani přítomna doprovázející osoba, ale vyšetření je nezbytné pro záchranu zdraví či života, provádí se vyšetření za předpokladu souhlasu a postupuje se *lege artis*. Informovaný souhlas se buď získá po zlepšení stavu pacienta a v případě, že se pacientův stav nezlepší do 24 hodin, oznamuje se tato skutečnost soudu (Haškovcová, 2012, s. 32-42; Malíková a Bomberová, 2019, s. 7-24).

1.5 MR A MR KRČNÍ PÁTEŘE

Magnetická rezonance se uplatňuje hlavně pro detailní posouzení stavu poraněných měkkých tkání. V oblasti horní krční páteře, při zlomenině atlasu či jiném nestabilním atlantooxiálním poranění, se na MR vyšetření nejčastěji hodnotí stav *lig. transversum atlantis*, při katovské zlomenině se posuzuje stav intervertebrálního disku C2/C3. Též v oblasti dolní krční páteře se hodnotí stav meziobratlového disku (Dungl, 2014, s. 505-506).

Magnetická rezonance dokáže odhalit poranění míchy (Dungl, 2014, s. 505). Svým umístěním v kostěném páteřním kanálu je pro některé invazivní zobrazovací techniky mícha hůře dostupná a také je relativně malého rozměru, tudíž je pro její zobrazení nutné vysoké prostorové rozlišení. Mezi ostatními zobrazovacími technikami má magnetická rezonance nejlepší tkáňový kontrast a umí míchu přímo vizualizovat, odlišit šedou a bílou hmotu i různé chorobné léze. Magnetická rezonance se

prostorovým rozlišením dokáže přiblížit i výpočetní tomografii. V praxi se ale používá větší voxel pro lepší poměr signálu a šumu. Důležitá je vysoká homogenita magnetického pole, která minimalizuje znehodnocující artefakty na obrázcích. Homogenitu magnetického pole narušují právě struktury páteře v kombinaci skeletu a měkkých tkání, hlavně v oblasti krku a hrudníku, také kovové implantáty a jiné kovové materiály třeba v oblasti chrupu jsou problematické (Weichet a Malíková, 2017, s. 380-381).

1.5.1 PRINCIP MAGNETICKÉ REZONANCE

Magnetická rezonance funguje na principu interakce atomových jader vložených do silného magnetického pole. Lidský organismus obsahuje více než 60 % vody, a právě molekuly vody ve snímaných biologických tkáních dávají nejlepší signál a významně se tím podílí na prostorovém rozlišení a kontrastu obrazu (Rosina *et al.*, 2006, s. 221).

Atomové jádro je složeno z protonů a neutronů. Protony neustále vykonávají kolem své osy otáčivý pohyb, který se nazývá spin. Každá nabitá částice vykonávající pohyb vytváří kolem sebe magnetické pole a vykazuje magnetický moment. U atomových jader se sudým nukleonovým číslem se magnetické momenty vzájemně ruší, a tudíž je nelze použít pro zobrazování pomocí magnetické rezonance. Použít lze jen atomová jádra s lichým nukleonovým číslem jako právě ^1H , který má jen jeden proton. Protony za běžných okolností rotují nahodile a tkáň se v tom případě jeví nemagneticky. Pokud se ovšem vloží tkáň do magnetického pole, rotační osy protonů se uspořádají do jednoho směru. Více, než polovina má magnetický moment paralelní s vektorem vnějšího magnetického pole B_0 a méně, než polovina je orientována antiparalelně o 180° . Díky této nerovnováze se tkáň navenek začne chovat magneticky (Rosina *et al.*, 2006, s. 221, Beneš *et al.*, 2015b, s. 302).

Magnetický moment protonů vykonává dva pohyby. První je spin, tedy pohyb kolem své vlastní osy a zároveň pohyb kolem pomyslného pláště kužele, označovaného jako precese. Různé tkáně obsahují různý počet protonů a tím mohou podávat informaci o svém složení. Pokud se do tkáně vyše radiofrekvenční impuls o stejné frekvenci jako je frekvence precesního pohybu (Larmorova frekvence), dochází k rezonanci. Magnetický moment se vychýlí z původního směru a precesní pohyb všech protonů se zesynchronizuje. Poté, co působení impulsu skončí, vrací se vše do základního stavu. Pojem relaxace označuje dobu, za kterou dojde k návratu do

původního stavu. Relaxační čas T1 je čas, za který dochází k návratu vychýleného magnetického momentu. Relaxační čas T2 je čas, za který dochází k rozsynchronizování precesního pohybu protonů. Relaxační časy jsou specifické dle složení hmoty. Signál získaný po vyslaných radiofrekvenčních pulzech je zaznamenáván cívkami. Pro získání měřitelného signálu je potřeba určitá série radiofrekvenčních pulzů, která se označuje jako sekvence (Rosina *et al.*, 2006, s. 222; Heřman a kolektiv, 2014, s. 26). Součástí MR přístroje jsou již zmíněné cívky. Gradientní cívky dovolují prostorové kódování MR signálu. Radiofrekvenční vysílací cívka vytváří v podobě krátkých pulzů pole B_1 o dané velikosti, amplitudě, tvaru i délce a radiofrekvenční přijímací cívka MR signál detekuje. Tyto radiofrekvenční cívky mohou pracovat ve vysílacím i přijímacím módu. Povrchové cívky, které se přikládají co nejbližší vyšetřovací oblasti zlepšují poměr signál/šum (Seidl a Vaněčková, 2007, s. 286; Beneš *et al.*, 2015b, s. 312).

Vyšetření pomocí magnetické rezonance se provádí v různých sekvencích, které podávají informaci o rozdílech v relaxačních časech T1 a T2, z nichž vycházejí T1 – vážená sekvence a T2 – vážená sekvence, nebo o množství protonů. Dalšími používanými sekvencemi jsou DWI – difúzně – vážená sekvence, FLAIR – sekvence s potlačením signálu vody, STIR – sekvence s potlačením signálu tuku. Obrazy se vyhotovují v libovolné rovině (Heřman a kolektiv, 2014, s. s. 26-28).

Pro popis obrazu se používají termíny hypersignální – pro světlejší struktury, hyposignální – pro tmavší struktury, asignální – pro struktury bez signálu, jako je třeba tekoucí krev a jeví se černě, izosignální – se stejnou intenzitou signálu (Heřman a kolektiv, 2014, s. 27).

Přístroj je umístěn ve Faradayově kleci, která má za úkol izolovat vnitřní prostor od vnějších vlivů a také naopak, chránit vnější prostor před magnetickým polem, které se vytváří uvnitř (Meindenbauer a Šanca, 2008, s. 204).

Vyšetření pomocí MR trvá několik desítek minut (Heřman a kolektiv, 2014, s. 29).

1.5.2 KONTRAIKACE K VYŠETŘENÍ POMOCÍ MR

Před vyšetřením magnetickou rezonancí je nutné zjistit kontraindikace k vyšetření. Kontraindikace se dělí na absolutní a relativní (Heřman a kolektiv, 2014, s. 29).

K absolutním kontraindikacím patří implantovaný kardiostimulátor nebo defibrilátor, které nejsou MR kompatibilní; ponechané elektrody; cévní svorky bez

prokázané MR kompatibility; elektronické implantáty jako jsou kochleární implantáty nebo inzulinová pumpa; kovová cizí tělesa v oku nebo intrakraniálně, u kterých se nedá prokázat, že jsou z nemagnetického kovu (Mechl *et al.*, 2010, s. 71). Taktéž se nedoporučuje provádět MR vyšetření v prvním trimestru těhotenství (Heřman a kolektiv, 2014, s. 29).

Mezi relativní kontraindikace, tedy ty potencionálně nebezpečně, patří stenty; žilní filtry; kovové embolizační materiály; kloubní náhrady; osteosyntetické materiály a zubní implantáty, které byly implantovány před méně než 6 týdnů. Dále také kloubní náhrady a osteosyntetické materiály, které vykazují známky uvolňování (Mechl *et al.*, 2010, s. 71). Relativní kontraindikací je také klaustrofobie (Heřman a kolektiv, 2014, s. 29).

U pacientů s fixními ortodontickými aparáty musí být tyto před vyšetřením magnetickou rezonancí zkontrolovány ortodontistou. Ortodontista oddělá drátěné oblouky, zkontroluje pevnost fixace zámků a přilepených retenčních zámků a napíše prohlášení, že byly odejmuty všechny odlučitelné části. Fixní ortodontické aparáty nejsou pro pacienta ohrožující během MR vyšetření. Kovové části aparátu zapříčiňují artefakty obrazu (Mechl *et al.*, 2010, s. 72).

1.5.3 MR KOMPATIBILNÍ KARDIOSTIMULÁTORY

Pacienti s MR kompatibilním stimulátorem musí mít k vyšetření potvrzení s razítkem a podpisem od kardiologa, že jde opravdu o MR kompatibilní kardiostimulátor včetně elektrod a toto potvrzení nesmí být starší tří dnů. Dále zde musí uvedeno, že kardiostimulátor byl přepnut do MR kompatibilního módu a tato informace by měla být mladší 24 hodin (Mechl *et al.*, 2010, s.73). Pacient je během vyšetření monitorován EKG (Šnorek a Bulava, 2014, s. 124).

1.5.4 PRŮBĚH MR VYŠETŘENÍ KRČNÍ PÁTEŘE

Pacientovi by měly být poskytnuty informace o postupu vyšetření, s poučením, jak se vyvarovat polykacím a pohybovým artefaktům. Měla by mu být nabídnuta ochrana uší proti hluku (např.: sluchátka apod.). Musí být odstraněny veškeré kovové předměty jako jsou třeba zubní protézy, naslouchátka, vlásenky piercingy atd (Moeller a Reif, 2009, s. 330-334). Během vyšetření pacient leží na zádech, končetiny má volně položené, případně lze dolní končetiny vypodložit pro větší pohodlí. Hlava je fixována. Pro vyšetření krční páteře na MR se používá povrchová cívka (Mechl, 2014, s. 44).

Povrchové cívky se dělí dle použití – vyšetřované části těla. K zobrazení krční páteře se používá krční páteřní cívka, nebo může být použita speciální cívka tzv. head and neck coil, která umožňuje zobrazit zároveň hlavu i krk (Nekula a Chmelová, 2007, s. 22).

U vrstev, které jsou sagitálně orientované, bývá výhodnější kraniokaudální směr fázového kódování se 100 % převzorkováním (phase over-sampling), namísto předozadního směru fázového kódování, a s počtem akvizic sníženým na polovinu (nezmění se doba trvání sekvence ani poměr signál/šum). Toto je výhodné kvůli nižší náchylnosti k pohybovým artefaktům, které jsou způsobené polykáním a pulzací likvoru (Mechl, 2014, s. 44).

Pro hodnocení míšních kořenů, foramin, drobných hernií disků se používá 3D T2 TSE pro izotropní vysoké prostorové rozlišení (Mechl, 2014, s. 44). Vyšetření páteře a míchy se provádí standardně v T1 a T2 vážených sekvencích v sagitální rovině, také v T2 vážené sekvenci v sagitální rovině s potlačením signálu tuku (STIR nebo SPAIR). Tato sekvence je pro krční páteř výhodná, protože je odolná vůči nehomogenitám magnetického pole. Dále se provádí transverzální zobrazení míchy v T2 nebo gradientní T2 vážené sekvenci. V případě přítomnosti kovových implantátů se volí sekvence FSE v T2 vážení. V posledních letech lze na nejmodernějších přístrojích provádět vyšetření míchy sekvencemi DTI (diffusion tensor imaging), což umožňuje zobrazování směrové difuze. Tato metoda je používána ale spíše jen experimentálně (Weichet a Malíková, 2017, s. 381-382).

1.5.5 MR VYŠETŘENÍ PACIENTŮ V KRITICKÉM STAVU

Zásady přípravy na MR vyšetření pacientů, kteří jsou v kritickém stavu např. v důsledku polytraumatu, jsou stanoveny standardním postupem pro tyto případy. Pacienti v takovém stavu často potřebují být monitorováni, ventilováni, či je potřeba pacientovi dávkovat vasoaktivní látky. V takovémto případě musí být pacient odpojen z transportního monitoru, mít odstraněny nekompatibilní EKG elektrody a nahrazeny MR kompatibilními, dále pacient musí být ventilován MR kompatibilním ventilátorem a z tlakové lahve je přepojen na centrální rozvod kyslíku, lineární dávkovač musí být taktéž MR kompatibilní. Žádné MR nekompatibilní přístroje ani jejich součásti nesmí vstoupit do prostoru vyšetřovny s magnetickou rezonancí. Všechny personál podílející se na přípravě pacienta musí zkontrolovat veškeré podmínky pro bezpečné vyšetření pacienta. Před vstupem pacienta do vyšetřovny magnetické rezonance lékař a

radiologický asistent potvrdí svým podpisem protokol o kontrole pacienta. Samozřejmostí je také potvrzení, že pacient nemá žádné nekompatibilní kovové implantáty, nebo že mu byl MR kompatibilní kardiostimulátor přepnut do MR bezpečného módu. Ošetřující personál vstupující do prostoru vyšetřovny MR je povinen odložit všechny své kovové osobní věci, jako jsou klíče, mobilní telefony, brýle, kreditní karty apod (Stern, 2019, s. 3-5).

1.6 CT A MR PRO DETEKCI PORANĚNÍ KRČNÍ PÁTEŘE

Klinické a rentgenologické hodnocení krční páteře u pacientů s traumatem je kritickým krokem při detekci pacientů s nestabilním poraněním páteře a předchází sekundárním neurologickým poraněním (Russin *et al.*, 2013, s. 305). CT je vysoce citlivé při detekci nestabilních poranění u pacientů s GCS 14 nebo méně. Tito pacienti s poruchou vědomí a podezřením na poranění krční páteře jsou kvůli krční imobilizaci obvykle drženi v límcích. Dlouhodobé používání tuhého límce není spojeno pouze se zvýšeným výskytem dekubitů a zvýšením intrakraniálního tlaku, ale představuje také problém s ústní hygienou, správou dýchacích cest, zhoršením respiračních funkcí a obtížnou každodenní ošetrovatelskou péčí. Bezpečné a včasné odstranění krčních límců u pacientů s poruchou vědomí má tedy důležité klinické důsledky. Na rozdíl od bdělých vědomých pacientů nemohou pacienti s poruchou vědomí vyjádřit bolest a často nemají spolehlivé neurologické vyšetření, které by pomohlo lékařům identifikovat potenciální poranění krku (Tan *et al.*, 2014, s. 23-25).

Se zvýšenou dostupností multidetektorové počítačové tomografie s vysokým rozlišením začalo přibývat případů, kdy se využívá samotné MDCT pro vyloučení poranění krční páteře u pacientů s tupým traumatem. Výhodou je širší dostupnost CT, rychlá doba skenování a vysoká citlivost při detekci kostních abnormalit, jako je akutní zlomenina. Mnoho studií však ukázalo, že samostatné CT může podhodnotit klinicky významná poranění měkkých tkání, zejména u pacientů s traumatem způsobeného pádem z výšky. Zobrazování magnetickou rezonancí je vysoce citlivé při detekci poranění měkkých tkání a vazů, ale je mnohem časově náročnější a není tak snadno dostupné ve srovnání s CT (Tan *et al.*, 2014, s. 24).

Russin *et al.* (2013, s. 405-406) ve své práci z roku 2013 tvrdí, že ačkoli CT sken může mít až 99 % citlivost pro detekci poranění krční páteře s negativní prediktivní hodnotou až 98,9 %, stále existuje potenciál chybějících klinicky významných poranění

krku, pokud je CT použito samostatně k hodnocení poranění páteře u populace pacientů zahrnujících pacienty se skóre Glasgow Coma Scale < 15, pacienty pod vlivem alkoholu nebo trpícími psychickými chorobami, které brání poskytnutí reprodukovatelného a spolehlivého vyšetření. Přestože riziko nezachycení klinicky významných poranění na CT je malé, možná výsledná poranění zahrnují dramatické následky, jako je až úplné přerušení míchy. Riziko je zvláště vysoké u pacientů, se změnou smyslového vnímání, jako jsou pacienti s poruchou vědomí s traumatickým poškozením mozku, pacienti s polytraumatem, pacienti ve stavech vyžadující farmakologické sedace nebo pacienti s psychickými poruchami. Russin *et al.* (2013, s. 406) dále tvrdí, že klinické studie prokázaly, že pozitivní nálezy na zobrazování magnetickou rezonancí se pohybují od 5 do 25 % u pacientů s negativními výsledky na CT. Studie také zaznamenávají statisticky významné snížení skóre škály Glasgow Coma Scale a zvýšení skóre v závažnosti poranění v MR-pozitivní versus MR-negativní populaci. Vzhledem k četnosti poranění u takovýchto pacientů je kritická včasná imobilizace a vyhodnocení.

Chilvers *et al.* (2017, s. 907) se ve své studii zabývali identifikací parametrů výpočetní tomografie, které mohou předpovědět významné poranění vazů, pokud chybí fraktury. Ve výsledcích uvádějí, že významné poškození vazů bylo na MR detekováno, když CT ukázalo interval baze – dens (vzdálenost od nejspodnější části baze k nejbližšímu bodu dens) > 10 mm, rozšířený fazetový kloubní prostor C0/1 > 3 mm a rozšířený fazetový kloubní prostor C1/2 > 6 mm. V subaxiální krční páteři, fazetová subluxace > 50 % a zakrytý zadní paraspinalní tukový polštář, bylo jediným spolehlivým prediktorem poranění vazů, jak potvrdila následná MR.

Přestože se negativní prediktivní hodnota MR pro poranění krční páteře blíží 100 %, citlivost této zobrazovací modalit je taková, že je identifikováno také mnoho klinicky nevýznamných nálezů, které mohou v některých případech vést k zbytečným zásahům nebo prodloužení imobilizace krku. Navzdory množství literatury potvrzující spoléhání se pouze na CT zobrazování k vyloučení poranění na krční páteři, se taktéž objevují studie zastávající názor, že použití doplňujícího MR vyšetření se vyhne přehlédnutí klinicky významných poranění, která by mohla být na CT skrytá. Velká část kontroverzí zahrnuje to, zda samotné CT krční páteře je dostačující k detekci závažných poranění. Existuje rozsáhlá literatura, která podporuje odstranění krčního límce u pacientů s negativním CT, ale existuje také stejný objem publikovaných prací, který tvrdí, že je nutné provést MR vyšetření, aby se potvrdilo, že před odstraněním

krčního límce, nejsou přítomna žádná poranění a příčiny krční nestability (Schoenfeld *et al.*, 2019, s. 637-639).

1.7 SHRNUÍ POZNATKŮ

Ze zdrojů použitých při tvorbě teoretické části této diplomové práce je zřejmé, že nejzranitelnějším úsekem páteře je právě krční segment a to vzhledem ke své význačné pohyblivosti, která nemá dobré uplatnění při prudkém úrazovém ději. Krční úsek páteře bývá častokrát poraněn u polytraumatizovaných pacientů, a taktéž často sekundárně u traumat hlavy (Steidl *et al.*, 2001, s. 133).

Porušení kontinuity páteřního kanálu je bezesporu vážným poraněním, kdy může kvůli dislokaci kostních fragmentů, posunu obratlů během luxace a nebo epidurálnímu krvácení dojít k neurologickému poškození. Přerušování míchy ale nemusí nastat okamžitě, nýbrž až v důsledku nestability páteře může dojít k sekundárnímu poškození nervových struktur a proto je třeba s pacientem manipulovat velmi opatrně (Nekula, 2005, s. 107).

Traumatická herniace disku je spojena se syndromem předních míšních provazců i centrální míšní léze. Přítomnost traumatických poranění disku při zobrazování může ovlivnit načasování a typ chirurgické dekomprese a stabilizace nebo uzavřené redukce. Akutní traumatická herniace disku vypadá podobně jako degenerativní výhřez disku, ale s častou asociací známek poranění ploténky a sousedních tkání (Izzo *et al.*, 2019, s. 84).

Při úrazu krční páteře je prvotní zobrazovací modalitou CT, které nahradilo rentgenové snímky. Dalším užitečným doplňkem je MR, zejména pokud CT vyšetření neurčí vhodnou etiologii neurologických symptomů nebo pokud je vyžadována další charakterizace částečně identifikovaného poranění (Schoenfeld *et al.*, 2019, s. 633-636).

Dle Onoue *et al.* (2019, s. 6) mohou být u pacientů často přítomna významná poranění krční páteře detekovaná pomocí MR, která jsou na CT skrytá, a že nálezy související s traumatem identifikované pouze na MR vedou ve většině případů ke změnám v léčbě pacientů.

Přesná detekce každé zlomeniny je důležitá, protože některé zlomeniny, které by byly klasifikovány jako stabilní, mohou stále obsahovat prvky, které mohou při nesprávném zacházení vytvářet nestabilitu (Izzo *et al.*, 2019, s. 81).

2 PRAKTICKÁ ČÁST

2.1 METODIKA VÝZKUMU

Pro výzkumné šetření byla použita forma kvantitativního typu výzkumu metodou retrospektivní analýzy dat. Před zahájením výzkumu byla získána všechna potřebná povolení – souhlasné stanovisko Etické komise Fakulty zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci a povolení k nahlížení do zdravotnické dokumentace od Fakultní nemocnice Olomouc.

2.1.1 VÝZKUMNÉ CÍLE, OTÁZKY A HYPOTÉZY

V rámci tématu diplomové práce je cílem zjistit, v jaké míře MR vyšetření jako doplňující vyšetření k CT u poranění krční páteře zvýšilo za sledované období detekci dalších poranění a přidružených nálezů a posoudit důležitost vyšetření.

K cíli práce jsou specifikované následující výzkumné otázky a hypotézy:

1. Zvýšilo doplňující MR vyšetření k CT u poranění krční páteře detekci dalších poranění skrytých na CT?

H1: Doplňující MR detekovalo i jiná poranění oproti CT

2. Detekovala MR více přidružených degenerativních změn oproti CT?

H2: MR detekovala více degenerativních změn oproti CT.

3. Existuje závislost mezi poraněním míchy a přítomností degenerativních změn?

H3: Existuje vztah mezi poraněním míchy a přítomností degenerativních změn.

4. Vedla detekce zúžení/deformace páteřního kanálu na CT k detekci traumatu míchy na MR?

H4: Existuje vztah mezi zúžením/deformací páteřního kanálu detekovaným na CT a poraněním míchy detekovaným na MR.

5. Detekovala MR lézi disku lépe než CT?

H5: MR detekovala lézi disku častěji než CT.

2.1.2 CHARAKTERISTIKA VÝZKUMNÉHO SOUBORU

Do výzkumného souboru byli zahrnuti pacienti vyšetřeni na radiologické klinice ve Fakultní nemocnici Olomouc za období let 2018 a 2019. Hlavním kritériem pro výběr pacientů zahrnutých do výzkumu bylo, že pacienti podstoupili vyšetření krční páteře na výpočetní tomografii a následně i na magnetické rezonanci. Jelikož se výzkum týká traumatu krční páteře, byli vybíráni pacienti, kteří měli pomocí výpočetní tomografie krční páteř vyšetřenou použitím polytrauma protokolu a nebo kraniotrauma protokolu.

Pacienti tvořící výzkumný soubor nebyli limitováni věkem, pohlavím, státní příslušností, náboženským vyznáním, rasou, výškou ani váhou.

Jediným vyřazujícím faktorem bylo pokud měli pacienti nehodnotitelné, nebo nedokončené vyšetření kvůli pohybovým artefaktům, způsobených jejich neklidem či nespolupráci během vyšetření. V tom případě byli z výzkumu vyloučeni.

Ze všech provedených CT polytraumat a kraniotraumat za sledované období let 2018-2019 mělo dovyšetřenou krční páteř magnetickou rezonancí právě 100 pacientů, jejichž vyšetření splňovala podmínky pro zahrnutí do výzkumného souboru.

2.1.3 METODA SBĚRU DAT

Potřebná data ze sledovaného období zahrnutá do výzkumného souboru, jež byla získaná z popisu vyšetření v systému PACS, byla zaznamenávána do tabulky v programu Microsoft Excel pro Microsoft 365 MSO.

Záznamy nálezu jako zlomeniny, poranění vazů, disků a míchy a také přítomnost degenerativních změn, z výpočetní tomografie a magnetické rezonance byly zapisovány do sloupců excelovské tabulky.

Všechna data zůstala v anonymitě a nebyly zaznamenány žádné osobní údaje, které by mohly vést k identifikaci osob.

2.1.4 REALIZACE VÝZKUMU

Před zahájením sběru dat, byly nejprve zaslány žádosti k odsouhlasení výzkumu pro potřeby diplomové práce. Po získání všech potřebných povolení, konkrétně souhlasného stanoviska Etické komise Fakulty zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci a povolení k nahlížení do zdravotnické dokumentace od Fakultní nemocnice Olomouc, byl výzkum realizován na Radiologické klinice ve Fakultní nemocnici Olomouc. Retrospektivní sběr dat probíhal v období od ledna do

února roku 2021 ze systému PACS. V tomto systému se v oblasti pro vyhledávání vytyčilo sledované období a zadal typ vyšetření.

Přístup do systému PACS byl umožněn za pomoci vedoucí práce paní MUDr. Evy Čechákové. Pro potřeby diplomové práce se nejprve vygenerovala vyšetření pacientů, kteří ve sledovaném období podstoupili CT vyšetření pro polytrauma a kraniotrauma. U těchto pacientů byl v popisu vyšetření kontrolován nález, zda je přítomné poranění krční páteře a nadále se u pacientů, u nichž se prokázal pozitivní CT nález, dohledávalo, jestli bylo následně provedeno i vyšetření krčního úseku páteře pomocí MR. Pokud ano, byli pacienti zahrnuti do výzkumného šetření, a jejich nálezy zaznamenány do tabulky, v níž jeden sloupec byl vyhrazen pro nálezy z výpočetní tomografie a druhý sloupec pro nálezy z magnetické rezonance.

2.1.5 METODA ZPRACOVÁNÍ DAT

Data zapsaná v excelovské tabulce byla nejprve roztríděna pro lepší přehlednost. Z údajů byl vytvořen jednak přehledový graf o počtu provedených vyšetření a jednak testovány hypotézy. První 2 hypotézy a hypotéza 5 byly otestovány pomocí absolutních a relativních četností, které se mezi sebou porovnávaly. Pro ověření hypotézy 3 a 4 se použil Chí-kvadrát test, případně Fisherův exaktní test za použití softwaru SPSS.

Chí-kvadrát test – test dobré shody

Tento test je založen na porovnání rozdílů četností mezi pozorovanými a očekávanými hodnotami. Pozorované četnosti jsou počty získané vyhodnocením dat. Očekávané četnosti se spočítají pomocí vzorce:

$$n'_{ij} = \frac{n_{i*}n_{j*}}{n}$$

kde n'_{ij} je očekávaná hodnota v i -tém řádku a j -té sloupci, n_{i*} je součet i -tého řádku a n_{j*} součet j -tého sloupce. N je celkový počet hodnot.

Při ověřování hypotéz byla testována nulová hypotéza oproti alternativní:

- H_0 : Mezi proměnnými neexistuje statisticky významná závislost
- H_A : Mezi proměnnými existuje statisticky významná závislost

Pokud je p -hodnota menší než 0,05, nulová hypotéza se zamítá.

Předpoklady použití Chí-kvadrát testu:

Předpoklad pro použití Chí- kvadrát testu je takový že, alespoň 80 % buněk kontingenční tabulky má očekávanou četnost větší než 5 (pro tabulku 2x2 musí mít očekávanou četnost 100 % buněk).

Všechny buňky tabulky mají očekávanou četnost větší než 2.

Pokud nebyly tyto předpoklady splněny, byl použit Fisherův exaktní test, který také zkoumá statistické závislosti dvou sledovaných veličin.

2.2 VÝSLEDKY VÝZKUMU

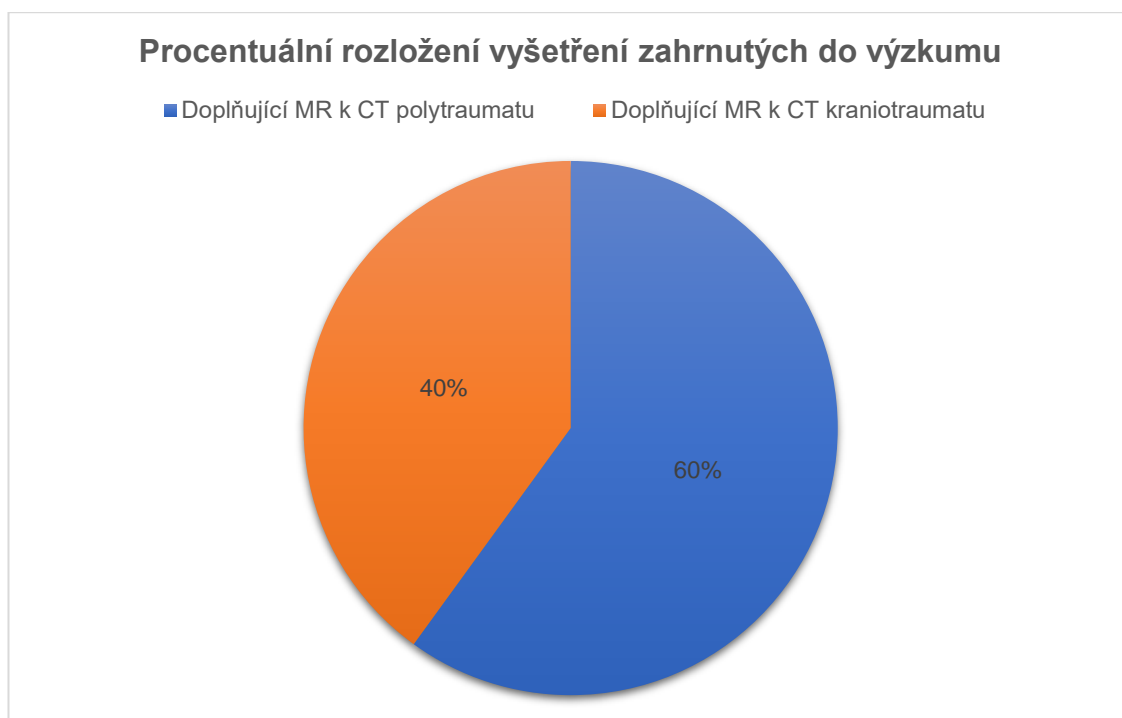
2.2.1 ZÁKLADNÍ POPIS ZKOUMANÉHO SOUBORU

V letech 2018 a 2019 bylo ve Fakultní nemocnici Olomouc vyšetřeno pomocí výpočetní tomografie zahrnující polytrauma a kraniotrauma protokol celkově 2 580 pacientů, z čehož 666 pacientů bylo vyšetřeno pro polytrauma a zbylých 1 914 pro kraniotrauma.



Graf 1: Celkové procentuální rozložení CT vyšetření

Jak již bylo výše v kapitole 2.1.2 Charakteristika výzkumného souboru zmíněno, doplňující magnetickou rezonanci krční páteře podstoupilo 100 pacientů. Z těchto 100 pacientů jich bylo na CT pro polytrauma vyšetřeno 60 a pro kraniotrauma 40.



Graf 2: Procentuální rozložení vyšetření zahrnutých do výzkumu

Ze sesbíraných dat pacientů splňujících podmínky pro zařazení do výzkumu bylo nadále zjištěno, že 7 pacientů, kteří postoupili vyšetření krční páteře na výpočetní tomografii i magnetické rezonanci, mělo negativní nález na obou zobrazovacích modalitách. U třech pacientů bylo zaznamenáno pozitivní CT ale negativní doplňující MR. U některých pacientů kromě poranění byly detekovány i netraumatické změny, jako jsou degenerativní změny, zánětlivé změny a hemangiomy. U šesti pacientů byly detekovány pouze netraumatické změny. Ve 20 případech byla poranění krční páteře doprovázena degenerativními změnami.

2.2.2 OVĚŘENÍ PLATNOTI HYPOTÉZ

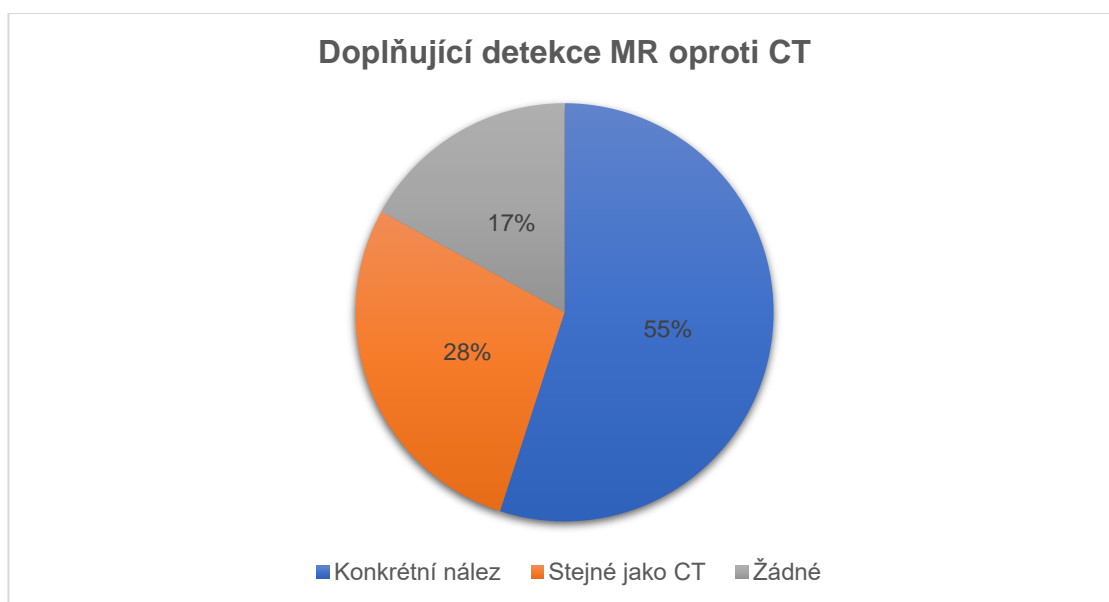
Otázka č. 1: Zvýšilo doplňující MR vyšetření k CT u poranění krční páteře detekci dalších poranění skrytých na CT?

Hypotéza k otázce č. 1:

H1: Doplňující MR detekovala i jiná poranění oproti CT.

Bylo zjišťováno, zda magnetická rezonance detekuje i další poranění, v porovnání s výpočetní tomografií. Data s nálezy byla roztríděna do tří skupin. V první skupině se nevyskytovala žádná poranění detekována na MR. Do druhé skupiny se řadily shodné nálezy s nálezy na CT a poslední skupinu tvořily nálezy dalších poranění, která na CT nebyla. V následujícím grafu je vidět, že v 17 % případů nebylo magnetickou rezonancí detekováno žádné poranění, ve 28 % byl detekován stejný nálezy jako na CT a jiný konkrétní nálezy, který byl na CT skrytý, byl detekován v 55 % případů, tedy více než polovině celkového počtu nálezů.

Hypotéza byla testována pomocí absolutních četností, které se mezi sebou porovnaly.



Graf 3: Doplňující detekce MR oproti CT

Závěr: Hypotéza se potvrzuje. Z uvedeného vyplývá, že doplňující MR detekovala i jiná poranění oproti CT a zvýšila tím detekci dalších poranění, která byla na CT skryta.

Získaná data týkající se dalších poranění detekovaných pomocí doplňující magnetické rezonance, která byla na CT skryta, jsou znázorněna v následující tabulce.

Proměnná		Počet	%
PORANĚNÍ	Poranění míchy	17	25,37
	Poranění disku	13	19,40
	Diskoligamentózní poranění	13	19,40
	Ligamentózní poranění	12	17,91
	Epidurální hematom	3	4,48
	Kontuze obratlových těl	2	2,99
	Další fraktura	1	1,49
	Komprese obratlového těla	1	1,49
	Traumatické změny měkkých tkání	1	1,49
	Osteodiskoligamentózní poranění	1	1,49
	Posun obratle	1	1,49
	Dislokace fazetového kloubu	1	1,49
	Subluxace a posun obratle	1	1,49

Tabulka 1: Další poranění detekované doplňujícím MR

Z tabulky je patrné, že nejčastějším dalším konkrétním poraněním detekovaným na doplňující magnetické rezonanci bylo poranění míchy u 17 pacientů. Tato poranění se nevyskytovala pokaždé samostatně, ale častokrát šlo o kombinaci poranění, např.: poranění míchy a diskoligamentózní poranění.

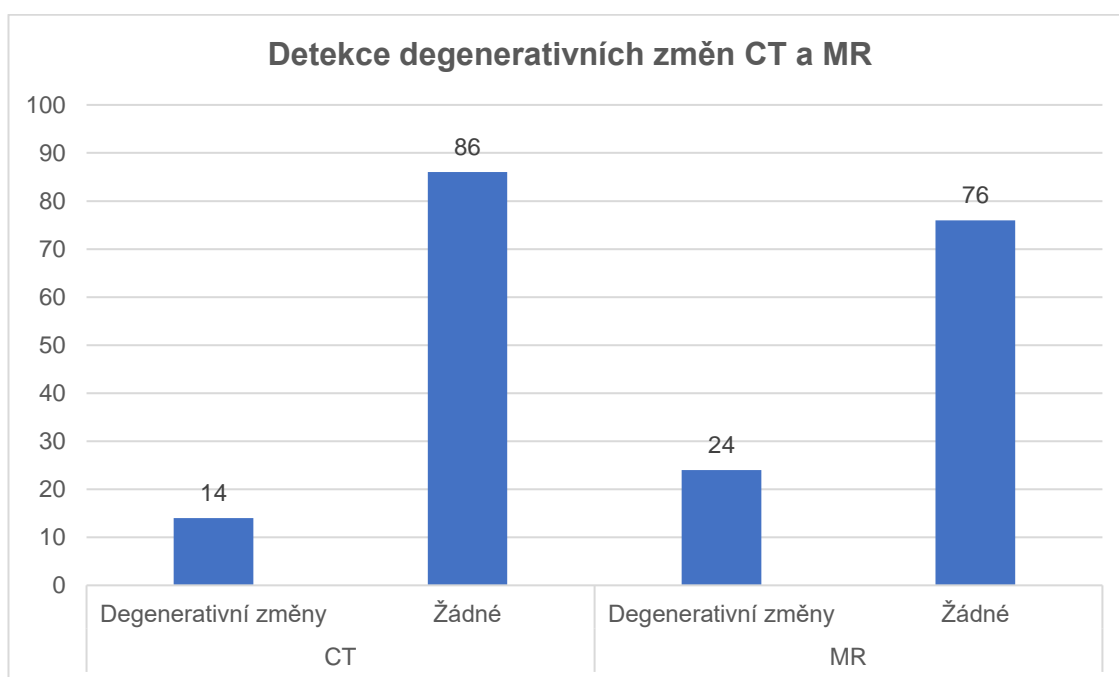
Otázka č. 2: Detekovala MR více přidružených degenerativních změn oproti CT?

Hypotéza k otázce č. 2:

H2: MR detekovala více degenerativních změn oproti CT.

V tomto případě bylo zjišťováno, kolik která ze zobrazovacích modalit zobrazila degenerativních změn, jakožto přidružených nálezů k poranění. Z následujícího grafu se dá vyčíst, že magnetická rezonance detekovala degenerativní změny u 24 pacientů ze 100, oproti tomu CT pouze u 14 pacientů ze 100.

Hypotéza byla testována pomocí absolutních četností, které se mezi sebou porovnály.



Graf 4: Detekce degenerativních změn

Všech 14 případů nálezu degenerativních změn na CT bylo taktéž zobrazeno následně na doplňujícím vyšetření magnetickou rezonancí. Magnetická rezonance odhalila o 10 případů degenerativních změn více než CT, na kterém byly tyto změny skryty.

Závěr: Hypotéza se potvrzuje. Z uvedeného vyplývá, že MR detekovala více přidružených degenerativních změn oproti CT.

Otázka č. 3: Existuje závislost mezi poraněním míchy a přítomností degenerativních změn?

Hypotéza k otázce č. 3:

H30: Neexistuje vztah mezi poraněním míchy a přítomností degenerativních změn.

H3A: Existuje vztah mezi poraněním míchy a přítomností degenerativních změn.

Zde bylo zjišťováno, zda detekované degenerativní změny souvisely s detekcí poranění míchy. Hypotéza byla postavena na předpokladu, že krční páteř s degenerativními změnami by mohla být náchylnější k poranění a tím i k poranění krční míchy.

Pro otestování hypotézy jsou nejprve zobrazeny skutečné četnosti a vypočítány očekávané četnosti dle vzorce zmíněného v kapitole 2.1.5 Metoda zpracování dat.

Skutečné četnosti

		Degenerativní změny		Celkem
		Ano	Ne	
Poranění míchy	Ne	21	62	83
	Ano	3	14	17
Celkem		24	76	100

Tabulka 2: Skutečné četnosti poranění míchy a degenerativních změn

Očekávané četnosti

		Degenerativní změny		Celkem
		Ano	Ne	
Poranění míchy	Ne	19,92	63,08	83
	Ano	4,08	12,92	17
Celkem		24	76	100

Tabulka 3: Očekávané četnosti poranění míchy a degenerativních změn

Zde je vidět, že v tabulce očekávaných četností nejsou hodnoty ve všech buňkách vyšší než 5. Není splněn předpoklad Chí-kvadrát testu, použije se tedy Fisherův exaktní test. K vypracování testu byl využit software SPSS.

Chi-Square Tests

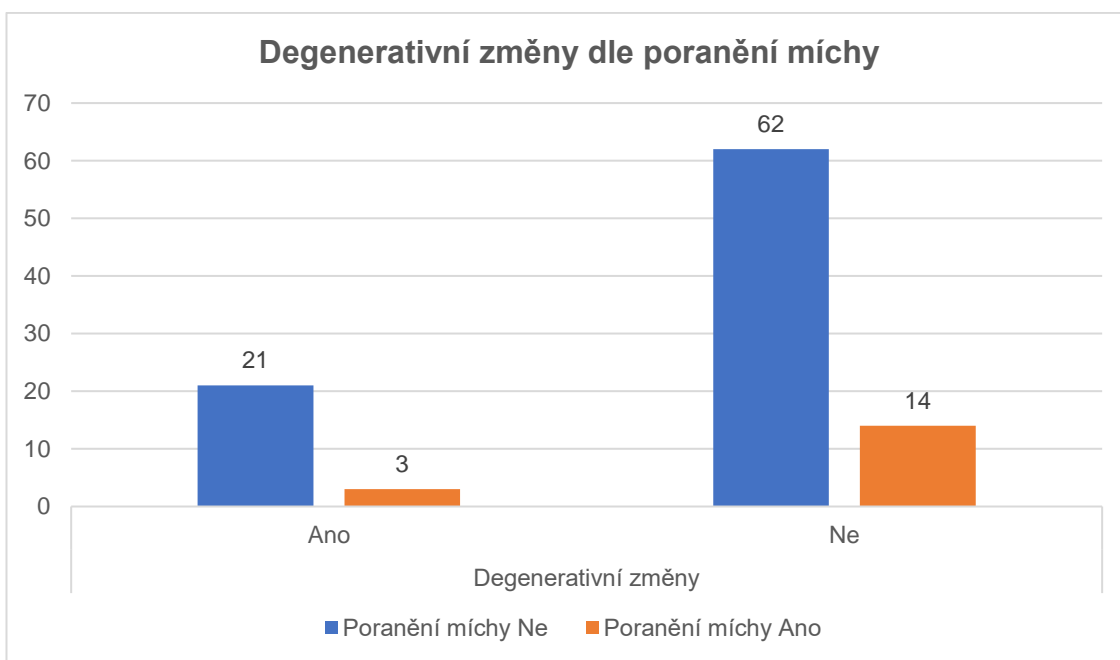
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	.453 ^a	1	.501		
Continuity Correction ^b	.131	1	.718		
Likelihood Ratio	.479	1	.489		
Fisher's Exact Test				.756	.372
N of Valid Cases	100				

a. 1 cells (25,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 4,08.

b. Computed only for a 2x2 table

Tabulka 4: Fisherův exaktní test vztah - vztah mezi poraněním míchy a přítomností degenerativních změn

P-hodnota je 0,756, nezamítá se nulová hypotéza a usuzuje se, že neexistuje vztah mezi poraněním míchy a přítomností degenerativních změn.



Graf 5: Degenerativní změny a poranění míchy

Z grafu je patrné, že degenerativní změny se projevily u 18 % pacientů s poraněním míchy a u 25 % bez poranění míchy, tento rozdíl není statisticky významný.

Závěr: Nulovou hypotézu nelze zamítnout. Poranění míchy nemusí tedy nutně souviset s přítomností degenerativních změn.

Otázka č. 4: Vedla detekce zúžení či deformace páteřního kanálu na CT k detekci traumatu míchy na MR?

Hypotéza k otázce č. 4:

H40: Neexistuje vztah mezi zúžením/deformací páteřního kanálu detekovaným na CT a poraněním míchy detekovaným na MR.

H4A: Existuje vztah mezi zúžením/deformací páteřního kanálu detekovaným na CT a poraněním míchy detekovaným na MR.

Zde bylo zjišťováno, zda detekované zúžení či deformace páteřního kanálu krční páteře souvisely s detekcí poranění míchy. Hypotéza byla postavena na předpokladu, že krční páteř s poškozením páteřního kanálu by mohla být náchylnější k poranění krční míchy.

Pro otestování hypotézy jsou nejprve zobrazeny skutečné četnosti a vypočítány očekávané četnosti dle vzorce zmíněného v kapitole 2.1.5 Metoda zpracování dat.

Skutečné četnosti

		Zúžení/deformace páteřního kanálu		
		Ano	Ne	Celkem
Poranění míchy	Ne	5	78	83
	Ano	8	9	17
Celkem		13	87	100

Tabulka 5: Skutečné četnosti poranění míchy a zúžení/deformace páteřního kanálu

Očekávané četnosti

		Zúžení/deformace páteřního kanálu		
		Ano	Ne	Celkem
Poranění míchy	Ne	10.79	72.21	83
	Ano	2.21	14.79	17
Celkem		13	87	100

Tabulka 6: Očekávané četnosti poranění míchy a zúžení/deformace páteřního kanálu

Zde je vidět, že v tabulce očekávaných četností nejsou hodnoty ve všech buňkách vyšší než 5. Není splněn předpoklad Chí-kvadrát testu, použije se tedy Fisherův exaktní test. K vypracování testu byl využit software SPSS.

Chi-Square Tests

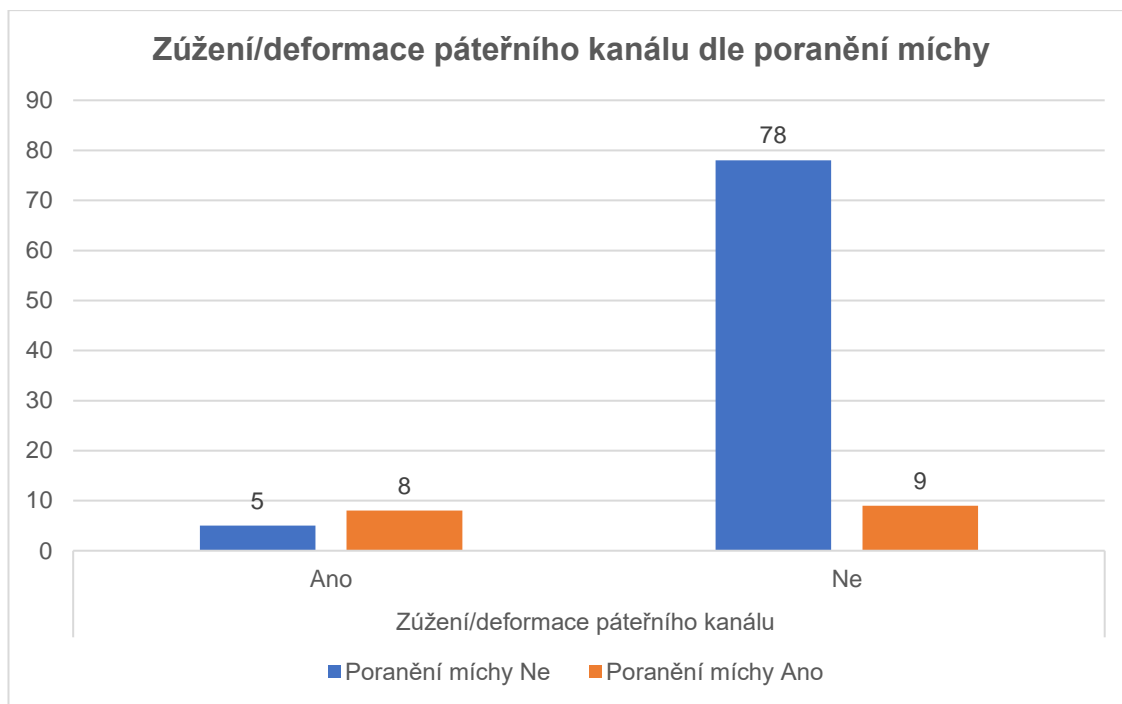
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	21.007 ^a	1	.000		
Continuity Correction ^b	17.536	1	.000		
Likelihood Ratio	15.983	1	.000		
Fisher's Exact Test				.000	.000
N of Valid Cases	100				

a. 1 cells (25,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2,21.

b. Computed only for a 2x2 table

Tabulka 7: Fisherův exaktní test - vztah mezi zúžením/deformací páteřního kanálu a poraněním míchy

P-hodnota je 0, nulová hypotéza se zamítá a dá se usuzovat, že existuje vztah mezi zúžením/deformací páteřního kanálu detekovaným na CT a poraněním míchy detekovaným na MR.



Graf 6: Zúžení/deformace páteřního kanálu dle poranění míchy

Z celkového počtu 100 pacientů mělo detekované zúžení či deformaci páteřního kanálu na výpočetní tomografii 13 pacientů a 17 pacientů utrpělo poranění míchy, které bylo detekované pomocí magnetické rezonance. I přesto že, ze 13 pacientů s deformovaným nebo zúženým páteřním kanálem utrpělo trauma míchy jen 8 pacientů, lze jinými slovy říct, že zúžení či deformace páteřního kanálu se projevilo u 47 % pacientů s poraněním míchy a u jen 6 % bez poranění míchy a rozdíl je statisticky významný.

Závěr: Nulová hypotéza se zamítá. Bylo prokázáno, že existuje vztah mezi detekcí zúžení či deformace páteřního kanálu na CT a detekcí traumatu míchy na doplňující MR.

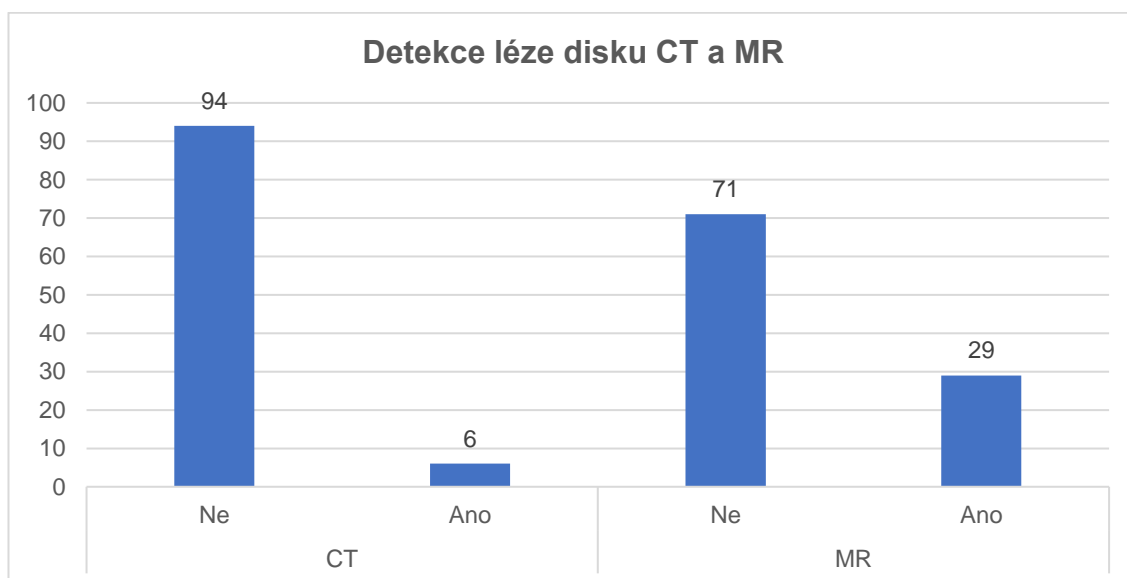
Otázka č. 5: Detekovala MR lézi disku lépe než CT?

Hypotéza k otázce č. 5:

H5: MR detekovala lézi disku častěji než CT.

Zde bylo zjišťováno, zda magnetická rezonance detekovala poškození disku obratle na krční páteři lépe než výpočetní tomografie. V následujícím grafu je znázorněno kolikrát se poškození ploténky detekovalo pomocí CT a kolikrát pomocí MR.

Hypotéza byla testována pomocí absolutních četností, které se mezi sebou porovnály.



Graf 7: Detekce poranění disku

Magnetická rezonance detekovala lézi disku ve 29 případech ze 100 pacientů, oproti tomu CT pouze u 6 ze 100. Všech 6 případů nálezu poškození disku na CT bylo taktéž zobrazeno následně na doplňujícím vyšetření magnetickou rezonancí. Magnetická rezonance odhalila o 23 případů poškození disku více než CT, na kterém byly tyto léze skryty.

Závěr: Hypotéza se potvrzuje. Z uvedeného vyplývá, že MR detekovala lézi disku častěji než CT.

3 DISKUSE

Páteční traumata zahrnují složitou strukturu se složkami, které mají různou traumatickou citlivost. Přesná a včasná diagnóza je klíčová k zabránění neurologického poškození u nestabilních zlomenin. Až třetina polytraumatických pacientů má uzavřené poranění hlavy, což zvyšuje riziko poranění krční páteře o 8,5 %. U každého pacienta s tupým traumatem musí být krční páteř považována za zraněnou do té doby, než se neprokáže opak, a aby bylo možné bezpečně odstranit preventivní opatření. Neurologický stav je nejdůležitějším indikátorem závažnosti jakéhokoli poranění páteře a může být jediným nejvlivnějším prediktorem léčby. Ve skutečnosti může dojít k významnému neurologickému poškození, které vyžaduje chirurgické ošetření, a to i při absenci jakéhokoli poranění kostí nebo měkkých tkání nebo zjevné nestability. Klasické a novější klasifikace jsou primárně založeny na funkcích identifikovatelných pomocí konvenčního zobrazování a CT, které jsou nejvíce dostupnými způsoby ve většině traumatických center. MR však může pomoci při diagnostice jemných poranění komplexu disk-ligamentum (Izzo *et al.*, 2019, s. 75). V posledním desetiletí použití CT nahradilo klasické rentgenové zobrazování jako standardní způsob vyšetření (Schoenfeld *et al.*, 2019, s. 633).

Předkládaná diplomová práce pojednává o výpočetní tomografii a magnetické rezonanci u poranění krční páteře. Teoretická část obznamuje čtenáře s anatomii a biomechanikou krční páteře, objasňuje typy poranění a samotné principy vyšetření pomocí výpočetní tomografie a magnetické rezonance a shrnuje poznatky dané problematiky. Hlavním cílem výzkumu praktické části je zjistit, v jaké míře MR vyšetření jako doplňující vyšetření k CT u poranění krční páteře zvýšilo za sledované období detekci dalších poranění a přidružených nálezů a posoudit důležitost vyšetření. Sběr dat probíhal na pracovišti Radiologické kliniky ve Fakultní nemocnici Olomouc. Z celkového počtu 2 580 pacientů, kteří byli vyšetřeni na CT pro polytrauma a kraniotrauma v letech 2018 a 2019, jich 100 podstoupilo doplňující MR vyšetření krční páteře.

K hlavnímu cíli jsou položeny další výzkumné otázky a hypotézy. První otázka zní, zda zvýšilo doplňující MR vyšetření k CT u poranění krční páteře detekci dalších poranění skrytých na CT? Bylo zjištěno že u 55 % pacientů magnetická rezonance detekovala další poranění, která na předchozím CT nebyla rozpoznána. Se zvyšující

se dostupností MRI je mnoho pacientů během vyšetřovacího procesu akutního poranění hodnoceno metodami CT i MR. V případě výzkumu pro tuto diplomovou práci nebylo nazeleno žádné další zranění v 17 % případů, a v 28 % magnetická rezonance potvrdila stejný nález z předchozího CT. Při hodnocení morfologického poškození však MRI není metodou volby pro počáteční hodnocení poranění kostí. I když někteří autoři prohlašují, že negativní MR vyšetření by mělo být dostatečné k diagnostice krční páteře po traumatu, faktem je, že MR je necitlivá na některé zlomeniny páteře, zejména na ty, které zahrnují prvky zadního oblouku. Tato snížená citlivost je pravděpodobně způsobena složitou geometrií, malou velikostí a nedostatkem houbovité kosti a medulárního prostoru uvnitř zadních prvků. Uvnitř těl obratlů může MR lépe zobrazovat akutní kompresivní edém dřeně axiálním zatížením, a to i bez jakékoli související deformity nebo kortikální zlomeniny, které by vykazovaly větší prodloužení traumatu ve srovnání s CT. Přítomnost a stupeň edému se však liší a zlomeniny bez komprese nebo zlomeniny s rozptýlením spolehlivě negenerují otok dřeně a mohou vést k falešně negativním studiím nebo dochází k neostře zobrazené zlomenině (Izzo *et al.*, 2019, s. 82). MR lze použít také jako pomoc při rozhodování o chirurgickém přístupu u jednotlivce, o kterém se již předpokládá, že vyžaduje chirurgický zákrok, na základě povahy poranění identifikovaného na CT nebo jeho klinického obrazu (např. syndrom centrální míšní šedi, dislokace fazety doprovázená herniací disku atd.) (Schoenfeld *et al.*, 2019, s. 636). Pourtaheri *et al.* (2014, s. 2456-2553) trvali na tom, že u pacientů s frakturami krční páteře zjištěnými na CT mělo zahrnutí údajů o MR krční páteře za následek další klinicky užitečné informace ve 48 % případů, některým pacientům byla poté změněna léčba, a někteří byli posláni na operaci, i když původně nebyli k operaci indikováni. Přestože se negativní prediktivní hodnota MR pro poranění krční páteře blíží 100 %, citlivost této zobrazovací modality je taková, že je identifikováno také mnoho klinicky nevýznamných nálezů, které mohou v některých případech vést k zbytečným zásahům nebo prodloužené páteřní imobilizaci. MR je také drahé vyšetření, vyžaduje velké množství času k provedení a nemusí být kompatibilní s monitorovacím zařízením. Samotný akt objednání MR po negativním CT ve skutečnosti zvyšuje pravděpodobnost, že budou nalezena další zranění (Schoenfeld *et al.*, 2019, s. 637-638).

Druhá otázka se zabývala degenerativními změnami. Bylo zjišťováno, zda magnetická rezonance oproti CT odhalila více degenerativních změn jakožto

přidružených nálezů a odpověď zní ano. Zjistilo se, že magnetická rezonance odhalila 24 případů degenerativních změn, které byly objeveny jako vedlejší nález při diagnostice traumatu krční páteře, o 10 více než odhalila výpočetní tomografie. Izzo *et al.*, (2019, s. 76) uvádí, že zranění u starších lidí jsou obvykle důsledkem nízkoenergetického traumatu, jako je například pád ze stoje nebo dokonce z výšky, kvůli osteoporóze a ztuhnutí stárnoucí páteře. Schoenfeld *et al.*, (2019, s. 637) zase ve své práci popisuje studii, jejíž zjištění bylo, že u pacientů mladších 60 let, kteří byli při plném vědomí a z neurologického hlediska v pořádku při vyšetření, se na MR neobjevily žádné další klinicky relevantní nálezy. Ve výsledku doporučují, aby u pacientů s frakturami krční páteře identifikovanými na CT, kteří mají více než 60 let, jsou polytraumatizovaní, mají neurologické deficity nebo projevují rozsáhlou cervikální spondylózu nebo hyperostotické onemocnění, je třeba zvážit použití doplňkové MR. Onue *et al.*, (2019, s. 6) zase uvádí, že při věku pacienta 50 nebo výš jsou u těchto pacientů často přítomna významná poranění krční páteře detekovatelná pomocí MR, která jsou na CT skrytá. A také, že nálezy související s traumatem identifikované pouze na MR vedou ve většině případů ke změnám v léčbě pacientů, i když u této populace je zřídka kdy nutný chirurgický zákrok. Pro tuto diplomovou práci bohužel nebyly zaznamenávány údaje o věku pacienta a nelze posoudit souvislost výsledků s věkem.

Další otázkou bylo zjišťováno, zda tyto přidružené degenerativní změny, jež by mohly způsobovat vyšší zranitelnost páteře, souvisí s poraněním míchy. Zde se hypotéza nepotvrdila. Poranění míchy bylo nejčastějším dalším nálezem detekovaným doplňující MR (27,37 %).

Potvrdila se ale hypotéza, že existuje vztah mezi detekcí poranění míchy pomocí MR a detekcí zúžení či deformace páteřního kanálu na předchozím CT. Ačkoli z celkového počtu 13 pacientů s deformovaným páteřním kanálem mělo poškozenou míchu jen 8 pacientů a zbylých 17 případů poškození míchy detekovaných pomocí doplňující magnetické rezonance nesouviselo s poškozením páteřního kanálu, statistickou analýzou vyšlo, že zúžení či deformace páteřního kanálu se vyskytlo v 47 % v souvislosti s poraněním míchy a u jen 6 % pacientů bez poranění míchy a tento rozdíl se považuje za statisticky významný.

Dále bylo zjištěno, že doplňující magnetická rezonance za sledované období detekovala o 79,31 % více případů poškození ploténky, než předchozí výpočetní tomografie. Což je dáno faktem, že MR má oproti CT zobrazování výhody díky své

schopnosti přesněji vymezit struktury měkkých tkání, včetně míchy, nervových kořenů, plotének a míšních vazů. Edém míchy, herniované disky a epidurální hematom lze také přesněji detekovat pomocí magnetické rezonance (Schoenfeld *et al.*, 2019, s. 636).

CT krční páteře je obrazová modalita volby pro počáteční vyhodnocení poranění krční páteře související s traumatem. Ačkoli se při vyhodnocování dat pro tuto diplomovou práci neřešila problematika doplňujícího MR po negativním CT, v literatuře však existují neshody ohledně dalšího hodnocení pacientů s traumatem s MR krční páteře po negativním CT, pokud přetrvávají klinické obavy o poranění. Účelem studie autorů Onue *et al.* (2019, s. 1-6) bylo prozkoumat užitečnost MR krční páteře pro detekci skrytého poranění u pacientů s traumatem po negativním CT. Zatímco zvýšená citlivost magnetické rezonance krční páteře pro detekci poranění měkkých tkání a koncept poranění míchy bez radiologických abnormalit (SCIWORA) jsou široce uznávány, role MR krční páteře při stanovení negativního CT krční páteře zůstává předmětem značné debaty. Několik předchozích studií prokázalo, že MR po negativním CT může poskytnout významné další informace, zatímco jiné naznačují, že neexistuje žádný významný přínos pro MR po negativním CT, nebo že zatímco MR prokazuje poranění související s traumatem, která byla na CT skrytá, klinický význam skrytých zranění na CT krční páteře jsou nejasná. Přehlédnuté poranění krční míchy může mít vážné následky, nicméně náklady a prodloužený čas spojený se získáváním MR obrazů jsou faktory ovlivňující rozhodování o objednání vyšetření. Kromě toho, s ohledem na roli MR při prognózování neurologického výsledku po traumatu krční páteře, některé studie podporovaly jeho užitečnost, zatímco jiné jej vyvracely. Pokyny uvedené ve Východní asociaci pro chirurgii traumatu (EAST) ponechaly rozhodnutí o provedení MR na uvážení lékařů. Neshoda ohledně vhodnosti získání MR při diagnostice traumatu krční páteře vyplývá ze skutečnosti, že studie charakterizující různé klinické indikace a hodnotící jejich prediktivní hodnoty pro úrazy detekovatelné pouze při MR jsou omezené. V současné době neexistuje jasná shoda ohledně vhodnosti získání MR krční páteře po počátečním negativním CT při diagnostice poranění. Studie Maung *et al.* (2017, s. 263-269) uvádí detekci okultních poranění CT u 23,6 % případů následné MR. Dále metaanalýza jedenácti studií Schoenfelda *a kol.* (2010, s. 109-114) uvádí 194 abnormalit MR u 182 pacientů po negativním CT a dochází k závěru, že při použití samotného CT by mohlo dojít k významným zraněním.

Naopak, modelová studie Wu *et al.* (2018, s. 64-73) tvrdí, že použití MR po negativním CT není nákladově efektivní a nevede ke zlepšení kvality života pacientů. Vzhledem k absenci jasných pokynů podporujících použití MR a s odvoláním na časově a pracovně náročnou povahu zkoušky jsou lékaři často váhaví a občas se zdráhají MR provádět. Studie Onue *et al.* (2019, s. 1-6) ukazuje, že četnost CT okultních poranění krční páteře je vysoká, přičemž 31 % MR prokázalo buď kontuzi míchy, kontuzi / zlomeninu kosti, krvácení do míchy, poranění vazů / jiných měkkých tkání, nebo jakoukoli kombinaci těchto nálezů. Klinický dopad detekce poranění na MR, která byla na CT skryta, byl významný, protože 14 % pozitivních MR vyšetření krční páteře vedlo k chirurgickým zákrokům. I když je toto číslo ve vztahu k celkovému počtu získaných CT malé (0,3 %), představuje celkový počet významných chirurgických poranění, která by byla vynechána pouze s CT, a není triviální. Kromě toho u nejméně 75 % pozitivních případů MR byla prodloužena imobilizace krční páteře pomocí krčního límce. Tato studie ukazuje, že by lékaři měli u svých pacientů získat MR, pokud přetrvávají klinické obavy z okultního poranění krční páteře po negativním CT. Konkrétně neurologický deficit horních končetin, nejednoznačné nálezy z CT a traumata související s extra cervikálním poraněním jsou klinické indikace s více než 20 % pozitivní prediktivní hodnotou identifikace skrytého poranění.

Směrnice pro řízení praxe Východní asociace pro chirurgii traumat (EAST) prohlašuje, že krční límec lze odstranit u pacienta při vědomí, který má jinak negativní vysoce kvalitní CT krční páteře. U symptomatického pacienta může magnetická rezonance sloužit jako užitečný doplněk, zejména pokud CT vyšetření při vyšetření neurčí vhodnou etiologii neurologických symptomů nebo pokud je vyžadována další charakterizace částečně identifikovaného poranění. Velká míra velkých prospektivních studií podporuje spoléhání se na samostatné CT poměrně konzistentně. Například multiinstitucionální studie Western Trauma Association, která zahrnovala více než 10 000 pacientů s traumatem, dospěla k závěru, že samotné CT je dostatečné pro vyloučení klinicky významného poranění. Pouze v případě abnormálního neurologického hodnocení indikujícího kompromis míchy nebo nervových kořenů byl podporován výkon doplňkové MR. V prospektivní sérii věnované hodnocení krční páteře u intoxikovaných pacientů Bush *et al.* (2016, s. 807-813) uvedli, že samostatné CT zobrazování mělo negativní prediktivní hodnotu 99,2 % pro trauma krční páteře a negativní prediktivní hodnotu 99,8 % pro poranění vyžadující imobilizaci nebo

chirurgický zákrok. Tyto výsledky vedly autory k návrhu: „Diagnostika páteře na základě normálního CT vyšetření u intoxikovaných pacientů bez závažných motorických deficitů se jeví jako bezpečná a vyhýbá se dlouhodobé a zbytečné imobilizaci.“ V analýze efektivity nákladů provedené Ertelem *et al.* (2016, s. 897-904) autoři dokumentovali, že odstranění límce po negativních výsledcích v CT zobrazování u otupělých pacientů bylo účinnější, než použití doplňujícího MR nebo prodloužená imobilizace (Schoenfeld *et al.*, 2019, s. 637-638). Russin *et al.* (2013, s. 405) ale naopak zastávají názor, že důkazy podporující samotné CT pro hodnocení krční páteře u těchto pacientů jsou nedostatečné a tvrdí, že CT krční páteře musí být doplněno dalším vyšetřením zaměřeným na nestabilitu vazů u této populace pacientů se značným rizikem.

I přes složitost musí být lékaři podílející se na léčbě poranění krční páteře při hledání nestabilních poranění ostražití. Bylo vyvinuto více modelů pro určení rozhodování na základě klinického hodnocení rozšířeného o statické i dynamické rentgenové snímky. Ačkoli se CT vyšetření ukázalo jako vynikající diagnostické vyšetření pro poranění krční páteře ve srovnání s obyčejnými rentgenovými snímky, použití samotných výsledků CT vyšetření k určení poranění C páteře má významná omezení. Při výběru z možností léčby je nutný konzervativní přístup, je-li přítomno potenciální riziko trvalého neurologického postižení. Poranění míchy trvale postihuje pacienta a významně ovlivňuje jeho rodinu. Kromě toho nelze přeceňovat břemeno následných nákladů na zdravotní péči a právní odpovědnost za takové případy sekundárního poranění míchy, ke kterým dojde v nemocnici. Žádný jednotlivý diagnostický test nemůže poskytnout 100% citlivost, specifitu a přesnost. Negativní výsledky z více testů s vysokou citlivostí, specifitou a přesností však významně sníží pravděpodobnost, že by došlo k nesprávné diagnóze (Russin *et al.*, 2013, s. 406-407).

Tato diplomová práce má své jisté limitace. Výzkumný soubor zahrnoval malý počet pacientů a sběr dat byl realizován pouze v jedné instituci. Proto nelze výsledky považovat za reprezentativní a nelze je zevšeobecnit. Dále nebyly zahrnuty další faktory, jako například věk pacientů, který by mohl souviset s otázkou degenerativních změn a porovnání výsledků.

4 ZÁVĚR

Téma diplomové práce pojednává o použití CT a MR zobrazení u pacientů s poraněním krční páteře. Ve výzkumné části bylo zjišťováno v jaké míře ve sledovaném období zvýšila magnetická rezonance detekci dalších nálezů oproti předcházejícímu vyšetření na výpočetní tomografii a zjistilo se, že ve zkoumaném souboru mělo 55 % pacientů pomocí magnetické rezonance diagnostikovaná další poranění oproti předchozímu CT, že přidružené degenerativní změny byly více detekovány magnetickou rezonancí (o 10 případů více než CT a tedy o 41,67 %) a taktéž poranění ploténky bylo zobrazeno o 23 případů více na magnetické rezonanci (79,31 %).

„Velkým pokrokem pro zobrazování všech částí těla, v neposlední řadě páteře s míchou, bylo zavedení výpočetní tomografie (CT) do medicínské praxe v 70. a 80. letech minulého století. CT zobrazující orgány těla ve vrstvách umožnilo získávat transverzální řezy páteří, nicméně pro dobré odlišení míchy od okolního mozkomíšního moku, natož pro odlišení patologických lézí v míšní tkáni nemá CT dostatečný kontrast a přímé zobrazení míchy ani na CT tedy není možné. Toto platí i při výraznějším pokroku.“ (Weichet a Malíková, 2017, s. 380)

MRI je nákladné, časově náročné a představuje logistickou výzvu pro pacienty, kteří musí být během zobrazovací studie transportováni z jednotky intenzivní péče nebo udržováni na ventilátoru. Naopak, vývoj neurologického poranění je ničující s dalekosáhlými důsledky, zvláště pokud se u pacienta v neurologicky neporušeném stavu objeví deficit nebo poranění míchy. Potencionální rizika transportu nestabilního pacienta musí být vždy zvážena oproti výhodám odvozených z diagnostických informací, které může MR poskytnout.

I když multidetektorové CT zůstává lepší s vysokou přesností pro poranění kostí, MR je nejcitlivější způsob detekce poranění měkkých tkání a poškození míchy. Taktéž je MR jedinou zobrazovací modalitou, které přímo zobrazuje změny vazů a disků v důsledku traumatu.

Při hodnocení poranění krční páteře je důležité, pokud je CT vyšetření doplněno druhým testem jako je právě MR, který s přihlédnutím k neurologickému stavu pacienta a v případě přetrvávající bolesti může prokázat potencionální nestabilitu vazů, disků či poranění míchy.

Vzhledem k limitacím studie a k tomu, že výsledky jsou pouze orientační, může tato práce posloužit jako náhled do problematiky hodnocení poranění krční páteře pomocí výpočetní tomografie a magnetické rezonance.

REFERENČNÍ SEZNAM

BARTŮŇEK, Petr et al. 2016. *Vybrané kapitoly z intenzivní péče*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4343-1

BENEŠ, Jiří et al. 2015a. *Základy fyziky pro lékařské a zdravotnické obory: pro studium i praxi*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4712-5.

BENEŠ, Jiří et al. 2015b. *Základy lékařské fyziky*. 4. vydání. V Praze: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum. ISBN 978-80-246-2645-1.

BETSCH, Marcel et al. 2020. Association between Cervical Spine Degeneration and the Presence of Dens Fractures. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie*. 158(01), 46-50. ISSN 1864-6697. Dostupné z: doi:10.1055/a-0853-8046

BUSH, Lisa et al. 2016. Evaluation of Cervical Spine Clearance by Computed Tomographic Scan Alone in Intoxicated Patients With Blunt Trauma. *JAMA Surgery*. 151(9), 803-813. ISSN 2168-6254. Dostupné z: doi:10.1001/jamasurg.2016.1248

ČAPEK, Lukáš et al. 2018. *Biomechanika člověka*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-0367-6.

ČESKO. MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ. Standardy zdravotní péče – „Národní radiologické standardy – Výpočetní tomografie“. Soubor doporučení a návod pro tvorbu místních radiologických standardů na pracovištích výpočetní tomografie v České republice. In: *Věstník MZ ČR*, 2016, částka 2, s. 2-61, ISSN 1211-0868, Dostupné také z: <http://www.crs.cz/media/File/pdf/NRS/StandardyCT.pdf>

ČIHÁK, Radomír, 2016. *Anatomie*. Třetí, upravené a doplněné vydání. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-5636-3.

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

DUNGL, Pavel, 2014. *Ortopedie*. 2., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4357-8.

DYLEVSKÝ, Ivan, 2009. *Funkční anatomie*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3240-4.

ERTEL, Audrey E. et al. 2016. Cost-effectiveness of cervical spine clearance interventions with litigation and long-term-care implications in obtunded adult patients following blunt injury. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 81(5), 897-904. ISSN 2163-0755. Dostupné z: doi:10.1097/TA.0000000000001243

FERDA, Jiří et al. c2002. *Výpočetní tomografie*. Praha: Galén. ISBN 80-726-2172-6.

GALLO, Jiří, 2011. *Ortopedie pro studenty lékařských a zdravotnických fakult*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-2486-6.

GROSS, Jeffrey M. et al. 2005. *Vyšetření pohybového aparátu: překlad druhého anglického vydání*. Praha: Triton. ISBN 80-725-4720-8.

HAŠKOVCOVÁ, Helena, 2012. *Informovaný souhlas: Proč a jak?*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-735-6.

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

HIRT, Miroslav, BERAN, Michal, 2011. *Tupá poranění v soudním lékařství*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4194-9.

CHILVERS, G. et al. 2017. Blunt cervical spine injury in adult polytrauma: incidence, injury patterns and predictors of significant ligament injury on CT. *Clinical Radiology*. 72(11), 907-914. ISSN 00099260. Dostupné z: doi:10.1016/j.crad.2017.06.122

CHEN, Hai-bin et al. 2009. Biomechanics of whiplash injury. *Chinese Journal of Traumatology (English Edition)*. 12(5), 305-314. ISSN 1008-1275. Dostupné z: doi:10.3760/cma.j.issn.1008-1275.2009.05.011

IZZO, Roberto et al. 2019. Imaging of cervical spine traumas. *European Journal of Radiology*. 117(2019), 75-88. ISSN 0720048X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ejrad.2019.05.007

KOČIŠ, Ján, WENDSCHE, Petr, 2013. *Poranění páteře*. První vydání v elektronické verzi. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-965-7.

KOVALOVÁ, Ivana et al. 2015. Asymptomatic Spondylotic Cervical Cord Compression. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie*. 78/111(1), 24-33. ISSN 12107859. Dostupné z: doi:10.14735/amcsnn201524

LAKSHMANAN, Palaniappan et al. 2005. CT evaluation of the pattern of odontoid fractures in the elderly - relationship to upper cervical spine osteoarthritis. *European Spine Journal*. 14(1), 78-83. ISSN 0940-6719. Dostupné z: doi:10.1007/s00586-004-0743-z

MALÍKOVÁ, Hana, 2019. *Základy radiologie a zobrazovacích metod*. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum. ISBN 978-80-246-4036-5.

MALÍKOVÁ, Hana, BOMBEROVÁ Alena, 2019. *Příprava pacienta na vyšetření prováděná na Radiodiagnostické klinice*. Fakultní nemocnice Královské Vinohrady. Standardní postup SP_0534 rev.03

MEIDENBAUER, Jörg, ŠANCA, Ondřej, 2008. *Encyklopedie vědění lidstva: převratné objevy & vynálezy*. Čestlice: Rebo. ISBN 978-80-255-0074-3.

MECHL, Marek et al. 2010. Kontraindikace a rizika vyšetření pomocí magnetické rezonance. *Česká radiologie*. 64(1), 69-75. ISSN 1210-7883.

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

MOELLER, Torsten B., REIF, Emil, 2009. *Pocket Atlas of Radiographic Positioning: Including Positioning for Conventional Angiography, CT and MRI*. 2nd edition. Stuttgart, Germany: Georg Thieme Verlag. ISBN 978-3-13-107442-3.

NAŇKA, Ondřej, ELIŠKOVÁ, Miloslava [2015]. *Přehled anatomie*. Třetí, doplněné a přepracované vydání. Praha: Galén. ISBN 978-80-7492-206-0.

NEKULA, Josef, 2005. *Zobrazovací metody páteře a páteřního kanálu*. Hradec Králové: Nucleus HK. ISBN 80-862-2571-2.

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

ONOUE, Keita et al. 2019. Role of cervical spine MRI in the setting of negative cervical spine CT in blunt trauma: Critical additional information in the setting of clinical findings suggestive of occult injury. *Journal of Neuroradiology*. No. of Pages 6. ISSN 01509861. Dostupné z: doi:10.1016/j.neurad.2019.05.001

PETERKOVÁ, Věra, 2010. CT – základy vyšetření, indikace, kontraindikace, možnosti, praktické zkušenosti. *Medicína pro praxi*. 7(2), 90-94. ISSN 1214-8687.

POURTAHERI, Sina et al. 2014. The role of magnetic resonance imaging in acute cervical spine fractures. *The Spine Journal*. 14(11), 2546-2553. ISSN 15299430. Dostupné z: doi:10.1016/j.spinee.2013.10.052

ROSINA, Jozef et al. 2006. *Biofyzika pro studenty zdravotnických oborů*. Praha: Grada. ISBN 80-247-1383-7.

RUSSIN, Jonathan J. et al. 2013. Computed Tomography for Clearance of Cervical Spine Injury in the Unevaluable Patient. *World Neurosurgery*. 80(3-4), 405-413. ISSN 18788750. Dostupné z: doi:10.1016/j.wneu.2013.01.036

RYBA, Luděk et al. 2016. Poranění horní krční páteře. *SOUDNÍ LÉKAŘSTVÍ*. 61(2), 20-25. ISSN 1805-4498.

RYCHLÍKOVÁ, Eva, 2004. *Manuální medicína: průvodce diagnostikou a léčbou vertebrogenních poruch*. 3., rozš. vyd. Praha: MAXDORF. Jessenius. ISBN 80-734-5010-0.

SASAKI, Manabu et al. 2018. Cervical osteogenic degeneration in Japanese professional wrestlers and its relationship to cervical spine injury. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 29(6), 622-627. ISSN 1547-5654. Dostupné z: doi:10.3171/2018.5.SPINE18283

SARRAMI, Pooria et al. 2017. Factors predicting outcome in whiplash injury: a systematic meta-review of prognostic factors. *Journal of Orthopaedics and Traumatology*. 18(1), 9-16. ISSN 1590-9921. Dostupné z: doi:10.1007/s10195-016-0431-x

SEIDL, Zdeněk, 2015. *Neurologie pro studium i praxi*. 2., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-5247-1.

SEIDL, Zdeněk, VANĚČKOVÁ, Manuela, 2007. *Magnetická rezonance hlavy, mozku a páteře*. Praha: Grada. ISBN ISBN978-80-247-1106-5.

SEIDL, Zdeněk, VANĚČKOVÁ, Manuela 2014. *Diagnostická radiologie: Neuroradiologie*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4546-6.

SCHOENFELD, Andrew J. et al. 2010. *Computed Tomography Alone Versus Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging in the Identification of Occult Injuries to the Cervical Spine: A Meta-Analysis*. 68(1), 109-114. ISSN 0022-5282. Dostupné z: doi:10.1097/TA.0b013e3181c0b67a

SCHOENFELD, Andrew J. et al. 2019. Evaluating the Cervical Spine in the Blunt Trauma Patient. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 27(17), 633-641. ISSN 1067-151X. Dostupné z: doi:10.5435/JAAOS-D-18-00695

STEIDL, Ladislav et al. 2001. Poranění kostních a vazivových struktur krční páteře - diagnostická, léčebná a posudková kritéria. *Neurologie pro praxi*. 2001(3), 133-137. ISSN 1803-5280.

STERN, Michael, 2019. *MR vyšetření u kriticky nemocných pacientů*. Fakultní nemocnice Královské Vinohrady. Standardní postup SP_0532 rev.02

SUCHOMEL, Petr et al. 2005. Chirurgické řešení úrazů horní krční páteře. *NEUROLOGIE PRO PRAXI*. 2005(2), 74-77. ISSN 1803-5280.

ŠNOREK, Michal, BULAVA, Alan, 2014. MR kompatibilní kardiostimulátory a implantabilní kardiovertery-defibrilátory. *Vnitřní lékařství*. 60(2), 123-127. ISSN 1801-7592.

ŠRÁMEK, J. et al. 2009. Hyperextenzní poranění krční páteře při spondylóze. *Acta Chirurgiae orthopaedicae et Traumatologiae czechoslovaca*. 76(2), 128-132. ISSN 0001-5415.

ŠTEFAN, Jiří, HLADÍK, Jiří, 2012. *Soudní lékařství a jeho moderní trendy*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3594-8

ŠTULÍK, Jan, 2005. Poranění střední krční páteře a cervikotorakálního přechodu. *NEUROLOGIE PRO PRAXI*. 2005(2), 78-81. ISSN 1803-5280.

ŠTULÍK, Jan, 2010. *Poranění krční páteře*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-685-4.

TAN, Lee A. et al. 2014. Comparison of CT and MRI findings for cervical spine clearance in obtunded patients without high impact trauma. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. 120, 23-26. ISSN 03038467. Dostupné z: doi:10.1016/j.clineuro.2014.02.006

VOMÁČKA, Jaroslav, NEKULA, Josef, KOZÁK, Jiří, 2012. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. V Olomouci: Univerzita Palackého. ISBN 978-80-244-3126-0.

WEICHET, Jiří, MALÍKOVÁ, Hana, 2017. Zobrazování míchy. *NEUROLOGIE PRO PRAXI*. 18(6), 380-384. ISSN 1803-5280.

WU, Xiao et al. 2018. Cost-effectiveness of Magnetic Resonance Imaging in Cervical Spine Clearance of Neurologically Intact Patients With Blunt Trauma. *Annals of Emergency Medicine*. 71(1), 64-73. ISSN 01960644. Dostupné z: doi:10.1016/j.annemergmed.2017.07.006

ZEMAN, Miroslav, KRŠKA, Zdeněk, c2014. *Speciální chirurgie*. 3., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Galén. ISBN 978-80-7492-128-5.

ŽVÁK, Ivo et al. 2006. *Traumatologie ve schématech a RTG obrazech*. Praha: Grada. ISBN 80-247-1347-0.

SEZNAM ZKRATEK

C	krční obratel
CT	výpočetní tomografie
EKG	elektrokardiografie, elektrokardiogram
FNOL	Fakultní nemocnice Olomouc
FZV	Fakulta zdravotnických věd
GCS	Glasgow Coma Scale
MDCT	multidetektorová výpočetní tomografie
MR	magnetická rezonance
PACS	Picture Archiving and Communication Systém
ROM	range of motion - rozsah pohybu
RTG	rentgen, rentgenový
UP	Univerzita Palackého
WL	window leve, střed okna
WW	window width, šířka okna

SEZNAM GRAFŮ A TABULEK

Graf 1: Celkové procentuální rozložení CT vyšetření	37
Graf 2: Procentuální rozložení vyšetření zahrnutých do výzkumu	38
Graf 3: Doplnující detekce MR oproti CT	39
Graf 4: Detekce degenerativních změn	41
Graf 5: Degenerativní změny a poranění míchy	43
Graf 6: Zúžení/deformace páteřního kanálu dle poranění míchy	46
Graf 7: Detekce poranění disku	47
Tabulka 1: Další poranění detekované doplňujícím MR	40
Tabulka 2: Skutečné četnosti poranění míchy a degenerativních změn.....	42
Tabulka 3: Očekávané četnosti poranění míchy a degenerativních změn.....	42
Tabulka 4: Fisherův exaktní test vztah - vztah mezi poraněním míchy a přítomností degenerativních změn	43
Tabulka 5: Skutečné četnosti poranění míchy a zúžení/deformace páteřního kanálu	44
Tabulka 6: Očekávané četnosti poranění míchy a zúžení/deformace páteřního kanálu	45
Tabulka 7: Fisherův exaktní test - vztah mezi zúžením/deformací páteřního kanálu a poraněním míchy.....	45

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Stanovisko etické komise FZV UP	66
Příloha 2 Žádost o poskytnutí informace ve FNOL Ia	67
Příloha 3 Žádost o poskytnutí informace ve FNOL Ib	68
Příloha 4 Žádost o poskytnutí informace ve FNOL IIa	69
Příloha 5 Žádost o poskytnutí informace ve FNOL IIb	70



Fakulta
zdravotnických věd

Genius loci

UPOL-181384/1030S-2020

**Vážená paní
Bc. Kristýna Syrová**

2020-23-10

Vyjádření Etické komise FZV UP

Vážená paní bakalářko,

na základě Vaší Žádosti o stanovisko Etické komise FZV UP byla Vaše výzkumná část diplomové práce posouzena a po vyhodnocení všech zaslaných dokumentů Vám sdělujeme, že diplomové práci s názvem „**Výpočetní tomografie a magnetická rezonance u poranění krční páteře**“, jehož jste hlavní řešitelkou, bylo uděleno

souhlasné stanovisko Etické komise FZV UP .

|

S pozdravem,

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

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



Žádost o poskytnutí informace pro studijní účely/sběr dat

Jméno a příjmení žadatele: Kristýna Syrová

Datum narození: 20.5.1996 Telefon: 731 215 259 E-mail: syrokr00@upol.cz

Kontaktní adresa: Dvořisko 36, Choceň 565 01

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

Obor studia: Zobrazovací technologie v radiodiagnostice

Forma studia: prezenční kombinovaná distanční

Téma závěrečné práce:

Možnosti zobrazení krční páteře a jejich indikace

Žadatel ve FNOL koná odbornou praxí:

ANO na pracovišti: _____ v termínu od: _____ do: _____

NE

Žadatel je zaměstnancem FNOL:

ANO na pracovišti: _____

NE

Pracoviště FNOL dotčená průzkumem: Radiologická klinika

Účel žádosti:

sběr dat/zjišťování informací pro zpracování diplomové/bakalářské práce

sběr dat/zjišťování informací pro zpracování seminární/odborné práce

sběr dat/zjišťování informací pro jiný účel: (uvedte):

Požadavek na (zaškrtněte):

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

Dotazníková akce pro pacienty FNOL pro zaměstnance FNOL

Počet respondentů, kteří budou vyplňovat dotazník: _____

Termín, kdy proběhne vyplnění dotazníků: od: _____ do: _____

K vyplněné žádosti je nutno doložit vzor vašeho dotazníku.

Nahlížení do zdravotnické dokumentace

Předpokládaný počet kusů zdravotnické dokumentace, do které bude žadatel nahlížet: 500

Termín, ve kterém bude žadatel nahlížet do zdravotnické dokumentace: od: 1.11.2020 do: 31.1.2021

Přesná specifikace co bude žadatel vyhledávat ve zdravotnické dokumentaci: V systému PACS budou vyhledáni pacienti s poraněním krční páteře, kteří v roce 2019 podstoupili vyšetření na CT i MR. V dokumentaci bude zjišťováno, zda byl nález z vyšetření pozitivní či negativní, popřípadě zda byly na MR zjištěny nějaké přidružené nálezy oproti předchozímu CT. Bude se jednat o retrospektivní sběr dat a kvantitativní výzkum. Do výzkumného šetření nebudou zahrnuty žádné osobní údaje a potřebná data budou anonymizována.

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

Ostatní

kazuistika – počet:

vedení rozhovoru s pacientem FNOL – počet pacientů: _____

vedení rozhovoru se zaměstnancem FNOL – počet zaměstnanců: _____ povolání: _____

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

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

jiné (specifikujte):

Za které období budou data zjišťována: _____

Kdy proběhne sběr dat žadatelem: od: _____ do: _____

Přesná specifikace co bude žadatel zjišťovat:

Způsob zveřejnění závěrečné/seminární práce: tištěná forma, elektronicky

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

Poučení:

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

Žadatel (datum podpis): 24.9.2020 Syrová Kristýna

Schválil (datum podpis): 25.9.2020 
Ing. Bc. Andrea Drobiličová
Nemaláková nešetrnářská sestra
Fakultní nemocnice Olomouc

Poznámky: Vyjádření paní MUDr. Evy Čechákové - vedoucí práce: S výzkumnou částí práce souhlasím. K výzkumnému šetření nebudou použity žádné osobní údaje a data budou anonymizována.

Žádost o poskytnutí informace pro studijní účely/sběr dat

Jméno a příjmení žadatele: Kristýna Syrová

Datum narození: 20.5.1996 Telefon: 731 215 259 E-mail: syrokr00@upol.cz

Kontaktní adresa: Dvořisko 36, Choceň 565 01

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

Obor studia: Zobrazovací technologie v radiodiagnostice

Forma studia: prezenční kombinovaná distanční

Téma závěrečné práce:

Možnosti zobrazení krční páteře a jejich indikace

Žadatel ve FNOL koná odbornou praxi:

ANO na pracovišti: _____ v termínu od: _____ do: _____

NE

Žadatel je zaměstnancem FNOL:

ANO na pracovišti: _____

NE

Pracoviště FNOL dotčená průzkumem: Radiologická klinika

Účel žádosti:

sběr dat/zjišťování informací pro zpracování diplomové/bakalářské práce

sběr dat/zjišťování informací pro zpracování seminární/odborné práce

sběr dat/zjišťování informací pro jiný účel: (uvedte): _____

Požadavek na (zaškrtněte):

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

Dotazníková akce pro pacienty FNOL pro zaměstnance FNOL

Počet respondentů, kteří budou vyplňovat dotazník: _____

Termín, kdy proběhne vyplnění dotazníků: od: _____ do: _____

K vyplněné žádosti je nutno doložit vzor vašeho dotazníku.

Nahlížení do zdravotnické dokumentace

Předpokládaný počet kusů zdravotnické dokumentace, do které bude žadatel nahlížet: 500

Termín, ve kterém bude žadatel nahlížet do zdravotnické dokumentace: od: 1.2.2021 do: 28.2.2021

Přesná specifikace co bude žadatel vyhledávat ve zdravotnické dokumentaci: V systému PACS budou vyhledání pacienti k poraněním krční páteře, kteří v roce 2018 podstoupili vyšetření na CT i MR. Dále bude v dokumentaci zjišťováno, zda byl nález z vyšetření pozitivní či negativní, popřípadě zda byly na MR zjištěny nějaké přidružené nálezy oproti předchozímu CT, a co za úraz jim zranění způsobilo. Bude se jednat o retrospektivní sběr dat a kvantitativní výzkum. Do výzkumného šetření nebudou zahrnuty žádné osobní údaje a potřebaná data budou anonymizována.

Při nahlížení do zdravotnické dokumentace bude do každé dokumentace vložen formulář Fm-MP-G015-05-NAHLED-001 Záznám o nahlédnutí do zdravotnické dokumentace pro účely výzkumu/studie.

Ostatní

kazuistika – počet:

vedení rozhovoru s pacientem FNOL – počet pacientů: _____

vedení rozhovoru se zaměstnancem FNOL – počet zaměstnanců: _____ povolání: _____

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

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

jiné (specifikujte):

Za které období budou data zjišťována: _____

Kdy proběhne sběr dat žadatelem: od: _____ do: _____

Přesná specifikace co bude žadatel zjišťovat:

Způsob zveřejnění závěrečné/seminární práce: tištěná forma, elektronicky

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

Poučení:

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

Žadatel (datum podpis): 20.1.2021 Syrová Kristýna

Schválil (datum podpis): 20.1.2021  Ing. Bc. Andrea Drobilíčová
MUDr. Miroslava Šalátalického oboru
Fakultní nemocnice Olomouc

Poznámky: Vyjádření paní MUDr. Evy Čechákové - vedoucí práce: S výzkumnou částí práce souhlasím. K výzkumnému šetření nebudou použity žádné osobní údaje a data budou anonymizována.