

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví B5345

Viktorie Tille

Studijní obor: Radiologický asistent 5345R010

**SROVNÁNÍ NÁLEZŮ V MR A CT OBRAZE PŘI
TRAUMATECH PÁTEŘE**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: MUDr. Filip Heidenreich

PLZEŇ 2020

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta zdravotnických studií

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Viktorie TILLE**
Osobní číslo: **Z17B0243P**
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**
Studijní obor: **Radiologický asistent**
Téma práce: **Srovnání nálezů v MR a CT obraze při traumatech páteře**
Zadávací katedra: **Katedra záchranářství, diagnostických oborů a veřejného zdravotnictví**

Zásady pro vypracování

- Zpracovat seznam odborné literatury na vybrané téma
- Stanovit cíl kvalifikační práce
- Zpracovat teoretickou a praktickou část práce dle požadavků FZS
- Popsat metodiku praktické části
- Vypracovat diskuzi a závěr kvalifikační práce
- Dodržet formální úpravu kvalifikační práce dle požadavků FZS
- Dodržet citační formu

Rozsah bakalářské práce:
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

- NEKULA, Josef et al. Základy zobrazování magnetickou rezonancí. Ostrava : Universitas Ostraviensis, 2007. 978-80-7368-335-1.
- FERDA, Jiří, Hynek MÍRKA a Jan BAXA. Multidetektorová výpočetní tomografie: technika vyšetření. Praha: Galén, c2009. ISBN 978-80-7262-608-3.
- NEKULA, Josef. Zobrazovací metody páteře a páteřního kanálu. Hradec Králové: Nucleus HK, 2005. ISBN 80-86225-71-2.
- HALL, Walter A., Christopher NIMSKY a Charles L. TRUWIT. Intraoperative MRI-guided neurosurgery. New York: Thieme, c2011. ISBN 9781604063059.

Vedoucí bakalářské práce: **MUDr. Filip Heidenreich**
Katedra záchranářství, diagnostických oborů a veřejného zdravotnictví

Datum zadání bakalářské práce: **18. června 2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31. března 2020**



PhDr. Lukáš Štich
děkan



Mgr. Stanislava Reichertová
vedoucí katedry

V Plzni dne 31. ledna 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval/a samostatně a všechny použité prameny jsem uvedl/a v seznamu použitých zdrojů.

V Plzni dne 30. 4. 2020.

.....

vlastnoruční podpis

Poděkování

Děkuji MUDr. Filipu Heidenreichovi za odborné vedení, cenné rady a připomínky při zpracování bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala i MUDr. Ing. Radku Tupému za poskytování rad a materiálních podkladů. A v neposlední řadě děkuji mé nejmilejší rodině za podporu.

Abstrakt

Příjmení a jméno: Tille Viktorie

Katedra: Katedra záchranářství, diagnostických oborů a veřejného zdravotnictví

Název práce: Srovnání nálezů v MR a CT obraze při traumatech páteře

Vedoucí práce: MUDr. Filip Heidenreich

Počet stran – číslované: 59

Počet stran – nečíslované: 18

Počet příloh: 4

Počet titulů použité literatury: 22

Klíčová slova: páteř, výpočetní tomografie, magnetická rezonance, poranění páteře

Souhrn:

Bakalářská práce popisuje základní vyšetřovací metody, CT a MR, které se používají při traumatech páteře. Práce je rozdělená na část teoretickou, kde popisují anatomii páteře, nestability páteře, princip CT a nakonec princip MR. Dále také indikace, kontraindikace a kontrastní látky jednotlivých vyšetření. Praktická část ukazuje na souboru pacientů, kteří byli vyšetřeni pomocí výpočetní tomografie a magnetické rezonance ve FN Plzeň kvůli traumatickému poranění páteře.

Abstract

Surname and name: Tille Viktorie

Department: Department of Rescue Services, Diagnostic Fields and Public Health

Title of thesis: Comparing of findings in MR and CT image in spinal traumas

Consultant: MUDr. Filip Heidenreich

Number of pages – numbered: 59

Number of pages – unnumbered: 18

Number of appendices: 4

Number of literature items used: 22

Keywords: spine, computed tomography, magnetic resonance, spinal trauma

Summary:

This bachelor work describes basic examinations methods, CT a MR, which are used in spinal trauma. This work is divided into a theoretical part, where I describes spine anatomy, spinal instability, CT principle and MR principle. Next is indications, contraindications and contrast substance of individual examinations. The practical part shows a group of patients who were examined by computed tomography and magnetic resonance imaging at the FN Plzeň due to traumatic spinal injury.

OBSAH

SEZNAM TABULEK.....	12
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	13
SEZNAM ZKRATEK.....	14
ÚVOD	18
TEORETICKÁ ČÁST	19
1 PÁTEŘ	19
1.1 Anatomie a fyziologie páteře	19
1.2 Pohyby páteře.....	19
1.3 Obratle - vertebrae.....	20
1.3.1 Vertebrae cervicales - obratle krční	22
1.3.2 Vertebrae thoracicae - obratle hrudní.....	23
1.3.3 Vertebrae lumbales - obratle bederní	23
1.3.4 Os sacrum - kost křížová	24
1.3.5 Os coccygis - kost kostrční.....	24
1.4 Spojení na páteři.....	25
1.4.1 Disci intervertebrales - meziobratlové destičky.....	25
1.4.2 Articulationes intervertebrales - meziobratlové klouby	25
1.4.3 Ligamenta - vazivový aparát	26
1.5 Nestability páteře.....	27
1.5.1 Diagnostika	28
1.5.2 Klasifikace zlomenin.....	28
1.5.3 Příklady zlomenin	31
2 VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE	33
2.1 Základní princip CT.....	33
2.1.1 Pracoviště CT.....	35
2.2 Multidetektorová výpočetní tomografie (MDCT).....	36

2.3 Postprocessing	36
2.4 Výhody a nevýhody	36
2.5 Generace CT přístrojů	37
2.6 Indikace	38
2.7 Kontraindikace	38
2.8 Kontrastní látky	38
2.9 Příprava pacienta	39
3 MAGNETICKÁ REZONANCE	39
3.1 Teorie MR	40
3.2 MR sekvence	42
3.2.1 Gradient echo (GE) sekvence	42
3.2.2 Spin echo (SE) sekvence	43
3.2.3 Inversion recovery (IR)	44
3.3 Tvorba MR obrazu	45
3.3.1 Artefakty MR obrazu	47
3.4 MR přístroje	47
3.4.1 Části přístroje pro magnetickou rezonanci	48
3.4.2 Cívky	48
3.5 Kontrastní látky pro magnetickou rezonanci	50
3.6 Kontraindikace MR	51
3.7 Příprava pacienta	52
3.8 Využití MR při vyšetření páteře a páteřního kanálu	52
3.8.1 CT vs. MR	53
3.8.2 Využití MR v traumatologii	53
PRAKTICKÁ ČÁST	54
4 CÍL a metodika PRÁCE	54
5 KAZUISTIKY	55

5.1 Kazuistika 1.....	55
5.2 Kazuistika 2.....	57
5.3 Kazuistika 3.....	59
5.4 Kazuistika 4.....	61
5.5 Kazuistika 5.....	63
5.6 Kazuistika 6.....	65
Diskuze.....	69
Závěr	72
SEZNAM LITERATURY	73
PŘÍLOHY.....	75

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1Denzity některých tkání	34
Tabulka 2MR sekvence	43
Tabulka 3Intenzity signálu některých tkání v základních typech sekvencí	51

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1CT vyšetření	56
Obrázek 2MR - T1, T2, T2 TIRM	56
Obrázek 3Kontrolní RTG	56
Obrázek 4Kontrolní CT a MR - T1, T2	56
Obrázek 5RTG 2015	58
Obrázek 6CT vyšetření	58
Obrázek 7MR - T1, T2, T2 TIRM	58
Obrázek 8Peroperační RTG	58
Obrázek 9RTG 2018	58
Obrázek 10CT vyšetření	59
Obrázek 11MR - T1, T2, T2 TIRM	59
Obrázek 12Peroperační RTG	60
Obrázek 13CT Th páteře	61
Obrázek 14MR Th páteře	61
Obrázek 15RTG	62
Obrázek 16CT LS páteře 2015	64
Obrázek 17MR - T1, T2, T2 TIRM	64
Obrázek 18Peroperační RTG	64
Obrázek 19Kontrolní CT a MR 2016	64
Obrázek 20CT vyšetření Th/LS páteře	66
Obrázek 21CT vyšetření Th/LS páteře	67
Obrázek 22MR - T2 TIRM, poraněné vazy	67
Obrázek 23MR - T1, T2, T2 TIRM	68
Obrázek 24Kontrolní CT MR po operaci	68

SEZNAM ZKRATEK

2D.....	dvojměrný
3D.....	trojměrný
4D.....	čtyřměrný
A	nukleonové číslo
AO klasifikace	klasifikace dle Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
apod.....	a podobně
ax.....	axiální
B0.....	statické magnetické pole
B1	excitační magnetické pole
C1 - C7	krční obratle
CD	compact disk
cm.....	centimetr
CMP	cévní mozková příhoda
Co1 - Co5	kostrční obratle
CO2	oxid uhličitý
CT	výpočetní tomografie
ČR.....	Česká republika
EBT.....	electron beam CT, tomografie s elektronovým svazkem
EKG	elektrokardiogram
FaSE.....	fast spin echo
Fe2O3.....	oxid železa
FLAIR	fluid attenuated inversion recovery

GE gradient echo sekvence

GRE gradient echo

H vodík

H₂O voda

HD hard disc

HU Hounsfieldovy jednotky

CHIR chirurgický

IC intracraniální

IR inversion recovery

JIP jednotka intenzivní péče

kg kilogram

KL kontrastní látka

L1 - L5 bederní obratle

ligg. - ligamenta vazy

MDCT multidetektorová výpočetní tomografie

ml mililitr

mm milimetr

mmol milimol

Mn mangan

MR magnetická rezonance

ms milisekunda

mT militesla

např například

nm nanometr

OS osteosyntéza

P antra..... pravá dutina maxilly (čelistní)

PACS..... picture archiving and communication systems

PC..... počítač

PD proton denzní obrazy

PET pozitronová emisní tomografie

PNO..... pneumothorax

proc..... processus, výběžek

PV paravertebrálně, vedle obratle

RES retikulo endoteliální systém

RS..... roztroušená skleróza

RTG..... rentgen

S1 - S5 křížové obratle

SA prostor..... subarachnoidální prostor

sag. sagitální

SE..... spin echo sekvence

SI intenzita signálu

SPECT jednofotonová emisní výpočetní tomografie

SPIO supermagnetic iron oxid

STIR..... short tau inversion recovery

susp..... suspektní, podezřelý

T tesla

T1 podélná magnetizace
T2 příčná magnetizace
T2* T2* vážená sekvence
TE..... time to echo
Th1 - Th12..... hrudní obratle
TR time to repeat, repetiční čas
tzn..... to znamená
v. s. velmi suspektní, velmi podezřelý
v.o..... vážený obraz

ÚVOD

Traumatická poranění zad jsou velmi nebezpečná kvůli tomu, že by mohla být poraněna mícha, která prochází páteřním kanálem. Ve většině případů, hlavně u mladých lidí, jsou způsobeny nezodpovědným jednáním a často se jim dá předcházet. Asi nejčastěji dochází k poranění páteře při pádu z výšky či při autonehodách.

Při prevozu poraněného bychom měli dávat pozor, aby se jeho stav ještě nezhoršil. První vyšetřovací metoda, o kterou lékař po prohlídce pacienta pravděpodobně požádá, bude RTG vyšetření, na kterém je možné vidět zlomeninu obratlů. Není to ale vždy přesné. Jako první volbou u dopravní nehody nad 50 km/h a traumat neznámého mechanismu, nebo pádů z výšek nad 3-4 metry je prováděno tzv. celotělové vyšetření MDCT. Toto vyšetření je u urgentních případů výhodou, protože je rychlé.

MR vyšetření se poté dělá jako doplňující kvůli upřesnění nálezů na CT. Magnetická rezonance na rozdíl od CT nám nezpůsobuje žádná rizika ze záření. Její vývoj je stále pokračuje. V MR obrazu je značně lepší kontrast měkkých tkání ve srovnání s CT, tudíž můžeme objevit nejen poranění obratlů, ale i míchy a vazů v okolí. Bohužel má také své nevýhody jako je třeba horší dostupnost vyšetření, délka čekání na vyšetření, vyšší cena vyšetření a také celkově dlouhá doba vyšetření.

TEORETICKÁ ČÁST

1 PÁTEŘ

Páteř (columna vertebralis) je základní podpěrná a motorická složka skeletu. Čtyři základní funkce páteře jsou tedy opora, ochrana, pohyb a kontrola. Připojené svaly spojují obratle se žebry a také s pánví a lebkou. Dále je páteř důležitá, protože v páteřním kanálu probíhá mícha, ze které vycházejí nervy, které slouží k výměně informací mezi orgány uloženými v těle a mozkem. Když dojde k poranění páteře, ve většině případů nastane i poranění míchy a může dokonce dojít k úplnému nebo částečnému ochrnutí těla. (1) (2)

1.1 Anatomie a fyziologie páteře

Zhruba 35% celkové výšky těla u dospělého tvoří délka celé páteře. Meziobratlové destičky tvoří pětinu až čtvrtinu délky páteře.

Kosterní a svalové prvky zad pomáhají přenášet sílu skrz pánev až do dolních končetin, nést, polohovat a zvedat hlavu a pomáhají hýbat horními končetinami. Páteř je situovaná v posteriólní části těla. Vývoj zakřivení probíhá už od narození. Při pohledu z boku jsou vidět tato zakřivení u dospělého člověka:

- primární zakřivení páteře - kyfóza
 - odráží původní tvar embrya, zakřivení dozadu, a nachází se u člověka v hrudní a křížové části páteře
 - sekundární zakřivení páteře - lordóza
 - vyklenuté zakřivení dopředu se naopak nachází u krční a bederní oblasti páteře
- (3)

1.2 Pohyby páteře

Máme 4 základní pohyby páteře:

- anteflexe (předklon) a retroflexe (záklon)
- lateroflexe (úklon)
- rotace, torze (otáčení)
- pohyby pérovací

Poloha intervertebrálních kloubů a tuhých ligament a drobná deformace intervertebrálního disku omezují pohyby mezi přilehlými obratli. Ale zároveň obrovský rozsah v rotaci a ohýbání páteře umožňuje právě kumulace těchto pohybů.

Ke zvyšování zadní části disků a oddalování obratlových oblouků od sebe dochází při anteflexi. Dále také dochází ke kompresi přední části intervertebrálních disků a ligamentum longitudinale anterius se povoluje. Kloubní obaly se natahují a spodní kloubní výběžky se sunou svými plošinami po vrchních kloubních výběžcích. Ligamentum longitudinale posterius, ligamenta flava, ligamenta interspinalia a ligamentum supraspinale omezují zvětšení mezer mezi oblouky obratlů a trny. Ale nejvýznamnější roli v omezení pohybů meziobratlových kloubů mají zadní vlákna intervertebrálních disků. I napětí extenzorů omezuje flexi páteře.

K diametrálním procesům dochází při extenzi, tzn. natažení ligamentum longitudinale anterius a předních vláken intervertebrálních disků a přiblížení oblouků a trnů.

Anteflexe a retroflexe mají největší rozsah v oblasti krční páteře, kde může dosahovat každý z pohybů až 90°. Na těchto pohybech se účastní i atlantookcipitální skloubení. V úseku lumbální páteře je anteflexe mnohem menší, necelá třetina rozsahu (25-30°), ale retroflexe je téměř stejná. Sklon processus spinosus a hrudní obratle, které jsou připojené žebry ke sternu, omezují tyto pohyby.

Při retroflexi po sobě kloubní plošky zpočátku klouzají, a poté se na sebe pevně položí, a tím se pohyb zakončí. Trny obratlů také zakončí retroflexi až tehdy, když na sebe vzájemně narazí. Zastavení pohybů při anteflexi zajišťují silná ligg. interspinalia.

1.3 Obratle - vertebrae

Lidská páteř obsahuje 7 cervikálních obratlů, 12 thorakálních, 5 lumbálních, 5 obratlů sakrálních, které se spojují v kost křížovou, a 4-5 obratlů coccygálních, které srůstají v kostrční kost.

Každý obratel je složen ze tří základních částí - tělo, oblouk a výběžky. Oblouk obratle je ze zadní strany připojen na corpus vertebrae a dohromady tak tvoří foramen vertebrale. Páteřní kanál. canalis vertebralis, je pak tvořen soubory těchto otvorů (foramen vertebrale). (4)

1. Corpus vertebrae - tělo obratle

Tělo obratle je vlastně přední nosná část. Terminální (meziobratlová) plocha, facies intervertebralis, je sjednocená s discus intervertebralis a představuje skoro rovné kaudální i kraniální zakončení corpus vertebrae. Je typ krátké kosti a spongiosa a červená kostní dřevina ho vyplňuje. Tělo může mít různé velikosti, podobu i rozměry u obratlů podle toho, v jaké části páteře se zrovna nachází.

2. Arcus vertebrae - oblouk obratle

Ochranu míchy zajišťuje právě oblouk obratle. Z dorzální strany naléhá na corpus vertebrae. (5)

„Složky oblouku a útvary jimi vymezené jsou: Pediculus arcus vertebrae, párová užší oblá patka (pedikl) oblouku - připojuje vpravo a vlevo oblouk k zadní ploše obratlového těla. Lamina arcus vertebrae - obemyká míchu jako kostěná obloukovitá lamela. Foramen vertebrale, obratlový otvor - je uzavřeno spojením oblouku s tělem obratle. Páteřní kanál, canalis vertebralis - vytvářejí jej foramina vertebralia všech obratlů společně se zadními obvody meziobratlových destiček a s vazy mezi obratlovými těly a oblouky. Insura vertebralis superior, oblý zářez shora do oblouku vpravo i vlevo za pediklem, před proc. articularis superior. Insura vertebralis inferior, obdobný zářez do oblouku zdola. Foramina intervertebralia, meziobratlové otvory - jsou obkrouženy dolní incizurou vyššího obratle, meziobratlovou destičkou (vpředu), spojenými kloubními výběžky sousedních obratlů (vzadu) a horní incizurou nižšího obratle. Nacházejí se vždy párově mezi dvěma obratli.“
(5, s. 90)

3. Processus - výběžky

Processus neboli výběžky, zajišťují mobilitu obratle a jsou napojeny na oblouk. Processus jsou části, kde se upínají svaly. Obratle se vzájemně naklánějí a otáčejí vlivem tahu za processus transversi a processus spinosus. K výběžkům patří:

- a) **Processus articulares** - výběžky kloubní. Tyto výběžky jsou v párech. Nacházejí se za pediklem, kde jsou připojené a úzce za incisura vertebralis superior et inferior. Kloubní plošky potažené chrupavkou jsou v prostorech skloubení u processus articulares. (5)

„Processus articulares superiores míří kraniálně a jimi je obratel sklouben s předchozím vyšším obratlem. Processus articulares inferiores se spojují s horními kloubními výběžky obratle nižšího, následujícího.“ (5, s. 91)

- b) **Processus transversi** - výběžky příčné. Výběžky, které jsou opět jako předchozí, v párech. Postupují vně od oblouku.
- c) **Processus spinosus** - výběžek trnový. Tento výběžek je jediný nepárový a odstupuje dozadu.

1.3.1 Vertebrae cervicales - obratle krční

Krční obratle, C1 až C7, se vyznačují malou výškou těl kromě C1. Jsou kraniokaudálně propadlá, což jde vidět hlavně při pohledu předozadním. Dále jsou těla krčních obratlů transverzálně širší a kratší předozadně. Koncové plošky těl jsou oválného téměř ledvinovitého tvaru a jejich zakřivení se podobá zakřivení plošek sedlového kloubu. Kloubní výběžky jsou sešikmené. (5) (6)

Uncus corporis (processus uncinatus) představuje sagitální zvýšený okraj na pravé a levé hraně vrchní konečné plošky těla. Zdůrazňuje, při pohledu zepředu, sedlovitý tvar jejího prohnutého místa.

Foramen vertebrale má trojhranný tvar u cervikálních obratlů a v poměru k tělu je i veliký. (5)

Trnový výběžek se vyznačuje svou roz dvojeností. Nejspodnější cervikální obratel (vertebra prominens) má ze všech cervikálních obratlů ten nejdelší trnový výběžek, který prominuje nad míru vedlejších trnových výběžků. Někdy ho lze i jednoduše nahmatat a někdy je dokonce i viditelný. Představuje významný přehledový bod na páteři.

„Nosič, atlas nemá jako jediný obratel tělo. Skládá se ze dvou oblouků - předního a zadního, arcus anterior et posterior a z párové laterální masy atlasu (massa lateralis atlantis). Na zadní ploše předního oblouku je hladká oválná kloubní ploška (fovea dentis) pro zub čepovce. Kloubní plochy horních kloubních výběžků atlasu jsou konkávní, elipsoidního tvaru a liší se od rovných kloubních ploch všech ostatních obratlů. Kontaktují s kondyly kosti týlní v párovém kloubu atlantookcipitálním. Dolní kloubní plochy jsou rovné (stejně jako u ostatních obratlů).

Čepovec, axis má kraniálně směřující prstovitý výběžek - zub, čepovec, dnes axis. Na něm je vepředu a vzadu po jedné kloubní plošce. Přední ploška kontaktuje s jamkou

na předním oblouku atlasu, zadní ploška s jamkou na příčném vazu atlasu, rozepjatém mezi laterálními masami atlasu.

Zub čepovce je tělo atlasu, které se od C1 oddělilo a přirostlo na obratel druhý.“(6, s. 24)

1.3.2 Vertebrae thoracicae - obratle hrudní

Hrudní obratle se nejlépe přibližují všeobecnému tvaru obratle. Těla těchto obratlů jsou celkem vysoká a prohloubená předozadně. Jejich výška se zvětšuje od Th1 směrem dolů k Th12.

Foramen vertebrale je kruhovitěho tvaru.

Odpředu zleva zploštělá kvůli otisku aorty (impressio aortica), většinou jemně asymetrická jsou těla od Th4 po Th7- Th9. Obratle krční jsou podobné svým tvarem tělům prvních dvou hrudních obratlů. A těla posledních dvou hrudních obratlů připomínají tvarem obratle bederní.

Další charakteristiky hrudních obratlů:

- processus transversi - protáhlé, pevné, oblé. Vedou dorsolaterálně. Kvůli napojení žeber, je vpředu na jejich okrajích kloubní ploška.
- processus spinosi - přiměřeně protáhlé (nejdelší mezi Th4 a Th8). Od Th1 až po Th7 se shýbají kaudálně a pokládají se na sebe. Od Th8 po Th12 se pozvolně narovnávají a zvyšují se podle destičkovitého tvaru trnů obratlů bederních.
- processus articulares superiores - tyčí se.
- processus articulares inferiores - přitisknuté k oblouku.

Hrudní obratle mají kloubní plošky, které se sklánějí až tak, že se přibližují frontální rovině.

Na stranách obratlových těl jsou styčné plochy, aby se tam mohly napojit hlavice žeber. (5)

1.3.3 Vertebrae lumbales - obratle bederní

Obratle bederní jsou nejstatnější a nejmohutnější z obratlů. Tělo má ledvinovitý tvar a je velice robustní a vysoké. Otvor obratlů je malý oproti tělu obratlů a zaobleně trojhranný. Z boku je trnový výběžek destičkovitě zploštělý. Rudimentární, postrčené dozadu

a rozdělené jsou příčné výběžky. Natočené v rovině sagitální jsou kloubní výběžky. Processus costarius, výběžek žeberní mají jen bederní obratle oproti všeobecné charakteristice obratlů. Svou formou a pozicí imitují žeberní výběžky ty příčné výběžky. (6)

1.3.4 Os sacrum - kost křížová

Kost křížová je relativně rozměrná kyfoticky ohnutá kost, která má trojúhelníkovitý tvar. Je to kost srostlá z 5 křížových obratlů, S1-S5. Skrz tuto kost probíhá spodní část kanálu páteřního. (6)

Díky tomu, že je tato kost spojená s pánevními kostmi, tak tvoří součást pánve a podílí se na funkcích pletence dolní končetiny.

Široká vrchní plocha, basis ossis sacri, je sloučená s posledním lumbálním obratlem a dohromady vytváří lumbosakrální úhel. Promontorium je přední hrana baze. Processus articulares superiores vycházejí kraniálně a mají kloubní plochy, které se napojují na dolní kloubní plochy L5 a tím propojují křížovou kost s bederní páteří. Ala ossis sacri je laterální část vytvořená srůstem zbytků žeber a výběžků příčných. Facies auricularis je kloubní plocha, která je zde pro propojení s os ilium. Za touto kloubní plochou je vyhloubená drsnatina, aby se tam mohly upnout vazy interoseální sakroiliakálních.

1.3.5 Os coccygis - kost kostrční

Malá rudimentálně rozvinutá kost, která má trojúhelníkovitý tvar jako kost křížová a stejně tak má i bázi a hrot. Velikost je menší než velikost kosti křížové.

Sloučená těla čtyř až pěti kostrčních obratlů (vertebrae coccygeae) tvoří os coccygis. Tyto kostrční obratle se značí Co1-Co5. Obratle nemají oblouky.

Cornua coccygea - kostrční rohy. Jako pozůstatky oblouku a kloubních výběžků obratle Co1, se tyčí souměrně kraniálně. Vyplňují hranu hiatus sacralis v souvislosti na cornua sacralia. (5)

Synchondroza se objevuje mezi os sacrum a os coccygis. Toto spojení napomáhá odklonit vrchol kostrče dozadu, což je důležité pro zvětšení rozměru východu pánevního při porodu. Také se může synchondroza často objevovat mezi Co1 a Co2. Další kostrční obratle obvykle bývají spojené synostosami. (6)

1.4 Spojení na páteři

Páteř vzniká spojením jednotlivých obratlů pomocí všech typů spojení: diarthrózy, synchondrózy (chrupavčité spojení kostí), synostózy (spojení či srůst dvou a více kostí mezi sebou) i syndesmózy (pevné vazivové spojení kostí).

1.4.1 Disci intervertebrales - meziobratlové destičky

Meziobratlové destičky jsou chrupavčité destičky, které od C2 po kost křížovou propojují konečné plošky těl presakrálních obratlů. Představují synchondrózy páteře. Destiček je o jednu méně než obratlů, takže jich je 23. Je tomu tak, protože mezi C1 a C2 disk není. První destička se objevuje mezi axis a C3, poslední jsou pak mezi L5 a S1. Rozměry disku se řídí pokaždé podle rozlohy těl vedlejších obratlů. Celková výška veškerých destiček znázorňuje pětinu až čtvrtinu celé délky páteře. Mocnost disku je v různých výškách odlišná, a také se může měnit v rámci jednoho disku. Nejsilnější disky se nachází v oblasti mezi lumbálními obratli a nejslabší disky se objevují ve vrchní úrovni hrudní páteře.

Vazivová chrupavka tvoří každou destičku. Všechny destičky mají dvě součásti:

- anulus fibrosus - zevní část, která formuje prstenec kruhově probíhajících lamel kolagenní chrupavky. Její vlákna se pohybují pod daným úhlem a jsou nasměrována daným směrem. Křížící se vlákna pod úhlem 30° jsou vlákna vedlejších lamel (podle úrovně páteře). Vnější vlákna disků navyšují pevnost díky tomu, že se kříží kraniokaudálně.
- nukleus pulposus - vnitřní část. Nukleus pulposus představuje rozsáhlé pružné jádro z mukoidního materiálu v době po narození. Tato hmota se s věkem mění na kolagenní chrupavku, a tím se stává jádro méně rozeznatelné od okolního fibrozního prstence. Nukleus pulposus zahrnuje buňky chorda dorsalis, které se ale vytráčí po první dekádě života. Nekompresibilní mok jádra vytváří určité ložisko, kolem kterého se nahýbají obratle při pohybech páteře.

1.4.2 Articulationes intervertebrales - meziobratlové klouby

Meziobratlové klouby, neboli articulationes intervertebrales (zygapophysiales), se nacházejí mezi processus articulares. Podle oddílu páteře mají kloubní plošky i různou formu. Charakter a velikost pohybů v určité úrovni páteře jsou určovány formou kloubních plošek společně s výškou intervertebrálního disku.

Kloubní pouzdra jsou spojena s konci kloubních plošek, dále jsou slabá a volná. Nejvíce volná jsou kloubní pouzdra v úseku krční páteře. Naopak nejpevnější jsou kloubní pouzdra na úrovni hrudní páteře. Ligamenta flavea se mediálně dotýkají pouzdra. Meniskoidní formy synoviální membrány srovnávají neshodné (inkongruentní) zakroucení kloubních plošek a vybíhají z pouzdra skoro do všech kloubů. (4)

Kraniovertebrální spojení představuje soustavu articulatio a ligament propojujících os occipitalis s atlasem a s axis:

- articulatio atlantooccipitalis - propojuje os occipitalis s atlasem. Je to párové skloubení kloubních výběžků os occipitalis s jamkami na atlasu. Kloubní výběžky na os occipitalis představují hlavice kloubů.
- articulatio atlantoaxialis mediana - představuje kloubní spojení, které se nachází mezi dnem axis a předním obloukem atlasu. Díky tomu, že je kloubní pouzdro dostatečně volné, může se atlas otáčet kolem zubu čepovce. Tohle skloubení je posíleno a doplněno pár ligamenty. Např. ligamentum cruciforme atlantis (křížový vaz atlasu), ligamentum transversum atlantis (příčný vaz atlasu), ligamenta alaria.
- articulatio atlantoaxialis lateralis - proc. articulares C1 a C2 jsou propojeny pomocí těchto párových kloubů. Taktéž jako u articulatio atlantoaxialis mediana, mají i tyto párové klouby volné pouzdro a atlas se díky tomu může otáčet vůči axis.

1.4.3 Ligamenta - vazivový aparát

Ligamenta páteře obsahují dlouhé vazy, které longitudinálně upoutávají celou páteř. Dále obsahují krátké vazy, které propojují výběžky a oblouky vedlejších obratlů.

a) Dlouhé vazy páteře

Mezi dlouhé vazy páteře řadíme:

- Ligamentum longitudinale anterius - přední podélný vaz. Od předního oblouku atlasu až na kost křížovou po přední části páteře jsou propojena těla obratlů pomocí tohoto vazy. Přiléhá k tělům obratlů více než k disci intervertebrale. Dále pokračuje tento vaz jako ligamentum sacrococcygeum anterius (ventrale) po os sacrum až na os coccygis.
- Ligamentum longitudinale posterius - zadní podélný vaz. Od os occipitale až na os sacrum, po přední části páteřního kanálu, tudíž po zadní ploše propojuje těla

obratlů. Přiléhá opačně než ligamentum longitudinale anterius, pevněji k disci intervertebrale než k tělům obratlů. Po přední části sakrálního kanálu až na zadní část obratlů v úrovni kostrče pokračuje tento vaz jako ligamentum sacrococcygeum posterius profundum (dorsale profundum).

- Ligamentum sacrococcygeum posterius superficiale (dorsale superficiale) - vaz, který zakončuje hiatus sacralis. Rozprostírá se vprostřed po zadním povrchu os sacrum, od crista sacralis mediana přes cornua sacralia na cornua coccygea a os coccygis.

b) Krátké vazy páteře

- Ligamenta flava (ligamenta interarcualia) propojují oblouky obratlů. Vyznačují se elastickým vazivem. Při flektování páteře se tyto vazy natahují a také obohacují páteřní kanál.
- Ligamenta intertransversaria propojují příčné výběžky. Mezi processus costarii, tudíž v bederní části páteře, jsou ligamenta intertransversaria nejsilnější.
- Ligamenta interspinalia propojují trnové výběžky. Tvoří je odolné, tvrdé, nepružné vazivo. Při anteflexi páteře zajišťují restrikci rozvírání obratlových trnů.

V thorakální a lumbální části páteře prochází tento druh krátkých ligament nikoli jen mezi trny, nýbrž dorsálně od nich a jako zmohtnělý pruh se rozprostírají od trnů dolních cervikálních obratlů až po os occipitale. Tyto zmíněné pruhy se označují jako ligamentum supraspinale a jeho pokračování na os occipitale se nazývá ligamentum nuchae.

- Retinaculum caudale cutis je svazek vaziva, který se rozpíná od hrotu os coccygis ke kůži, která přiléhá. Foveola coccygea je povrchní jamka, která vzniká na kůži tažením tohoto svazku vaziva. (5)

1.5 Nestability páteře

Nestability páteře můžeme rozdělit podle doby, ve které je způsobena. Jsou to akutní, subakutní a chronické nestability.

Nenadále násilí, úraz, převážně způsobuje akutní nestability. Mezi akutní nestabilitou a chronickou nestabilitou je subakutní, což jsou nestability, které vznikají z již předchozích poranění. Např. to může být změna na obratli nebo spinálním úseku, rychlá progresse nádoru či zánětu, dále také nevhodné usedlé léčení zlomeniny v konsekvenci nerozpoznané akutní nestability. Chronické nestability můžeme exaktně charakterizovat pomocí

Kirkadly - Willsovou a Farfanovou Teorií katastrofy. Můžeme sem zahrnout všechny nestability zvolna progredující s urychlením příznaků, tudíž degenerativní nestability, posttraumatické kyfózy, spondylolistézu a deformity.

1.5.1 Diagnostika

Nejdříve se zajistí anamnéza, bolest a také lokální nález. Poté se nejčastěji provádí RTG, skoro ve všech situacích ve dvou projekcích. Dochází k nahrazení CT vyšetřením místo speciálních projekcí.

CT se dělá kvůli upřesnění a klasifikaci poranění. Spirální CT provádíme klasicky u pacientů, kteří jsou v bezvědomí.

Vyšetření magnetickou rezonancí nepatří ke standardním metodám, ale prozradí nám nejlépe pacientovo poranění vazivového aparátu.

Dále můžeme udělat vyšetření elektrofyzilogické (EMG), motorické vyšetření (MEP) či sensorické potenciály (SEP). (7)

1.5.2 Klasifikace zlomenin

Vývoj klasifikací začal již po první světové válce v roce 1929 ve Vídni, kdy Boehler podává jednu z prvních klasifikací. Charakterizuje primární příčiny poranění, jako jsou komprese, flexe, torze, extenze a stříh.

Vyvíjení se zdokonalovalo i po druhé světové válce, kdy se tvůrci pokoušeli popsat stabilitu páteře pomocí sloupců. V roce 1963 Holdsworth popsal první dvousloupcovou teorii, kde byla nestabilní zlomeninou označena ta, kde je poraněn zadní sloupec. V roce 1983 Denis rozčlenil páteř na tři sloupce.

Od roku 1994 je až do teď používána klasifikace Magerla a jeho spolupracovníků. Tato klasifikace se znovu vrátila k dvousloupcové teorii, kde přední sloupec představuje obratlové tělo a vše dorzálně od zadní kortikális obratlového těla tvoří zadní sloupec. Vyplývá z primárního systému AO klasifikace zranění skeletu a posuzuje tři nejdůležitější ohledy násilí způsobující mechanismus úrazu: distrakce, rotace a komprese, podle kterých se rozdělují do tří základních typů: (2)

- A typ - dochází ke kompresnímu poranění předního sloupce, zadní struktury jsou nedotčené

- B typ - představuje kompresní poranění předního sloupce jako u předchozího typu, které je doplněné ještě distrakcí (roztažení) zadního sloupce
- C typ - dojde k poranění předního sloupce a také poranění zadního sloupce rotací (8)

1.5.2.1 Zlomeniny torakolumbální úseku páteře

Typ A: poranění pouze předního sloupce

- impakce

Impakce krycí desky - nepatrná impakce do 5 stupňů. Naprosto stabilní zlomenina. Léčit se snažíme konzervativně trojbodovou ortézou.

Klínovitá impakce krycí desky - stlačení těla o více než 5 stupňů. Nedotčené jsou zadní struktury. Naprosto stabilní zlomenina. Někdy může vzniknout z tohoto poranění úrazová skolióza. Opět se toto poranění řeší konzervativně trojbodovou ortézou na 6-9 týdnů.

Kolaps obratlového těla - jde o frakturu, která je typická pro osetoporotickou páteř. Obratel má rybí podobu. Zadní kortikális a i zadní struktury jsou nedotčené. Tato zlomenina nepotřebuje chirurgickou léčbu.

- štěpné zlomeniny

Sagitální štěpná zlomenina - tato zlomenina je výjimečná, když se ukáže samostatně. Nejčastěji se objevuje jako součást burst zlomeniny se štěpnou linií. Léčba je opět konzervativní, protože fraktura je stabilní.

Koronální štěpná zlomenina - tenká čára trhliny v koronální rovině. Přední úsek není dislokovaný vpřed. Léčení zůstává konzervativní a jsou pacientovi navrhovány časté RTG kontroly kvůli posunu.

Frontální štěpná zlomenina (pincer neboli klešťová zlomenina) - tyto fraktury bývají běžné. Mohou být buď akutně stabilní či chronicky nestabilní, protože může vzniknout pakloub.

- tříštivé (burst) zlomeniny

Inkompletní burst - v tomto případě je poraněna je jeden úsek obratle tříštivou zónou. Objevuje se nejčastěji v horní úrovni obratle, jen velmi vzácně laterálně a vzácně v dolní polovině obratle. U této zlomeniny není štěpná linie jako u následujících skupin. Stabilita oproti ostatním klesá. Často se objevuje poranění meziobratlové ploténky.

Burst zlomenina se štěpnou linií (burst - split) - je téměř totožná jako předchozí zlomenina, ale objevuje se i štěpná linie v kontralaterální oblasti obratle. Stabilita opět klesá. Chirurgická léčba převažuje.

Kompletní burst (tříštivá) zlomenina - jde o kompletní roztržení obratlového těla s retropulzací úlomku do kanálu. Zvýší se i vzdálenost mezi pedikulama. Dochází k vertikálnímu rozšíření oblouku. Je indikovaná operační stabilizace.

Typ B: Poranění předního a zadního sloupce distrakcí

- zadní léze převážně vazivová (flekčně distrakční poranění)

U této zlomeniny, jde o zranění předního sloupce páteře typem A. Může také dojít ke zranění meziobratlové ploténky a zadního sloupce, kdy tento sloupec obsahuje zranění hlavně ligament. Nastane subluxace, a tudíž k poranění, které je nestabilní hlavně ve flexi. Také může dojít k dislokaci a připojí se i střížná nestabilita.

Spojená s příčným poraněním ploténky - dochází k odlomení drobného fragmentu z těla obratle. Zlomenina nestabilní hlavně ve flexi. Vždy je indikovaná operační léčba.

Spojená se zlomeninou typu A - kvůli flexi dochází ke zranění obratlového těla a k natržení až roztržení zadních vazivových struktur. Poranění těla je dosti podobné jako u předchozí situace, kdy bylo poranění spojené s příčným poraněním ploténky s tím rozdílem, že tato situace je rozšířenější. Opět se tato poranění řeší operací.

- zadní léze převážně kostní (flekčně distrakční poranění)

Příčná zlomenina procházející oběma sloupci - dochází k poranění jen kostí. Zlomenina je akutně nestabilní, ale po napravení (operace) kostí se docela dobře hojí

a nenastane chronická traumatická nestabilita. Můžeme tuto zlomeninu nazvat taky jako Chanceovu, podle autora, který ji jako první charakterizoval.

Spojená s příčným poraněním ploténky - relativně ojedinělá poranění. Dochází k lézi měkkých tkání, hlavně disku. Léčba je jedinec operací, protože když na to nedojde, tak se to přehoupne až do chronické traumatické nestability.

Spojená se zlomeninou typu A - obdobná zranění jako v předešlé skupině.

- přední disrupce disku (hyperextenční poranění)

V literatuře se vyskytuje toto poranění páteře jen ojediněle jako jednotlivé kazuistiky či menší komplet pacientů. Aby se objevil tento typ poranění, muselo by dojít k hrubému extenčnímu mechanismu, který musí být velké intenzity. Další z příčin může být nadváha. Toto zranění se řeší operací. (2)

„Typ C: Poranění předního sloupce plus zadního s rotací

- *poranění typu A spojené s rotací*

Např. klínovitá kompresní zlomenina s rotací, štěpná rotační zlomenina, rotační tříštivá (burst) zlomenina.

- *poranění typu B spojené s rotací*

Např. poranění spojené s rotací (flekčně distrakční rotační poranění), poranění spojené s rotací (flekčně distrakční rotační poranění), poranění s rotací (hyperextenční střížně rotační poranění).

- *rotační střížné poranění*

Např. střížná příčná rotační (slice) zlomenina, střížná šikmá rotační (oblique) zlomenina. “(2, s. 43, 44)

1.5.3 Příklady zlomenin

a) krční páteř

- fraktury C1

Jeffersonova fraktura - jde o zranění obratle C1, které má tříštivou formu. Velmi často dojde ke zlomenině obou stran, jak předního tak zadního oblouku atlasu. Ke zlomenině dojde při působení axiální síly na hlavu a kondyly os

occipitalis se rozlomí a roztlačí massae lateralis atlasu. Jen málokdy je tato zlomenina považována za nestabilní a je nutná chirurgická operace. Spíše se řeší konzervativně.

- fraktury C2

Katovská zlomenina (hangmann's fracture) - tato fraktura nastane nejčastěji silnou hyperextenzí na horní úroveň cervikální páteře, ve spojení s kompresí při autonehodách (dopravní nehody) či při skocích do mělčin. Nazývá se někdy také jako „zlomenina oběšence“, protože může vzniknout při oběšení. Jde o frakturu, kdy lomná čára prochází bilaterálně transverzálně přes istmický díl obratle a dojde tak k oddělení oblouku od obratlového těla. Zároveň je pokaždé doprovázena i poraněním disku C2/3. Fraktura je vždy pokládána za nestabilní, a proto je důležitá chirurgická léčba.

Fraktura zubu čepovce (dens axis) - tyto zlomeniny jsou nejčastější na úrovni horní cervikální páteře (C1 a C2). Celkově tvoří asi 10% veškerých zlomenin cervikální páteře. (8)

„Přehled klasifikací fraktur dnes axis:

Anderson - D'Alonzo (1974) podle lokalizace lomné linie:

typ I: zlomenina apexu dentu

typ II: zlomenina přes bázi dnes axis

typ III: zlomenina zasahuje tělo C2

Roy - Camille (1974) podle směru lomné linie:

typ A: přední šikmá lomná linie

typ B: zadní šikmá lomná linie

typ C: příčná lomná linie

White - Panjabi (1978) podle směru dislokace dentu:

typ A: přední dislokace dentu

typ B: zadní dislokace dentu

typ C: bez dislokace dentu“ (8, s. 16)

- fraktury subaxiální krční páteře (C3-7)

Představují zhruba 20-25% z veškerých zlomenin páteře. Ze zlomenin cervikální páteře jsou nejčastější. Vznikají hlavně při dopravních haváriích a také u sportovních nehod, jako třeba opět skoky do mělčin. Přibližně 25% těchto fraktur se obejde bez zranění neurologického. Ostatní poranění jsou doprovázené buď

kompletní nebo nekompletní kořenovou či míšní lézí. Při klasifikaci těchto poranění se používá nejvíce klasifikace Aebiho a Nazariana. (8)

„Klasifikace Aebiho a Nazariana (1987):

- A. postižení přední části obratle (obratlové tělo, meziobratlová ploténka)*
- B. postižení zadní části obratle (meziobratlové klouby, oblouk, trnový výběžek)*
- C. kombinované postižení přední a zadní části obratle (celý obratel)“* (8, s. 20)

b) hrudní a bederní páteř

Tyto zlomeniny jsou úplně nejčastější, představují 60-65% všech zlomenin. Z toho 65% zlomenin se objevuje v oblasti torakolumbálního přechodu, tudíž Th11, Th12 a L1 obratel. Důvod, proč je více zranění v této oblasti je ten, že hrudní část páteře je zpevněná hrudním košem a pokračování na bederní páteř už zpevnění chybí. Bederní páteř je mobilní, zatímco hrudní páteř je rigidní. Většinu těchto zranění způsobí pád z výšky (40-60%) a dopravní nehody (25-40%).

Tato poranění se klasifikují podle již zmíněné AO klasifikace podle Magerla. (8)

2 VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE

Velmi podstatné objevení „paprsků X“ je často srovnáváno s objevením výpočetní tomografie (computed tomography, CT) ve vztahu k medicínské důležitosti.

Za posledních pár let se stala výpočetní tomografie, běžnou vyšetřovací metodou přístupnou v podstatě v jakémkoli nemocničním zařízení v ČR. V mnoha situacích se tato metoda využívána v přednemocniční péči v ambulantních zařízeních.

Jedná se o dynamický postup, který nám umožňuje konat dynamická 4D a virtuální 3D vyšetřování, díky vynikající trojrozměrné diferenciací schopnosti. (9)

2.1 Základní princip CT

Metoda výpočetní tomografie užívá schopnost odlišně se vstřebávat v tkáních s rozdílnou strukturou, což je schopnost rentgenového záření. Z rentgenky vychází svazek paprsků, který je vycloněn do vějířovitého tvaru a jeho šířka nám udává šířku, kterou bude mít zobrazovaná vrstva. Na detektory doléhá zeslabené záření. Na detektorech je toto záření zaznamenáno a dále převedeno na signál elektrický. Elektrický signál je poté poslán,

aby se mohl zpracovat do výkonného PC. Jedná se o tomografický postup - celkové vyšetření je složeno z velkého počtu přilehlých vrstev (skenů), které mají šířku o velikosti 1-10mm. Systém detektory - rentgenka, které jsou dohromady nastálo sjednoceny, se v průběhu pořízení jedné vrstvy otočí o 360° okolo pacienta. Není to tak u všech, jelikož některé přístroje mají na pevně dané detektory po celém obvodu kruhu a otáčí se jen rentgenka. Rotační doba je cca 1-2 sekundy. Detektorů bývá obvykle zhruba 800-1200 a každý tento detektor má schopnost zaměřit stovky dat (zhruba 700-1440 měření). Počítač pak rekonstruuje obraz té dané vyšetřované vrstvy z těch dat, které se získaly. V současné době se vyrábí přístroje, které mají více řad detektorů a to umožňuje rychlejší vyšetření. (9) (10) (11)

Tabulka 1Denzity některých tkání

Druh tkáně	Denzita
Kosti, kalcifikace	>85 HU
Sražená krev (koagulum)	65-85 HU
Měkké tkáně, parenchymóé orgány	27-70 HU
Tekutinné útvary (likvor, moč, žluč)	0-15 HU
Tuk	-40 až -120 HU
Vzdušná plíce	-800 až -900 HU

(Zdroj 9, s. 42)

Intenzitu vstřebávání rentgenového záření můžeme v CT vyjádřit matematicky pomocí Hounsfieldových jednotek (HU), hodnotách denzity. Znárodnované tkáně nebo materiál s rozlišným složením mají denzity, které jsou stanoveny a zobrazeny na Hounsfieldově škále v rozmezí od -1000 HU po +3096 HU. Hodnota +1000 HU je hodnota denzity kortikalis kosti, -1000 HU je denzita vzduchu a 0 HU denzita vody. Při vlastním vyšetření musíme spolupracovat s určitou šíří denzit a s jejich středem, protože naše lidské oko rozezná jenom 16 odstínů šedi a v konečném úseku jsou tkáně v analogové formě znárodnovány hlavně ve stupnici šedi. Používáme různá „okna“ při odlišných vyšetřeních, např. plicní, kostní, měkkotkáňové. Kvůli denzitám různých

tkání potřebujeme upravovat obrazy a nastavení vyšetřovacího okna, např. při vyšetřování plic a mediastina. (9) (12)

Samotné vyšetření probíhá tak, že se nejdříve vyhotoví topogram, digitální obraz vyšetřované části těla. Ležící pacient projede otvorem, který je v gantry, na pojízdném stole a během tohoto pohybu se rentgenka ani detektory nepohybují. Poté se naplánuje rozpětí vyšetření na zhotoveném snímku nebo také sklon gantry. Poté přichází vlastní vyšetření, které se provádí buď spirální technikou, nebo konvenční technikou, podle toho, co nám přístroj umožňuje. U těchto technik jsou výsledkem vrstvy obrazů, které jsou pouze hlavně v axiální rovině. Můžeme z nich dále zhotovit rekonstrukce v jakékoli rovině nebo 3D, protože je jich vytvořeno několik desítek těsně vedle sebe. (10)

Vyšetřovací pohyblivý stůl s ležícím pacientem se posune o danou vzdálenost a postupně se vytvářejí jednotlivé vrstvy. Obvykle je posun stolu stejně velký jako je šířka vrstvy a díky tomu se pokryje veškerá vyšetřovaná oblast. Na tomto principu funguje konvenční CT vyšetření.

Spirální CT vyšetření funguje tak, že se veškerá vyšetřovaná oblast zachycuje v průběhu plynulé expozice, kdy se stůl s pacientem pomalu posouvá otvorem v gantry. Ze získaných, na sobě navazujících dat celkové vyšetřované části, může počítač zrekonstruovat obrazy dílčích vrstev. Výhodou této spirální techniky je zaručenost zaznamenání veškerého objemu oblasti zájmu, kratší vyšetřovací doba a i s nižší dávkou lze zachytit překrývající se vrstvy. Po intravenózním podání kontrastní látky můžeme při tomto vyšetření provést CT angiografii. (10) (13) (14)

2.1.1 Pracoviště CT

Pracoviště pro výpočetní tomografii se skládá z:

- obslužný posuzovací a vyhodnocovací stůl (konzola)
- gantry - vyšetřovací tunel, součástí gantry je i posuvný stůl, v gantry jsou uloženy také rentgenka a detektor
- přídavná zařízení - např. EKG, obrazovka
- tlakový injektor
- anesteziologický přístroj
- pracovní stanice

2.2 Multidetektorová výpočetní tomografie (MDCT)

Díky této technice akvizice dat, můžeme současně získat více než jen jednu datovou stopu. Mnohdy se setkáváme s 16-64 datovými stopami, může to být ale také 4-320 datových stop. Postup je založen na principu otáčení rentgenky a detektorů kolem ležícího pacienta. Obvykle má přístroj řadu detektorů a jednu rentgenku. Nutnost upravení rozbíhavosti paprsků je u hodně širokých řad detektorů. Soustavy detektorů fungují na základě matice, která má stejnou velikost elementů. Nebo jsou detektory technicky rozdílně upravené, širší periferně a jemnější centrálně. Dvouzdrojové přístroje se odlišují od běžných přístrojů tím, že v gantry mají dvě soustavy s detektory a také dvě rentgenky pod úhlem cca 90°. Také jsou schopné získávat data s dvojitou energií záření. Součástí hybridních přístrojů, např. PET/CT, SPECT/CT, je také MDCT. (15) (9)

2.3 Postprocessing

I poté, co odejde pacient, můžeme vyšetření úplně dodělat a doplnit o mnoho navazujících obrazů. U CT přístroje je konzole, na které se toto přímo dodělává. Nebo je možnost složitěji sestavují na „work station“ (pracovní stanice), které jsou většinou komponentem CT přístrojů. Multiplanární rekonstrukce (MPR) představují primární metody. O pořízení obrazů v kostním okně či o přepočítání obrazů, aby byly na větší přehledné vrstvy, jde při postprocessingovém vypracování vlastního vyšetření. Podstatou vyšetřovací metody jsou pracovní stanice, které mají obvykle komplikovanější softwarové zařízení, aby mohly zpracovávat 3D nebo 4D obrazy. Tyto obrazy může vyhotovit lékař radiolog či radiologický asistent, který je na tuto práci klasifikovaný a je to dohodnuté na pracovišti. Specializovaná vyšetření, cévní vyšetřovací metody, 3D rekonstrukce skeletu či perfuzní vyšetření patří mezi postprocessingové dodělávané vyšetřovací metody, které jsou složitější. (9)

2.4 Výhody a nevýhody

Výhodou CT je možnost okamžitého vyšetření po nehodách, kdy jde vidět čerstvé krvácení. Další výhody jsou, že CT přístroje jsou přítomny na mnoha pracovištích, čekací doba není tak dlouhá jako u MR, samotné vyšetření trvá pár minut nebo dokonce v některých případech i pár sekund. Tudíž je vyšetření velmi rychlé. Další velkou výhodou je fakt, že pomocí CT můžeme znázornit a rozpoznat měkké tkáně, které jsou méně kontrastní. Je to hlavně kvůli tomu, že scintilační detektory zaznamenávající rentgenové záření, jsou hodně

vnímavé a citlivé. A údaje, které poté podávají, jsou velice svižně zpracovávány počítačem, který tyto údaje formuluje jako hodnoty absorpčních koeficientů. To zvětšuje správnost vyšetření. CT vyšetření oproti RTG vyšetření je sice nákladnější a pacient dostane větší dávku, ale na druhou stranu nám poskytuje detailnější informace a na jednotlivých řezech při CT vyšetření můžeme vidět zvlášť rozdělené všechny orgány. (16) (11)

Ale má i své nevýhody. Vyšetření je nákladné na cenu. Výsledný kontrast není dostačující, a proto nevidíme různé patologie. Relevantní nevýhoda je i podání kontrastních látek, protože na ně může mít nějaký pacient alergii. Na druhou stranu ne všechny vyšetření potřebují nutně KL. (16)

2.5 Generace CT přístrojů

CT přístroje třídíme do pěti generací s ohledem na technické vyvíjení.

„1. generace: RTG záření z rentgenky bylo kolimováno do tenkého svazku (válcového „tužkového“ tvaru) a po prozáření pacientem detekováno protilehlým jedním detektorem rotujícím spolu s rentgenkou.

2. generace: X-záření z rentgenky je kolimováno do tvaru vějíře a po průchodu pacientem je detekováno větším počtem detektorů umístěných v jedné řadě na kružnicové výseči naproti rentgence, rotující spolu s rentgenkou, což značně urychlilo vyšetření.

3. generace: X-záření z rentgenky je kolimováno do tvaru širšího vějíře podobně jako u 2. generace, avšak prošlé záření je detekováno velkým množstvím detektorů umístěných na kruhovém oblouku ve více řadách, snímá se současně více řezů - multi-slice CT. Pokračováním přístrojů 3. generace jsou níže popsány spirální vysokorychlostní multidetektorové systémy MDCT.

4. generace: Detektory jsou uspořádány stacionárně do úplného kruhu (prstence, resp. několik prstenců ležících vedle sebe) kolem pacienta, přičemž rotuje jen rentgenka.

5. generace: Kardio-tomograf s elektronovým svazkem - Electron Beam CT (EBT).“ (17, s. 45, 46)

2.6 Indikace

Indikace k vyšetření pomocí CT jsou rozšířené a začleňují v podstatě skoro všechny partie těla a veškeré skupiny diagnóz. Eliminace či ověření přítomnosti výskytu tumorů a stážování tumorů představují nejčastější indikace k vyšetření CT. Akutní vyšetření CT se provádí u traumat páteře, lebky, hrudníku nebo břicha a také cévní mozkové příhody. Vyšetření u CMP se provádí hlavně kvůli eliminaci nebo potvrzení krvácení. Pomocí CT můžeme také uskutečňovat diagnostické biopsie a terapeutické drenáže tekutinových kolekcí.

2.7 Kontraindikace

U tohoto vyšetření neexistují žádné absolutní kontraindikace. Těhotenství může představovat relativní kontraindikaci. (10)

2.8 Kontrastní látky

U nativního vyšetření pomocí CT je způsobilost denzitního rozpoznání velice často nízká a nedostačující. Jako u jiných rentgenových vyšetření, je i u CT nutná aplikace kontrastních látek, abychom zdůraznily denzitní odlišnosti, např. jasnější rozlišení cév od ostatních struktur. Dále také rozdílné sycení patologických změn v tkáních a normálních tkání. Nejčastěji a běžně používané látky u CT jsou intravenózně aplikované nefrotropní jodové kontrasty. V určitých situacích je ale možnost použít i širokou řadu jiných KL. Podle způsobu podání dělíme KL na intravaskulární, intrakavitální, perorální a intrathekální.

- perorální podání kontrastní látky

Izodenzní kontrastní látky používáme při vyšetření trávicího traktu jak u dětí tak u dospělých, protože neobsahují bubliny CO₂. Tyto kontrastní látky mají nízkou denzitu. Při vyšetření je rozdíl denzit mezi kontrastní látkou, stěnou trávicího traktu a orgánů v okolí dostatečný, ale nevznikají artefakty na rozhraní dvou prostředí. Podstatnými výhodami izodenzních KL jsou nízké náklady, dobrá snášenlivost pacienty a eventualita použití při podezření na krvácení do trávicího traktu či dutiny břišní. Mezi izodenzní kontrastní látky řadíme např. vodu, metylcelulózu a HP-7000. (17)

Hyperdenzní kontrastní látky mohou být jak jodové, tak i baryové. Aby bylo vyšetření kvalitní, je zapotřebí vypít 1000 až 1500ml kontrastní látky v intervalu zhruba

1 doušek za 10 sekund. Jodové kontrastní látky musíme ředit v poměru asi 10-20ml na 500ml vody. Baryové KL pro CT vyšetření jsou lepší než jodové kvůli homogenitě střevní náplně, protože při použití baryových KL je homogenita vyšší než u jodových KL. (18)

2.9 Příprava pacienta

Před CT vyšetřením se standardně dělá příprava pacienta. Každý pacient musí vyplnit dotazník.

Dále by měl pacient vědět tyto věci:

- být minimálně 6 hodin nalačno
- vyplnit informovaný souhlas
- podat všechny informace - závažná onemocnění, alergická anamnéza, kvalita renálních funkcí
- pokud má alergii na kontrastní látku, bude před vyšetřením premedikován, popřípadě se povolá k vyšetření anesteziolog
- anesteziolog je také přítomen u vyšetření, jestliže je pacient neklidný a nevydrží se nehýbat nebo nespolupracuje, např. děti
- zajistit kvalitní žilní přístup, nejlépe na pravé nebo levé horní končetině
- sejmout kovové předměty v oblasti zobrazení, odložit oděv, který by bránil kvalitnímu zobrazení
- odstranit odnímatelnou zubní protézu
- pokud by byla potřeba další osoby v místnosti, musí se to zapsat do deníku a osoba potvrdí podpisem souhlas se svým ozářením; musí být ale řádně chráněná před ozářením minimálně podle požadavků pro ochranu pracovníků kategorie A (9)

3 MAGNETICKÁ REZONANCE

Zobrazování pomocí magnetické rezonance je metoda založená na chování jader atomů v silném magnetickém poli. Radiofrekvenční elektromagnetické pulsy dodávají do tkání v silném magnetickém poli energii a ovlivňují orientaci magnetických momentů jader atomů v tkáních. Po skončení radiofrekvenčního pulsu se ovlivněná jádra atomů stávají na krátký okamžik zdrojem slabého elektromagnetického signálu a tento signál je zaznamenáván a využíván ke konstrukci obrazu pomocí matematických transformací.

Magnetická rezonance umožňuje zobrazit měkké tkáně podrobně a detailně, znázornit bez aplikace kontrastní látky mozkové arterie, vyšetřování v libovolně orientovaných a nejdůležitější je, že tento typ vyšetření je bez ionizačních účinků. (14) Dále umožňuje vyšetření pomocí speciálních postupů jako např. funkční MR mozku, MR spektroskopii a difúzi.

3.1 Teorie MR

Teorie magnetické rezonance pojednává o problematice kvantové fyziky, proto je tak složitá. Aby tato teorie byla lépe srozumitelná, přesouváme se z kvantové fyziky do klasické mechaniky a zjednodušujeme tak i některé pojmy. Vektor je nejnámější a nejpoužívanější. V teorii magnetické rezonanci se vektor používá pro orientaci a velikost magnetického pole. Graficky se značí vektor šipkou.

Magnetické pole se tvoří kolem všech elektricky nabitých částic, které se pohybují, tedy i v okolí elektrického proudu. Velikost magnetického pole se změní, pokud se změní velikost elektrického proudu. Magnetické pole je charakterizováno vektorem, má tedy určitou velikost i směr.

Platí i opačný efekt. Elektrický proud se indikuje ve vodiči, pokud v jeho okolí dochází ke změně magnetického pole. Elektrický proud vzniká v přijímací cívce, když se změní magnetický moment (pole) v MR přístroji.

Spin je pohyb protonů, které neustále rotují kolem své vlastní dlouhé osy. Protony jsou kladně nabitě částice. Tyto protony a také neutrony tvoří atomová jádra. Magnetický moment nulový mají atomová jádra, která mají sudé A (nukleonové číslo). Naopak ta jádra, která mají počet A lichý, vykazují vlastní magnetický moment. Zástupce, jehož jádro tvoří jenom jeden proton a je pro nás nejdůležitější, představuje vodík. 2/3 lidských tkání obsahují vodík. Vodík má magnetický moment poměrně silný a dá se dobře naměřit. Tkáně se navenek jeví magneticky neutrální, protože jsou osy protonů v lidské tkány rozmístěny a orientovány náhodně a jejich magnetické momenty se vzájemně ruší.

Uspořádání protonů do řady tak, aby byly paralelně se siločarami magnetického pole, je zajištěno umístěním protonů do silného vnějšího magnetického statického pole B_0 . Některé protony jsou poloze paralelní a některé protony jsou naopak v antiparalelní poloze, což znamená, že jsou převrácené o 180° . Množství protonů, které jsou v poloze paralelní,

je o trochu větší a tvoří velice malé magnetické pole. Jednotka Tesla (T) je značkou pro intenzitu B_0 .

Precese je rotační pohyb osy spinů po plášti kužele, ke kterému dochází v silném magnetickém poli. Protony neprovádí rotaci synchronně. Znamená to, že pokud bychom mohli protony v jednom okamžiku zastavit, tak by se nenacházeli na stejném místě kruhu. Na intenzitě magnetického neměnného pole závisí frekvence precesního pohybu a také na prvku, jehož jádro precesi vykonává. (19) (13) (9) (20)

Matematicky se dá tento vztah vyjádřit pomocí Larmorovy rovnice:

- „ $\omega = \gamma \cdot B_0$, kde ω je rychlost otáčení, B_0 síla magnetického pole a γ gyromagnetická konstanta“ (20, s. 8)

Jako extrémně malá, skoro neprokazatelná, se jeví intenzita magnetického momentu spinů v antiparalelní a paralelní poloze oproti siločarám B_0 . My ho můžeme detekovat, pokud dojde ke změně protonového rozložení, a tak dojde i k tomu, že siločáry B_0 budou mít jiný směr než vnější magnetický moment. Pomocí vysokofrekvenčního elektromagnetického impulzu (radiofrekvenční impulz) přidáme protonu zvenčí energii, a tím změním rozlohu. Při této změně dojde k excitaci, kdy se odkloní proton o 90° nebo 180° (tzv. překlopení spinu) a získá více energie. Tento jev je základem pro podélnou magnetizaci. (20) (13) (10)

Radiofrekvenční impulz musí mít svou frekvenci znovu shodnou s Larmorovou rovnicí, jinak by nedošlo k přijetí energie protony. Tomuto jevu se říká tzv. rezonance. Kvůli působení radiofrekvenčního impulzu se zahájí precese protonů současně (ve fázi). Magnetické momenty se budou zobrazovat ve stejném směru.

Vysokofrekvenční pulz má tedy efekt na precesní pohyb, ten se stává synchronní a nastává tzv. příčná magnetizace. Naopak podélná magnetizace se zmenšuje. (20)

Proton, který byl excitovaný, se navrátí do původního stavu, hned když skončí působení radiofrekvenčního impulzu. Dojde k desynchronizaci neboli rozfázování, pohybu precesního. Tomuto fenoménu říkáme relaxace. Doba tohoto jevu je poměrně delší, než bývá doba excitace. V oblasti blízkých okolních tkání se absorbuje elektromagnetické záření, které vydává proton. Z příčné magnetizace se uvolňuje energie pozvolně a intenzita se snižuje exponenciálně. V cívce se poté mění elektromagnetická energie na energii,

kteřá je elektrická a ta se dále hodnotí a měří. (9) „Echo znamená v podstatě příjem signálu magnetického momentu v relaxaci.“ (9, s. 48)

„Magnetizace v podélné ose, která byla předtím utlumena, se vrací do normálu. Doba, za kterou se to stane, se nazývá čas T1. Prakticky lze obtížně změřit přesně dobu uvedení do normální magnetizace, proto se stanoví, že doba T1 (T1 konstanta) je čas, za který podélná magnetizace dosáhne 63% původní velikosti.

Rotace v transverzální rovině naopak zaniká, dochází k desynchronizaci pohybu, k tzv. rozfázování. Doba návratu do normální podoby (tedy rozfázování, desynchronizace) je potom podstatou času T2. V praxi se opět stanoví, že doba T2 je čas, kdy příčná magnetizace klesne na 37% původní hodnoty. Tyto základní fenomény relaxace jsou podstatnou nejběžnějších sekvencí: spin-echo (SE).“ (20, s. 10)

Sekundární gradientní pole používáme při diagnostickém znázornění u určování poloh každého z protonů v 3D rozměru. Do základního statického magnetického pole jsou uloženy gradientní pole, ve třech rovinách, které jsou na sobě vzájemně kolmé. Změny síly B_0 můžeme dosáhnout zapnutím těchto gradientních cívek. Dojde k tomu, že síla B_0 nebude v žádném místě 3D rozměru stejná. Úroveň řezu a rozsah vrstvy jsou dány gradientními cívkami. Síla statického magnetického pole je podstatně větší než síla gradientního magnetického pole. Síla tohoto gradientního magnetického pole se měří v mT. Délku vyšetření ovlivňuje rychlost, kdy působí gradientní pole. Lepší rozlišení a svižnější zápis dat umožňuje síla gradientního pole. (9)

3.2 MR sekvence

Pro získání MR signálu používáme řadu sekvencí, lze je rozdělit na dvě základní velké skupiny: sekvence spinového echa a gradientního echa. (9)

3.2.1 Gradient echo (GE) sekvence

Gradienty inverzní polarity jsou používány k defázaci a následující refázaci v GE sekvenci. Nedochozí k vyrovnání nehomogenit pole magnetického vzhledem k tomu, že 180° puls refokusační není přítomen, a sekvence je T2* vážená. Kvůli tomu se v oblasti na rozhraní tkání, kde je odlišná susceptibilita, objevuje větší množství artefaktů. To se nejvíce ukazuje ztrátou signálu a distorzí znázorněné anatomické stavby. Toto je prospěšné při detekci vápenatění (kalcifikací) a detekci malých hemoragických lézí.

3.2.2 Spin echo (SE) sekvence

Tato SE sekvence se sestává z 90° pulzu excitačního, po kterém následuje 180° refokuzací pulz po čase $TE/2$. 180° refokuzací pulz vyvolá v čase TE vznik echa. SE sekvence jsou T2 vážené díky tomu, že defáze, která vznikla stálými nehomogenitami pole, je vyrovnána 180° pulzem. Kdyby tomu tak nebylo, byla by SE sekvence T2* vážená jako je GE sekvence. Během jednoho rozboru se častokrát opakuje perioda 90° excitačního pulzu, který následuje 180° refokuzací pulz. Umožňuje naměřit signál T1, T2 a PD vážený. (21)

Tabulka 2MR sekvence

1.	T1 v.o.	krátké TR i TE
2.	T2 v.o.	dlouhé TR i TE
3.	PD	dlouhé TR a krátké TE

(Zdroj 20, s. 16)

T1 vážený obraz (T1 v.o.) má např. TE 20ms a TR 500ms, proto ho označujeme jako krátká SE. Solidní tkáně se zobrazují světlejší barvou než tekutiny u T1 v.o. Síla signálu jsou obdobné echogenitě ultrasonografie. A naopak T1 obrazy se shodují s CT, ale mnohdy se zamění hypersignální tuk za kost. Tato sekvence se používá nejčastěji k přesné anatomické verifikaci. Značný nedostatek tohoto zobrazení představuje překrytí edému s fyziologickými tekutinami.

- „tekutina (likvor, moč, žluč) je tmavá - hyposignální
- tuk je bílý - hypersignální
- solidní tkáně (např. mozek) světlejší - lehce hypersignální
- kalcifikace, proudící krev, kompakta - asignální“ (20, s. 16)

T2 vážený obraz (T2 v.o.) má např. TE 90ms a TR 2000ms, proto se jedná o dlouhou SE. Platí, že T2 obrazy zobrazují tekutiny světlejší než solidní tkáně.

Užívají

se T2 sekvence, které jsou zrychlené, např. FaSE, protože normální T2 sekvence jsou moc dlouhé. Někdy mohou tyto normální sekvence trvat až 8minut. T2 v.o. představuje nejdůležitější výhodu v detekci edému, protože jsou senziblnější

v rané detekci vody. Oproti T1 v.o. neslouží T2 v.o. k posuzování anatomických struktur, ale je mnohokrát lepší v hodnocení tkáňových rozhraní.

- „tekutina (likvor, moč, žluč) je bílá - hypersignální
- tuk je šedý - izo až hyposignální
- solidní tkáně jsou tmavé - hyposignální
- kalcifikace, proudící krev, kompakta - asignální (20, s. 16)

PD - proton denzitní obrazy je komponentem T2 sekvence. PD má TE asi 20ms a TR 2000ms. Signály těchto obrazů závisí nejvíce na hustotě protonů vodíku. T1 a T2 obrazy se používají častěji než proton denzitní obrazy. Uplatnění PD využíváme převážně u vyšetřování velkých kloubů a mozku. (15) Dále se využívají při hodnocení muskuloskeletálního systému ve spojení se sekvencemi STIR, které potlačují signál tuku.

- „tekutina je spíše tmavě šedá
- tkáně s vyšším obsahem vody (šedá hmota mozková) tmavší než ostatní (např. bílá hmota) (20, s. 16)

3.2.3 Inversion recovery (IR)

Inversion recovery představují sekvence, které jsou speciální. Jde o verzi T1 vážené sekvence. Při této sekvenci využíváme převrácený postup, kdy se nejdříve použije pulz 180° a pak se použije 90° pulz. Inversion time je označení pro dobu mezi těmito pulzy v IR sekvenci. Nejvíce používané typy této sekvence jsou STIR, kde je potlačen signál tuku, a FLAIR, kde jsou potlačeny signály vody. Tyhle potlačené signály jsou poté markantně hyposignální až asignální, tudíž černé.

STIR potlačuje signál tuku. Tato sekvence je velmi důležitá pro vyšetření velkých kloubů a páteře. Celkově je důležitá při diagnostice muskuloskeletálního systému. Díky této sekvenci se zvýrazní patologická ložiska, která se zobrazí bíle na pozadí černého tuku, protože obsahují významné množství vody.

FLAIR potlačuje signál vody. Asignálně se zobrazují likvor a i další tekutiny. Využívání této sekvence se objevuje hlavně v diagnostice patologií mozkových, např. při diagnostice RS (roztrošená skleróza), kde se jeví plaky tohoto onemocnění jako hypersignální. na T2 v.o. nelze dobře odlišit likvor a pár patologických ložisek, protože se projevují jako hypersignální. Jestli se objeví na FLAIR sekvenci ložisko, které je

hypersignální ale tmavé, tak to znamená, že jde o starší ložisko, které obsahuje likvor či další jiné tekutiny. (20)

3.3 Tvorba MR obrazu

Na volbě vrstvy nebo na kódování prostorových souřadnic závisí celá technika zobrazení.

Směr zobrazení roviny transverzální, koronární a sagitální (x, y a z) nebo jakékoli libovolné jiné je umožněno pomocí gradientních cívek. Dále pomocí gradientních cívek můžeme vymežit mocnost vrstvy.

Získaná data jsou matematickými transformacemi převedena na obraz. Fourierova transformace znázorňuje hlavní článek. Tato transformace je matematický postup, který přepočítává signály různých frekvencí, fází a intenzit ve 3D rozměru lidského těla na 2D obraz tkání. (20)

Signály, které jsou vyzískány z vyšetření, se soustřeďují v paměti stroje ve virtuálním prostoru, který se nazývá K-prostor. (14) Nejcenější data jsou přítomna ve středu K-prostoru, na periferii jsou data nesoucí informaci o jemných detailech obrazu, tedy méně významná. Pomocí nových metod se významně zkrátí vytvoření a rekonstrukce obrazu, protože tyto metody zrychlují náběr dat K-prostoru, nebo umožní dopočítání části dat K-prostoru, aniž by musel být naměřen celý. (15) Z kontrastu a z prostorového rozpoznání detailů se posuzuje vzniklá kvalita MR obrazu. Na vnějších a vnitřních podmínkách záleží finální obraz. (14) (9)

- Vnější podmínky:
 1. Hodnoty TR a TE. Sílu signálu upravíme tím, že změníme hodnoty TR a TE. Amplituda signálu klesá, jakmile klesá i TR.
 2. Velikost magnetického statického pole. Velikost šumu stoupá lineárně, ale síla signálu stoupá s druhou mocninou B_0 . Čím je větší homogenita B_0 , tím se zobrazuje obraz kvalitněji, proto je homogenita B_0 velmi důležitá. Proto se provádí kontrola a i úprava homogenity při každé revizi přístroje.
 3. Velikost tloušťky a matice vrstvy. Z voxelů a pixelů se sestává nejen CT obraz, ale i MR obraz. Voxel představuje nejdrobnější objemovou složku, kterou

můžeme v 3D obraze izolovaně zobrazit. Pixlem nazýváme 2D zobrazení voxelu. Platí, že čím je rozsah voxelů menší, tím se zobrazí lépe detail obrazu, ale šum naopak stoupne a kvalitu zobrazení sníží. Malá šířka vrstvy směřuje také ke zvětšení šumu, ale k růstu kvality diferenciaci. Při nejčastějších vyšetřeních se užívá šířka 3-6mm, s moderními sekvencemi lze dosáhnout i submilimetrového rozlišení.

4. Množství excitací. Získání kvalitnějšího obrazu zajistíme tím, že máme větší množství excitací. Tím se protáhne doba vyšetření, což je nevýhoda. Několika sekundová sekvence single-shot znamená, že po jednom excitačním pulsu je načtený celý jeden K-prostor. S rostoucí rychlostí klesá kvalita zobrazení. (9) (13) (20)

- Vnitřní podmínky:

1. Spinová hustota. Jedná se o množství protonů vodíku ve složce objemu. V tucích, ve vodě a v některých hydratovaných proteinech jsou protony vodíku nejvíce obsaženy. Na druhou stranu, minimální počet protonů vodíků obsahují kalcifikace, kovy a kompaktní kosti, tudíž nevydávají žádný signál. Intenzita signálu stoupá, čím vyšší množství volných protonů v jednotce objemu je. A dále je spinová hustota ovlivněna ještě statickým magnetickým polem. Vyšší množství aktivovaných volných protonů je tam, kde je větší statické magnetické pole.
2. Magnetická susceptibilita. Jde o schopnost materiálů ovlivňovat magnetické pole. Látky feromagnetické a paramagnetické mají susceptibilitu pozitivní, jelikož mají v obalu nepárové elektrony. Látky, které tvoří jen dočasné magnetické pole a tkáň se zmagnetizuje, se nazývají paramagnetické. Např. gadolinium, mangan, železo, desoxyhemoglobin a methemoglobin patří do skupiny paramagnetických látek. Naopak feromagnetické látky jsou ty, které tvoří trvalé magnetické pole. Ty látky, které mají v obalu sudé množství protonů a nedokáží tak tvořit magnetické pole, jsou látky diamagnetické.
3. Relaxační časy. V dílčích tkáních jsou relaxační časy různé. Jelikož spiny vodíku vázané v malých molekulách H_2O se otáčejí dlouho, mají fluidní struktury (moč, žluč, edém, likvor) více protáhlé relaxační časy. Látky, které

mají kratší relaxační časy, jsou ty, co obsahují velké množství bílkovin a tuku, protože setrvačný pohyb spinů vodíku ve vazbě v makromolekule je krátký.

(20) (9)

3.3.1 Artefakty MR obrazu

Falešné změny tvaru, polohy objektu, který zobrazujeme, a síly signálu, vzniklé během zobrazení, které navíc nejsou patologickým procesem podmíněné, nazýváme artefakty MR obrazu. Zdrojem mohou být jak procesy biologické v pacientovi, který je vyšetřován, tak i nedokonalost MR přístroje.

- Artefakty chemického posunu se objevují v prostředí roviny, kterou vyšetřujeme, kde dochází ke změně frekvence. Např. na hranici tkání s větším množstvím vody a tuku, kde se tyto artefakty projevují klesáním či stoupáním síly signálu.
- Vliv nehomogenit magnetického pole. Na kvalitě korekčního systému a na kvalitě magnetu závisí nehomogenita magnetického pole. Zkreslení v síle signálu a geometrii obrazu mohou způsobit nehomogenní prvky magnetického pole. Dále můžeme pozorovat lokální změny, které mohou být způsobeny přítomností cizího tělesa v těle pacienta, např. endoprotéza, ocelové střepliny, kovové implantáty.
- Artefakty pohybové jsou např. pohyb likvoru, peristaltické střevní pohyby, dýchání, krevní tok, srdeční pulsace a pulsace velkých tepen. Tyto artefakty se dají odstranit např. zadržením dechu a provedením rychlých sekvencí, EKG gating nebo se také provádí regionální presaturace, kdy se utlumí magnetizace speciálními technikami a vyjde nám, že proudící krev vydává jen zanedbatelný signál. (20)

3.4 MR přístroje

V medicíně se standardně využívají přístroje s magnetickou indukcí 1,5T, 3T, na nejlepších světových pracovištích 7T a k výzkumným účelům i s vyšší magnetickou indukcí.

MR přístroje dělíme podle síly magnetického pole na:

- „do 0,2 T - velmi nízké (*ultra low field*)
- do 0,3 T - nízké (*low field*)

- 0,5 - 1,0 T - střední (mid field)
- 1,0 - 4,0 T - vyšší (high field)“ (20, s. 20)

3.4.1 Části přístroje pro magnetickou rezonanci

- „Homogenní stacionární magnet B_0 s napájecím a chladicím zařízením.
- Součástí je i korekční magnetický systém na zlepšení homogenity B_0 .
- Gradientní cívky a jejich elektrické zdroje - zdroj magnetických polí ve třech rovinách.
- Vysokofrekvenční vysílač a vysílací cívka na výrobu excitačního magnetického pole B_1 .
- Vysokofrekvenční přijímač a jiné druhy přijímacích cívek na detekci signálu. Vysílací a přijímací cívky mohou být integrované do jedné cívky.
- Počítačový systém na zpracování signálu, archivaci a rekonstrukci obrazu.
- Vysokofrekvenční a magnetické stínění pro ochranu přijímacího systému od elektrického šumu z okolí (jiných elektrických přístrojů). Současně chrání okolní elektrické přístroje od vysokofrekvenčních impulsů MR přístroje.
- Vyšetřovací stůl v magnetu přístroje.
- Doplnky (monitorace EKG, dýchání apod.). (20, s. 20)

3.4.2 Cívky

Soustava radiofrekvenčních cívek, které mají všelijaké funkce, je potřebná pro provoz magnetické rezonance. (13)

Cívky, které nejsou vidět, protože jsou zabudované v gantry přístroje, se nazývají permanentně zabudované cívky. Volumové cívky slouží pro přijímání signálů a zároveň jako vysílače excitačních frekvencí B_0 . Dále je určena jako celotělová cívka, která je umístěna celkem daleko od povrchu pacientova těla. Dalším typem permanentně zabudovaných cívek jsou vyrovnávací cívky, které jsou určeny k vyrovnávání nehomogenity v magnetickém poli, a to je důležité pro kvalitu MR zobrazení.

Cívky, které se pokládají těsně na povrch vyšetřovaného úseku těla pacienta, jsou cívky povrchové. Tyto cívky jsou různého tvaru, většinou vytvarované podle té určité části těla. Zlepšují kvalitu vyšetření a slouží hlavně jako přijímací cívky. (20)

Typy povrchových cívek, které se používají nejčastěji:

- „*hlavová cívka - k vyšetření mozku a hlavy*
- *krční páteřní cívka - zobrazení krční páteře*
- *speciální cívka head and neck coil - umožňuje vyšetřit zároveň hlavu i krk*
- *spine coil pro zobrazení hrudní nebo bederní páteř, délka je 30-35cm*
- *speciální cívky - ramenní, kolenní, zápěstní*
- *univerzální flexibilní cívky si můžeme natvarovat kolem vyšetřovaného orgánu, velmi často nahrazují i cívky na zobrazení ramene, zápěstí či nohy*
- *speciální cívka pro vyšetření břicha nebo hrudníku, obaluje se kolem vyšetřované části“ (20, s. 22)*

Ovládací konzole je obdobná jako na angiografii nebo na CT. Je propojena s řídicím počítačem. Tato konzole je schopna zvolit typ vyšetření, identifikovat osobu, kterou vyšetřujeme. Vyšetření, které provedeme, dále zhodnotí a poté archivuje.

Na ovládací konzoli máme základní algoritmus práce:

1. Identifikujeme vyšetřovaného pacienta a zadáme základní data, jako je jméno, typ vyšetření a datum.
2. Poté se provádí příprava vyšetření. Provedeme 3 základní řezy (pilot scan, lokalizér).
3. Zvolíme množství akvizic, vhodnou cívku, zvolíme velikost matrix, dílčí sekvence a upravíme čas TE a TR.
4. Následuje postprocessing - manipulace se získanými daty a zhodnocení obrazu.
5. Archivujeme získaná data např. PACS, CD, HD nebo na další digitální nosiče.
6. A jako poslední fázi musíme poslat obrázky do sítě PACSu. (20) (9)

3.5 Kontrastní látky pro magnetickou rezonanci

Kontrastní látky, které obsahují cheláty gadolinia (Gadovist, Multihance, Omniscan, Dotarem) jsou užívány nejčastěji. Gadolinium se neobjevuje v kontrastních látkách samostatně, jelikož je toxické. Jsou také označovány jako paramagnetické kontrastní látky. Dochází ke zkracování relaxačního času T1 díky tomu, že gadolinium dokáže pozměnit magnetické poměry ve svém okolním prostředí. Touto prospěšnou vlastností se stávají tkáně v T1 vážených sekvencích hypersignální (hyperintenzní), proto vyšetřujeme po podání KL hlavně v T1 v.o. Naopak na T2 vážené sekvence podání této kontrastní látky vede ke snížení signálu. Gadoliniové kontrastní látky se vylučují ledvinami, případně játry. Významné nežádoucí reakce jsou málo časté. (20) (9) (19)

Makromolekula chelátu neprochází přes neporušenou hematoencefalickou bariéru.

Koncentrace KL se uvádí v mmolech (mmol). Konvenční kvantum na jedno vyšetření je asi 10-15ml a dávka je 0,2ml/kg váhy. U novějších KL jako např. Gadovist stačí 0,1 ml/kg váhy a celkové kvantum je 7ml, protože tyto látky už jsou koncentrovanější.

Nejčastěji aplikujeme KL v neurologii, při afekcích mozku, páteřního kanálu a páteře, ale i při vyšetření zánětů a tumorů v jiných lokalizacích. Poté také můžeme aplikovat KL v kontrastní MR angiografii.

Novější moderní kontrastní látky:

- Resovist - používá se při MR jater. Zhruba z 10% se zachycuje v Kupfferových buňkách RES jater.
- Teslascan - hlavní složkou této KL je mangan (Mn). Můžeme ji pojmenovat také jako hepatospecifickou, protože se vycytává v určitém procentu v jaterních buňkách. Po její aplikaci můžeme rozeznat díky pozměnění signálu na T1 i T2 v.o. tkáň jater, ve které se objevují hepatocyty od tkáně, ve které se hepatocyty neobjevují (např. metastázy).
- Supermagnetické - obsahují oxid železa (Fe_2O_3). Jsou označovány jako SPIO (supermagnetic iron oxid). Částice oxidu železa mohou proniknout intracelulárně díky své velikosti, 3-5nm. Opět slouží hlavně ve vyšetřování jater. Na obraze je můžeme vidět jako hyposignální a zřetelně reagují v T2 v.o.

Dochází k neustálému vývoji dalších moderních KL a cíl je, aby tyto látky nekolovaly pouze v krvi, ale budou způsobit se dostat plánovitě do buněk určitých orgánů.
(20)

Tabulka 3 Intenzity signálu některých tkání v základních typech sekvencí

	T1 v.o.	T2 v.o.
tekutina	hypointenzivní	hyperintenzivní
parenchymatózní orgány	střední intenzita	střední intenzita
tuk	hyperintenzivní	mírně hyperintenzivní
spongioza kosti	hyperintenzivní	mírně hyperintenzivní
kortikalis kosti	asignální	asignální

(Zdroj 10, s. 24)

3.6 Kontraindikace MR

Kontraindikace k vyšetření magnetickou rezonancí můžeme rozdělit na absolutní a relativní. Pokud má pacient přítomné elektrické či elektromagnetické zařízení (kardiostimulátor nebo také budík, kochleární implantát, kavální filtr, stomatologické nebo i středoušní implantáty, endoprotézy, střepiny a projektily), které nebylo zkušebně testováno v okolí magnetu a magnetického pole, tak je toto považováno za absolutní kontraindikaci. Jestliže má kovové implantáty, tak záleží na složení a magnetických attributech směsi. Kovové implantáty se mohou zahřívat, anebo je může táhnout magnetické pole silnou silou. Dále mohou tyto implantáty způsobit rozsáhlé artefakty, které pak zakrývají anatomické struktury v jejich blízkém okolí. Větší pozornost by se měla dávat kvůli cévním svorkám, intravaskulárním spirálám a stentům. Těhotenství by se nemělo brát jako kontraindikace, protože se tvrdí, že magnetické vlny z magnetické rezonance nejsou nijak škodlivé pro plod, ale tato informace není jednoznačně potvrzena. (10) (14)

Zbývající objekty můžeme zařadit do relevantní skupiny kontraindikací. Např. novodobá nitroděložní tělíska, která jsou vyrobená z plastu či mědi, neznamenají žádná rizika. Ústní implantáty se doporučuje také vyndat, jelikož by mohly být zdrojem

nežádoucích nepříjemných až bolestivých pocitů a dokonce by mohlo dojít k jejich poškození.

3.7 Příprava pacienta

Vzhledem k velkému rozsahu indikací je žádoucí, aby byl personál pokaždé důkladně informován o všech faktech, které by mohly mít negativní vliv a dopad na pacienta při vyšetření. Již na všech pracovištích jsou všichni pacienti před MR vyšetřením povinni vyplnit speciální dotazník, kde můžeme zjistit, zda vyšetřovaná osoba:

- *„nemá implantován kardiostimulátor*
- *neprodělala srdeční, cévní, mozkovou operaci (přítomnost cévních svorek)*
- *nemá v těle kovové předměty (osteosyntetický materiál, kloubní protézy, insulinové pumpy, stomatologické implantáty, nitroděložní tělíska apod.)*
- *neprodělala operaci středního nebo vnitřního ucha, případně oka (středoušní protézy apod.)*
- *neprodělala úraz, který zanechal v těle kovové předměty (střepiny, projektily)*
- *nemá v oku cizí kovové předměty*
- *není těhotná (ačkoli nebyl dosud prokázán žádný negativní vliv MR vyšetření na vývoj plodu, doporučuje se provádět toto vyšetření v prvních třech měsících těhotenství jen tehdy, není-li možné použít např. ultrazvukového vyšetření nebo bylo-li by jinak nutné použít některé z rentgenových technik, kde naopak reálné riziko prokazatelně existuje)*
- *netrpí nepřiměřeným strachem z uzavřených prostorů (klaustrofobii)“ (19, s. 28)*

3.8 Využití MR při vyšetření páteře a páteřního kanálu

Pro zobrazení míchy a páteře v plné délce a v rovině sagitální, transverzální a koronární je nejlepší magnetická rezonance. Při vyšetření magnetickou rezonancí můžeme zobrazit obsah kanálu páteřního a zároveň i skelet. Pokud má pacient horší skoliózu, může to zamezit plnohodnotnému vyšetření.

Za základní vyšetření se považuje vyšetření v sagitální rovině. Dále děláme vyšetření v transverzální rovině podle toho, co se objeví na řezu sagitálních vrstev, anebo podle klinické diagnózy. Nejvíce doplňujeme T1 a T2 sekvence STIR sekvencemi hlavně při diagnostice míchy a kostní dřevě.

3.8.1 CT vs. MR

Při CT vyšetření je možné zobrazit struktury v kanálu páteřním pouze poté, co aplikujeme intratekálně kontrastní látku (pomocí lumbální punkce do prostoru subarachnoideálního), a i přesto se nejeví obraz spolehlivě. Za cenu, že člověk dostane vyšší radiační zátěž a zatíží se více rentgenka, můžeme zobrazit velké úseky páteře pomocí novodobých MDCT přístrojů, což je důležité při traumatologii. Na CT je nevyhovující znázornění kostní dřevě, ale naopak lepší znázornění kompakty skeletu než na MR. Magnetickou rezonanci však využijeme jednoznačně v diagnostice onemocnění kanálu páteřního a v diagnostice kostní dřevě. (20)

3.8.2 Využití MR v traumatologii

Při traumatologických úrazech jde hlavně o to, posoudit, jestli se jedná o poškození medulla spinalis. Kdyby došlo k poškození, brali bychom to, jako hlavní indikaci k vyšetření na MR. Dále sledujeme přerušení spojitosti vazů (to jde nejlépe vidět na T2) a posuzujeme edém v kostní dřevě (hypersignální T2 a STIR) kvůli ověření nestabilního poranění. Posouzení traumatického výhřezu discus intervertebralis v rovině sagitální v T1 v.o. nebo T2 v.o. je rozhodující. Bezprostřední poškození medulla spinalis (transsekce, kontuze) se velmi dobře posoudí v T2 nebo STIR sekvenci. Když máme podezření na epidurální hematom, je dobré použít GRE. (20)

PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL A METODIKA PRÁCE

Cílem mé bakalářské práce bylo ukázat na šesti zvolených kazuistikách přínos obou vyšetření při různých traumatech páteře u jednotlivých pacientů.

Pro dané kazuistiky jsem vybrala pár pacientů, kteří měli traumatická poranění jak krčních, tak hrudních i bederních obratlů. Z těchto pacientů jsem dále vybrala pacienty se zajímavými zlomeninami, a také s poraněním okolních vazů. Pacienti podstoupili CT a MR vyšetření na Klinice zobrazovacích metod ve FN Plzeň v letech 2015 -2018.

Data, obrazovou dokumentaci a informace o pacientech použitých k vypracování kazuistik jsem získala z nemocničního informačního systému WinMedicalc se souhlasem FN Plzeň. Data jsem sbírala během zimní praxe v období od 2. 12. 2019 do 20. 12. 2019. V příloze jsem přiložila souhlas manažerky pro vzdělávání NELZP FN Plzeň, který byl potřeba, abych daná data mohla sbírat. Pacienty jsem vybírala podle kódu pro traumata krční, hrudní a bederní části páteře a podle toho, aby daní pacienti měli při tomto zranění CT i MR vyšetření.

5 KAZUISTIKY

5.1 Kazuistika 1

66-letý muž 4. 1. 2015 uklouzl na náledí a spadl na záda. Poté ještě zvládl dojít na autobus, kde už ale byla bolest nesnesitelná. Pacient byl přivezen záchrannou službou do nemocnice na Lochotíně na oddělení CHIR - ambulance 1. Neurologické potíže neguje, do hlavy se neudeřil. Pánevní okruh pevný. Lékař rozhodl CT ani MR vyšetření nedělat. Poté byl pacient převezen na oddělení JIP KOTPÚ kvůli eventuálnímu operačnímu řešení.

Dále se ještě ten samý den rozhodlo o tom, udělat **CT vyšetření** obratle L3 a obratlů v jeho okolí. Vyšetření se provedlo nativně. Objevila se laterální a ventrální spondylóza, vakuový fenomén v disku L4/5. Dále došlo k prolomení horní krycí desky obratle L3, které zasahovala i do středního pilíře a vlevo do oblouku a dolního kloubního výběžku obratle. Zadní hrana obratle L3 byla kraniální cca 1/2 obratle posunuta dorzálně do 5mm. Předozadní průměr páteřního kanálu byl zúžen na 13mm. Fraktura byla považována za nestabilní. Výše obratlového těla byla v centru asi 21,5 mm. Odlomení příčných výběžků obratlů L2-L4 vpravo s distrakcí asi 8 mm a mírným ventrálním a kaudálním posunem, v případě L2 a L3 šlo o fraktury víceúlomkové. **DG: fraktura L3 inkompl. burst.**

Další den po CT vyšetření, se udělalo ještě **vyšetření MR**. Toto vyšetření bylo provedeno na 1,5T přístroji nativně v T1 TSE (sag.) a T2 TSE (sag., ax.). Objevila se mírně laterálně doleva klínovitá deformace obratlového těla L3 s lokálním edémem kostní dřeni. Kanál páteřní byl volný. Erozivní degenerativní osteochondritis L4/5, osteochondroza ploténky L5/S1, Tarlovova cysta v sakrálním páteřním kanálu vel. 28x16 mm v úrovni S3 jako vedlejší nálezy.

Řešení: Pacient přijat pro frakturu obratle L3, po předoperační přípravě provedena miniinvasivní stabilizace. 1. pooperační den přeložen z KOTPÚ JIP na standardní oddělení, během odpoledne rozvoj hemoptýzy, pacient vyšetřován a přeložen zpět na JIP KOTPÚ. Dle CT jen nevelký fluidothorax oboustranně. Během další observace již pacient bez komplikací, mobilizován na standardní oddělení v korzetu. Chůzi a oblékání v korzetu

zvládal. Odeslán do ambulantní péče afebrilní, kardiopulmonální kompenzace, neurologicky bez alterace, operační rána se hojila bez komplikací, stehy in situ (na místě).

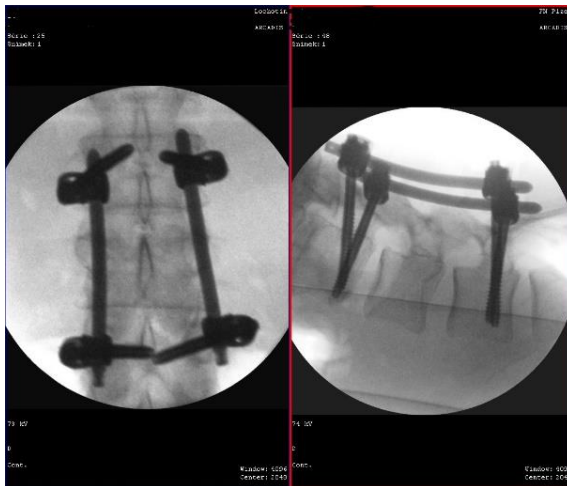
Obrázek 1 CT vyšetření



Obrázek 2 MR - T1, T2, T2 TIRM



Obrázek 3 Kontrolní RTG



Obrázek 4 Kontrolní CT a MR - T1, T2



Zdroj: WinMedicalc FN Plzeň

5.2 Kazuistika 2

Muž, 38 let. 8. 2. 2015 byl pacient přijat na oddělení KOTPÚ poté, co spadl ze žebříku, z výšky cca 1,5 m. Dopadl na hýždě a poranil si hlezno a zároveň bederní obratle. Nejdříve byl vyšetřen v jiné nemocnici, kde mu doporučili odjezd osobním autem k hospitalizaci ve FN Plzeň.

Ve FN Plzeň se provedlo **CT** vyšetření LS páteře, břicha a pánve s kontrastní látkou podávanou i. v. Podle výsledků z předešlého RTG se předpokládalo, že se objeví suspektní zlomenina L2. Výsledkem CT byl normální nález na játrech, žlučových cestách, slezině, pankreatu, nadledvinách, ledvinách i v Douglasově prostoru. Dále byly zjištěny vícečetné drobné uzliny v retroperitoneu, v mezenteriu i v obou tříselech. Ohledně páteře se jednalo o kompresní frakturu těla L2 s prolomením horní krycí desky. Přední 1/3 byla snížena téměř na polovinu původní výšky a zadní hrana intaktní. Páteřní kanál byl volný.

V ten samý den, bylo pacientovi provedeno ještě vyšetření LS páteře pomocí **MR**. Dle CT byla patrná zlomenina páteřního těla L1 a sakralizace L5. MR vyšetření bylo doporučeno k vyloučení flekčně distrakčního poranění Th12/L1. Vyšetření bylo provedeno na 3T přístroji a nativně. V T1 TSE (sag.), T2 TSE (sag., ax.) a T2 TIRM (sag.) sekvencích. Po MR vyšetření se ukázala fraktura obratlového těla L1 s prolomením horní krycí desky, snížením centrálně cca o 1/3 a s kostním edémem v rozsahu minimálně poloviny obratlového těla. Tento kostní edém zasahoval až k zadní hraně, vpravo i do oblasti pediklu. Zadní strana byla však neporušená, páteřní kanál volný (v AP směru minimální šíře 14,5mm) a foramina byla také volná. Podkoží bylo prosáknuté dorsálně v rozsahu L1-3 a ventrálně v rozsahu od poloviny Th12 po L1 a velmi suspektní i jemný proužkovitý hematom. Mícha se jevila v normálním stavu. V dalších částech páteře bez traumatu či jiných patologií. Na výsledcích bylo vidět spojení páteřního bederního obratle s kostí křížovou do jednoho celku - sakralizace L5.

Pacient byl doporučen k operaci páteře dle výsledků z RTG, CT a MR vyšetření.

Pooperační průběh bez komplikací, rány a okolí klidné, stehy in situ, afebrilní, fixace nestíní. Prsty bez otoku, hybnost, citlivost a prokrvení prstů v normě. Močení a stolice bez potíží. Pacient propuštěn v celkovém dobrém stavu do domácího ošetřování.

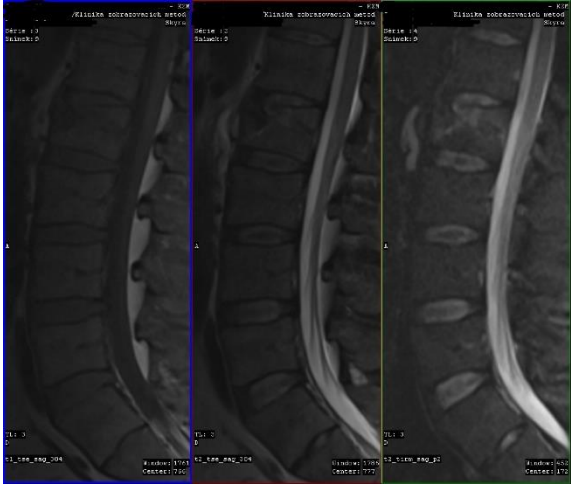
Obrázek 5RTG 2015



Obrázek 6CT vyšetření



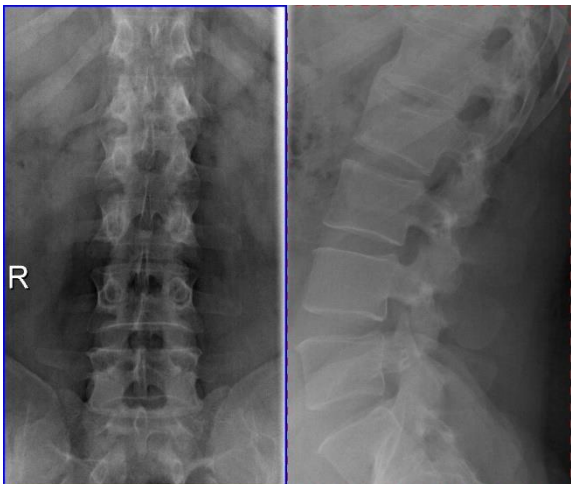
Obrázek 7MR - T1, T2, T2 TIRM



Obrázek 8Peroperační RTG



Obrázek 9RTG 2018



Zdroj: WinMedicalc FN Plzeň

5.3 Kazuistika 3

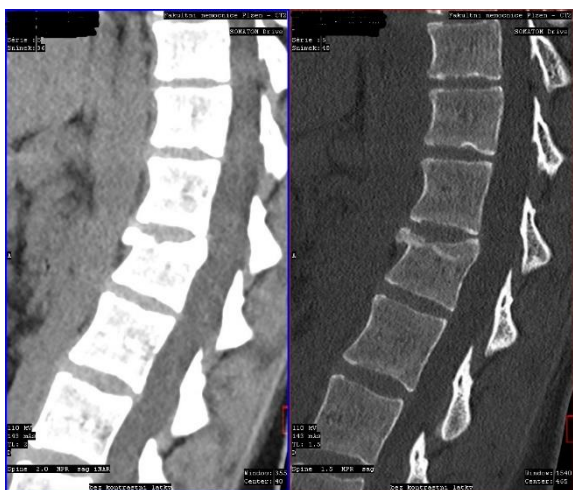
17-letá žena 1. 3. 2019 skočila do molitanových kostek. Při tom spadla na hýždě a poranila si záda. Byla přijata na ambulanci oddělení KOTPÚ a zde také vyšetřena. Z ambulance byla přijata na oddělení 6C.

Lékař si zažádal o **CT vyšetření** Th páteře a Th/L přechodu páteře pro suspektní frakturu L1, která byla vidět na výsledku z RTG. Výsledek z CT potvrdil kompresní frakturu těla L1 s klínovitým snížením těla ventrálně na 3/4 výše. Dále také prominence zadní hrany do páteřního kanálu o 3mm, bez jeho stenózy. Th/L přechod byl kyfotizovaný. Ostatní obratle bez známek traumatu a bez posunu obratlů. Nebyl nalezen ani žádný hematom v přilehlých měkkých tkáních.

Po kontrole spondylochirurgem bylo doporučeno MR vyšetření k vyloučení diskoligamentózního poranění. MR vyšetření LS páteře bylo provedeno na 3T přístroji nativně. V T1 TSE (sag.), T2 TSE (sag.), T2 Tirm (sag.) a T2 TSE (ax.) sekvencích. Byla potvrzena čerstvá kompresivní fraktura těla L1 s ventrálně klínovitým tvarem. Přední okraj obratle snížen o 1/4. Bez prominence kostních struktur do páteřního kanálu. Obratlová těla byla bez posunů a ploténky bez známek traumatu. Přední a zadní podélný vaz a žluté vazy v normě. V ostatním rozsahu normální nález na LS a zachycené Th páteři. Páteřní kanál volný.

Po výsledcích z CT a MR vyšetření, byla pacientka indikovaná k OS kompresivní fraktury L1. Operace i pooperační průběh byly bez komplikací. Následovala postupná mobilizace a rehabilitace. Poté byla propuštěna do domácí péče v celkově dobrém stavu.

Obrázek 10 CT vyšetření



Obrázek 11 MR - T1, T2, T2 TIRM



Obrázek 12 Peroperační RTG



Zdroj: WinMedicalc FN Plzeň

5.4 Kazuistika 4

17-letý chlapec byl přijat na ambulanci urgentního příjmu kvůli pádu na kole při skoku. Poranil si oblast Th páteře a hlavu. V bezvědomí nebyl, nezvracel a amnesii neměl. Lékař měl podezření na frakturu obratlového těla Th5 a Th6. Pacient byl po vyšetření na ambulanci přijat na ortopedické oddělení.

Lékař požádal o CT vyšetření Th páteře. Podle výsledků z RTG by se měla potvrdit klínovitá fraktura těla Th5. **CT vyšetření** bylo provedeno nativně. Objevila se komprese obratlového těla Th5 se snížením jeho výšky ventrálně o 1/3, dorzálně o 1/4. Tělo získalo mírně ventrálně klínovitý tvar. V dolní polovině obratlového těla byla patrna dorzální cirkulární drobná prominence kosti o 1,2mm. Páteřní kanál bez významného zúžení, ale foramina oboustranně mírně zúžená. Diskrétní komprese i horní poloviny obratlového těla Th6 bez prominence do páteřního kanálu. Bez posunů. V úrovni fraktur obratlů bylo paravertebrálně drobné prokrvácení v pruhu šíře do 4mm. V úrovni fraktury viditelná přiosťřená hrudní kyfóza.

Dále lékař požádal o **MR vyšetření** Th páteře kvůli fraktuře obratlového těla Th5 a Th6. Potvrzení edému a mírné klínovité deformace obratlových těl Th5 a Th6 s kompresí těl. Více Th5, kde byla přední hrana snížena asi na polovinu původní výše. Lokalizovaná hyperkyfoza v místě lézí a mírné edematózní prosáknutí paravertebrálních měkkých tkání. Mícha a kanál páteřní v celém vyšetřovaném rozsahu v normě. Stejně tak i ostatní skelet a ploténky.

Rozhodlo se o konzervativní terapii, tzn. Jewett ortéza a analgoterapie. Pacient byl propuštěn do domácí péče.

Obrázek 13 CT Th páteře



Obrázek 14 MR Th páteře



Obrázek 15RTG



Zdroj: WinMedicalc FN Plzeň

5.5 Kazuistika 5

Muž, 49 let

Muž přijat 13. 9. na ambulanci urgentního příjmu po pádu z kola. Podezření na poranění Th/LS přechodu a LS páteře. Poté byl pacient přeložen na ortopedické lůžkové oddělení.

Kvůli podezření na frakturu LS obratle, lékař požádal o nativní **CT vyšetření** LS páteře. Objevila se šikmá vertikální fraktura v přední polovině obratlového těla L2. Linie lomu probíhala z přední hrany šikmo na dolní krycí plošku. Vylomený fragment velikosti cca 20x15mm byl posunutý a rotovaný dopředu asi o 6mm. Páteřní kanál volný. Ostatní skelet intaktní. Dále retroperitoneální hematoma podél musculus psoas a velkých cév retroperitonea. Vpravo šíře do 15mm, vlevo do 20mm.

Poté bylo provedeno i sonografické vyšetření k vyloučení dalších traumatických změn, které nebyly vidět na CT obraze. Závěr: bez traumatických změn v přehledném rozsahu.

Dále bylo zažádáno o **MR vyšetření** LS páteře kvůli potvrzení hyperextenzní fraktury L2. Vyšetření bylo provedeno 14. 9. nativně na 3T přístroji, v T2 TSE (sag., ax.), T1 TSE (sag.) a T2 TIRM (sag.) sekvencích. Nález na skeletu viz. předchozí CT vyšetření. Na MR obraze se ozřejmila lomová linie oddělující přední horní hranu těla L2 jako samostatný fragment. V úrovni L2-3 bylo patrné edematozní prosáknutí interspinózních ligament. Jinak složky zadního osteoligamentózního komplexu neporušené. Páteřní kanál volný, žádné známky posunů nebo traumatických výhřezů plotének. Foramina intervertebralia také volná.

Závěr: kvůli výsledkům z CT a MR se lékaři dohodli na operaci páteře pacienta (15. 9.). Dále pacient propuštěn do domácí péče. 3 týdny po operaci pacient přišel na RTG kontrolu a na vyndání stehů.

15. 9. 2016, se udělalo kontrolní **CT vyšetření** LS páteře. Vyšetření bylo nativní v rozsahu od baze Th10 až po S2. Metalická transpedikulární fixace L1-3 pro frakturu L2. Fraktura byla již zhojena. Obratlové tělo L2 mírně ventrálně deformované, dorsálně dolní okraj lehce promínoval do páteřního kanálu (2mm). Páteřní kanál ani foramina v této etáži nebyly zúžené. V ostatním rozsahu skelet bez traumatických změn, s jen minimálními

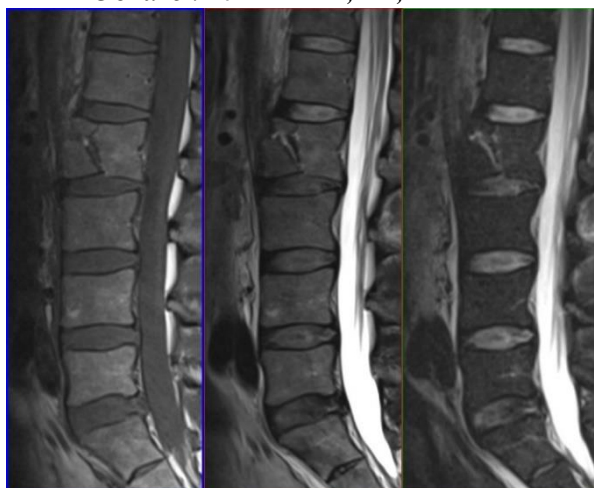
degenerativními změnami. Ploténky nesnížené, v úrovni L4/5 a L5/S1 jen s nevelkou protruzí. Páteřní kanál i foramina volná. Napřímená bederní lordóza, diskrétní sinistronkonvexní skolióza.

Poslední kontrola proběhla 22. 2. 2017. Pacient přišel na kontrolní **MR vyšetření** Th/L přechodu páteře po stabilizaci fraktury L2 a po vynětí kovů. Vyšetření provedeno na 3T přístroji nativně, v T1 TSE (sag.), T2 TSE (sag.), T2 TRIM (sag.) a T2 TSE (ax.) sekvencích. Stav po tříštivé fraktuře přední poloviny obratlového těla L2, která byla zhojena jen s mírnou deformací přední hrany, bez komprese. Sekundární osteochondroza ploténky L2/3. Páteřní kanál volný. Kovový materiál byl odstraněn.

Obrázek 16 CT LS páteře 2015



Obrázek 17 MR - T1, T2, T2 TIRM



Obrázek 18 Peroperační RTG



Obrázek 19 Kontrolní CT a MR 2016



Zdroj: WinMedicalc FN Plzeň

5.6 Kazuistika 6

Muž, 43 let, 31. 8. 2016 havaroval na motorce jako řidič, pravděpodobně přepadl přes řídítka s pádem na hlavu. Byl asi krátce v bezvědomí, na nehodu si zcela nepamatuje. Udává bolesti především v okolí bederní části páteře. Lékař na Emergency se rozhodl pro CT vyšetření mozku, břicha a Th - LS páteře.

CT vyšetření mozku i břicha vyšlo bez známek traumatu. CT C páteře také bez známek traumatu. Při **CT vyšetření** Th a LS páteře se objevila fraktura horní krycí desky obratlového těla Th2, která nezasahovala do páteřního kanálu. Fraktura byla bez významnějšího snížení. Horizontální projasnění v apexu spinálního výběžku Th2. Fraktura horní poloviny obratlového těla Th12 s prominencí dorzálního fragmentu do kanálu o cca 4mm, AP rozměr kanálu je 13mm. Mírně rozšířená interspinální vzdálenost na 12mm (v okolí 8-10mm). **Závěr:** Fraktura Th12 s prominencí fragmentu do kanálu a velmi suspektní rupturou spinálního vazů. Komprese horní krycí desky Th12 bez zasahování do kanálu.

Dále bylo provedeno **MR vyšetření** LS páteře kvůli potvrzení zlomenin a ruptury vazů. Vyšetření provedeno na 3T přístroji nativně, v T1 TSE (sag.), T2 TSE (sag.), T2 TIRM (sag.) a T2 TSE (ax.) a po aplikaci extracelulární gadoliniové KL i. v. v T1 TSE (sag., ax.). Potvrzena kompresivní fraktura těla Th12 s prolomením horní krycí plošky a prominencí fragmentu zadní horní hrany do páteřního kanálu asi na 7mm. Šíře zbylého páteřního kanálu je 13mm. Kompresivní fraktura těla Th11 bez deformace. Edematozní změny interspinozních ligament Th12 - L2. Jinak je zadní osteoligamentózní komplex bez zřejmých traumatických změn. Mícha, ostatní kanál páteřní, ploténky a skelet jsou v normě.

Lékaři rozhodli o operaci fraktury Th12, která proběhla 2. 9. 2016. Pooperační průběh byl klidný. Dále pacient mobilizován v Jewettově korzetu a vzhledem k omezené soběstačnosti byl přeložen na rehabilitační oddělení v dobrém celkovém stavu.

18. 9. 2017, tudíž rok po operaci bylo provedeno kontrolní CT vyšetření Th/LS přechodu páteře. Byla vidět transpedikulární fixace Th11 - L1 pro frakturu Th12, se snížením výšky obratlového těla až o 2/3 původní výšky. V horní krycí desce ventrálně až miskovitý defekt po jejím prolomení, mírná prominence zadní hrany do páteřního kanálu, šíře 3mm, bez progresu. Páteřní kanál sagitálně šíře 12mm. Patrné sklerotické změny

obratle. Ostatní obratlová těla nesnížena, bez vzájemného posunu. Přiměřená vše meziobratlových disků. Metalická fixace bez známek uvolňování. V Th11 levý šroub mírně přesahuje přes ventrální okraj obratlového těla. Drobné ventrální spondylofyty distální Th páteře. Th7/8 a Th8/9 s drobnými dorzálními spondylofyty bez zúžení páteřního kanálu. Mírné předozadní oploštění durálního vaku. V ostatních etážích bez patologie. Foramina oboustranně volná.

19. 9. 2017 byl pacient přijat do nemocnice pro extrakci osteosyntetického materiálu. Po operaci byl pacient opět propuštěn do domácí péče bez komplikací.

11. 12. 2017 šel pacient na **MR vyšetření**. To bylo provedeno na 3T přístroji nativně v T1 TSE (sag.), T2 TSE (sag.), T2 TIRM (sag.) a T2 TSE (ax.). Poté ještě po aplikaci extracelulární gadoliniové KL i. v. v T1 TSE (sag., ax.) sekvenci. **Závěr:** Poúrazová deformace těla Th12 s depresí a prolomením krycí plošky s mírnou tukovou konverzí kostní dřeně těla. Kanál páteřní byl volný, residua po odstraněné kovové fixaci v tělech Th11 a L1. Ostatní nález byl v mezích normy.

Obrázek 20CT vyšetření Th/LS páteře



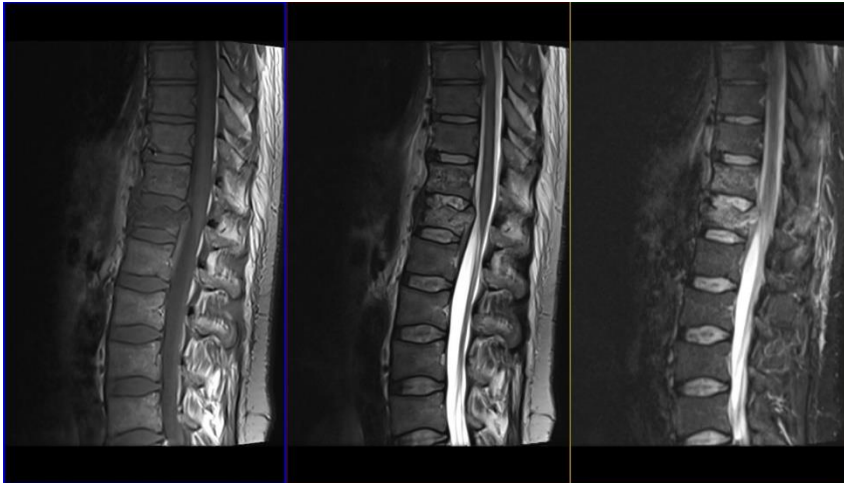
Obrázek 21 CT vyšetření Th/LS páteře



Obrázek 22 MR - T2 TIRM, poraněné vazy



Obrázek 23MR - T1, T2, T2 TIRM



Obrázek 24Kontrolní CT MR po operaci



Zdroj: WinMedicalc FN Plzeň

DISKUZE

Při psaní praktické části této bakalářské práce jsem se zaměřila na pacienty, kteří při traumatu páteře prošli jak CT vyšetřením, tak MR vyšetřením. Vybrala jsem to takto, abych mohla porovnat, v čem je rozdíl mezi CT a MR vyšetřeními. Při sbírání dat, jsem hledala pacienty, kteří měli poranění páteře a bylo jim provedeno MR vyšetření, jelikož jsem předpokládala, že každý pacient před MR vyšetřením měl i CT vyšetření. Při nehodě, kdy je podezření na poranění páteře, je pacient převezen do nemocnice a ve většině případů se dělá jako první CT vyšetření, které je rychlejší. Pokud zranění nejsou vážná a nemusí se přejít hned k operaci, tak se poté dělá MR vyšetření, které předchází vyšetření, ať je to jen CT nebo i RTG či SONO, doplní o další informace. Např. u poranění C páteře nebo v případě, že má nemocný neurologické příznaky a podezření na poškození míchy, se dodělává MR vyšetření, aby se zjistilo, jak dalece je poškozena mícha.

Pro první kazuistiku jsem vybrala staršího muže, abych neměla ve výběru pouze mladé vitální pacienty. Předpokládala jsem, že u starších pacientů se objeví jak fraktura, tak i nějaká degenerace. U pacienta se setkáváme s pádem na ledě, kdy pacient spadl na záda. Pacientovi bylo provedeno nativní CT vyšetření LS páteře, kde na výsledném obraze byla vidět laterální a ventrální spondylóza a vakuový fenomén v disku L4/5, což oba případy jsou degenerativní onemocnění. Čerstvě došlo při nehodě k prolomení horní krycí desky L3, kdy tato fraktura byla považována za nestabilní zlomeninu. Průměr páteřního kanálu se zúžil na 13mm. Normální průměr páteřního kanálu je 14-16mm. Dále si při pádu pacient odlomil příčné výběžky obratlů L2-L4, šlo o víceúlovkové fraktury. Na MR obraze se potvrdily tyto fraktury a degenerativní změny páteře. K tomuto nálezu přibyla Tarlotova cysta v sákrálním páteřním kanálu, která nebyla na CT obraze. Nakonec byl pacient poslán na miniinvasivní stabilizaci fraktury L3.

Dalším pacientem pro mou kazuistiku byl muž ve věku 38 let, který spadl z výšky 1,5m. Tentokrát pacient podstoupil CT vyšetření nejen páteře, ale i břicha a pánve s kontrastní látkou i.v. Před tímto vyšetřením bylo provedeno ještě RTG vyšetření, ze kterého se předpokládala suspektní zlomenina L2. CT potvrdilo kompresní frakturu horní krycí desky L2. MR vyšetření dále doplnilo frakturu L1 a sakralizaci L5. Páteřní kanál byl na obou obrazech volný. Co nebylo vidět na CT, bylo prosáknuté podkoží dorsálně v rozsahu L1-3 a ventrálně v rozsahu od poloviny Th12 po L1 a velmi suspektní i jemný proužkovitý hematoma. Opět se lékaři shodli na operaci a stabilizaci páteře.

Aby to nevypadalo, že k poranění páteře dochází jen u mužů, zařadila jsem do své práce také 17-letou ženu, která při skákání do molitanových kostek spadla na hýždě a poranila si páteř. Opět před CT vyšetřením byla pacientka na RTG, kde lékař popsal suspektní frakturu obratle L1, kterou později potvrdilo CT vyšetření. Zadní hrana prominovala páteřního kanálu o 3mm, bez jeho zúžení. Th/L přechod byl kyfotizovaný. Spondylochirurg doporučil MR vyšetření, aby bylo vyloučeno diskoligamentózní poranění. Po tomto vyšetření se neobjevilo nic nového, jen bylo potvrzeno, že přední a zadní podélný vaz a žluté vazy byly v normě. Pacientka byla přijata na operaci kompresivní fraktury L1.

Jako dalšího pacienta jsem vybrala mladého 17-letého muže, který přes zranění páteře nemusel na operaci, a bylo rozhodnuto o konzervativní terapii, tzn. Jewett ortéze. Vybrala jsem ho také kvůli tomu, že měl poraněné i vazy. Lékař měl i před RTG vyšetřením podezření na frakturu Th5 a Th6. CT bylo provedeno nativně. Potvrdila se komprese obratlového těla Th5 s dorzální cirkulární drobnou prominencí kosti o 1,2mm. Komprese byla i u obratlového těla Th6. V úrovni fraktur obratlů bylo paravertebrálně drobné prokrvácení v pruhu šíře do 4mm. MR vyšetření potvrdilo edém a mírnou klínovitou deformaci obratlových těl Th5 a Th6 s kompresí těl. Toto vyšetření objevilo i lokalizovanou hyperkyfozu v místě lézí a mírné edematozní prosáknutí paravertebrálních měkkých tkání. Jak už jsem psala, pacient byl propuštěn bez operace.

V páté kazuistice pacient spadl z kola a poranil si páteř. Kvůli podezření na frakturu v oblasti LS páteře bylo provedeno CT vyšetření. Objevila se šikmá vertikální fraktura obratle L2. Vylomený fragment byl posunutý a rotovaný asi o 6mm. Dále retroperitoneální hematom podél musculus psoas a velkých cév retroperitonea. Pacient byl poslán i na SONO vyšetření, kde ale nebyly nalezeny další traumatické změny. Lékař zažádal o nativní MR vyšetření, které ozřejmilo lomovou linii oddělující přední horní hranu těla L2 jako samotný fragment. V úrovni L2-3 bylo patrné na MR obraze edematozní prosáknutí interspinózních ligament, což na CT nebylo patrné. Pacient podstoupil operaci páteře. Poté byl poslán domů a za rok přišel jen na kontrolní CT, aby lékař viděl, jak se zlomenina hojí, ale kovový materiál ještě nebyl vyndán. Až v roce 2017 po MR vyšetření byl materiál odstraněn.

Poslední pacient, kterého jsem vybrala, je muž, který havaroval na motorce. Vybrala jsem ho, protože měl jako další poranění i okolních vazů. Na nehodu si nepamatuje. Proto lékař zvolil CT polytrauma protokol. Šlo o vyšetření mozku, břicha

a celé páteře. Žádné nálezy na CT obraze mozku, břicha ani C páteře. Na CT obraze Th a LS páteře se objevila fraktura Th2, která nezasáhla páteřní kanál. Dále fraktura Th12 s prominencí dorzálního fragmentu do kanálu o cca 4mm. MR vyšetření potvrdilo frakturu Th12, ale ukázalo se, že fragment zasahoval do kanálu až cca 7mm. Na MR obraze byla vidět i kompresivní fraktura Th11 a edematozní změny interspinozních ligament Th12-L2. Pacient podstoupil operaci fraktury Th12. Rok po operaci se udělalo CT vyšetření pro kontrolu transpedikulární fixace Th11-L1 a byl přijat kvůli extrakci této fixace. Poslední kontrola v podobě MR vyšetření proběhla cca 3 měsíce po extrakci a vše bylo v pořádku.

Na těchto kazuistikách jsem představila výhody CT a MR vyšetření. Došla jsem k výsledku, že MR vyšetření je sice dražší a průběh vyšetření je delší, ale celkově nám lépe ukáže celou oblast zájmu se všemi poraněními, včetně poranění vazů, svalů a měkkých tkání kolem.

ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce bylo popsat a představit vyšetření páteře při traumatickém poranění pomocí výpočetní tomografie a magnetickou rezonancí a ukázat rozdíly a přínosy každé z těchto vyšetřovacích metod.

Teoretická část obsahuje popis anatomie páteře. Dále také základní rozdělení nestabilit páteře, ke kterým může dojít a se kterými se setkáváme. Poté jsem přešla na vysvětlení principu CT, indikací a kontraindikací k tomuto vyšetření. Zahrnula jsem do této části také výhody a nevýhody RTG, CT a MR vyšetření. Podstatnou částí CT i MR vyšetření jsou kontrastní látky, které se podávají. Po dokončení informací o CT jsem přešla na MR vyšetření. V teorii magnetické resonance jsem zmínila nejenom princip, ale i MR sekvence, MR přístroje a potřebné věci, které se při tomto vyšetření používají jako např. cívky. Opět byly zmíněny kontrastní látky tentokrát pro MR vyšetření. Jak u CT tak u MR je důležitá i příprava pacienta před vyšetřením. Každý pacient by měl vyplnit souhlas o provedení vyšetření, kde se s touto přípravou také obeznámí. V závěru teoretické části bylo popsáno využití MR při vyšetření páteře a páteřního kanálu, rozdíly mezi CT a MR, a také využití MR přímo v traumatologii.

Pro praktickou část bakalářské práce jsem vybrala 6 kazuistik. U těchto pacientů jsem vyhledala, jak se jim poranění páteře stalo a co následovalo po kontrole lékařem. Vždy byl pacient poslán na CT vyšetření, kde se zjišťovalo, zda došlo k fraktuře obratlů či výběžků a jaká ta fraktura byla. Poté byl pacient poslán na MR vyšetření, aby se diagnóza z CT potvrdila a dohledala se další poranění v oblasti páteře. Traumatická poranění páteře se dají řešit buď konzervativní cestou, kdy je pacient stabilizován a poslán do domácí péče většinou s Jewett ortézou, nebo se může rozhodnout o operační zásahu, aby se páteř stabilizovala. V tomto případě pacient stráví více času v nemocnici a po operaci dochází ještě na pravidelné kontroly.

Obě metody jsou v případě poranění páteře velmi přínosné a stále se vyvíjejí. Jak už jsem psala, výhodou CT je rychlost vyšetření, kratší čekací doba a pomocí CT můžeme znázornit měkké tkáně, které jsou málo kontrastní. Výhod vyšetření na MR je také mnoho. Asi nejvýznamnější výhodou je, že nepoužívá ionizující záření. Ale na druhou stranu je to dražší a pomalejší vyšetření.

SEZNAM LITERATURY

1. prof. MUDr. Jaroslav Fleischmann, doc. MUDr. Rudolf Linc. *Anatomie člověka*. Praha : Státní pedagogické nakladatelství, 1987.
2. MUDr. Jiří Matějka, Ph.D. *Diagnostika a léčba nestabilit torakolumbální páteře*. Plzeň : NAVA, 2008. 978-80-7211-292-0.
3. Richard L. Drake, A. Wayne Vogl, Adam W. M. Mitchell. *Gray's Anatomy for Students 3rd edition*. Philadelphia : Churchill Livingstone, 2015. 978-0-7020-5131-9.
4. doc. MUDr. Ján Kočiš, Ph.D, prof. MUDr. Peter Wendsche, CSc. et al. *Poranění páteře*. Brno : Galén, 2012. 978-80-7262-846-9.
5. prof. MUDr. Radomír Čihák, DrSc. *Anatomie I, Druhé, upravené a doplněné vydání*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2008. 80-7169-970-5.
6. MUDr. Blanka Pospíšilová, CSc., MUDr. Olga Procházková. *Anatomie pro bakaláře I, Obecná anatomie, systémy pohybové a orgánové*. Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2010. 978-80-7372-675-1.
7. prof. MUDr. Peter Wendsche, CSc., MUDr. Radek Veselý, Ph.D. *Traumatologie*. Praha : Galén, 2015. 978-80-7492-211-4.
8. doc. MUDr. Lumír Hrabálek, Ph.D. *Poranění páteře a míchy*. Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2011. 978-80-244-2842-0.
9. doc. MUDr. Jaroslav Vomáčka, Ph.D., a kol. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. 978-80-244-4508-3.
10. prof. MUDr. Josef Nekula, CSc. a kolektiv. *Radiologie*. Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2001. 80-244-0259-9.
11. Wikiskripta.cz. [Online] [Citace: 2. březen 2020.] https://www.wikiskripta.eu/w/V%C3%BDpo%C4%8Detn%C3%AD_tomografie. 1804-6517.
12. Radiopaedia. [Online] 2005-2020. [Citace: 26. únor 2020.] <https://radiopaedia.org/articles/windowing-ct>.

13. Malíková, Hana. *Základy radiologie a zobrazovacích metod*. Praha : Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2019. 978-80-246-4036-5.
14. prof. MUDr. Miroslav Heřman, Ph.D. a kolektiv. *Základy radiologie*. Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. 978-80-244-2901-4.
15. krh.org. [Online] Kalispell Regional Healthcare, 2020. [Citace: 1. duben 2020.] <https://www.krh.org/hcnw/imaging/the-imaging-center/multiple-detector-computed-tomography-mdct>.
16. Sůkupová, Lucie. Výhody a nevýhody jednotlivých zobrazovacích modalit. [Online] 25. prosinec 2019. [Citace: 25. prosinec 2019.] <http://www.sukupova.cz/vyhody-a-nevyhody-jednotlivych-zobrazovacich-modalit/>.
17. doc. MUDr. Vlastimil Válek, CSc. a kolektiv autorů. *Moderní diagnostické metody, Výpočetní tomografie II.díl*. Brno : IPVPZ, 1998. 80-7013-294-9.
18. MUDr. Jiří Ferda, Ph.D., MUDr. Milan Novák, doc. MUDr. Boris Kreuzberg, CSc. *Výpočetní tomografie*. Praha : Galén, 2002. 80-7262-172-6.
19. MUDr. Vlastimil Válek, CSc., MUDr. Jan Žížka. *Moderní diagnostické metody, Magnetická rezonance III. díl*. Brno : IPVPZ, 1996. 80-7013-225-6.
20. prof. MUDr. Josef Nekula, CSc., MUDr. Jana Chmelová, Ph.D. *Základy zobrazování magnetickou rezonancí*. Ostrava : Ostravská univerzita v Ostravě, 2007. 978-80-7368-335-1.
21. prof. MUDr. Zdeněk Seidl, CSc. a kolektiv. *Radiologie pro studium i praxi*. Praha : Grada, 2012. 978-80-247-4108-6.
22. prof. MUDr. Zdeněk Seidl, CSc., MUDr. Manuela Vaněčková, Ph.D. *Magnetická rezonance hlavy, mozku a páteře*. Praha : Grada Publishig, a.s., 2007. 978-80-247-1106-5.

PŘÍLOHY

Příloha 1: CT přístroj Philips Ingenuity 128, Masarykova nemocnice Ústí nad Labem



Zdroj: vlastní

Příloha 2: Přístroj na udržování teploty kontrastních látek, Masarykova nemocnice Ústí nad Labem



Zdroj: vlastní

Příloha 3: MR přístroj 3T Ingenia, Masarykova nemocnice Ústí nad Labem



Zdroj: vlastní

Příloha 4: Souhlasné stanovisko se sběrem informací ve FN Plzeň



FAKULTNÍ NEMOCNICE PLZEŇ
Útvar náměstka pro ošetrovatelskou péči
Edvarda Beneše 13, 305 99 Plzeň - Bory
alej Svobody 80, 304 60 Plzeň - Lochotín
IČO 00669806 tel.: 377 401 111, 377 103 111

Vážená paní

Viktorie Tille

Studentka oboru Radiologický asistent

Fakulta zdravotnických studií - Katedra záchranářství, diagnostických oborů a veřejného zdravotnictví

Západočeská univerzita v Plzni

Povolení sběru informací ve FN Plzeň

Na základě Vaší žádosti Vám jménem Utvaru náměstkyně pro ošetrovatelskou péči FN Plzeň **uděluji souhlas** se sběrem informací o zobrazovacích metodách, používaných u pacientů *Kliniky zobrazovacích metod (KZM) FN Plzeň*. Informace budete získávat v souvislosti s vypracováním Vaší bakalářské práce s názvem „Srovnání nálezů v MR a CT obrazech při traumatech páteře“.

Podmínky, za kterých Vám bude umožněna realizace Vašeho šetření ve FN Plzeň:

- Vrchní radiologický asistent KZM souhlasí s Vaším postupem.
- Vaše šetření osobně povedete.
- Vaše šetření nenaruší chod pracoviště ve smyslu provozního zajištění dle platných směrnic FN Plzeň, ochrany dat pacientů a dodržování Hygienického plánu FN Plzeň. Vaše šetření bude provedeno za dodržení všech legislativních norem, zejména s ohledem na platnost zákona č. 372/2011 Sb., o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování, v platném znění.
- Sběr informací pro Vaši bakalářskou práci budete provádět v době Vašich, školou schválených, praktik na KZM, **pod přímým vedením MUDr. Filipe Heidenreicha, lékaře KZM FN Plzeň.**
- Obrazové, popř. i další údaje ze zdravotnické dokumentace pacientů, které budou uvedeny ve Vaší práci, musí být zcela anonymizovány.
- Po zpracování Vámi zjištěných údajů poskytnete zdravotnickému oddělení / klinice či organizačnímu celku FN Plzeň závěry Vašeho šetření, pokud o ně projeví oprávněný pracovník ZOK / OC zájem a budete se aktivně podílet na případné prezentaci výsledků Vašeho šetření na vzdělávacích akcích pořádaných FN Plzeň.

Toto povolení nezakládá povinnost zdravotnických pracovníků s Vámi spolupracovat, pokud by spolupráce s Vámi narušovala plnění pracovních povinností zaměstnanců, jejich soukromí, či pokud by spolupráce s Vámi zaměstnanci pociťovali jako újmu. Účast zdravotnických pracovníků na Vašem šetření je dobrovolná.

Přeji Vám hodně úspěchů při studiu.

Mgr. Bc. Světluše Chabrová
manažerka pro vzdělávání a výuku NELZP
zástupkyně náměstkyně pro oš. péči

Útvar náměstkyně pro oš. péči FN Plzeň
tel.: 377 103 204, 377 402 207
e-mail: chabrovas@fnplzen.cz

13. 11. 2019