



Zdravotně
sociální fakulta
Faculty of Health
and Social Sciences

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

**Využití zobrazovacích metod při vyšetřování páteřního
kanálu**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Studijní program: **SPECIALIZACE VE ZDRAVOTNICTVÍ**

Autor: Daniela Lehovcová

Vedoucí práce: MUDr. Petr Lhoták

České Budějovice 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci s názvem „Využití zobrazovacích metod při vyšetřování páteřního kanálu“ jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby bakalářské práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé bakalářské práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne

.....

Poděkování

Ráda bych poděkovala mému vedoucímu práce prim. MUDr. Petru Lhotákovi za odborné vedení, cenné rady a trpělivost při vypracovávání mé bakalářské práce.

Využití zobrazovacích metod při vyšetřování páteřního kanálu

Abstrakt

Cílem bakalářské práce je popsat jednotlivé zobrazovací metody páteřního kanálu. Předložit indikace k jednotlivým zobrazovacím metodám. Uvést jaká je úloha radiologického asistenta při jejich provedení.

Podkladem pro dosažení cílů bakalářské práce bylo studium odborné literatury, sledování jednotlivých výkonů na radiodiagnostických pracovištích a odděleních nukleární medicíny, praktické provádění některých vyšetření pod odborným dohledem a konzultace dané problematiky s lékaři a radiologickými asistenty příslušných pracovišť.

V teoretické části bakalářské práce je popisována anatomie páteře a páteřního kanálu. Některé pasáže jsou doloženy obrazovou dokumentací. Ve stručnosti jsou zde zmíněny patologické stavy postihující páteř a páteřní kanál.

V praktické části jsou popisovány jednotlivé zobrazovací metody páteřního kanálu z hlediska jejich základních principů a praktického provedení. Jednotlivá vyšetření jsou doložena obrazovou dokumentací. Dále je zde v krocích popisována úloha radiologického asistenta při provádění jednotlivých vyšetření a jsou předloženy indikace k jednotlivým zobrazovacím metodám.

Odpověď na výzkumnou otázku „Jaká je úloha radiologického asistenta při vyšetřování páteřního kanálu pomocí jednotlivých zobrazovacích metod?“, zní: nezastupitelná. Radiologický asistent provádí před vyšetřením, v jeho průběhu a po skončení výkonu řadu činností nezbytných pro jeho realizaci. Důležitou součástí jeho práce je i komunikace s pacienty a celým zdravotnickým týmem.

Bakalářská práce může sloužit jako úvodní seznámení se zobrazovacími metodami, které jsou v současné době využívány při vyšetřování páteřního kanálu, indikacemi k jednotlivým metodám a poskytnout pomoc radiologickým asistentům při provádění jednotlivých vyšetření.

Klíčová slova:

páteřní kanál; zobrazovací metody; radiologický asistent

Use of the imaging methods when examining vertebral canal

Abstract

The bachelor's thesis deals with the description of the individual imaging methods of vertebral canal. Presentation of indications concerning the individual imaging methods. Description of what is the task of radiology assistant when conducting them.

To reach the objectives of the bachelor's thesis, the following sources were used: study of specialized literature, monitoring of the individual practices at the radiology work places and department of nuclear medicine, practical execution of certain examinations under professional supervision, and consultation of the concerned issue with the physicians and radiology assistants of the respective work places.

The theoretical part of the bachelor thesis describes the anatomy of vertebral column and vertebral canal. Certain parts are documented by pictures. The pathological states affecting vertebral column and vertebral canal are briefly mentioned here.

The practical part describes the individual imaging methods of vertebral canal with regard to basic principles and practical procedure. The individual examinations are described by pictures. In addition, the task of radiology assistant is described by pictures. In addition, the task of radiology assistant is described here in steps when executing individual examinations and the indications are presented concerning the individual imaging methods.

The answer to the research question „What is the task of radiology assistant when examining vertebral canal using the individual imaging methods?“, is: not substitutable. Radiology assistant conducts before the examination, in the course of it, and after its termination, a number of activities necessary for its completion. Also the communication with patients and the whole health care team is the important part of his/her work.

The bachelor work can serve as the initial information on the imaging methods that are currently used when examining vertebral canal, indications of the individual methods, and provision of radiology assistants with the assistance when conducting individual examinations.

Key words

vertebral canal; imaging methods; radiology assistant

Obsah

Úvod.....	9
1 Teoretická část	10
1. 1 Anatomie páteře a páteřního kanálu.....	10
1. 1. 1 Stavba obratlů.....	12
1. 1. 2 Spojení na páteři	17
1. 1. 3 Mícha.....	18
1. 2 Onemocnění páteře a páteřního kanálu	23
1. 2. 1 Degenerativní onemocnění	24
1. 2. 2 Nádory	24
1. 2. 3 Traumata.....	24
1. 2. 4 Vývojové vady.....	25
2 Cíle práce a výzkumná otázka	26
2. 1 Cíle práce	26
2. 2 Výzkumná otázka.....	26
3 Metodika	27
4 Výsledky	28
4. 1 Zobrazovací metody páteřního kanálu – základní principy	28
4. 1. 1 Skiografie.....	28
4. 1. 2 Výpočetní tomografie	29
4. 1. 3 Magnetická rezonance	30
4. 1. 4 Perimyelografické vyšetření	32
4. 1. 5 Angiografie.....	32
4. 1. 6 Radionuklidové vyšetření	33
4. 1. 7 Ultrasonografické vyšetření.....	34
4. 2 Využití zobrazovacích metod páteřního kanálu v praxi a úloha radiologického asistenta při jejich provedení.....	34

4. 2. 1 Provedení skiagrafických snímků.....	35
4. 2. 2 Provedení CT vyšetření	45
4. 2. 3 Provedení MR vyšetření	48
4. 2. 4 Provedení perimyelografického vyšetření	51
4. 2. 5 Provedení angiografického zákroku	53
4. 2. 6 Provedení radionuklidového vyšetření	56
4. 3 Indikace k jednotlivým zobrazovacím metodám	59
4. 3. 1 Indikace ke skiagrafickému vyšetření	59
4. 3. 2 Indikace k CT vyšetření.....	60
4. 3. 3 Indikace k MR vyšetření	60
4. 3. 4 Indikace k perimyelografickému vyšetření	61
4. 3. 5 Indikace k angiografickému vyšetření.....	61
4. 3. 6 Indikace k radionuklidovému vyšetření	61
5 Diskuse.....	62
6 Závěr	66
7 Seznam použitých zdrojů.....	67
8 Seznam zkratk	72
9 Seznam obrázků.....	73

Úvod

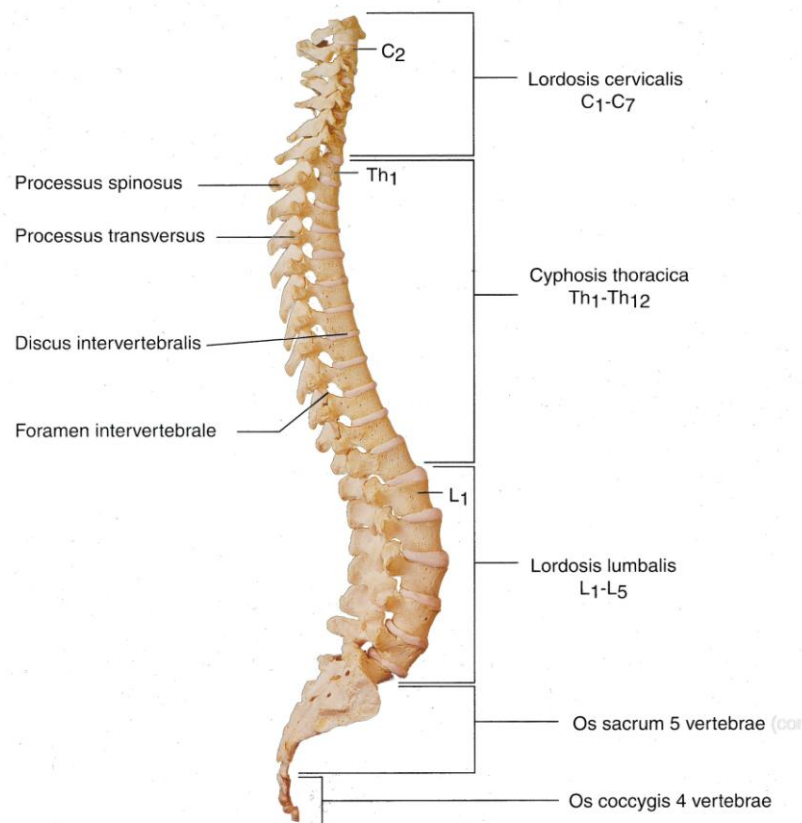
Onemocnění páteře a páteřního kanálu představují v současnosti aktuální a závažný zdravotní, sociální a ekonomický problém, který postihuje široké vrstvy obyvatelstva různých věkových kategorií. Vhodně indikovaná zobrazovací modalita a správně provedená diagnostika opírající se o zobrazovací metody, je pro následnou terapii osob s onemocněním páteře a páteřního kanálu, nezbytnou nutností. Z uvedeného důvodu dané téma je a nejspíše i nadále bude stále aktuální problematikou v oblasti zobrazovacích metod.

Práce radiologického asistenta při jednotlivých zobrazovacích metodách je nedílnou součástí jejich provedení. Radiologický asistent na základě svých odborných znalostí, praktických a částečně i technických dovedností realizuje v rámci jeho kompetencí samotné vyšetření a zajišťuje komunikaci s pacientem.

1 Teoretická část

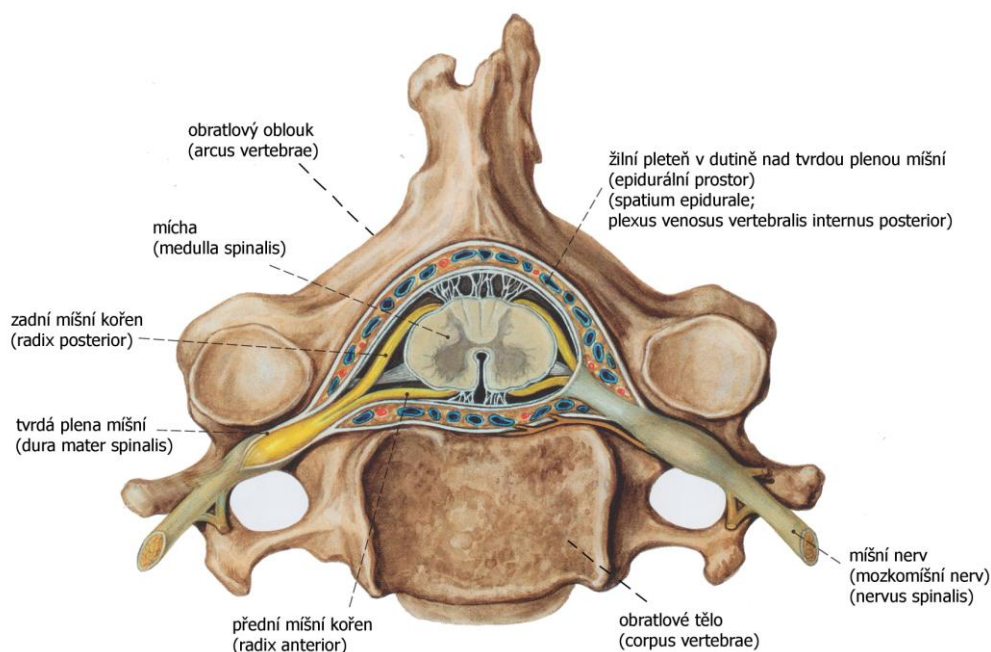
1.1 Anatomie páteře a páteřního kanálu

Páteř (lat. *columna vertebralis*) tvoří nosnou a pohyblivou oporu těla (obr. 1). Je součástí osového skeletu, což je souhrnné označení pro páteř, hrudní kost (lat. *sternum*), žebra (lat. *costae*) a lebku (lat. *cranium*). Délka páteře dospělého člověka tvoří asi 35 % výšky těla, z čehož až čtvrtina připadá na meziobratlové destičky. Páteř tvoří jednotlivé obratle (*vertebrae*). Skládá se z 33-34 obratlů, konkrétně ze 7 krčních obratlů (lat. *vertebrae cervicales*), značených C1-C7; 12 hrudních obratlů (lat. *vertebrae thoracicae*), značených Th1-Th12; 5 bederních obratlů (lat. *vertebrae lumbales*), značených L1-L5; 5 křížových obratlů (lat. *vertebrae sacrales*), značených S1-S5 a 4-5 kostrčních obratlů (lat. *vertebrae coccygeae*), které srůstají v kost kostrční a označují se Co1-Co4(5) (viz 1.1). Páteř má několik fyziologických zakřivení. Zakřivení ve směru předozadním (sagitální rovina) se nazývají lordosa a kyfosa. Lordosa je o obloukovité zakřivení vyklenuté dopředu a nacházíme ji v krční oblasti s vrcholem při C4 – C5 a bederní oblasti s vrcholem při L3 – L4. Kyfosa je opak lordosy, oblouk je vyklenutý dozadu. Nalézá se v hrudní oblasti s vrcholem při Th6 – Th7 a křížové oblasti. Přechod obratle L5 v kost křížovou vytváří charakteristické zalomení zvané promontorium, od kterého pokračuje kost křížová kyfotickým zakřivením. Zakřivení páteře do stran v čelním směru (frontální rovina) se nazývá skoliosa. Téměř každá páteř má v klidu mírné fyziologické vybočení do stran (Čihák, 2011). Celá páteř je pohyblivá a pohyblivost je dána součty pohybů mezi jednotlivými obratli. Pohyby mezi obratli jsou umožněny stlačováním meziobratlových destiček kolem jejich jádra a jsou usměrňovány meziobratlovými klouby. Základní pohyby, které může páteř vykonávat jednotlivě i v kombinaci nazýváme předklon (lat. *anteflexe*), záklon (lat. *retroflexe*), úklon (lat. *lateroflexe*), otáčení (rotace) a pérovací pohyby, které mění zakřivení páteře. Z postavení a tvaru kloubních ploch krční, hrudní a bederní páteře vyplývá, že se její jednotlivé oddíly svou pohyblivostí liší.



obr. 1 – Páteř, bočný pohled (zdroj: Hutchinson et al., 2013)

Páteřní kanál (lat. *canalis vertebralis*) (obr. 2) vytvářejí obratlové otvory (lat. *foramina vertebralia*) všech obratlů a prochází jimi páteřní mícha (lat. *medulla spinalis*), která začíná na úrovni prvního krčního obratle a končí v oblasti druhého bederního obratle. Páteřní kanál je ohraničen jednotlivými částmi obratlů, vpředu obratlovým tělem, po stranách pedikly a vzadu obratlovými oblouky. Je vystlán periostem zvaným endorhachis. Mezi endorhachis a vakem tvrdé pleny míšní je epidurální prostor (lat. *spatium epidurale*), kde je řídké vazivo, tukové vazivo a cévní, zejména žilní pleteně. Kanál sahá od velkého týlního otvoru (lat. *foramen magnum*) až po otvor křížového kanálu (lat. *hiatus sacralis*). V krční a bederní oblasti má trojúhelníkový tvar s vrcholem vzadu, v hrudní části je oválný a v křížovém kanálu (lat. *canalis sacralis*) je předozadně zploštělý. Z páteřního kanálu vycházejí míšní nervy, které vznikají spojením předních a zadních míšních kořenů.



obr. 2 – Obsah páteřního kanálu v krční oblasti (zdroj: Elsevier, 2012)

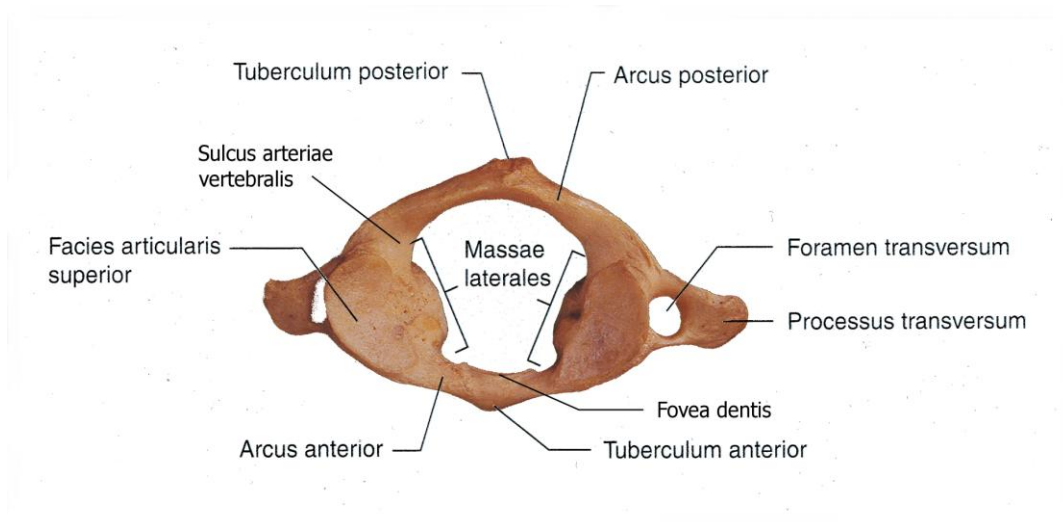
1. 1. 1 Stavba obratlů

Na každém obratli obecně rozlišujeme obratlové tělo (lat. *corpus vertebrae*), obratlový oblouk (lat. *arcus vertebrae*) a obratlové výběžky (lat. *processus vertebralis*) (Dylevský, 2009). Tělo obratle je nosnou částí a je uloženo vpředu. Tělo obratle je ve své horní (lat. *kranialis*) i dolní (lat. *kaudalis*) části spojeno s chrupavčitou meziobratlovou destičkou (lat. *discus intervertebralis*). U krčních obratlů je tělo nízké, kaudálně narůstá a u bederních obratlů je značně mohutné. Oblouk obratle je zezadu připojen k obratlovému tělu a vytváří obratlový otvor (lat. *foramen vertebrale*). Na sebe navazující obratlové oblouky a těla jednotlivých obratlů tvoří páteřní kanál a chrání míchu. U odstupu oblouků se nacházejí horní a dolní zářezy (lat. *incisura vertebralis superior* a *incisura vertebralis inferior*) ohraničující meziobratlové otvory (lat. *foramina intervertebralia*). Těmito vystupují z páteřního kanálu míšní nervy a cévy. Součástí obratlového oblouku je pedikl (lat. *pediculus*), párová oblá patka připojující oblouk k obratlovému tělu a lamina (klinický název zbylé části obratlového oblouku).

Z obratlového oblouku odstupují výběžky. Rozlišujeme výběžky kloubní (lat. *processus articulares*), výběžky příčné (lat. *processus transversi*) a výběžky trnové (lat. *processus spinosus*). Výběžky kloubní jsou párové, připojené za pediklem, umožňující spojení jednotlivých obratlů. Rozlišují se: horní kloubní výběžky (lat. *processus articulares superiores*), které míří kranálně, je jimi obratel sklouben s vyšším obratlem a jejich součástí jsou horní kloubní plošky (lat. *facies articulares superiores*) a dolní kloubní výběžky (lat. *processus articulares inferiores*), které se spojují s horními kloubními výběžky obratle nižšího a jejich součástí jsou dolní kloubní plošky (lat. *facies articulares inferiores*). Výběžky příčné, také párové a odstupují od oblouku zevně. Výběžek trnový je nepárový a odstupuje dozadu. Výběžky příčné a trnové jsou místy svalových úponů, díky kterým se obratle navzájem naklánějí a otáčejí (Čihák, 2011).

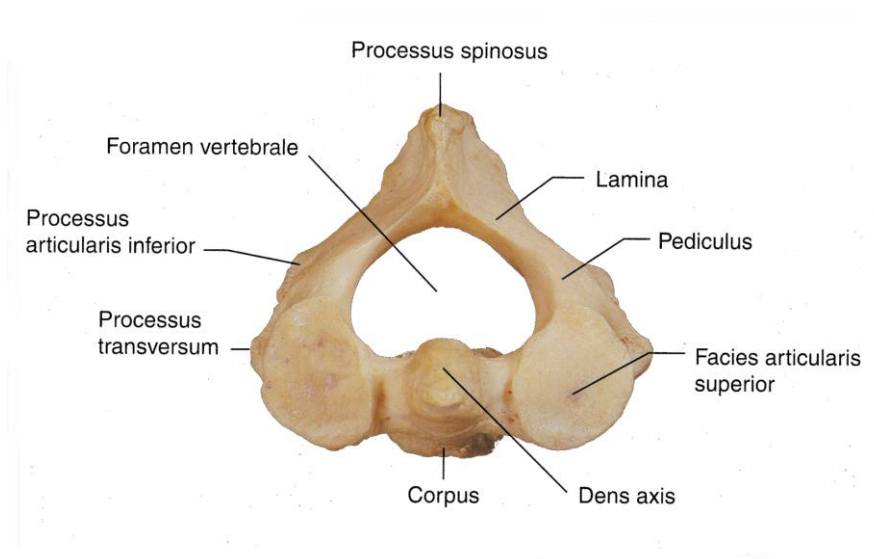
Dle oblasti páteře, kterou obratle tvoří, rozlišujeme krční, hrudní, bederní, křížové a kostrční obratle. V oblasti krční páteře platí obecná stavba obratle pro třetí až sedmý krční obratel. První dva krční obratle, atlas a axis, umožňují pohyby hlavy, proto se odlišují od ostatních obratlů.

Atlas (obr. 3) umožňuje kývavé pohyby, nemá tělo (na jeho místě je kostěný oblouk) a má prstencový tvar. Na atlasu rozeznáváme přední oblouk (lat. *arcus anterior*), hrbolek vyčnívající dopředu uprostřed předního oblouku (lat. *tuberculum anterius*), zadní oblouk odpovídající oblouku obratle (lat. *tuberculum posterius*), zadní hrbolek vyčnívající dozadu uprostřed zadního oblouku (lat. *tuberculum posterius*), mohutné postranní části spojující přední a zadní oblouk (lat. *massae laterales*), příčné výběžky s otvory (lat. *foramina transversaria*), kterými v rozsahu C6 – C1 probíhá vertebrální tepna provázena jednou nebo dvěma žilami, párové plochy kranálních kloubních výběžků (lat. *facies articulares superiores*) pro skloubení s kostí týlní, kloubní plošky dolních kloubních výběžků (lat. *facies articulares inferiores*) pro skloubení s C2, kloubní jamku uprostřed vnitřní plochy předního oblouku (lat. *fovea dentis*) pro spojení se zubem C2 a žlábek pro vertebrální tepnu (lat. *sulcus arteriae vertebralis*) na horní ploše arcus posterior (Dauber, 2007).



obr. 3 – Atlas, pohled seshora (zdroj: Hutchinson et al., 2013)

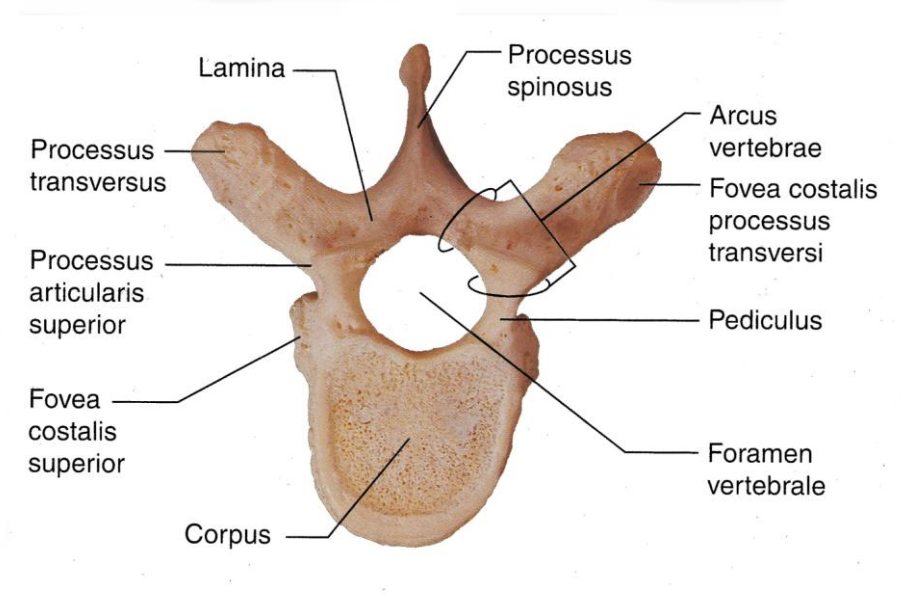
Axis (obr. 4) má tvar typického krčního obratle, je větší než C3 a je přizpůsobený k otáčení hlavy kolem svislé osy. Na axisu rozeznáváme zub (lat. *dens axis*) ve tvaru sloupce vyčnívajícího kranálně z těla obratle, kolem kterého se otáčí první krční obratel, dále kuželovité zakončení zubu (lat. *apex dentis*), kloubní ploška vpředu na dens axis (lat. *facies articularis anterior*) pro skloubení s fovea dentis atlasu, obdobná ploška na zubu vzadu (lat. *facies articularis posterior*), horní kloubní výběžky (lat. *processus articulares superiores*) s kloubními ploškami střechovitě zalomenými a dolní kloubní výběžky (lat. *processus articulares inferiores*) (Dauber, 2007).



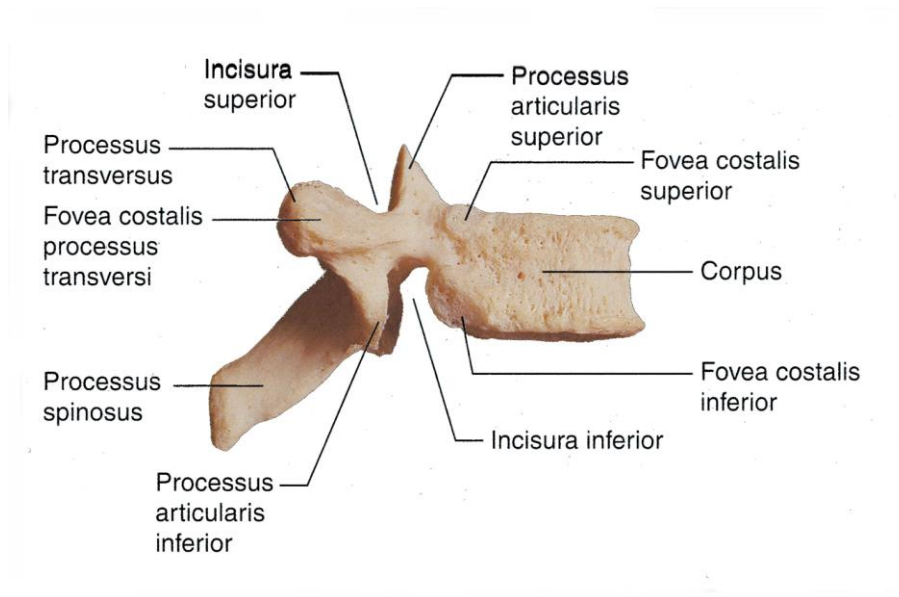
obr. 4 – Axis, pohled seshora (zdroj: Hutchinson et al., 2013)

Sedmý krční obratel (lat. *vertebra prominens*) má výrazný paličkovitě zakončený trnový výběžek, který „prominuje“ mezi ostatními obratli a je hmatný na přechodu šíje a zad. Obratlový otvor krčních obratlů je trojhranný.

Hrudní obratle (obr. 5, 6) mají vysoké tělo polokruhovitěho tvaru a jejich výšky od Th1 kaudálně přibývá. Processus transversi jsou delší, silné a směřují dorsolaterálně (dozadu a do stran) a vytvářejí kloubní plochy pro spojení s žebry. Processus spinosi směřují dozadu, jsou dlouhé, až po Th7 se stále více sklánějí kaudálně a každý přesahuje pod ním následující obratel. Pak se až po Th12 postupně napřimují. Processus articulares superiores vyčnívají a processus articulares inferiores jsou přitisknuty k oblouku. Na bocích obratlových těl jsou styčné plošky pro hlavice žebří (lat. *foveae costales*) a na hrotu příčných výběžků se nachází kloubní ploška (lat. *fovea costalis processus transversi*) pro spojení s hrbolkem žebra (chybí na Th11 a Th12). Obratlový otvor hrudních obratlů je okrouhlý.

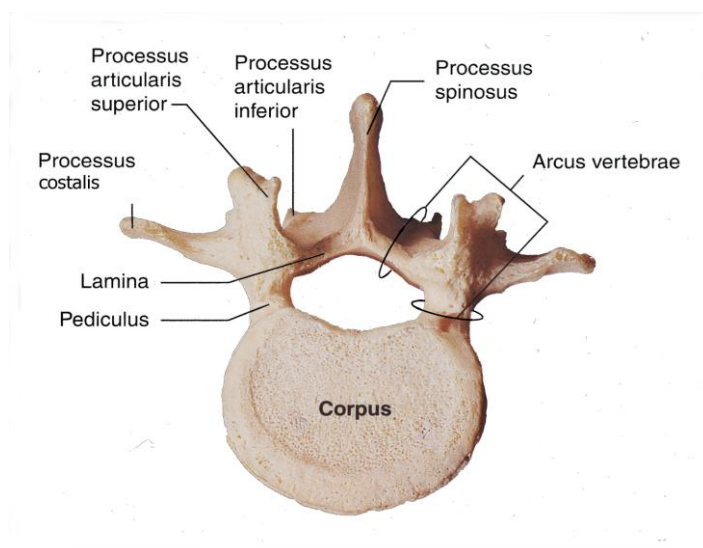


obr. 5 – Obratel Th 7, pohled seshora (zdroj: Hutchinson et al., 2013)

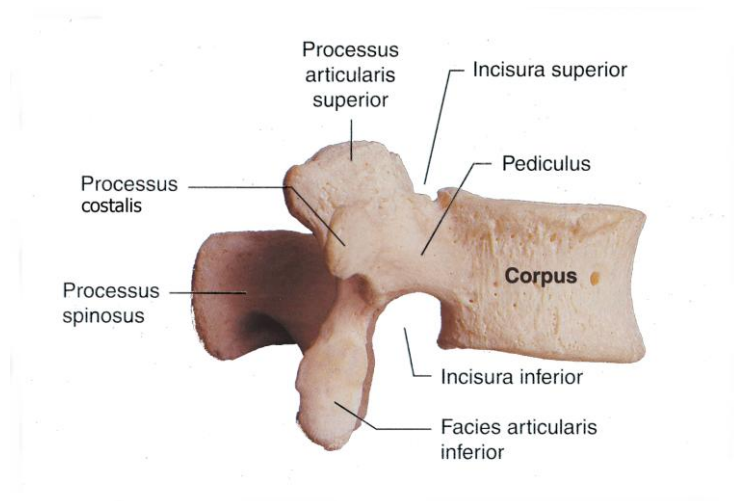


obr. 6 – Obratel Th 7, bočný pohled (zdroj: Hutchinson et al., 2013)

Bederní obratle (obr. 7, 8) jsou ze všech obratlů největší. Jejich těla jsou široká a mají tvar ledviny. Oblouk bederních obratlů je mohutný. U bederních obratlů nejsou přítomny příčné výběžky, nýbrž štíhlé dlouhé výběžky (lat. *processus costales*), které jsou pozůstatky zakrnělých žebér. Směřují do stran a mírně dozadu. Obratlový otvor bederních obratlů má trojúhelníkový tvar. Trnové výběžky mají tvar čtverhranných destiček. Kloubní výběžky jsou vysoké (Šrámek, 2015).



obr. 7 – Obratel L 2, pohled seshora (zdroj: Hutchinson et al., 2013)



obr. 8 – Obratel L 2, bočný pohled (zdroj: Hutchinson et al., 2013)

Zbývajících 5 křížových a 4-5 kostrčních obratlů jsou srostlé v kost křížovou (lat. *os sacrum*) a kost kostrční (lat. *os coccygys*) a tvoří nepohyblivou část páteře. Kost křížová je součástí páteře, tvoří ji pět srostlých křížových obratlů. Svým spojením s pánevními kostmi tvoří součást pánve a účastní se funkcí pletence dolní končetiny. Uvnitř křížové kosti je křížový kanál (lat. *canalis sacralis*), který je pokračováním páteřního kanálu a zasahují do něj kořeny míšních nervů (Dylevský, 2009). Kost kostrční tvoří spojená těla čtyř až pěti obratlů. Mezi křížovou kostí a kostrčí a často i mezi Co1 a Co2 je chrupavčité spojení (lat. *synchondrosa*). Mezi ostatními kostrčními obratli je kostní spojení (lat. *synostosa*).

1. 1. 2 Spojení na páteři

Obratle jsou navzájem spojeny pevnými avšak pohyblivými spoji. Mezi spojením jednotlivých těl obratlů řadíme chrupavčité spoje páteře (lat. *synchondroses columnae vertebralis*), vazivová spojení (lat. *syndesmoses columnae vertebralis*) a meziobratlové klouby (lat. *articulationes columnae vertebralis*). Chrupavčité spoje páteře se nacházejí mezi obratlovými těly a obsahují meziobratlovou ploténku, meziobratlový disk (lat. *discus intervertebralis*). Destiček je celkem 23. První se nachází mezi C2 a C3 a poslední mezi L5 a S1. Každá meziobratlová ploténka má v okrajích při obratlích

hyalinní chrupavku, srostlou s kostí obou těl obratlů. Vlastní disk tvoří chrupavka vazivová, přecházející na obvodu disku v husté fibrózní vazivo. Uvnitř každého disku je uloženo vodnaté řídké jádro (lat. *nucleus pulposus*). K vazivovým spojům patří dlouhé vazy (lat. *ligamenta*) páteře, které spojují těla obratlů a krátké vazy páteře, spojující oblouky a výběžky obratlů. Meziobratlové klouby se nalézají mezi kloubními výběžky sousedních obratlů. Kloubní plochy mají podle úseků páteře různý tvar, který určuje možnost, druh a rozsah pohybů v daném úseku páteře (Čihák, 2011).

Zvláštními typy spojení jsou kraniovertebrální spojení a další speciální spojení páteře. Kraniovertebrální spojení je systém kloubů a vazů spojujících kost týlní s prvním a druhým krčním obratlem. Mezi speciální spojení na páteři patří také nepohyblivé chrupavčité spoje mezi křížovými a kostrčními obratli. Dále to mohou být např. unkovertebrální klouby (lat. *articulatio uncovertebrales*) v krčním úseku páteře.

1. 1. 3 Mícha

Mícha (obr. 9) je nervová trubice uložená v páteřním kanálu, která tvoří společně s mozkem centrální nervovou soustavu. Je to téměř oválný provazcovitý útvar dlouhý 40-50cm, široký od 10 do 13mm, procházející páteřním kanálem, kde je obklopen míšními obaly. Hmotnost míchy se pohybuje od 30 do 35 gramů. Začíná pod velkým týlním otvorem mezi týlní kostí a prvním krčním obratlem. Začátek míchy kranialně plynule přechází v prodlouženou míchu, která je součástí mozku. Mícha končí v úrovni meziobratlové ploténky mezi prvním a druhým bederním obratlem kuželovitým zakončením (lat. *conus medullaris*). Z tohoto zakončení dále kaudálně pokračuje vlákno tvořené neuroglii a vazivem měkké pleny míšní (lat. *filum terminale*), které asi po 20cm průběhu končí v místě zakončení vaku tvrdé pleny míšní srůstem s okosticí (lat. *periostr*) druhého křížového obratle. Mícha je součástí centrální nervové soustavy pracující ve funkční návaznosti na ostatní struktury nervové soustavy. Plní reflexní i převodní funkce (Čihák, 2004).

a) Míšní obaly

Mícha je obalena míšními obaly (obr. 9), kterými jsou měkká plena míšní (lat. *pia mater spinalis*), pavučnice (lat. *arachnoidea spinalis*) a tvrdá plena míšní (lat. *dura mater spinalis*). Měkká plena míšní těsně obklopuje míchu, je tvořena jemným vazivem, obaluje cévy, které ji pronikají a doprovází je dovnitř centrální nervové soustavy. Nad měkkou plenou míšní je uložena arachnoidea, tenká, vazivová, bezcévná blána, která obaluje míšní nervy a doprovází je až k receptorovým tělískům, kde přechází do jejich obalů. Mezi měkkou plenou míšní a arachnoideou je subarachnoideální prostor (lat. *spatium subarachnoideum*) vyplněný mozkomíšním mokem (lat. *liquor cerebrospinalis*). Tvrdá plena míšní se nachází nad arachnoideou. Mezi nimi je subdurální prostor (lat. *spatium subdurale*). Tvrdá plena je tvořena hustým kolagenním vazivem, je upravena do podoby vaku, durálního vaku (lat. *sacus durae matris spinalis*), který sahá od velkého týlního otvoru po druhý křížový obratel. Mezi durálním vakem a periostem vystylajícím páteřní kanál (lat. *endorhachis*) je epidurální prostor (lat. *spatium epidurale*), kde je řídké vazivo, tukové vazivo a cévní, zejména žilní pletěň.

b) Stavba a funkce míchy

Z funkčního i morfologického hlediska lze míchu rozdělit na šedou hmotu (lat. *substantia grisea*), kde jsou nahromaděny nervové buňky a bílou hmotu (lat. *substantia alba*), která představuje dráhy spojující dílčí oddíly nervového systému s receptory nebo efektory (Myslivoček a kol., 2009). Na průřezu míchou probíhá středem centrální míšní kanál (lat. *canalis centralis*), úzký kanálek, který je kaudálně uzavřený, jdoucí celou délkou míchy. Je vyplněn mozkomíšním mokem. Kraniálně pokračuje do centrálního kanálu prodloužené míchy. Centrální kanálek je obklopený šedou hmotou míšní motýlovitého tvaru se zadními míšními rohy (lat. *cornua posteriora*), předními míšními rohy (lat. *cornua anteriora*) a postranními míšními rohy (lat. *cornua lateralia*) (Waberžinek, Krajíčková a kol., 2014). Zadní rohy jsou delší a širší a končí zde velká část nervových výběžků (lat. *axon*), přinášejících podněty z periferie organismu. Přední

rohy jsou kratší, široké, zaoblené a vystupují z nich nervové výběžky vedoucí podněty do organismu. Postranní rohy vyčnívají málo a nacházejí se mezi předními a zadními rohy, v prostoru jsou vpravo a vlevo. Bílá hmota je na povrchu mezi sloupci šedé hmoty nachází se v ní několik zářezů a také tvoří míšní provazce. Mezi zářezy patří přední míšní zářez (lat. *fissura mediana anterior*), zadní míšní zářez (*sulcus medianus posterior*), přední bočný zářez (lat. *sulcus anterolateralis*) a zadní bočný zářez (lat. *sulcus posterolateralis*), ze kterých vystupují vlákna předních a zadních míšních kořenů (obr. 9). Míšní provazce (lat. *funiculi medullare spinalis*) jsou rozděleny na tři párové svazky, kterými jsou zadní provazec (lat. *funiculus dorsalis*) obsahující převážně vzestupné (lat. *ascendentní*) dráhy, postranní provazec míšní (lat. *funiculus lateralis*) obsahující vzestupné i sestupné (lat. *descendentní*) dráhy a přední provazec míšní (lat. *funiculus anterior*) obsahující vzestupné i sestupné dráhy (Čihák, 2004). Vzestupné míšní dráhy vstupují do zadních rohů šedé hmoty, odkud pak probíhají v provazcích jako vzestupné dráhy míšní a vedou do nadřazených struktur centrální nervové soustavy. Sestupné míšní dráhy vedou z nadřazených struktur centrální nervové soustavy do předních míšních rohů.

c) Míšní segmenty

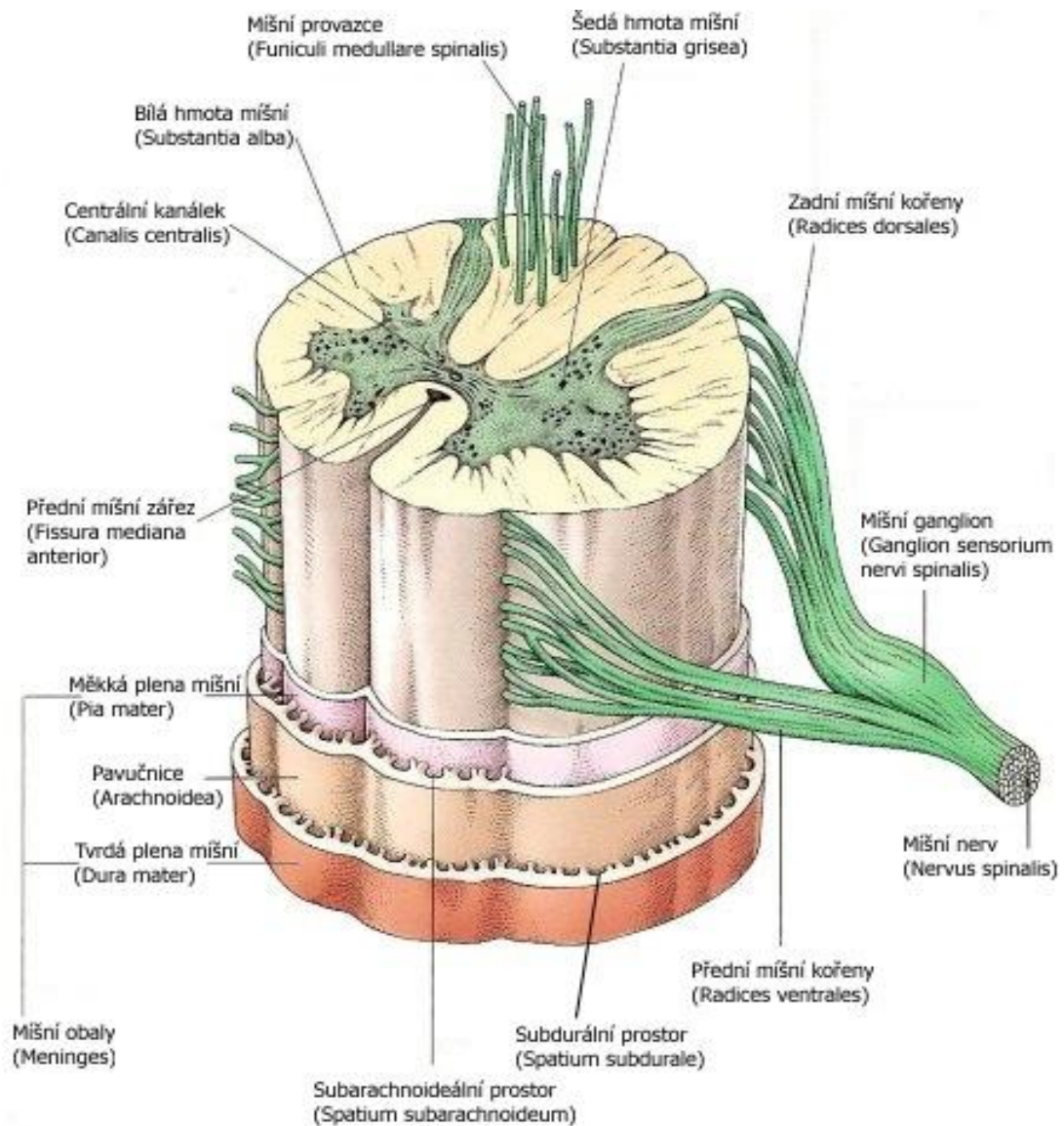
Úsek míchy, ze kterého se sbíhají kořenová vlákna do jednoho páru míšních nervů se nazývá míšní segment. Segmentů a tedy i nervů je 31. 8 krčních (lat. *segmenta cervicalia*), přičemž první krční nerv vystupuje mezi atlasem a týlní kostí a osmý pak pod sedmým krčním obratlem; 12 hrudních (lat. *segmenta thoracica*), kde každý hrudní nerv vystupuje meziobratlovým otvorem pod příslušným, stejně číslovaným obratlem (12. hrudní nerv vystupuje mezi obratli Th12 a L1); 5 bederních (lat. *segmenta lumbalia*), kde každý bederní míšní nerv vystupuje pod příslušným bederním obratlem (5. bederní nerv vystupuje mezi L5 a křížovou kostí); 5 křížových (lat. *segmenta sacralia*), kde první čtyři křížové nervy vystupují ve čtyřech křížových otvorech a pátý vystupuje skrze hiatus sacralis; 1 až 3 segmentů kostrčních (lat. *segmenta coccygea*), kde nerv z této části míchy vystupuje jen jeden skrze hiatus sacralis. Dolní bederní a křížové nervy a jejich kořeny vytvářejí kaudálně od míchy chvost vláken nazývaných

koňský ocas (lat. *cauda equina*). Z hlediska chirurgických zákroků je důležitá znalost vzájemného vztahu mezi obratli a míšními segmenty. První čtyři krční segmenty jsou v rozsahu obratlů C1-C4; segmenty C5-C8 a Th1 leží v rozsahu obratlů C5-C7 a Th1; segmenty Th2-Th12 jsou v rozsahu obratlů Th2-Th9; segmenty L1-L4 leží v rozsahu obratlů Th10-Th12; segmenty L5-S2 leží v rozsahu obratle L1; segmenty S3-Co leží v rozsahu obratle L2. Polohu jednotlivých míšních segmentů podle obratlů resp. trnových výběžků obratlů, určuje Chipaultovo (Antoine Chipault (1866-1920), francouzský chirurg, jeden z průkopníků neurochirurgie) pravidlo (Čihák, 2004).

d) Míšní kořeny a míšní nervy

Míšním segmentům odpovídají zadní a přední míšní kořeny. Přední kořenová vlákna (lat. *fila radicularia ventralia*) vystupují z předobočního zářezu bílé míšní hmoty a spojují se do předních míšních kořenů (lat. *radices ventrales*). Ze zadní části míchy vystupují zadní kořenová vlákna (lat. *fila radicularia dorsalia*) a spojují se do zadních míšních kořenů (lat. *radices dorsales*). Součástí zadních kořenů míšních je míšní ganglion (lat. *ganglion sensorium nervi spinalis*), obsahující shluk neuronů podílejících se na částečném zpracování přichozících informací. Přední a zadní míšní kořeny vstupují do meziobratlového otvoru a spojují se do páteřního nervu (lat. *nervus spinalis*). Člověk má 31 párů míšních nervů. Odstředivá - eferentní nervová vlákna začínají v předních míšních rozích, vystupují předními míšními kořeny a spojují se z jednoho míšního segmentu do jednoho míšního nervu. Z hlediska funkce je jedná o vlákna motorická. Dostředivá – aferentní nervová vlákna začínají v periférii organismu svými zakončeními, které se nazývají receptory. V receptorech se podněty z vnějšího i vnitřního prostředí mění v nervové vzruchy, které jsou vedeny do zadního rohu míšního. Z hlediska funkce se jedná o vlákna senzitivní. Přední a zadní míšní kořeny se spojují těsně před vstupem do meziobratlových otvorů a těmito nervy vystupují z páteře. Podle místa výstupu rozdělujeme krční nervovou pletěň (lat. *plexus cervicalis*) inervující kůži a svaly hlavy a krku; pažní nervovou pletěň (lat. *plexus brachialis*) inervující horní končetiny; hrudní nervy (lat. *nervi thoracici*) nevytvářejí žádnou pletěň a inervují kůži a svaly zad a hrudníku; bederní nervovou pletěň (lat. *plexus lumbalis*)

inervující břicho, stehna a pohlavní orgány; křížovou pleteň (lat. *plexus sacralis*), která inervuje dolní končetiny a hýždě; kostrční nervy (lat. *nervi coccygeus*) jsou u člověka bez funkce.



obr. 9 – Schéma míchy (zdroj: Darling, 2017)

e) Cévní zásobení míchy

Cévní zásobení míchy zajišťují tepny míchy, které přistupují k míše převážně skrze foramina intervertebralia podél míšních nervů a míšních kořenů, jakožto spinální tepny (lat. *arteriae spinales*). Tyto se po vstupu do páteřního kanálu dělí na přední a zadní radikulární tepny (lat. *arteria radicularis anterior et posterior*), které v pia mater přecházejí v tenkou podélnou přední spinální tepnu (lat. *arteria spinalis anterior*) a dvě zadní spinální tepny (lat. *arteriae spinales posteriores*). Z *arteria spinalis anterior* odstupují do míchy tepenné větévky, jichž bývá 5-8 na 1cm délky míchy, větví se v bílé i šedé hmotě míšni a zásobují přední 2/3 průřezu míchy. Zbývající 1/3 průřezu míchy zásobují obdobné větévky z *arteriae spinales posteriores*. Tyto se větví na další krátké větévky vstupující paprscitě do míchy.

Žilní uspořádání je podobné tepnám. Drobné žíly míchy se sbírají do podélných žil v pia mater, jejichž cestou vedou do vnitřní vertebrální žilní pleteně (lat. *plexus venosi vertebrales interni*) a tudy podél míšních nervů skrze foramina intervertebralia do vnější vertebrální žilní pleteně (lat. *plexus venosi vertebrales externi*) a z nich do vertebrálních žil, hlubokých krčních žil, mezižeberních žil, podžeberní žíly, bederních žil a postranních sakrálních žil.

1. 2 Onemocnění páteře a páteřního kanálu

S pacienty, kteří trpí onemocněním páteře nebo páteřního kanálu se setkávají lékaři různých odborností. Některá onemocnění jsou poměrně častá, mohou mít banální i komplikovaný průběh a nezřídka se objevují recidivy. Mohou postihovat různé struktury a úseky páteře a páteřního kanálu.

1. 2. 1 Degenerativní onemocnění

Degenerativní onemocnění jsou velmi častými onemocněními páteře. Jedná se o nemoci, u kterých progreduje destrukce určitých skupin nebo systémů buněk. Postihují značnou část obyvatel naší republiky a lze říci, že u každého druhého po padesátém roce věku bychom našli na páteři známky degenerativního pochodu. Obvykle se začínají projevovat ve čtvrté dekádě života. Degenerativní změny postihují různé oddíly i struktury páteře, nejvíce však zasahují nejpohyblivější oddíly, tedy krční a bederní úsek. Konkrétně jsou degenerativními změnami postiženy např. meziobratlové ploténky, obratle či meziobratlové klouby.

1. 2. 2 Nádory

Nádor je patologický útvar tvořený tkáněmi, jejichž růst se vymkl kontrole organismu. Dle lokalizace lze nádory rozdělit na ty, které jsou umístěny uvnitř míchy, v míšních obalech nebo v obratlích. Pokud nádory pocházejí prvotně z uvedených struktur, jedná se o nádory primární. Sekundární nádory neboli metastázy, potom pocházejí z jiného orgánu a v oblasti páteře či míchy se objevila jejich recidiva. Včasná diagnostika nádorů může usnadňovat a zlepšovat jejich léčbu a snižovat možnost úmrtí (Aghayev et al., 2011).

1. 2. 3 Traumata

Nezřídka dochází k traumatickému poškození páteře a páteřního kanálu. Nejčastější příčinou poranění páteře jsou dopravní nehody, potom sportovní a pracovní úrazy. Při zranění dochází k lézi kostních, nervových a ligamentózních (zahrnuje i lézi disků) struktur páteře i různě závažnému poškození míchy. Častou oblastí poškození je přechod mezi lebkou a krční páteří a přechod mezi hrudní a bederní páteří.

1. 2. 4 Vývojové vady

Vývojové vady míchy a páteře jsou anomálie, ke kterým dochází v průběhu prenatálního vývoje embrya a které jsou přítomny i po narození. Na abnormálním prenatálním vývoji se mohou podílet faktory genetické, faktory zevního prostředí či jejich kombinace. Mezi vývojové vady míchy a páteře lze zařadit např. rozštěpové vady či poruchy vývoje krční páteře - Kippel-Feilův syndrom.

Mezi další onemocnění, která postihují páteř, páteřní kanál a míchu lze zařadit zánětlivá onemocnění páteře, míchy a míšních plen, cévní onemocnění, demyelinizační choroby, ale i deformity páteře, např. skoliózy.

2 Cíle práce a výzkumná otázka

2. 1 Cíle práce

- 1) Popsat jednotlivé metody při vyšetřování páteřního kanálu.
- 2) Předložit indikace k jednotlivým zobrazovacím metodám.
- 3) Uvést jaká je úloha radiologického asistenta při vyšetřování páteřního kanálu.

2. 2 Výzkumná otázka

Jaká je úloha radiologického asistenta při vyšetřování páteřního kanálu pomocí jednotlivých zobrazovacích metod?

3 Metodika

Podkladem k vypracování praktické části bakalářské práce bylo studium odborné literatury, sledování průběhu jednotlivých vyšetření pod vedením lékařů-radiologů, radiologických asistentů a celého zdravotnického týmu na radiodiagnostických odděleních a odděleních nukleární medicíny v rámci studentské praxe, získávání vlastních zkušeností při provádění některých výkonů pod odborným vedením a konzultace dané problematiky se zdravotnickým personálem.

4 Výsledky

4.1 Zobrazovací metody páteřního kanálu – základní principy

Mezi zobrazovací metody užívané v současné době při vyšetření páteřního kanálu řadíme skiografii, výpočetní tomografii (CT), magnetickou rezonanci (MR), perimyelografické vyšetření (PMG), angiografii (AG), radionuklidové vyšetření. V prenatalní diagnostice je využíváno ultrazvukové vyšetření (UZ).

4.1.1 Skiografie

Skiografie je rentgenová metoda spočívající v provedení krátké expozice rentgenového záření, které prochází tělem pacienta. Záření dopadá na detektor či kazetu s filmem nebo zesilující fólii, které slouží k vytvoření planárního, dvojrozměrného snímku. Je to diagnostická metoda, která funguje na principu rozdílné hodnoty absorpce procházejícího svazku rentgenového záření v různých tkáních. Výsledkem skiografického zobrazení je rentgenový snímek, v němž je zachycen celý objem vyšetřovaného objektu. Oblasti, které absorbují více rentgenového záření než okolí, vytvářejí na snímku zastínění (světlé plochy). V oblastech s nízkou absorpcí záření se nachází projasnění (tmavé plochy). Většinou se snímky vyhotovují ve dvou na sebe kolmých projekcích, které poskytnou informaci o prostorových poměrech ve vyšetřované oblasti a umožňují zobrazit některé struktury, které nejsou na jedné projekci pro sumaci viditelné (Žvák et al., 2006).

Skiografické snímky páteře jsou základním vyšetřením, ke kterým se ve vyšetřovacím algoritmu přistupuje nejdříve, pokud to zdravotní stav pacienta dovoluje. Toto vyšetření lze chápat jako orientační, ale v mnoha případech i rozhodující pro další léčebný postup (Štulík et al., 2010). Zobrazí se zde tvar, struktura obratlů, postavení obratlů vůči sobě, vzájemný úhel dvou přilehlých obratlových těl, jednotlivé části

obratlů – viditelné je tělo obratle, výběžky a jejich postavení, pedikly, obratlový oblouk, dále meziobratlové prostory, foramina intervertebralia, zakřivení páteře i poloha páteřního kanálu.

4. 1. 2 Výpočetní tomografie

„Výpočetní tomografie je po rentgence nejpodstatnějším objevem na úseku rentgenové diagnostiky“ (Chudáček, 1995, str. 264). Zavedení výpočetní tomografie znamenalo zásadní přelom v lékařském zobrazování. Za její objevení získali Godfrey Newbold Hounsfield a Allan McLeod Cormac v roce 1979 Nobelovu cenu.

Jedná se o vyšetřovací metodu zobrazující anatomické struktury v jedné definované vrstvě těla. Rentgenový paprsek proniká transversálně příslušnou částí těla v četných, za sebou následujících projekcích. Posouváním vyšetřovacího stolu s ležícím pacientem se vyšetřuje postupně jedna tělesná vrstva za druhou. Z naměřených dat je následně matematickými operacemi výsledný obraz rekonstruován do požadovaných anatomických rovin i do trojrozměrného tomografického obrazu požadované oblasti páteře (Beneš et al., 2015b).

Páteřní kanál je vyšetřován výpočetní tomografií cíleně, tj. při podezření na patologii v konkrétním úseku. Díky CT vyšetření lze optimálně zobrazit skelet a epidurální prostor. Na CT snímcích lze podrobně hodnotit tvar obratle, jeho jednotlivé části, stav kostních struktur, jsou viditelné nervové kořeny, meziobratlové ploténky, některá ligamenta, je zobrazený páteřní kanál, který lze měřit, případně posuzovat jeho zúžení vlivem patotogických stavů (např. herniace disku, osteofyty).

Princip rentgenového záření

Rentgenové záření (RTG) objevil v roce 1895 Wilhelm Conrad Röntgen, který byl v roce 1901 prvním nositelem Nobelovy ceny v oboru fyzika. Objevení

rentgenového záření znamenalo vznik nového, klinicky významného oboru-radiologie. Z fyzikálního hlediska se jedná o elektromagnetické vlnění o vlnové délce 10^{-12} až 10^{-8} m, které prochází hmotou i vakuem, v prostoru se šíří rychlostí světla a jeho intenzita slábne se čtvercem vzdálenosti od zdroje. Přírodním zdrojem záření jsou hvězdy a jiné kosmické zdroje, umělým zdrojem rentgenového záření je rentgenka (Beneš et al., 2015a).

Rentgenka je skleněná trubice, která je zapojena do elektrického obvodu s vysokým napětím a obsahuje dvě kovové elektrody, katodu a anodu, které jsou uloženy ve vakuované skleněné trubici kryté olověným obalem. Mezi krytem a rentgenkou je vrstva oleje, který slouží jako chladicí médium. Po rozžhavení se z katody uvolňují elektrony a tyto jsou pomocí vysokého napětí vysílány na anodu zhotovenou z materiálu o vysokém protonovém čísle, nejčastěji wolframu (Ferda et al., 2015). Zde se kinetická energie elektronů z 99% mění na teplo a z 1% na rentgenové záření. Většina rentgenového záření vychází z rentgenky ven v podobě primárního svazku.

4. 1. 3 Magnetická rezonance

Magnetická rezonance je vyšetřovací metoda, jejímž principem je počítačové sledování změn chování různých buněk v lidském těle při působení magnetického pole. Zavedení magnetické rezonance představuje další významný milník ve vývoji zobrazovacích metod. Za objev jejích fyzikálních principů získali Paul Christian Lauterbur a Peter Mansfield v roce 2003 Nobelovu cenu. Jev magnetické rezonance vychází ze skutečnosti, že protony v atomových jádrech neustále rotují kolem své osy – tento pohyb je označován jako spin a coby elektricky nabitá pohybující se částice vytváří kolem sebe magnetické pole. Toto magnetické pole se navenek projevuje jen u atomů s lichým protonovým číslem (u atomových jader se sudým protonovým číslem se protony párují a tím se jejich magnetický moment ruší), přičemž nejideálnějším prvkem pro měření se jeví vodík, ^1H , který má jeden proton v jádře a protože v organismu je více jak 60% vody, je nejhojnějším prvkem v biologické tkáni. Tato atomová jádra jsou za normálních okolností orientována nahodile. Jsou – li vystavena silnému

magnetickému poli, nasměřují se vektory magnetických polí protonů rovnoběžně s jeho vektorem. Větší část je orientována paralelně s vektorem vnějšího magnetického pole a menší část antiparalelně. Toto uspořádání způsobí, že tkáň vykazuje magnetický moment a navenek se chová magneticky (Rosina et al., 2013). Vektor vytvořené tkáňové magnetizace je orientován podélně a je v zákrytu se silným magnetickým polem a jeho měření není možné. Protony umístěné v magnetickém poli konají kromě svého původního spinového pohybu ještě pohyb precesní, tzn. po plášti kužele kolem osy vnějšího magnetického pole, který má určitou frekvenci, tzv. Larmorovu frekvenci (Seidl, Vaněčková, 2007). Pro účely měření je nutné orientaci magnetického momentu změnit, vychýlit a dosáhnout tím příčné magnetizace. Toho docílíme dodáním energie do tkání v podobě elektromagnetického impulsu o frekvenci shodné s Larmorovou frekvencí pomocí vysílacích cívek. Po skončení pulsu se atomy vracejí do původního stavu – čas, který je k tomu potřebný se nazývá relaxační čas. Rozeznáváme T1 a T2 relaxační čas, přičemž T1 relaxační čas, je doba nutná k zotavení 63% původní longitudinální magnetizace a T2 relaxační čas je pokles transversální magnetizace z maxima na 37% původní hodnoty. Relaxační časy jsou závislé na složení tkáně. Při návratu do původního stavu, vysílají atomy stejný signál, který detekujeme pomocí přijímacích cívek. K získání dostatečné informace musí být takovýchto pulsů vyslána celá série – to se označuje termínem sekvence. Aby mohlo být určeno místo, ze kterého signál vychází, musí být vhodně upravena intenzita vnějšího magnetického pole pomocí gradientových cívek, které mají být pro získání kvalitních obrazů co nejbližší vyšetřované oblasti. Při vyšetření jsou získávány obrazy jednotlivých vrstev (Lang, Šantora, 2009).

Vyšetření se provádí v leže na zádech na vyšetřovacím lůžku, které je zasunuto do gantry přístroje o průměru cca 60 cm a délce cca 150-200 cm. Vyšetřovaná oblast je vždy uprostřed gantry. Zde je pacient, resp. jeho tkáň vystavena silnému magnetickému poli a následným vyšetřením vzniká obraz magnetické rezonance požadovaného úseku páteře.

Magnetická rezonance je u většiny patologických procesů v oblasti páteře, páteřního kanálu a míchy modalita s vysokou senzitivitou a specifitou (Seidl, 2012). Díky magnetické rezonanci je možné zobrazit páteř, páteřní kanál, obsah páteřního kanálu a míchu v celém rozsahu. Hlavní význam MR tkví v detailním posouzení

měkkých tkání (Ellingson et al., 2015). Díky tomu lze dobře prohlížet míšní struktury, cévy, nervy, tuk, vazy páteře, meziobratlové ploténky, subarachnoidální prostor s mozkomíšním mokem i patologické procesy v kostní dřeni. Jsou i dobře viditelné jednotlivé obratle a jeho části i durální vak.

4. 1. 4 Perimyelografické vyšetření

Perimyelografické vyšetření je vyšetřovací metoda používaná k zobrazení obsahu páteřního kanálu po aplikaci kontrastní látky do subarachnoideálního prostoru. Perimyelografické vyšetření indikuje odborný lékař, zpravidla neurolog, jako doplňující vyšetření po provedení skiagrafičeských snímků. Vyšetření se provádí tak, že se do subarachnoideálního prostoru páteřního kanálu aplikuje kontrastní látka a polohováním pacienta se, po dosažení optimální kontrastní náplně ve vyšetřovaném úseku páteře, zobrazuje pod skiaskopicko-skiagrafičeskou či CT kontrolou požadovaná oblast.

4. 1. 5 Angiografie

Angiografická vyšetřovací metoda je využívána v diagnostice k posouzení stavu míšního cévního řečiště (Di Chiro, 1970). Dále ji lze využít i v terapii některých cévních onemocnění, v páteřním kanálu se jedná o arteriovenózní míšní malformace. Provádí se na specializovaném angiografickém pracovišti a vykonává ji lékař-radiolog za asistence radiologického asistenta nebo zdravotní sestry. Její provedení spočívá v zavedení katétru do cévního systému Seldingerovou technikou, kdy je provedena punkce cévy dutou jehlou (nejčastějším místem vstupu do tepenného řečiště je společná stehenní tepna, do žilního řečiště - společná stehenní žíla), kterou je zaveden do cévy kovový vodič, poté je vytažena jehla z cévy a po ponechání vodiče je zaveden katétra nebo sheat. Katétra (sheatem) lze poté zavádět k danému místu v cévním řečišti příslušné angiografické instrumentárium a provádět angiografický výkon. Při angiografickém vyšetření se po aplikaci kontrastní látky zobrazuje pod skiaskopickou

kontrolou předmětná oblast cévního řečiště. V rámci angiografického vyšetření lze provádět i intervenční – terapeutické výkony.

Při angiografickém – terapeutickém výkonu na míšních cévách, lékař provádí po katetrizačním vstupu do patologického místa v cévním řečišti zákrok spočívající v embolizaci cévy (obr. 28). Embolizační léčba je metoda, používaná k vyřazení plánované části cévního řečiště z krevního oběhu (Procházka, Čížek, 2012). Jde o léčebný uzávěr cévy nebo více cév embolizačním materiálem. Nejčastější indikací k provedení angiografického zákroku na míšních cévách jsou arteriovenózní míšní malformace - u arteriovenózních malformací chybí kalpilární síť a krev odtéká z tepen přímo do žil (obr. 27).

4. 1. 6 Radionuklidové vyšetření

Radionuklidové vyšetřovací metody spadají do oboru nukleární medicína. Principem je podání radioaktivní látky do organismu a sledování jejího chování v těle pacienta. Radiofarmakum (RF) se vychytává v místech zvýšeného metabolismu nebo vaskularizace (Koranda a kol., 2014).

Při podezření na patologii v oblasti páteřního kanálu může být využito radionuklidových vyšetřovacích metod. Lze jej vyšetřit pomocí scintigrafie skeletu či pozitronovou emisní tomografií (PET).

Scintigrafie skeletu (obr. 29) je nejčastěji využívaná metoda v nukleární medicíně, pomocí níž je možné zobrazit časné změny v metabolismu kostní tkáně. Základem vyšetření je zevní detekce gama záření, které po aplikaci radiofarmaka vychází z těla vyšetřované osoby. Pro cílené vyšetření zaměřené na oblast páteře lze využít metody tomografické scintigrafie skeletu – SPECT (jednofotonová emisní výpočetní tomografie). Principem SPECT vyšetření je snímání aktivity postupně z různých úhlů vytvořených kolem pacientova těla. Z tohoto velkého počtu projekcí je poté rekonstruován trojrozměrný obraz. Hybridní přístroje SPECT/CT, obsahují kromě detektorů pro SPECT i CT přístroj. Tím je dána možnost akvizice funkčních dat ze SPECT vyšetření a anatomických údajů z CT vyšetření v jednom – výsledkem jsou

shodně lokalizované obrazy anatomie a funkce, což umožňuje přesnou lokalizaci a interpretaci struktur se zvýšenou akumulací radiofarmaka (obr. 30).

Metoda PET je založena na detekci anihilačního záření (2 fotony gama o energii 511 keV šířící se opačným směrem) vznikajícího při interakci pozitronu s elektronem (Kupka et al., 2007). Moderní PET kamery jsou konstruovány jako hybridní přístroje PET/CT a umožňují při fúzi PET a CT obrazu získávat funkční i anatomická data (obr. 31). Nejvíce používané RF pro PET vyšetření je fluorodeoxyglukosa (FDG). Pro přesnější zobrazení anatomických struktur se, před CT skenováním, často aplikuje jodová kontrastní látka.

4. 1. 7 Ultrasonografické vyšetření

Ultrazvuková sonografie je zobrazovací metoda, která má v lékařství též důležité zastoupení. Využívá vlastností ultrazvuku (akustické vlnění, jehož frekvence leží nad hranicí slyšitelnosti lidského ucha) k zobrazení tkání s různými akustickými vlastnostmi (Chmelová et al., 2005). V praxi jsou zdrojem ultrazvukového vlnění destičky z vhodného materiálu, např. křemene, které se vlivem periodického nabíjení elektrickým proudem smršťují a rozpínají (deformují), čímž vzniká mechanické vlnění - piezoelektrický jev.

Ultrasonografické vyšetření provádí lékař a v neuroradiologii se využívá v prenatalní diagnostice patologických procesů v oblasti míchy. Základní vyšetření se provádí v rámci screeningu, v období mezi 20. a 24. týdnem těhotenství.

4. 2 Využití zobrazovacích metod páteřního kanálu v praxi a úloha radiologického asistenta při jejich provedení

Provedení jednotlivých vyšetření páteřního kanálu se odvíjí od místních radiologických standardů, které by měly zajistit reprodukovatelnost jednotlivých

vyšetření a vytvoření kvalitních snímků (obrazů) při co nejnižší zátěži pacienta. Radiologický asistent, v rámci jeho kompetencí, komunikuje s pacientem a provádí před, v průběhu i po vlastním vyšetření řadu úkonů, nezbytných pro jeho realizaci a zajištění jeho bezproblémového průběhu. Společné kroky, které je nutné učinit před i po každém vyšetření, jsou jisté administrativní záležitosti zahrnující převzetí žádanky o provedení vyšetření (v případě MR vyšetření i Protokolu o absenci kovu - je součástí žádanky), kterou pacient obdržel od indikujícího lékaře a průkazu o zdravotním pojištění, následná kontrola identifikačních údajů a jejich zadání do nemocničního počítačového systému. Po vyšetření je žádanka podepsána zdravotnickým personálem, který výkon prováděl. Další jednání a postup radiologického asistenta se odvíjí od typu vyšetření.

4. 2. 1 Provedení skiagrafických snímků

Před provedením skiagrafického snímku nemusí pacient podstupovat žádnou speciální přípravu. Po příchodu na oddělení a schválení indikace k rentgenovému vyšetření lékařem-radiologem, je pacient radiologickým asistentem pozván do kabinky vyšetřovny a seznámen s postupem při vyšetření. Následuje odložení oblečení, které se nachází v předpokládané oblasti snímku a sejmutí všech předmětů, které by mohly být překážkou pro volný průchod rentgenového záření, jako např. kovové předměty (řetízky, náušnice) nebo umělohmotné předměty (ortézy). Dalším krokem je přechod do vyšetřovací místnosti, uvedení pacienta do polohy, ve které se provádějí rentgenové snímky a vykrytí kritických orgánů olovnatou gumou (štítná žláza, gonády). Pro zajištění pacientova pohodlí, jeho stability a optimálního zobrazení požadovaných oblastí lze využít různých pomůcek – např. podložek, fixačních klínů, polštářků. Následně je provedena centrace požadované oblasti a světelné vymezení snímkaného pole primárními clonami, jsou usměrněny pacientovy pohyby a dýchání a je provedena expozice. Pro optimalizaci rentgenové diagnostiky je potřeba, aby byly před expozicí nastaveny vhodné parametry rentgenového záření a to anodové napětí, určující „tvrdost“ záření (jednotka kilovolt - kV) a anodový proud (intenzita záření) násobený expozičním časem, jež určují kvalitu rentgenových snímků (jednotka „miliampér-sekunda“ - mAs).

Toto je v současné době eliminováno expoziční automatikou, kde jsou předmětné parametry, s ohledem na zobrazovanou strukturu, přednastavené. Přesto lze, při nestandardní konstituci pacienta, hodnoty upravovat. Vytvořené snímky jsou na ovládací konzoli zkontrolovány, upraveny, stranově označeny a poté odeslány do nemocničního úložiště PACS. Po ukončení vyšetření se pacient oblékne a může opustit oddělení.

a) Předozadní (AP) projekce na krční páteř

Předozadní projekce krční páteře (obr. 9) je prováděna vleže na zádech na skiagrafickém stole nebo ve stoje, případně vsedě zády k vertigrafu, hlava je mírně zakloněna tak, aby pomyslná spojnice mezi koutkem úst a ušním lalůčkem byla kolmá na desku stolu nebo vertigrafu. Vzdálenost ohnisko – kůže (OK) je 110 cm, centrální paprsek směřuje kolmo na štítnou chrupavku, velikost kazety je 18x24-orientace na výšku, primární clony jsou vymezeny na velikost kazety a celou krční páteř. Snímky se provádí přes sekundární clonu a s pokyny nehýbat se, nemluvit, nedýchat a nepolykat.



obr. 9 – Předozadní projekce na krční páteř (zdroj: archiv FN Královské Vinohrady)

b) Projekce dle Sandberga

Projekce dle Sandberga (obr. 10) je předozadní projekce na krční páteř, která zachycuje obratle C1 a C2. Pacient leží na zádech nebo stojí zády k vertigrafu, pomyslná spojnice kořene nosu a horního rtu je rovnoběžná s detektorem, centrální paprsek směřuje do maximálně otevřených úst a kolmo na zobrazovací systém. Vzdálenost ohnisko – kůže je 110 cm, velikost kazety je 18x24-orientace na výšku, primární clony vymezeny na požadovaný úsek páteře. Snímky se provádí přes sekundární clonu a s pokyny nehýbat se, nedýchat a nepolykat.



obr. 10 – Projekce dle Sandberga (zdroj: archiv Poliklinika Budějovická)

c) Bočná (LL) projekce na krční páteř

Bočná projekce na krční páteř (obr. 11) se provádí vsedě nebo ve stoje bokem k vertigrafu, rameno opřené o vertigraf. Brada je mírně zvednuta, hlava rovně v ose těla, ramena jsou co nejvíce táhnuta dolů. Pokud má pacient mohutná ramena, lze si k lepšímu zobrazení dolních krčních obratlů dopomoci umístěním závaží do pacientových

rukou. Vzdálenost ohnisko – kůže je 150 cm, z důvodu velké vzdálenosti mezi objektem a detektorem, centrální paprsek směřuje na střed krční páteře, velikost kazety je 18x24- orientace na výšku, cloní se na velikost kazety a krční úsek páteře. Snímky se provádí přes sekundární clonu a s pokyny nehýbat se, nemluvit, nedýchat a nepolykat.



obr. 11 – Bočná projekce na krční páteř (zdroj: archiv FN Královské Vinohrady)

d) Šikmá projekce na krční páteř

Šikmá projekce (obr. 12) se provádí za účelem zobrazení meziobratlových otvorů. Provádí se zpravidla ve stoje u vertigrafu, pacient je vytočen celým tělem 45° od detektoru, brada mírně zdvižena a hlava je vyrovnána rovnoběžně s detektorem, čímž se odstraní sumace dolní čelisti z prvních obratlů. Zobrazují se meziobratlové otvory ze vzdálenější strany od detektoru. Pro porovnání se provádějí snímky z obou stran. Vzdálenost ohnisko – kůže je 150 cm z důvodu velké vzdálenosti mezi objektem a detektorem, centrální paprsek směřuje na štítnou chrupavku, cloní se na velikost kazety

24x30-orientace na výšku. Snímky se provádí přes sekundární clonu a s pokyny nehýbat se, nemluvit, nedýchat a nepolykat.



obr. 12 – Šikmá projekce na krční páteř (zdroj: archiv Poliklinika Budějovická)

e) Funkční snímky krční páteře

Funkční snímky krční páteře (obr. 13, 14) se provádějí ve stoje nebo vsedě bokem u snímacího zařízení, v maximální anteflexi a retroflexi (hlava je maximálně předkloněna a zakloněna). Centrální paprsek směřuje kolmo na detektor, vzdálenost ohnisko – kůže je 150 cm, velikost kazety je 24x30-orientace na šířku u anteflexe, na výšku u retroflexe. Cloní se na velikost kazety a celou krční páteř. Snímky se provádí přes sekundární clonu a s pokyny nemluvit, nedýchat a nepolykat.



obr. 13 – Funkční snímek krční páteře, anteflexe (zdroj: archiv Poliklinika Budějovická)



obr. 14 – Funkční snímek krční páteře, retroflexe (zdroj: archiv Poliklinika Budějovická)

f) Předozadní projekce na hrudní páteř

Předozadní projekce na hrudní páteř (obr. 15) je prováděna vleže na zádech na skiagrafickém stole, mediasagitální rovina je kolmá k detektoru. Pod hlavu je vhodné umístit malý polštářek a pod kolena podložku z důvodu přiblížení páteře detektoru. Centrální paprsek směřuje do středu hrudní kosti, cca 5 cm pod jugulární jamku. Vzdálenost ohnisko – kůže je 110 cm, velikost kazety je 20x40-orientace na výšku, primární clony vymezeny na velikost kazety tak, aby zachycovaly poslední krční a první bederní obratel. Snímky se provádí přes sekundární clonu s pokyny nadechnout, vydechnout a nedýchat.



obr. 15 – Předozadní projekce na hrudní páteř (zdroj: FN Královské Vinohrady)

g) Bočná projekce na hrudní páteř

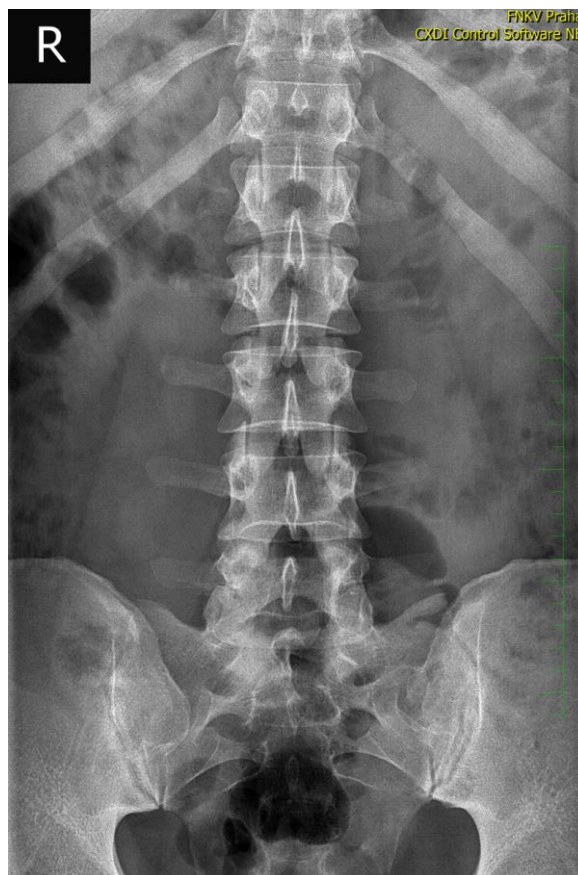
Bočná projekce na hrudní páteř (obr. 16) je prováděna vleže na boku. Z důvodu usnadnění centrace a kontroly správného uložení pacienta (průběh páteře má být rovnoběžný s rovinou stolu) dotyčný leží zády k vyšetřujícímu. Hlava je podložena malým polštářkem, horní končetiny před tělem a dolní končetiny jsou pro zajištění stability pokrčeny v kolenou i kyčlích. Centrální paprsek směřuje na spojnici dolních úhlů lopatek, což by mělo odpovídat úrovni obratle Th 6. Vzdálenost ohnisko – kůže je 110 cm, velikost kazety je 30x40-orientace na výšku, primární clony vymezeny na velikost kazety a na hrudní páteř tak, aby byl zachycen poslední krční a první bederní obratel. Snímky se provádí přes sekundární clonu s pokyny povrchového dýchání během expozice.



obr. 16 – Bočná projekce na hrudní páteř (zdroj: FN Královské Vinohrady)

h) Předozadní projekce na bederní páteř

Předozadní projekce na bederní páteř (obr. 17) je prováděna vleže na zádech na skiagrafickém stole. Pacient má podloženou hlavu malým polštářkem, nohy pokrčené v kolenou čímž se vyrovná bederní lordóza a dojde k přehlednějšímu zobrazení obratlů. U dětí a osob v produktivním věku se vykrývají gonády olověnou gumou. Centrální paprsek směřuje na střed bederní páteře v úrovni pomyslné spojnice hran lopat kostí kyčelních. Vzdálenost ohnisko – kůže je 110 cm, velikost kazety 20x40 na výšku-orientace na výšku, primární clony vymezeny na velikost kazety tak, aby na snímku byla zachycena bederní páteř v celém rozsahu, poslední hrudní obratel a část kostí křížové. Snímky se provádí přes sekundární clonu s pokyny nadechnout, vydechnout a nedýchat.



obr. 17 – Předozadní projekce na bederní páteř (zdroj: FN Královské Vinohrady)

ch) Bočná projekce na bederní páteř

Bočná projekce na bederní páteř (obr. 18) je prováděna vleže na boku. Z důvodu usnadnění centrace a kontroly správného uložení pacienta (průběh páteře má být rovnoběžný s rovinou stolu) dotyčný leží zády k vyšetřujícímu. Hlava je podložena malým polštářkem, horní končetiny před tělem a dolní končetiny jsou pro zajištění stability pokrčeny v kolenou i kyčlích. Centrální paprsek směřuje na střed bederní páteře což by mělo odpovídat hřebenu kosti kyčelní. Vzdálenost ohnisko – kůže je 110 cm, velikost kazety 30x40-orientace na výšku, primární clony vymezeny na velikost kazety tak, aby byla na snímku zachycena celá bederní páteř, poslední hrudní obratel a část kosti křížové. Snímky se provádí přes sekundární clonu s pokyny nehýbat se, nemluvit.



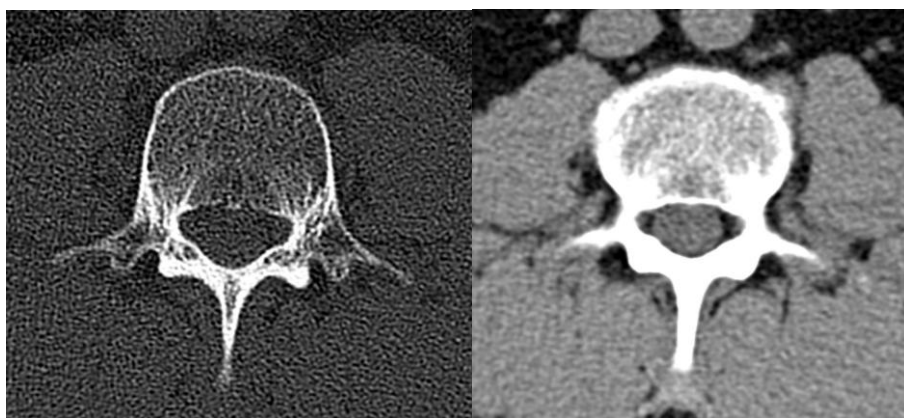
obr. 18 – Bočná projekce na bederní páteř (zdroj: FN Královské Vinohrady)

4. 2. 2 Provedení CT vyšetření

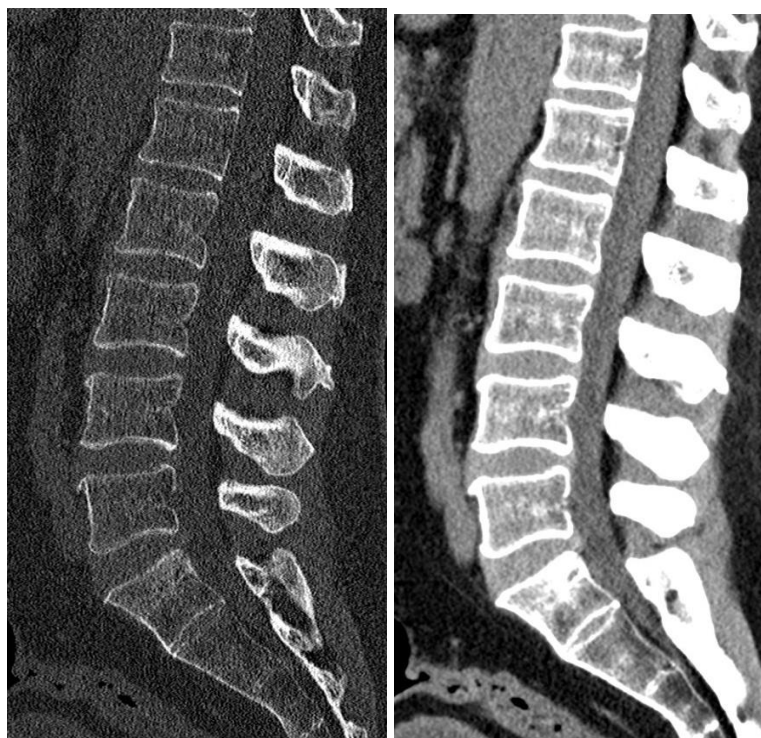
Před provedením CT vyšetření nemusí pacient podstupovat žádnou speciální přípravu. Lékař-radiolog podává pacientovi dostatečné množství informací o výkonu, jeho účelu, povaze i případných rizicích. Informovanost a vyjádření souhlasu s výkonem pacient podepisuje na tiskopise Informovaný souhlas pacienta s poskytnutím zdravotních služeb (zdravotních výkonů). V určitých případech je pacientovi během vyšetření aplikována kontrastní látka. V tomto případě musí pacient 4 hodiny před vyšetřením lačnit. Farmakologická příprava je v tomto případě uplatňována u rizikových pacientů uvedených v Metodickém listu intravaskulárního podání jódových kontrastních látek (JKL). Za přípravu a výše uvedenou informovanost před vyšetřením je odpovědný lékař.

Bezprostředně před CT vyšetřením je pacient informován, že během vyšetření bude, z důvodu vyloučení pohybových artefaktů, dýchání usměrňováno pokyny nadechnout a nedýchat, které by bylo vhodné dodržovat. Dále je pacient ujištěn, že je během vyšetření neustále sledován oknem z ovládací místnosti a poučen, že v případě potíží (např. nevolnosti) může být, díky možnosti vzájemné hlasové komunikace, vyšetření okamžitě přerušeno. Následuje odložení zpravidla svrchního oblečení, které se nachází ve vyšetřované oblasti a sejmutí všech předmětů, které by mohly být překážkou pro volný průchod rentgenového záření, jako např. kovové předměty (řetízky, náušnice, podprsenky s kovovými detaily) nebo umělohmotné předměty (ortézy). Pokud je plánováno CT vyšetření s kontrastní látkou, je pacientovi zdravotní sestrou nebo radiologickým asistentem zavedena do žíly kanyla, kterou se podává jodová kontrastní látka. Pacient je poučen, že může v místě vpichu během aplikace pociťovat tlak a celkově může mít pocity tepla v hlavě, krku, případně v celém těle a mohou se dostavit pocity na močení. Dotyčnému je vysvětleno, že tyto pocity jsou dočasné a po aplikaci rychle odezní. Dalším krokem je přechod do vyšetřovací místnosti, uvedení pacienta do polohy na zádech, ve které se provádí CT vyšetření. Pro zajištění pacientova pohodlí, jeho stability a optimálního zobrazení požadovaných oblastí lze využít různých pomůcek – např. podložek, fixačních klínů, polštářků. Následně jsou usměrněny pacientovy pohyby, pacient je zavezen do gantry CT přístroje, kde je provedena

centrace požadované oblasti pomocí laserů. V ovládací místnosti jsou na ovládací konzoli CT přístroje nejprve zadány do systému identifikační údaje o pacientovi (jméno, rodné číslo, výška a hmotnost), údaje o personálu provádějícího vyšetření (lékař-radiolog, radiologický asistent). Dle vyšetřovaného úseku páteře je zvolen přednastavený standardizovaný vyšetřovací protokol. Nejprve je proveden zaměřovací sken (nejčastěji bočný a předozadní) většího rozsahu než je indikovaná oblast páteře, kde by měl být zachycen proximální či distální konec páteře (dle vyšetřované oblasti). Zaměřovací sken se též nazývá topogram či skenogram (při tvorbě topogramu se rentgenka nepohybuje, pohybuje se pacient otvorem gantry CT přístroje). Na základě topogramu jsou zvoleny základní parametry pro provedení samotného vyšetření - rozsah vyšetřované oblasti a sklon vyšetřované roviny. Poté je spuštěno finální skenování, jehož výsledkem je náběr dat, které jsou podkladem pro rekonstrukci transversálních (axiálních) řezů předmětné oblasti. Z výsledných transversálních řezů (obr. 19), přístroj následně provádí rekonstrukce do dalších rovin - sagitální, koronální (obr. 20, 21). Další možností jsou 3D rekonstrukce obrazů, které provádí lékař. Dále je možné volbou správného okna zajistit optimální zobrazení kostních struktur – kostní okno a měkkotkáňových struktur a tuku - měkkotkáňové okno. Po kontrole CT obrazů lékař rozhodne, zda je možné vyšetření ukončit, případně něčím doplnit. Po ukončení vyšetření se pacient oblékne a může opustit oddělení. Vyhotovené CT obrazy jsou následně odeslány do nemocničního úložiště PACS. Pokud byla pacientovi aplikována kontrastní látka, setrvává 30 minut v čekárně pod dohledem, tak, aby mu v případě obtíží mohla být poskytnuta pomoc. Neobjeví – li se žádné komplikace spojené s nitrožilním podáním jodové kontrastní látky, může odejít.



obr. 19 – CT vyšetření bederní páteře, transversální rovina, kostní + měkkotkáňové okno (zdroj: archiv Poliklinika Budějovická)



obr. 20 – CT vyšetření bederní páteře, sagitální rovina, kostní+měkkotkáňové okno (zdroj: archiv Poliklinika Budějovická)



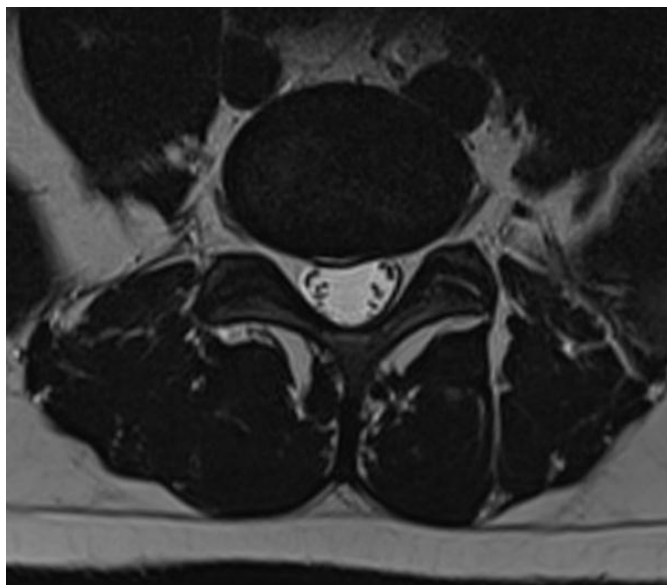
obr. 21 – CT vyšetření bederní páteře, koronální rovina (zdroj: archiv Poliklinika Budějovická)

4. 2. 3 Provedení MR vyšetření

K MR vyšetření přichází pacient se žádankou a její vyplněnou a podepsanou speciální částí - Protokolem o absenci kovu, od indikujícího lékaře. Indikujícím lékařem je předběžně informován o povaze, účelu vyšetření a o faktorech, které by mohly bránit provedení vyšetření nebo ho komplikovat (např. přítomnost biologických implantátů nekompatibilních s MR vyšetřením, dále i alergie, klaustrofobie, těhotenství - negativní vliv MR na těhotenství nebyl zjištěn, přesto, se k MR vyšetření přistupuje v prvním trimestru pouze pokud nelze využít jiné neinvazivní vyšetřovací metody). V den plánovaného MR vyšetření lékař-radiolog pacienta dostatečně informuje o charakteru vyšetření, předpokládaném prospěchu i rizicích. Porozumění informacím a vyjádření souhlasu s výkonem pacient podepisuje na tiskopise Informovaný souhlas pacienta s vyšetřením. Za přípravu a informovanost před vyšetřením odpovídá lékař.

V den plánovaného MR vyšetření není potřeba zvláštní přípravy pacienta. Po příchodu pacienta a vyřízení administrativních záležitostí (zahrnující i převzetí žádanky o provedení MR vyšetření s Protokolem o absenci kovu, které pacient obdržel od indikujícího lékaře), je pacient na stanici magnetické rezonance pozván radiologickým asistentem do kabinky. Pacientovi je sděleno, že v některých případech je nutná aplikace kontrastní látky, o které rozhoduje lékař individuálně dle vyšetření. Pro tyto účely je pacientovi zdravotní sestrou nebo radiologickým asistentem zavedena do žíly kanyla, kterou se podává gadoliniová kontrastní látka. Je informován o délce vyšetření (20 – 40 minut), během kterého je nutné ležet klidně, uvolněně, nehýbat se, nemluvit. Také je upozorněn na stísněný prostor při vyšetření, hlasité klapání, který přístroj během vyšetření vydává, proti němuž bude částečně chráněn nasazenými chrániči na uši a možnost pocitu tepla v těle jako doprovodného jevu způsobeného silným magnetickým polem, jemuž je tkáň vystavena. Dále je pacient ujistěn, že bude během vyšetření neustále sledován oknem z ovládací místnosti a že bude mít v ruce k dispozici signalizační tlačítko, které lze v případě potíží (např. nevolnosti) použít a vyšetření může být okamžitě přerušeno. Následuje odložení pacientova oblečení do spodního prádla, obléknutí připraveného pláště a sejmutí všech kovových případně jiných předmětů, které by mohly vyšetření komplikovat (např. šperky, brýle, hodinky,

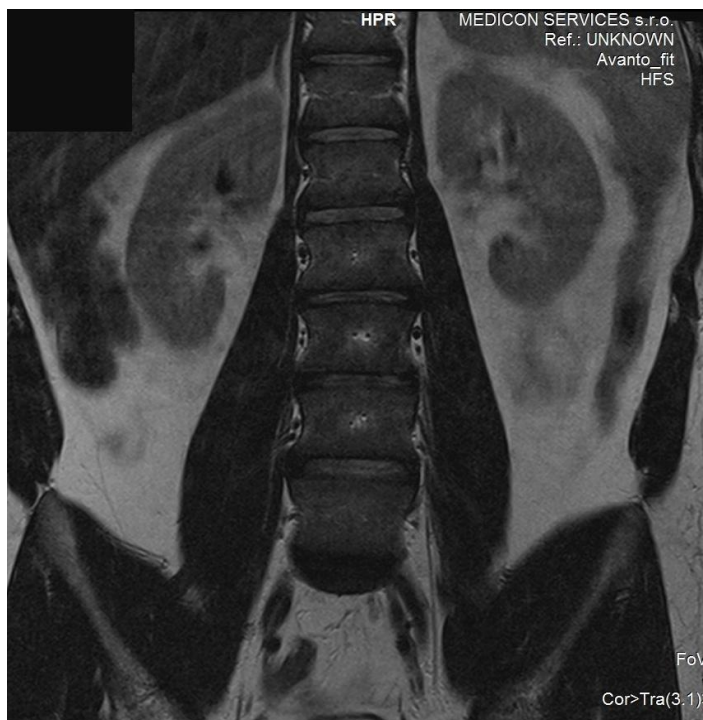
podprsenky s kovovými detaily, u žen make-up). Dále se radiologický asistent přemístí s pacientem do vyšetřovací místnosti a uvede ho do polohy na zádech na vyšetřovací stůl magnetické rezonance. Při vyšetření krční páteře je pacientovi pro zesílení MR signálu nasazována cívka kolem hlavy a krku, při vyšetření bederní páteře jsou podkládána kolena pro potlačení bederní lordózy. Pro zajištění pacientova pohodlí, jeho stability a optimálního zobrazení požadovaných oblastí lze využít i jiných pomůcek – např. fixačních klínů, polštářků. Do ruky je pacientovi vloženo signalizační tlačítko a je požádán, aby se již nehýbal. Je upozorněn, že během vyšetření může dostávat pokyny, kterými budou řízeny jeho nádechy a výdechy, které je nutné dodržovat. Následně je a pacient je zavezen do gantry MR přístroje, kde je provedena centrace požadované oblasti pomocí laserů. V ovládací místnosti jsou na ovládací konzoli MR přístroje nejprve zadány do systému identifikační údaje o pacientovi (jméno, rodné číslo, výška a hmotnost) a údaje o personálu provádějícího vyšetření (lékař-radiolog, radiologický asistent). Vyšetření probíhá s ohledem na vyšetřovaný úsek páteře dle přednastavených standardizovaných vyšetřovacích protokolů. Nejprve je provedena lokalizace vyšetřované oblasti páteře, nejčastěji bočný zaměřovací snímek, tzv. lokalizér (topogram). Tento slouží k naplánování orientace řezů jednotlivých sekvencí, dle kterých vyšetření probíhá. Typy sekvencí používaných při vyšetření páteře se na různých pracovištích mohou lišit - lze využít sekvencí T1, T2, STIR - s potlačením tuku (obr. 22, 23, 24). Po vyšetření a kontrole MR obrazů lékař rozhodne, zda je možné vyšetření ukončit, případně něčím doplnit či aplikovat kontrastní látku. Po definitivním ukončení vyšetření se pacient oblékne a může opustit stanici MR. Následně jsou MR obrazy odeslány do nemocničního úložiště PACS.



obr. 22 – MR vyšetření bederní páteře, T2 sekvence, transversální rovina (zdroj: archiv Poliklinika Budějovická)



obr. 23 – MR vyšetření bederní páteře, T1, T2, STIR sekvence, sagitální rovina (zdroj: archiv Poliklinika Budějovická)



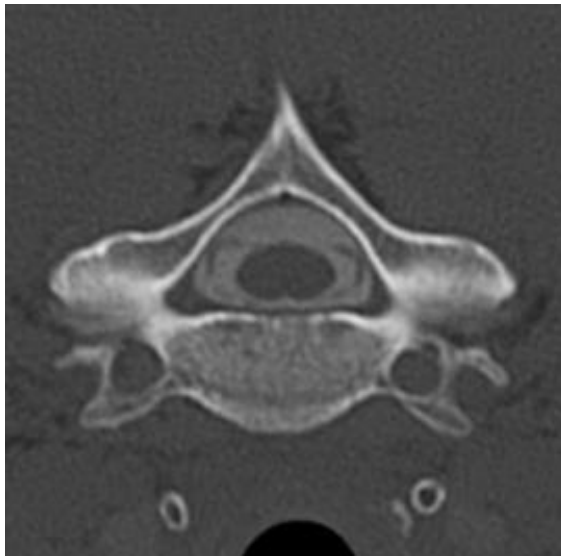
obr. 24 – MR vyšetření bederní páteře, T2 sekvence, koronální rovina (zdroj: archiv Poliklinika Budějovická)

4. 2. 4 Provedení perimyelografického vyšetření

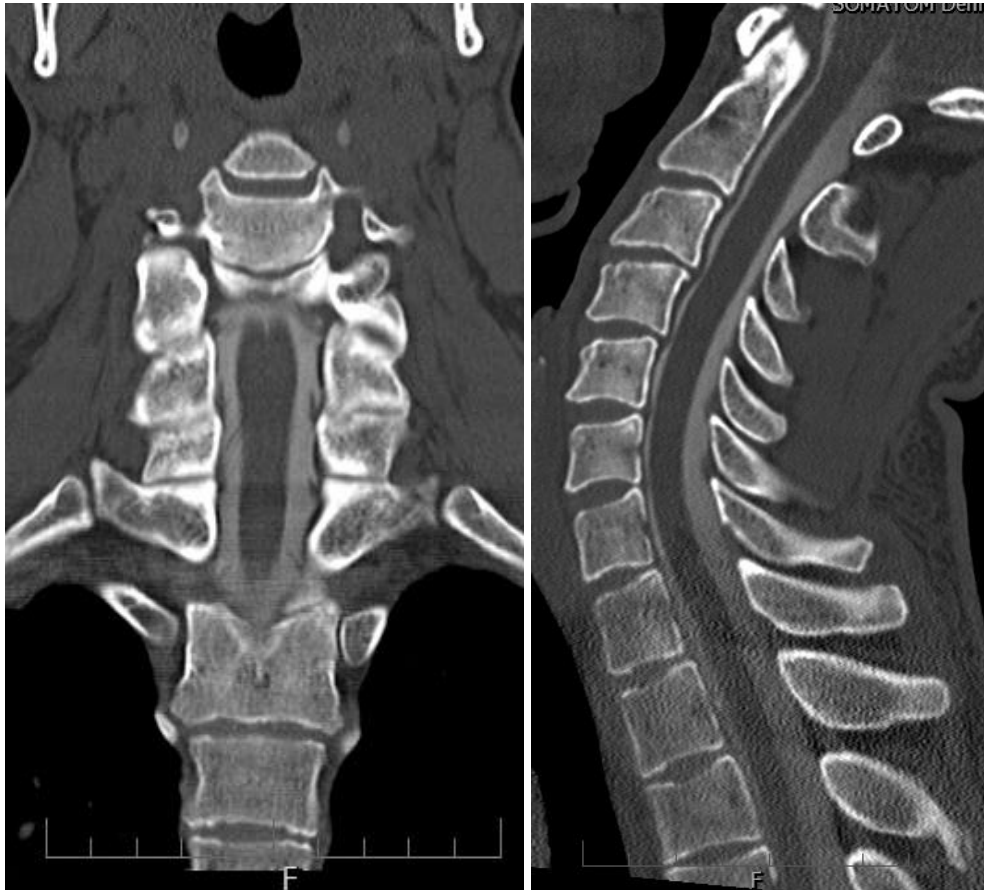
V den plánovaného PMG vyšetření není potřeba žádné speciální přípravy. Lékař-radiolog podá pacientovi dostatečné množství informací o povaze výkonu, jeho účelu, předpokládaném prospěchu a případných rizicích. Svou informovanost a vyjádření souhlasu s výkonem podepisuje dotyčný na tiskopise Informovaný souhlas pacienta s výkonem.

Perimyelografické vyšetření, též nazývané periradikulografické vyšetření, provádí lékař-radiolog za asistence radiologického asistenta nebo zdravotní sestry. K výkonu je nutné mít připravené instrumentárium. Jedná se o sterilní stůl s rouškami, čtverci, rukavicemi, sterilním empírem, bioptickou jehlou na PMG, pinzetou, peánem, nádobami na kontrastní látku a na anestetikum. Na nesterilním stolku jsou připraveny zkumavky na odběr mozkomíšního moku, dezinfekce, nůžky, emitní miska, buničina, ochranné oblečení (zástěra pro lékaře a asistující personál + čepice a ústenka pro

lékaře), tampóny a náplasti na přelepení místa vpichu po vyjmutí punkční jehly. Punkce subarachnoideálního prostoru je prováděna nejčastěji v úrovni L3-L4, vsedě či vleže při maximálním nahnání zad pro snadnější přístup do páteřního kanálu. Po punkci je odebrán mozkomíšní mok do připravených zkumavek a je aplikována jodová kontrastní látka (její množství by mělo odpovídat dříve odebranému množství – zhruba 10-15 ml). Výkon je zakončen vytažením jehly a přelepením místa vpichu pomocí tlakového obvazu tvořeného tampóny s náplastí. Pod skiaskopickou kontrolou je poté pacient na skiaskopické sklopné stěně polohován tak, aby bylo docíleno co nejlepšího rozprostření kontrastní látky v páteřním kanálu a následně jsou ve standardních skiagrafických projekcích zhotovovány obrazy příslušné části páteře. Při perimyelografii pod CT kontrolou je, po polohování pacienta, skenován požadovaný úsek páteře dle standardního postupu při CT vyšetření (obr. 25, 26). Po výkonu by měl pacient setrvat několik hodin v klidu a je informován o potřebě dostatečné hydratace organismu za účelem brzkého vyloučení kontrastní látky z těla.



obr. 25 – CT perimyelografie krčního úseku páteřního kanálu, transversální rovina (zdroj: archiv FN Královské Vinohrady)



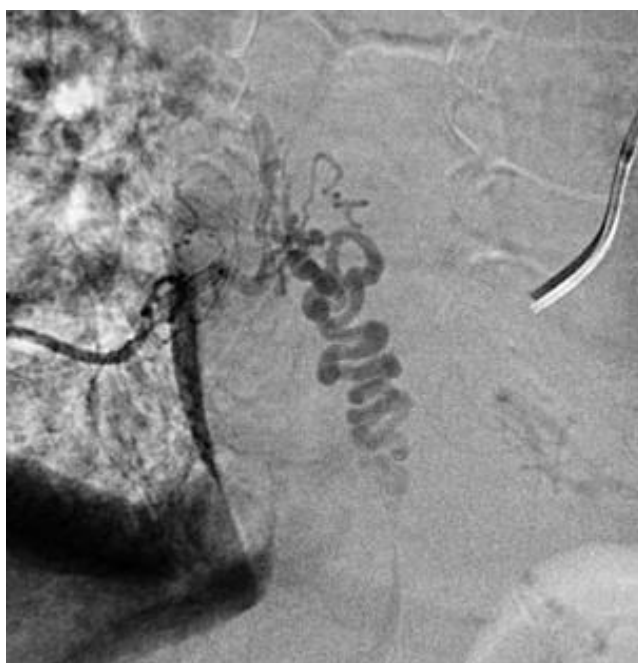
obr. 26 – CT perimyelografie krčního úseku páteřního kanálu, koronální + sagitální rovina (zdroj: archiv FN Královské Vinohrady)

4. 2. 5 Provedení angiografického zákroku

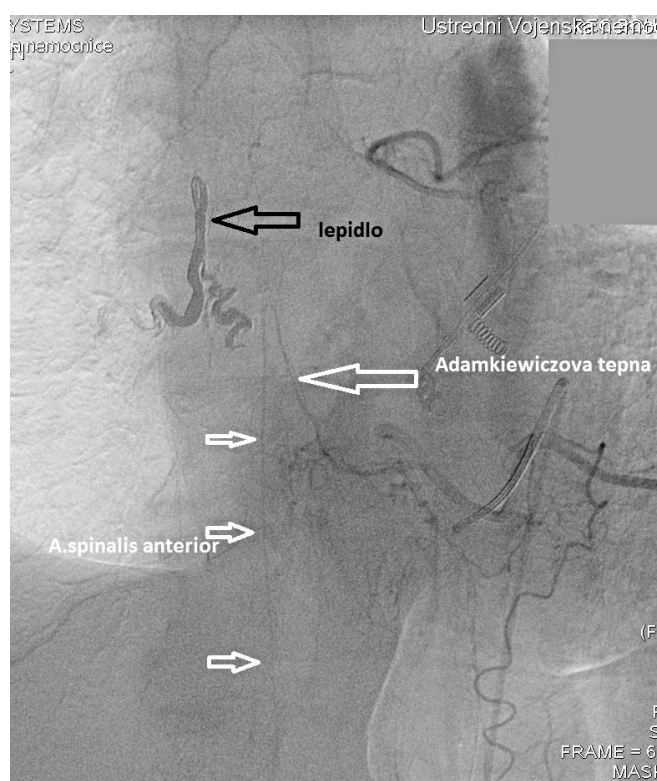
Den před plánovaným angiografickým výkonem je pacient přijímán do nemocničního zařízení k hospitalizaci. Lékařem, který výkon provádí, je detailně informován o postupu při vyšetření, jeho účelu a jsou mu popsány i možné komplikace s výkonem spojené. Vzhledem k tomu, že se jedná o výkon s aplikací jodové kontrastní látky, jsou mu sděleny informace ohledně možných reakcí organismu na její podání. Farmakologická příprava je v tomto případě uplatňována u rizikových pacientů uvedených v Metodickém listu intravaskulárního podání jódových kontrastních látek. Svou informovanost a souhlas s výkonem pacient podepisuje na tiskopise Informovaný souhlas pacienta s výkonem. Pokud je přijímán pacient k plánované embolizační léčbě, je zapotřebí - vzhledem k tomu, že embolizační léčba probíhá v celkové anestezii - dále

zajistit anesteziologickou přípravu, informovanost o anestezii, jejíž srozuměnost a pochopení pacient podepisuje společně se souhlasem s podstoupením anestezie na speciálním tiskopise. Před výkonem by měl pacient 4 hodiny lačnit (před celkovou anestezií od půlnoci). Dle standardních postupů jsou u pacientů kontrolovány výsledky krevních testů a v případě potřeby je upravována medikace. Za přípravu a informovanost před výkonem a anestezií jsou odpovědni ošetřující lékaři.

Bezprostředně před vyšetřením pacient svlékne veškeré oblečení, je mu zavedena nitrožilně kanyla a oholeno místo vstupu do cévního řečiště, nejčastěji třísko. K výkonu je nutné mít připravené instrumentárium. Jedná se o sterilní stolec s rouškami, čtverci, rukavicemi, sterilním empírem, sterilním krytem na rentgenku, pinzetou, peánem, nádobami na kontrastní látku a fyziologický roztok, stříkačkou s anestetikem, prázdnými stříkačkami, punkční jehlou, kovovým vodičem, sheatem a vhodným diagnostickým/terapeutickým katétrem. Pacient je přivezen na angiografické pracoviště, uložen na záda na vyšetřovací lůžko, kde bude výkon prováděn. V případě plánované embolizační léčby je pacient po uložení na vyšetřovací lůžko uveden do celkové anestezie. Lékař-radiolog, za asistence radiologického asistenta nebo zdravotní sestry, pacienta zarouškuje a po dezinfekci místa vstupu provede místní znecitlivění (u pacientů v celkové anestezii není znecitlivění nutné). Následně je vstupním místem zaváděno do cévního řečiště angiografické instrumentárium a prováděn angiografický výkon (diagnostický/terapeutický). Po jeho skončení je důležitá komprese místa punkce nejméně 15 minut (je vhodné pokračovat ještě 5 minut po skončení krvácení), následně je provedena bandáž místa vpichu a přiložen sáček s pískem. Pacient je převezen k observaci na jednotku intenzivní péče (JIP), kde jsou monitorovány jeho fyziologické funkce, kontrolován celkový zdravotní stav, sledováno místo vpichu a po čase zajištěna dostatečná hydratace. Pacient dodržuje 6 – 8 hodin úplný klid na lůžku (v odůvodněných případech až 24 hodin). U diagnostické angiografie je pacient z JIP po několika hodinách převezen zpět na oddělení a druhý den propuštěn. V případě embolizační léčby setrvává na JIP do druhého dne, poté je převezen na standardní oddělení a po několika dnech je propuštěn.



obr. 27 – angiografické zobrazení arteriovenózní míšní malformace (zdroj: archiv ÚVN)



obr. 28 – stav po embolizaci arteriovenózní míšní malformace (zdroj: archiv ÚVN)

4. 2. 6 Provedení radionuklidového vyšetření

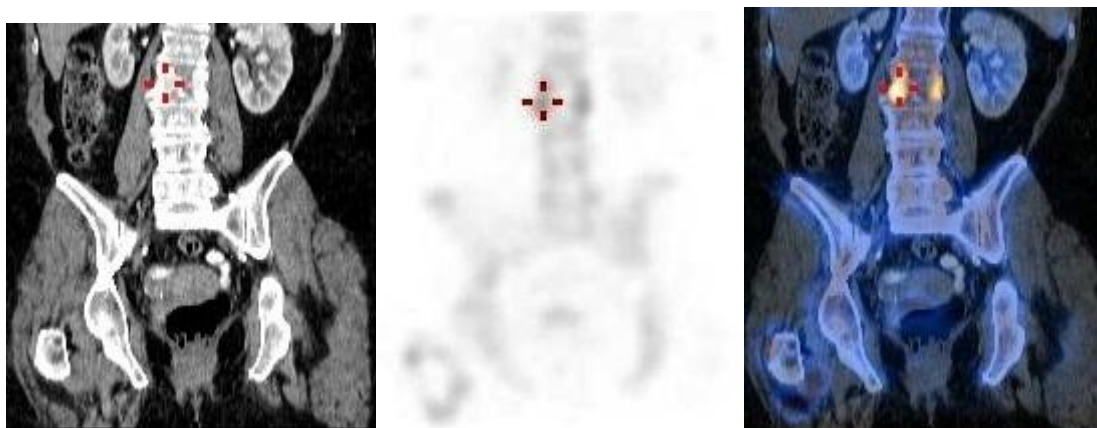
V den plánovaného vyšetření je pacient po příchodu na oddělení nukleární medicíny informován lékařem o povaze, průběhu a účelu vyšetření i jeho případných rizicích. Informovanost a udělení souhlasu s výkonem pacient podepisuje na tiskopise Informovaný souhlas pacienta s vyšetřením. Aplikace RF do těla pacienta je spojena s radiační zátěží organismu a s ohledem na typ podaného radionuklidu a jeho poločas rozpadu, nějakou dobu trvá, než dojde k jeho úplnému vyloučení z těla. Pro zajištění včasného vyloučení RF z organismu, jsou pacienti informováni o nutnosti dostatečného zavodnění před výkonem i po výkonu. Po vyšetření je kromě hydratace též vhodné často vyprazdňovat močový měchýř a vyvarovat se těsného kontaktu s dětmi a těhotnými ženami. Za přípravu a informovanost pacienta před vyšetřením je odpovědný lékař.

Scintigrafie skeletu

Scintigrafie skeletu nevyžaduje žádnou speciální přípravu pacienta. Pacient nemusí lačnit a měl by být dobře zavodněný. Těsně před vyšetřením je informován radiologickým asistentem o nutnosti vyprázdnění močového měchýře (RF je vylučováno ledvinami a vykazování zvýšené aktivity v močovém měchýři by mohlo bránit posuzování některých struktur). Dále je pozván do kabinky, kde si dotyčný odloží obuv a všechny kovové předměty, které by mohly být zdrojem artefaktů (mince, klíče, hodinky, šperky atd.) Při vyšetření může být pacient oblečený. Výkon se provádí v leže na zádech, lékař nitrožilně aplikuje pacientovi radiofarmakum (nejčastěji ^{99}Tc – MDP nebo ^{99}Tc – HDP) a v určitém časovém odstupu se vykonává dle standardních postupů scintigrafie skeletu. Pacient je během vyšetření sledován personálem z ovládací místnosti a v případě obtíží může být, díky možnosti hlasové komunikace, vyšetření okamžitě přerušeno. Dle zvyklostí oddělení se scintigrafie skeletu doplňuje cíleným SPECT vyšetřením a dle nálezu případně SPECT/CT vyšetřením. O doplnění vyšetření rozhoduje lékař. Celé vyšetření trvá cca 30 minut. Výsledné scintigrafické obrazy jsou ukládány do nemocničního systému.



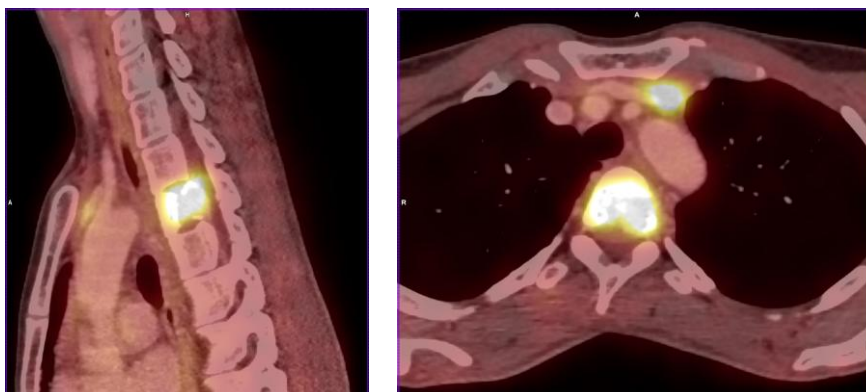
obr. 29 – celotělová scintigrafie skeletu (zdroj: archiv FN Královské Vinohrady)



obr. 30 – bederní páteř a pánev, CT v koronální rovině + SPECT + fúze SPECT a CT (zdroj: archiv FN Královské Vinohrady)

PET/CT

Před PET vyšetřením pomocí FDG je zapotřebí, aby pacient neměl zvýšenou glykémii (zvýšená hladina glukózy snižuje akumulaci FDG v ložisku). Pacient 6 – 8 hodin před vyšetřením lační. Během lačnění by měl pít dostatek neslazených tekutin. Nevhodná je svalová námaha v posledních 24 hodinách nebo prochlazení („hnědý tuk“ působí při vyšetření artefakty). Po příchodu na oddělení je pacient pozván do kabinky vyšetřovny. Zde je mu radiologickým asistentem nebo zdravotní sestrou zkontrolována hladina cukru v krvi a následně je mu zavedena do žíly kanyla, kterou mu je podána FDG. Po aplikaci je pacient hodinu v klidu, neměl by chodit, mluvit, jíst ani pít. Za 45 minut je pacient vyzván, aby vyprázdnil močový měchýř. Za 1 hodinu od aplikace se provádí vyšetření. Při vyšetření může být pacient oblečený, je třeba odstranit veškeré kovové předměty z těla a oděvu. Dotyčný se přemístí na vyšetřovací stůl. Vyšetření se provádí v leže na zádech s rukama za hlavou nebo podél těla. Pacient je upozorněn, že mu bude během vyšetření, pro přesnější zobrazení, aplikována nitrožilně jodová kontrastní látka, což může být doprovázeno různými pocity (viz bod 4.2), které brzy odezní. Je ujistěn, že je neustále sledován a v případě obtíží, může být vyšetření ihned přerušeno. Nejprve je, dle standardního postupu, provedeno CT skenování, poté následuje PET snímání tzv. torso- od baze lební do zhruba půli stehen (obr. 32). Celé vyšetření trvá 20 – 30 minut. Po jeho ukončení je pacient, z důvodu aplikace jodové kontrastní látky a možných komplikací s tím spojených, ještě 30 minut sledován. Poté může odejít. Výsledné obrazy jsou odeslány do nemocničního úložiště.



obr. 31 – PET/CT vyšetření, fúze PET a CT obrazu, sagitální a transversální rovina (zdroj: archiv Nemocnice České Budějovice)



obr. 32 – PET vyšetření - „torso“ (zdroj: archiv Nemocnice České Budějovice)

4. 3 Indikace k jednotlivým zobrazovacím metodám

4. 3. 1 Indikace ke skiagrafickému vyšetření

Indikacemi ke skiagrafickému vyšetření krční, hrudní a bederní páteře mohou být akutní nebo chronické bolesti páteře, traumata, deformity páteře i nádory či vrozené vývojové vady skeletu. Projekce na intervertebrální foramina jsou indikovány často v případě příznaků svědčících pro útlak nervů procházejících meziobratlovými otvory. Funkční snímky potom při podezření na nestabilitu páteře, tj. porušení integrity obratlů i jejich vazů.

4. 3. 2 Indikace k CT vyšetření

CT vyšetření je indikováno vždy cíleně, dle místa patologie, na malý úsek páteře. Bývá indikováno často v situacích, kde jsou patologie zřejmé již z prostého rentgenového snímku či v případě nejasného klinického a rentgenového nálezu. Indikacemi k CT vyšetření páteře a páteřního kanálu jsou často chorobné stavy v oblasti skeletu páteře, tedy zlomeniny těl obratlů, pediklů, obratlových oblouků, výběžků, luxace intervertebrálních kloubů, dislokace kostních struktur, nádorová onemocnění, polytraumata. Dále to mohou být patologie v oblasti páteřního kanálu v podobě degenerativních změn - postižení plotének, osteofyty nebo například artrózy. Dalším indikačním kritériem mohou být bolesti zad přetrvávající několik týdnů po konzervativní léčbě, neurologické příznaky v podobě kořenového dráždění či paretických příznaků, plánované operace páteře či pooperační kontroly (dekomprese nervových struktur, postavení osteosyntetického materiálu).

4. 3. 3 Indikace k MR vyšetření

Indikacemi k MR vyšetření páteře a páteřního kanálu jsou často patologie v oblasti páteřního kanálu a míchy - může se jednat o vývojové vady, traumata, záněty, nádorové procesy, demyelinizační choroby, cévní onemocnění, onemocnění meziobratlových plotének. Dalším indikačním kritériem mohou být degenerativní choroby, neurologické příznaky v podobě kořenového dráždění či paretických příznaků, stavy před operací i situace při nejasném CT nálezu, pooperační stavy, záněty skeletu páteře, nádory kostní dřevě.

4. 3. 4 Indikace k perimyelografickému vyšetření

Perimyelografické vyšetření páteře je cílené vyšetření, prováděné při podezření na patologii v konkrétní oblasti páteřního kanálu a míchy často při nemožnosti provedení vyšetření magnetickou rezonancí. Může být prováděno i např. jako peroperační vyšetření ke zhodnocení komprese nervových struktur a stavu páteřního kanálu nebo jako pooperační kontrola pacientů po stabilizacích kovovým materiálem, který by na MR vyšetření způsoboval v magnetickém poli výraznou deformaci obrazu.

4. 3. 5 Indikace k angiografickému vyšetření

Nejčastější indikací k provedení angiografického zákroku na míšních cévách jsou arteriovenózní míšní malformace.

4. 3. 6 Indikace k radionuklidovému vyšetření

Radionuklidové vyšetření (scintigrafie skeletu, PET/CT) je indikováno při podezření na patologii některé z částí páteře, páteřního kanálu nebo míchy. Nejčastěji se jedná o nádorový nebo zánětlivý proces (Gaertner, F. et al., 2013).

5 Diskuse

V teoretické části své bakalářské práce jsem se věnovala anatomii a ve stručnosti patologiím páteře a páteřního kanálu. Domnívám se, že znalost anatomie a základů patologie páteře a páteřního kanálu je základním východiskem pro správnou orientaci v lidské anatomii a dobře provedené vyšetření páteřního kanálu.

Praktická část zahrnuje popis jednotlivých zobrazovacích metod páteřního kanálu, jejich základních principů a úlohy radiologického asistenta při jejich provedení. Zobrazovací metody jsou obecně nedílným prvkem současné medicíny a vysoké procento všech diagnóz je stanoveno na základě výsledků vyšetření některé z nich, případně jejich kombinací. Došlo k novým objevům vyšetřovacích modalit a jejich následnému výraznému rozvoji, který není ukončen (Seidl, Vaněčková, 2007). Na základě klinických zkušeností našly nové metody své optimální uplatnění a některé modalitty jsou naopak využívány méně. Při volbě vhodné zobrazovací metody se ve vyšetřovacím algoritmu postupuje, s ohledem na zdravotní stav pacienta, od vyšetřovacích metod nejjednodušších, nejdostupnějších a ekonomicky nejvýhodnějších postupně ke složitějším. Volba vhodné zobrazovací metody je na indikujícím lékaři. V praxi jsou v současné době k zobrazení páteřního kanálu využívány základní skiagrafické snímky, MR vyšetření, dále cílená vyšetření jako je CT, perimyelografie, angiografické a radionuklidová vyšetření. V prenatalní diagnostice je využíváno ultrasonografické vyšetření. Považuji za důležité zmínit, že při skiagrafickém vyšetření, CT, PMG, angiografii a radionuklidových vyšetřeních, je pacient vlivem ionizujícího záření vystaven určité radiační zátěži. Oproti tomu při vyšetření magnetickou rezonancí (i ultrasonografií) není pacient vystaven žádnému ionizujícímu záření, tudíž je radiační zátěž organismu nulová. S ohledem na zdravotní stav pacienta se jako první přistupuje ke skiagrafickým snímkům a dle nálezů k dalším vyšetřovacím metodám. Skiagrafické snímky spolehlivě zobrazí skelet, tj. tvar, strukturu obratlů, jeho části, postavení obratlů vůči sobě, aj. Jedná se o vyšetření s relativně nízkou radiační zátěží, jehož výsledkem je dvojrozměrný, sumační snímek, kde i přes provedení dvou na sebe kolmých projekcí nemusí být určité patologie zřetelné. V případě potřeby jsou skiagrafické snímky doplňovány dalšími zobrazovacími modalitami. Cílené CT vyšetření optimálně zobrazí

kostní struktury páteře v jednotlivých řezech-transversálních, koronálních a sagitálních či lze vytvořit 3D rekonstrukce obrazů. Jsou získávány tedy podrobné obrazy skeletu páteře, na kterém jsou eliminovány sumace jednotlivých anatomických struktur. Vzhledem k vyšší radiační zátěži, je CT vyšetření indikováno vždy cíleně na malý úsek páteře. Páteřní kanál, míchu a její struktury velice citlivě zobrazí magnetická rezonance. Výhodou MR je detailní zobrazování měkkých tkání, nervů, cév, vazů, tuku, meziobratlových plotének, mozkomíšního moku a nepochybně i fakt, že pacient během MR vyšetření není vystaven žádné radiační zátěži. Perimyelografie má mezi vyšetřovacími metodami páteřního kanálu stále své důležité zastoupení. I přes jistou radiační zátěž a relativní diskomfort pacientů při provádění vyšetření, je využívána v případech, kdy nelze využít jiné vyšetřovací modalitě ať již u pacientů s implantovaným biologickým materiálem nekompatibilním s MR vyšetřením, tak například u pacientů po operacích se zavedením kovového materiálu, který by mohl být zdrojem artefaktů ve výsledném obraze jiných vyšetřovacích metod. Angiografie míšních cév má nezastupitelnou roli v diagnostice arteriovenózních míšních malformací. Jedná se o vyšetření, které je vhodné provádět na pracovištích zabývajících se i léčbou (Krajina, 2005). V rámci angiografie se provádí i terapeutické výkony – embolizace cév. Jedná se o vzácné zákroky s určitým rizikem komplikací a v ČR se embolizace provádějí na jednom pracovišti - v ÚVN ve Střešovicích. Radiační zátěž zde může být, s ohledem na složitost, komplikovanost a délku vyšetření, velice vysoká. Radionuklidová vyšetření mají v diagnostice patologií páteřního kanálu též své opodstatněné zastoupení. Jejich hlavní podstata tkví v zobrazení funkčních a metabolických dějů ve tkáních a orgánech. Vzhledem k tomu, že poruchy funkce často předcházejí poruchám anatomické struktury, lze proto patologické změny často odhalit radioisotopovými metodami dříve než jinými diagnostickými postupy (Ullmann, 2016). PET vyšetření je schopno odhalit patologické stavy i uvnitř páteřního kanálu. Scintigrafie skeletu potom onemocnění obratlů. Výhodou je jistě i doplnění planární scintigrafie SPECT vyšetřením, díky čemuž se zlepšuje lokalizace onemocnění bez vystavení pacienta další radiační zátěži (Zukotynski, 2010). Hybridními přístroji (SPECT/CT, PET/CT) lze potom získat informace o funkci i anatomii tkáně současně. Radiační zátěž je u vyšetření nukleární medicíny zhruba srovnatelná s CT vyšetřením páteře (u PET/CT o málo vyšší).

Z výše uvedeného lze shrnout, že ideální zobrazovací metodou se, z hlediska anatomického zobrazení a nulové radiační zátěže, jeví magnetická rezonance. Patologie v páteřním kanálu je také schopné odhalit, za cenu vyšší dávky ionizujícího záření, radionuklidové PET/CT vyšetření. Ze zobrazovacích metod zaměřených primárně na zobrazení skeletu, jsou pacienti radiačně zatíženi nejméně při skiagrafickém vyšetření, které ovšem nemusí být, pro sumaci anatomických struktur, diagnosticky dostačující. Proto mohou být doplňovány cíleným CT vyšetřením, které může zajistit, i přes vyšší radiační zátěž, diagnostickou výtěžnost. Další možností vyšetření skeletu je využití metod nukleární medicíny-scintigrafie skeletu + SPECT (SPECT/CT), zachycujícími funkční a metabolické děje. Perimyelografii a angiografii lze zařadit mezi méně časté a i přes pravděpodobnost vyšší radiační zátěže, důležité a opodstatněné zobrazovací modalitě páteřního kanálu.

Dále jsem předkládala indikace k jednotlivým zobrazovacím metodám. O výběru konkrétní zobrazovací metody rozhoduje indikující lékař, který může v případě nejasností indikaci konzultovat s lékařem-radiologem. Volba optimální vyšetřovací metody není u řady případů jednoduchá. V posledních letech došlo k prudkému rozvoji vyšetřovacích metod. Tyto i další nové technologie přinášejí možnost alternativních postupů a změnu dosud zažitých diagnostických algoritmů (Věstník MZČR, 2003).

Přesto, že indikace k jednotlivým zobrazovacím metodám přísluší lékařům, domnívám se, že povědomí radiologických asistentů o indikacích, by jistě přispělo k jejich osobnímu rozvoji, vyšší vzdělanosti, snadnější komunikaci s pacienty i vzájemné efektivní spolupráci celého zdravotnického týmu.

Práce radiologického asistenta při jednotlivých zobrazovacích metodách je nedílnou součástí jejich provedení. Na základě místních radiologických standardů provádí radiologický asistent, po schválení výkonu lékařem-radiologem, před každým vyšetřením, v jeho průběhu i po jeho skončení řadu úkonů nezbytných pro jeho realizaci (zahrnují i vyřízení jistých administrativních záležitostí). Skiagrafické vyšetření provádí radiologický asistent, po schválení lékařem-radiologem, samostatně. Pacienta poučí o

průběhu vyšetření, po odstrojení ho uvede do odpovídající polohy a provádí skiagrafické snímky. Při CT a MR vyšetření radiologický asistent přivádí pacienta do kabinky, po odstrojení ho uvede do správné polohy na vyšetřovacím lůžku, v případě potřeby zajistí intravenózní vstup a zaveze ho do gantry přístroje, který i jinak dle potřeby ovládá. Následuje samotné vyšetření, které radiologický asistent vykonává pod vedením lékaře. Po rozhodnutí lékaře radiologický asistent vyšetření ukončí a odvádí pacienta zpět do kabinky k obléknutí. Perimyelografická a angiografická vyšetření vykonává lékař za asistence radiologického asistenta (případně zdravotní sestry). Radiologický asistent připravuje pomůcky k výkonu a asistuje lékaři při jeho provedení.

Na základě uvedených skutečností lze odpovědět na výzkumnou otázku „Jaká je úloha radiologického asistenta při vyšetřování páteřního kanálu pomocí jednotlivých zobrazovacích metod?“

Úloha radiologického asistenta je u jednotlivých vyšetření páteřního kanálu nezastupitelná. Radiologický asistent na základě svých vědomostí, schopností, technických dovedností a praxí získaných zkušeností, vykonává řadu činností, jež dohromady zajišťují realizaci vyšetření. V neposlední řadě komunikuje s pacienty, lékaři a celým zdravotnickým týmem. Domnívám se, že pokud radiologický asistent disponuje zmiňovanými vlastnostmi na náležité úrovni, má slušné a vstřícné vystupování, je pravděpodobné, že bude ve spolupráci s lékaři a dalším zdravotnickým personálem zajištěn bezproblémový průběh jednotlivých vyšetření.

6 Závěr

Závěrem lze konstatovat, že zobrazovací metody, které jsou využívány při vyšetřování páteřního kanálu, jsou nezbytnou součástí vyšetřovacího algoritmu pacientů s jeho onemocněním a značná část diagnóz je stanovena na základě provedení některé z nich, ve většině případů jejich vzájemnou kombinací. K vyšetření páteřního kanálu je v současnosti využíváno skiagrafického vyšetření, MR vyšetření a dále cíleného CT vyšetření, angiografie, perimyelografie a radionuklidových vyšetření. Vyšetření UZ je využíváno v prenatální diagnostice. Každá z vyšetřovacích modalit má svá specifika při zobrazení a poskytuje obrazy různých anatomických struktur lidského těla, resp. páteřního kanálu. V případě radioisotopových vyšetření jsou získávány informace i o funkčních a metabolických dějích ve tkáních. O volbě zobrazovací metody rozhoduje indikující lékař na základě indikačních kritérií.

Nedílnou součástí jednotlivých vyšetření je práce radiologického asistenta. Radiologický asistent, po schválení výkonu lékařem-radiologem, vykonává samostatně některá vyšetření, jiná provádí pod lékařským vedením a u určitých vyšetření lékaři asistuje. V neposlední řadě komunikuje s pacienty a celým zdravotnickým týmem.

Závěry bakalářské práce mohou sloužit jako seznámení se zobrazovacími metodami využívanými v současné době k zobrazení páteřního kanálu, indikace k jednotlivým zobrazovacím metodám a jako pomoc radiologickým asistentům při jejich provedení.

7 Seznam použitých zdrojů

1. AGHAYEV, K., et al., 2011. Adult intradural primary spinal cord tumors. *JNCCN Journal of the National Comprehensive Cancer Network*. 9 (4). 434-447. ISSN 15401405.
2. BENEŠ, J., et al., 2015a. *Základy lékařské fyziky*. Praha: Univerzita Karlova v Praze. 324 s. ISBN 978-80-246-2645-1.
3. BENEŠ, J., et al., 2015b. *Základy fyziky pro lékařské a zdravotnické obory*. Praha: Grada. 228 s. ISBN 978-80-247-4712-5.
4. ČIHÁK, R., 2004. *Anatomie 3*. 2. vydání. Praha: Grada. 692 s. ISBN 978-80-247-1132-4.
5. ČIHÁK, R., 2011. *Anatomie 1*. 3. vydání. Praha: Grada. 552 s. ISBN 978-80-247-3817-8.
6. DARLING, D., 2017. *Spinal Cord*. [online]. DavidDarling. [cit. 2017-06-04]. Dostupné z: http://www.daviddarling.info/encyclopedia/S/spinal_cord.html.
7. DAUBER, W., 2007. *Feneisův obrazový slovník anatomie*. 3. vydání. Praha: Grada. 548 s. ISBN 978-80-247-1456-1.
8. DI CHIRO, G., 1970. Spinal cord angiography. *Proceedings of the Royal Society of Medicine*. 63 (2). 184. PMID: PMC 1811261.
9. DYLEVSKÝ, I., 2009. *Funkční anatomie*. Praha: Grada. 544 s. ISBN 978-80-247-3240-4.

10. ELLINGSON, B., et al., 2015. Advances in MR imaging for cervical spondylotic myelopathy. *European Spine Journal*. 24 (2). 197-208. doi: 10.1007/s00586-013-2915-1.
11. ELSEVIER, G., 2012. *Anatomický atlas*. Praha: Svojtka Co. 439 s. ISBN 978-80-256-0739-8.
12. FERDA, J., et al., 2015. *Základy zobrazovacích metod*. Praha: Galén. 148 s. ISBN 978-80-7492-164-3.
13. GAERTNER, F., et al., 2013. PET/MR: a paradigm shift. *Cancer Imaging*. 13 (1). 36–52. doi: 10.1102/1470-7330.2013.0005.
14. HUTCHINSON, M., et al., 2013. *Lidské tělo, Obrazový atlas latinsko-česko-anglický*. 2. vydání. Brno: Albatros Media. 142 s. ISBN 978-80-264-0186-5.
15. CHMELOVÁ, J., et al., 2005. *Základy ultrasonografie pro bakaláře*. Ostrava: Zdravotně sociální fakulta, Ostravská Universita. 75 s. ISBN 978-80-7368-221-7.
16. CHUDÁČEK, Z., 1995. *Radiodiagnostika I. část*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví BRNO. 293 s. ISBN 80-7013-114-4.
17. KORANDA, P., a kol., 2014. *Nukleární medicína*. Olomouc: Universita Palackého v Olomouci. 201 s. ISBN 978-80-244-4031
18. KRAJINA, A., PEREGRIN, J., et al., 2005. *Intervenční radiologie, Miniinvazivní terapie*. Hradec Králové: Aurius. 835 s. ISBN 80-86703-08-8.

19. KUPKA, et al., 2007. *Nukleární medicína*. Praha: P3K. 185 s. ISBN 978-80-903584-9-2.
20. LANG, O., ŠANTORA, J., 2009. *Biofyzika a radiologie*. Praha: Evropské vzdělávací centrum Praha. 80 s. ISBN 978-80-87386-01-9.
21. MYSLIVEČEK, J., a kol., 2009. *Základy neurověd*. 2. vydání. Praha: Triton. 370 s. ISBN 978-80-7387-088-1.
22. NAVRÁTIL, L., ROSINA, J., a kol, 2005. *Medicínská biofyzika*. Praha: Grada. 524 s. ISBN 80-247-1152-4.
23. PROCHÁZKA, V., ČÍŽEK, V., a kol., 2012. *Vaskulární diagnostika a intervenční výkony*. Praha: Maxdorf. 206 s. ISBN 978-80-7345-284-1.
24. ROSINA, J., et al., 2013. *Biofyzika – Pro zdravotnické a biomedicínské obory*. Praha: Grada. 224 s. ISBN 978-80-247-4237-3.
25. SEIDL, Z., VANĚČKOVÁ, M., 2007. *Magnetická rezonance hlavy, mozku a páteře*. Praha: Grada. 320 s. ISBN 978-80-247-1106-5.
26. SEIDL, Z., et al., 2012. *Radiologie pro studium i praxi*. Praha: Grada. 368 s. ISBN 978-80-247-4108-6.
27. SEIDL, Z., VANĚČKOVÁ, M., 2014. *Diagnostická radiologie, neuroradiologie*. Praha: Grada. 528 s. ISBN 978-80-247-4546-6.

28. SEIDL, Z., 2015. *Neurologie pro studium i praxi*. 2. vydání. Praha: Grada. 384 s. ISBN 978-80-247-5247-1.
29. SILBERNAGL, S., DESPOPOULOS, A., 1993. *Atlas fyziologie člověka*. 2. vydání. Praha: Grada. 352 s. ISBN 80-85623-79-X.
30. ŠRÁMEK, J., et al., 2015. *Chirurgická léčba degenerativního postižení bederní páteře*. Praha: Grada. 160 s. ISBN 978-80-247-5362-1.
31. ŠTULÍK, J., et al., 2010. *Poranění krční páteře*. Praha: Galén. 280 s. ISBN 978-80-7262-685-4.
32. ULLMANN, V., 2017. *Radioisotopová scintigrafie*. [online]. AstroNuklFyzika. [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/Scintigrafie.htm>.
33. Věstník ministerstva zdravotnictví České republiky, Částka 11, 2003. *Indikační kritéria pro zobrazovací metody*, [online]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/formulare/zobr_metody.pdf.
34. WABERŽINEK, G., KRAJÍČKOVÁ, D., a kol., 2004. *Základy obecné neurologie*. Praha: Karolinum. 243 s. ISBN 80-246-0803-0.
35. ZUKOTYNSKI, K., et al., 2010. The value of SPECT in the detection of stress Indry to the pars interarticularis in patients with low back pain. *Journal Orthopaedic Surgery and Research*. 5. 13. doi: 10.1186/1749-799X-5-13.

36. ŽVÁK, I., et al., 2006. *Traumatologie ve schématech a RTG obrazech*. Praha: Grada. 208 s.
ISBN 80-247-1347-0.

8 Seznam zkratek

AG	Angiografie
AP	Anteroposteriorní - předozadní
Co1-Co4(5)	První až čtvrtý (pátý) kostrční obratel
CT	Výpočetní tomografie
C1-C7	První až sedmý krční obratel
FDG	Fluorodeoxyglukosa
JIP	Jednotka intenzivní péče
JKL	Jodová kontrastní látka
kV	Kilovolt
LL	Laterolaterální - bočná
L1-L5	První až pátý bederní obratel
mAs	Miliampér - sekunda
MR	Magnetická rezonance
OK	Vzdálenost ohnisko-kůže
PA	Posteroanteriorní - zadopřední
PET	Pozitronová emisní tomografie
PMG	Perimyelografie
RF	Radiofarmakum
RTG	Rentgenové záření
SPECT	Jednofotonová emisní výpočetní tomografie
S1-S5	První až pátý křížový obratel
Th1-Th12	První až dvanáctý hrudní obratel
UZ	Ultrazvuk

9 Seznam obrázků

obr. 1 – Páteř, bočný pohled	11
obr. 2 – Obsah páteřního kanálu v krční oblasti	12
obr. 3 – Atlas, pohled seshora.....	14
obr. 4 – Axis, pohled seshora.....	14
obr. 5 – Obratel Th 7, pohled seshora.....	15
obr. 6 – Obratel Th 7, bočný pohled	16
obr. 7 – Obratel L 2, pohled seshora.....	16
obr. 8 – Obratel L 2, bočný pohled	17
obr. 9 – Schéma míchy	22
obr. 9 – Předozadní projekce na krční páteř	36
obr. 10 – Projekce dle Sandberga	37
obr. 11 – Bočná projekce na krční páteř	38
obr. 12 – Šikmá projekce na krční páteř	39
obr. 13 – Funkční snímek krční páteře, anteflexe.....	40
obr. 14 – Funkční snímek krční páteře, retroflexe	40
obr. 15 – Předozadní projekce na hrudní páteř	41
obr. 16 – Bočná projekce na hrudní páteř	42
obr. 17 – Předozadní projekce na bederní páteř.....	43
obr. 18 – Bočná projekce na bederní páteř	44
obr. 19 – CT vyšetření bederní páteře, transversální rovina, kostní + měkkotkáňové okno	46
obr. 20 – CT vyšetření bederní páteře, sagitální rovina, kostní+měkkotkáňové okno ...	47
obr. 21 – CT vyšetření bederní páteře, koronální rovina	47
obr. 22 – MR vyšetření bederní páteře, T2 sekvence, transversální rovina.....	50
obr. 23 – MR vyšetření bederní páteře, sagitální rovina, sekvence T1, T2, STIR	50

obr. 24 – MR vyšetření bederní páteře, T2 sekvence, koronální rovina.....	51
obr. 25 – CT perimyelografie krčního úseku páteřního kanálu, transversální rovina	52
obr. 26 – CT perimyelografie krčního úseku páteřního kanálu, koronální + sagitální rovina	53
obr. 27 – angiografické zobrazení arteriovenózní míšní malformace	55
obr. 28 – stav po embolizaci arteriovenózní míšní malformace	55
obr. 29 – celotělová scintigrafie skeletu	57
obr. 30 – bederní páteř a pánev, CT v koronální rovině + SPECT + fúze SPECT a CT	57
obr. 31 – PET/CT vyšetření, fúze PET a CT obrazu, sagitální a transversální rovina ...	58
obr. 32 – PET vyšetření - „torso“	59