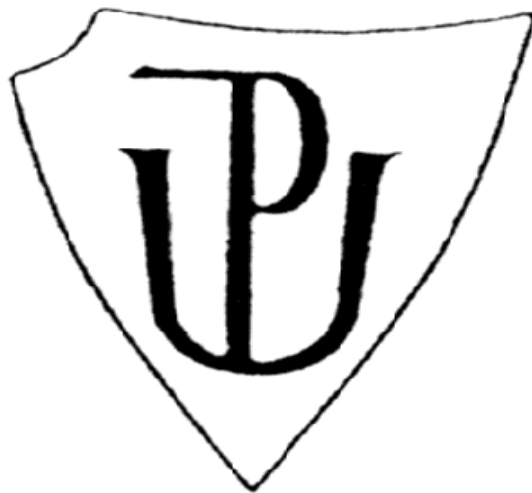


UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

ÚSTAV RADIOLOGICKÝCH METOD



**KONVENČNÍ A MODERNÍ
RADIODIAGNOSTICKÉ METODY
VE VYŠETŘOVÁNÍ OSOVÉHO SKELETU**

Bakalářská práce

Autor: Kristýna Navrátilová, DiS.

Vedoucí práce: Bc. Marek Novák

Anotace

Název práce: Konvenční a moderní radiodiagnostické metody ve vyšetřování osového skeletu

Title work: Radiodiagnostic conventional and modern methods in the investigation of axial skeleton

Typ práce: Bakalářská

Název školy: Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta zdravotnických věd
Ústav radiologických metod

Autor: Navrátilová Kristýna, DiS.

Vedoucí práce: Bc. Marek Novák

Oponent: Bc. Marek Novák

Datum zadání: 2009-06-22

Datum odevzdání: 2010-04-30

- Abstrakt:** Tato bakalářská práce se zabývá konvenčním a moderním zobrazením osového skeletu. Popisuje jednotlivé vyšetřovací metody, přičemž se zaměřuje jak na přístrojové vybavení, tak i zároveň popisuje pracovní postupy při jednotlivých vyšetřeních.
- Abstract:** This thesis deals with conventional and modern views of the axial skeleton. Describes the various investigation methods, focusing on both equipment and also describes the working procedures for individual tests.
- Klíčová slova:** Rentgen, rezonance magnetická, tomografie výpočetní, skelet osový
- Keywords:** X-ray, magnetic resonance imaging, computed tomography, axial skeleton
- Rozsah:** 61 stran

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně a použitou literaturu jsem uvedla v seznamu citované literatury.

Souhlasím s tím, že má práce může být použita ke studijním účelům.

V Olomouci 30. 4. 2010

Kristýna Navrátilová

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce Bc. Markovi Novákovi za jeho vedení, odborné rady, připomínky a za čas, který mi věnoval, a dále děkuji Bc. Tomášovi Tichému a Františkovi Odstrčilovi za odborné konzultace, rady a náměty. Děkuji také Mgr. Evě Lužové za připomínky ke stylistické a gramatické stránce mé práce.

Obsah

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Úvod..... | 8 |
| 2 | Anatomie..... | 9 |
| 2.1 | Kost | 9 |
| 2.1.1 | Funkce a klasifikace kostí..... | 9 |
| 2.1.2 | Obecná stavba dlouhé kosti | 9 |
| 2.2 | Osový skelet | 11 |
| 2.2.1 | Lebka | 12 |
| 2.2.2 | Páteř..... | 13 |
| 2.2.3 | Hrudník..... | 15 |
| 3 | Rentgen | 17 |
| 3.1 | Objev a historie rentgenového záření | 17 |
| 3.2 | Vlastnosti rentgenového záření..... | 17 |
| 3.3 | Rentgenová lampa a vznik rentgenového záření..... | 18 |
| 3.4 | Vznik rentgenového obrazu..... | 18 |
| 3.5 | Kazeta a film | 19 |
| 3.6 | Clony | 20 |
| 3.7 | Obecné zásady snímkování..... | 21 |
| 3.7.1 | Rentgenová projekce..... | 21 |
| 3.7.2 | Radiační ochrana | 21 |
| 3.8 | Rentgenové projekce na lebku | 22 |
| 3.8.1 | Základní projekce na lebku | 22 |
| 3.8.2 | Projekce na očné..... | 24 |
| 3.8.3 | Projekce vedlejších dutin nosních dle Waterse | 25 |
| 3.8.4 | Projekce na nosní kůstky | 26 |
| 3.8.5 | Kost spánková..... | 26 |
| 3.8.6 | Projekce na turecké sedlo..... | 28 |
| 3.8.7 | Projekce na bázi lební dle Towna a Twininga | 28 |
| 3.9 | Rentgenové projekce na páteř | 29 |
| 3.9.1 | Krční páteř | 29 |
| 3.9.2 | Hrudní páteř | 32 |
| 3.9.3 | Bederní páteř..... | 35 |

| | | |
|--------|--|----|
| 3.9.4 | Kost křížová | 38 |
| 3.9.5 | Kostrč..... | 39 |
| 3.10 | Rentgenové projekce na kost hrudní a žebra | 40 |
| 3.10.1 | Kost hrudní | 40 |
| 3.10.2 | Žebra | 41 |
| 4 | Výpočetní tomografie..... | 44 |
| 4.1 | Historie | 44 |
| 4.2 | Stavba CT přístroje | 44 |
| 4.3 | Princip | 46 |
| 4.4 | Obecný postup vyšetření..... | 46 |
| 4.5 | CT protokoly | 47 |
| 4.6 | Rekonstrukce..... | 50 |
| 5 | Magnetická rezonance | 53 |
| 5.1 | Historie | 53 |
| 5.2 | Stavba přístroje pro MR | 53 |
| 5.3 | Princip | 54 |
| 5.4 | Vyšetření pomocí MR | 55 |
| 5.4.1 | Kontraindikace..... | 55 |
| 5.4.2 | Vyšetřovací protokoly..... | 55 |
| 5.4.3 | Vyšetření páteře a páteřního kanálu | 56 |
| 5.5 | Srovnání CT a MR | 56 |
| 6 | Závěr | 57 |
| | Seznam obrázků | 58 |
| | Seznam tabulek..... | 59 |
| | Citovaná literatura a zdroje..... | 60 |

1 Úvod

V této bakalářské práci bych ráda shrnula základní vyšetřovací radiodiagnostické metody ve vyšetřování osového skeletu, zvláště rentgen a výpočetní tomografii. Důvodem, proč jsem si zvolila toto téma, je fakt, že v dnešní době není mnoho studijních materiálů a literatury, které by ve stručnosti shrnovaly zmíněné vyšetřovací postupy. Proto bych tuto práci ráda položila jako základ pro vytvoření studijních materiálů pro obor radiologický asistent. Studenti zde naleznou základní popis pracovních postupů pro dané metody užívané v současné době.

2 Anatomie

2.1 Kost

Kosti jsou považovány za orgány, protože obsahují několik různých tkání. Jejich hlavní část tvoří tkáň kostní, ale nalezneme zde také tkáň nervovou, krevní, chrupavčitou a epiteliální. (1)

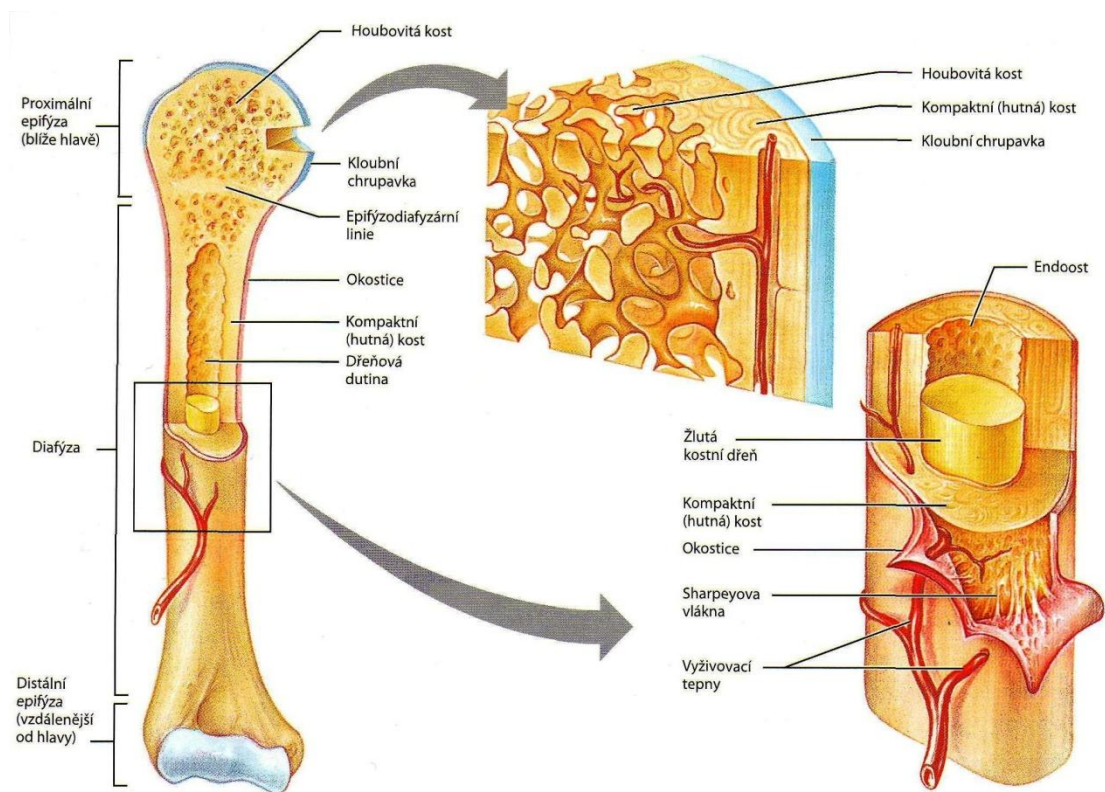
2.1.1 Funkce a klasifikace kostí

Kosti přispívají k udržování celkového tvaru těla a vykonávají řadu důležitých funkcí jako je opora, ochrana, pohyb, zásobárna minerálů a krvetvorba. Existují v mnoha velikostech a tvarech, přičemž tvar každé kosti je uzpůsoben specifickým potřebám. Rozlišujeme kosti dlouhé, krátké, ploché a nepravidelné. (1) (2)

2.1.2 Obecná stavba dlouhé kosti

Téměř každá kost v těle obsahuje vnější hutnou vrstvu, která se nazývá kompakta, a vnitřní houbovitou vrstvu spongiózu, která je uspořádána do trámců, mezi kterými je červená nebo žlutá kostní dřev. Konce kosti označujeme jako epifýzy a podélnou osu dlouhé kosti tvoří střední část diafýza s dřevnou dutinou uprostřed. Mezi diafýzou a epifýzou je takzvaná epifýzodiafýzární linie, která je pozůstatkem po epifýzodiafýzární ploténce, díky které rostou kosti v dětském věku do délky. Povrch každé kosti, kromě kloubních částí, kde je kloubní chrupavka, pokrývá periost (okostice) obsahující osteoblasty a osteoklasty, které přetváří povrch kosti v průběhu našeho života. Periost je s kompaktní spojen pomocí Sharpeyových vláken a vnitřní povrchy potom pokrývá endoost, který je mnohem jemnější než periost,

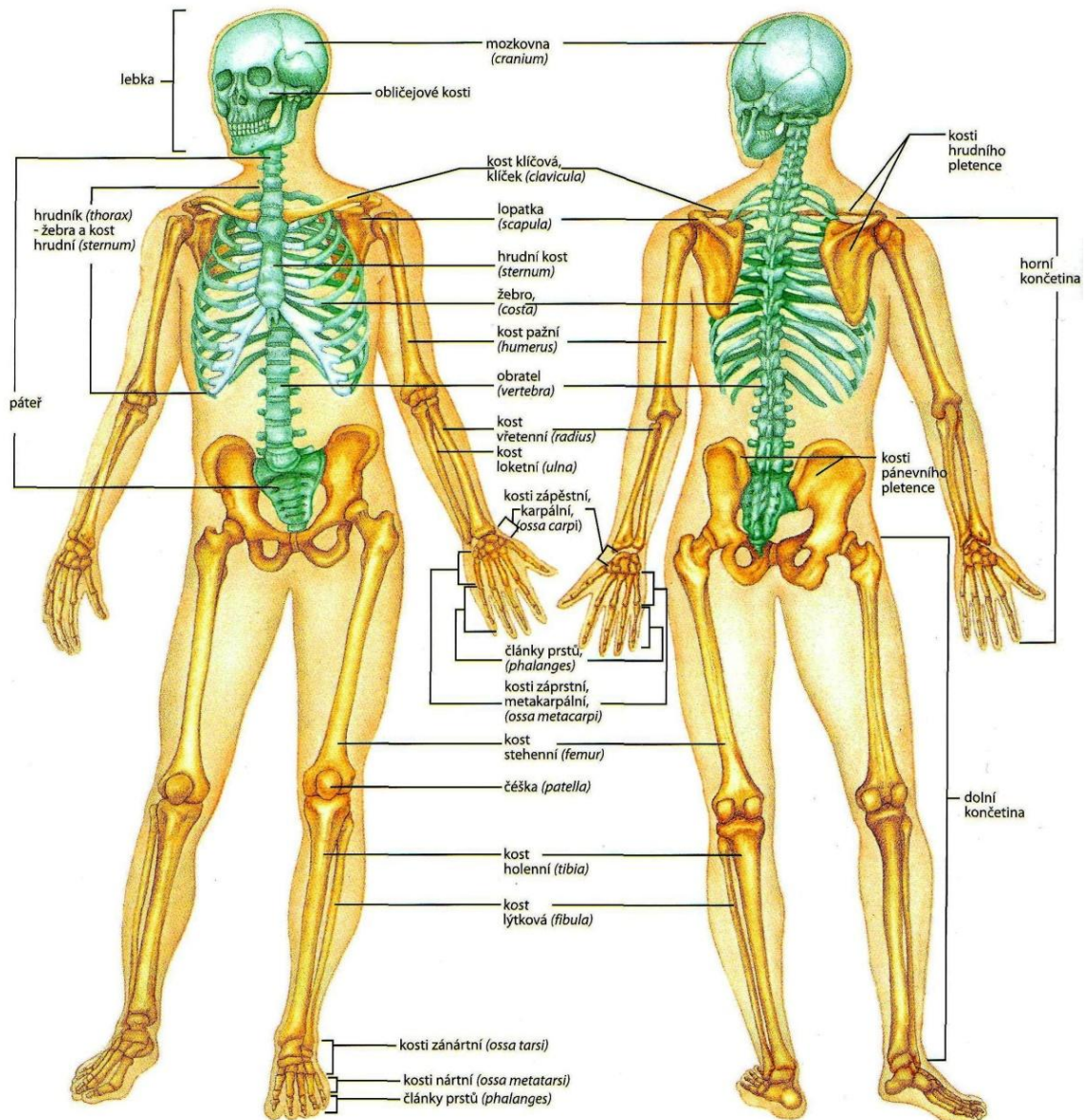
ale stejně jako on obsahuje osteoklasty a osteoblasty. Bohaté cévní zásobení zajišťují vyživovací tepny, které do kosti vstupují vyživovacím otvorem a zasahují nejen do kompakty a spongiózy, ale i do kostní dřeně. V neposlední řadě kostní tkáň obsahuje organickou a anorganickou složku. Organickou složku představuje 35% tkáňové hmoty. Zbytek, 65% hmoty, je tvořen anorganickým hydroxyapatitem a hlavně fosforečnanem vápenatým. (1) (2)



Obrázek 1: Obecná stavba dlouhé kosti (1)

2.2 Osový skelet

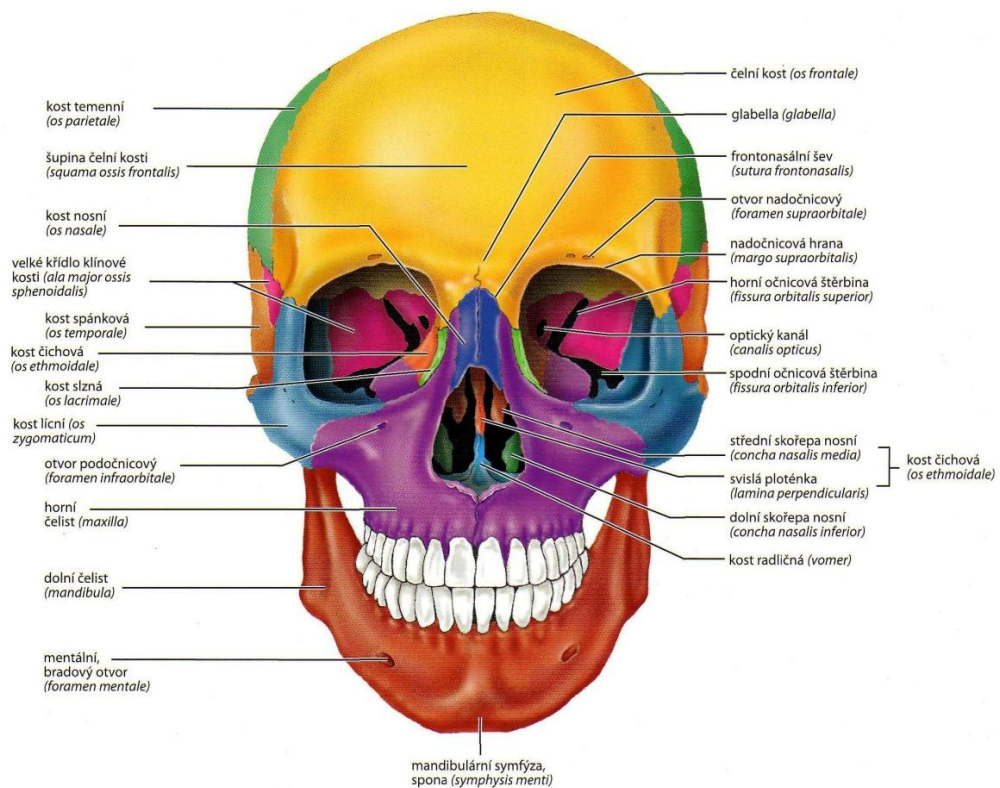
Osový skelet tvoří dlouhou osu těla a skládá se ze tří částí. Jsou to lebka, hrudní koš a páteř.



Obrázek 2: Kostra a osový skelet (1)

2.2.1 Lebka

Lebka (cranium) se dělí na část obličejovou (splanchocranium) a část mozkovou (neurocranium). Neurocranium má za úkol chránit mozek a ve splanchocraniu jsou ukotveny zuby, jsou zde dutiny a otvory pro smyslové orgány a pro vstup do trávicího a dýchacího ústrojí. Na craniu nalezneme jak párové tak nepárové kosti. Mezi párové kosti řadíme kost temenní (*os parietale*) a kost spánkovou (*os temporale*) na neurocraniu. Kost horní čelisti (*maxilla*), kost lící (*os zygomaticum*), kost nosní (*os nasale*), kost slznou (*os lacrimale*), kost patrovou (*os palatina*) a dolní skořepu nosní (*concha nasalis inferior*) na splanchocraniu. Nepárové kosti na neurocraniu jsou kost čelní (*os frontale*), kost týlní (*os occipitale*) a kost čichová (*os ethmoidale*), na splanchocraniu dolní čelist (*mandibula*) a kost radličná (*vomer*). (1) (2) (3)



Obrázek 3: Splanchocranium (1)

2.2.2 Páteř

Páteř (*columna vertebrarum*) je tvořena dvaceti šesti kostmi z toho dvaceti čtyřmi obratli (*vertebrae*), kostí křížovou (*os sacrum*) a kostrčí (*os coccygis*). Obratle se dělí do tří skupin na krční (*vertebrae cervicales*), těch je sedm, dvanáct hrudních (*vertebrae thoracicae*) a pět bederních obratlů (*vertebrae lumbales*). Páteř probíhá od lebky (*crania*) k pánvi (*pelvis*), tvoří páteřní kanál (*canalis vertebrae*), ve kterém je uložena mícha (*medulla spinalis*) a jsou na ní úponová místa pro žebra (*costae*) a svaly (*musculi*). Při pohledu z boku jsou na páteři patrná čtyři zakřivení. Dvě jsou zvaná lordóza, což je zakřivení dopředu, a nachází se na krční a bederní části páteře, další dvě se nazývají kyfóza, zakřivení dozadu, a ty nalezneme na hrudním a bederním segmentu. (1) (2) (3)

2.2.2.1 Stavba obratle

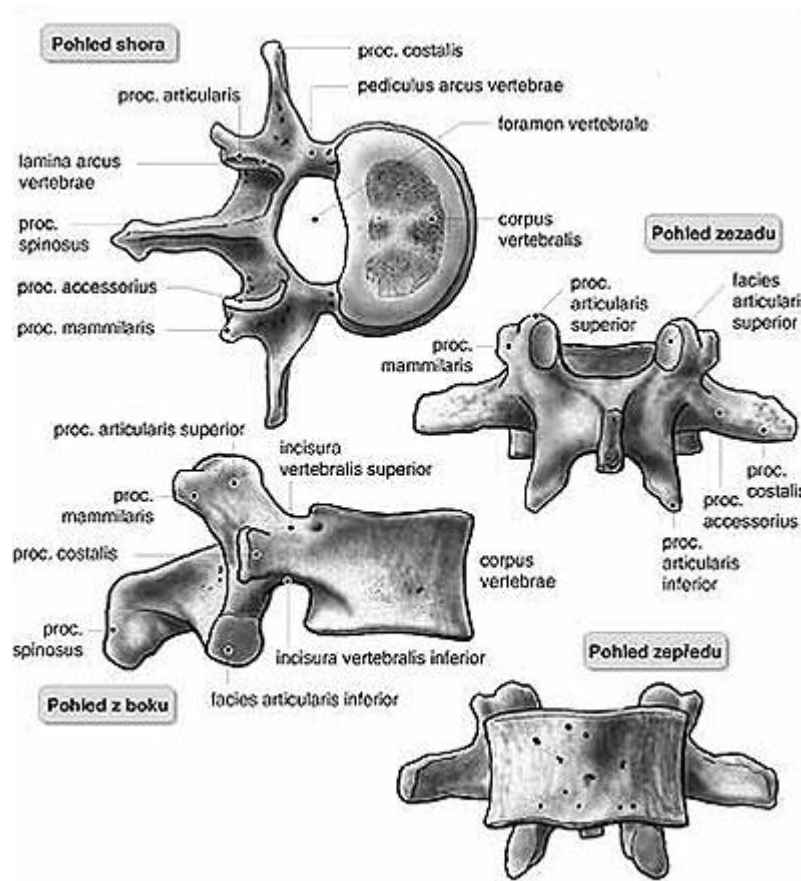
Kromě prvního a druhého krčního obratle mají všechny typickou stavbu. Tělo (*corpus*), obratlový otvor (*foramen vertebrale*), oblouk (*arcus*) s trnovým výběžkem (*processus spinosus*) a dva příčné výběžky (*processus transversus*). Stavba obratlů v jednotlivých segmentech se ale liší.

Krční obratle jsou obecně nejmenší a první dva jsou jiné než ostatních pět. První, Atlas, má kruhovitý tvar a kloubní fasety jsou na obou stranách nahoře i dole. Horní podepírají lebku a dolní naléhají na druhý krční obratel Axis. Ten se liší od typické stavby zubem (*dens axis*), který vybíhá vzhůru z těla obratle a zapadá do předního oblouku (*arcus anterior*) Atlasu. Dalších pět obratlů má tělo širší než delší, obratlový otvor má trojúhelníkovitý tvar a trnový výběžek je krátký, na konci rozdvojený. Jen sedmý obratel má trnový výběžek mnohem delší a není na konci rozštěpen. Je dobře hmatatelný, a proto se užívá jako jeden z orientačních bodů na těle. Příčné výběžky mají otvory pro cévy.

Všechny hrudní obratle jsou uzpůsobeny pro spojení se žebry. Tělo má tvar srdce a po stranách jsou pro toto spojení dvě kloubní jamky. Trnové výběžky směřují dolů

a jsou poměrně dlouhé, obratlový otvor je oválný a kromě jedenáctého a dvanáctého obratle jsou na příčných výběžcích oválné kloubní plošky pro spojení s žebrem.

Bederní obratle jsou nejrobustnější a mají masivní tělo ledvinovitého tvaru. Trnovitý výběžek je plochý, má tvar sekery a míří přímo dozadu, příčné výběžky jsou trojúhelníkovité. (1) (2) (3)



Obrázek 4: Obecná stavba obratle (4)

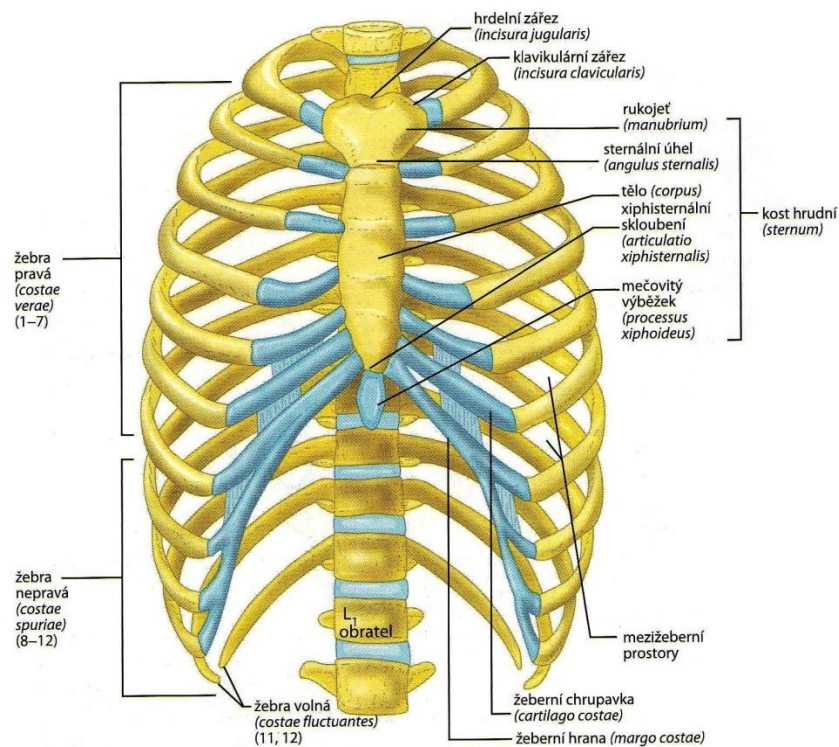
2.2.2.2 Kost křížová a kostrč

Kost křížová má trojúhelníkový tvar a je tvořena pěti srostlými obratli. První obratel vyčnívá směrem do dutiny pánevní a nazývá se promotorium. Příčné čáry naznačují srůsty obratlů a otvory po stranách umožňují vstup míšních nervů.

Kostrč má také trojúhelníkový tvar a je tvořena čtyřmi, někdy pěti, srostlými obratli. (1) (2) (3)

2.2.3 Hrudník

Hrudník má kuželovitý tvar a je ohraničen hrudními obratli (vertebrae thoracicae), žebry (costae) a hrudní kostí (sternum). (2)



Obrázek 5: Stavba hrudního koše (1)

2.2.3.1 Hrudní kost

Hrudní kost (sternum) je plochá, tvaru dýky, leží ve středu hrudníku a je tvořena třemi částmi - rukojetí (manubrium), tělem (corpus) a mečovitým výběžkem (processus xiphoideus). Na manubrium se napojuje nejen klíční kost (clavicula), ale také první dvě žebra. Corpus je tvořen čtyřmi srostlými kostmi a pojí se sem druhé až sedmé žebro.

Processus xiphoideus je tvořen chrupavkou, která osifikuje asi ve čtyřiceti letech na kost. (1) (2) (3)

2.2.3.2 Žebra

Typické žebro (costae) je trojúhelníkovitého průřezu, obloukovité a skládá se z hlavičky (caput), těla (corpus) a krčku (collum). Hlavička se pojí s tělem obratle, a na krčku je hrbolek (tuberculum costae), který se pojí s příčným výběžkem hrudního obratle. Od této stavby se liší jen první žebro, které je ploché a krátké, se zářezem (sulcus atreiae subclaviae) pro cévu horních končetin.

Všech dvanáct párů žeber se vzadu pojí ke hrudním obratlům a probíhají dopředu dolů a tvoří tak hrudní koš. Prvních sedm párů se pojí chrupavkou ke sternu a nazývají se žebra pravá (costae verae). Dalšíh pět párů, žebra nepravá (costae spuriae), se pojí buď nepřímo anebo vůbec. Osmé až desáté se pojí na chrupavku předchozího žebra a jedenácté a dvanácté se nepojí vůbec. To jsou žebra volná (costae fluctuantes). (1) (2) (3)

3 Rentgen

3.1 Objev a historie rentgenového záření

Rentgenové záření bylo objeveno německým fyzikem Wilhelmem Conradem Röntgenem (1845 – 1923) 8. 11. 1895 při jeho pokusech s katodovými trubicemi. Nové záření nazval zářením X a svou první práci o něm poskytl tisku už 28. 12. 1895. Zanedlouho po tom bylo záření pojmenováno právě po Röntgenovi, který objev nepatentoval, a proto došlo k rychlému rozšíření a používání záření X hlavně v lékařství. V období do první světové války se zjišťovaly a objasňovaly možnosti rentgenového záření, a to hlavně v lékařské vědě. Mezi světovými válkami došlo k obrovskému rozvoji techniky a přístrojů hlavně pro skiaskopii a skiografii, začala se objevovat i první kontrastní vyšetření a rentgenová diagnostika se tak stala samostatným lékařským oborem. Od druhé světové války, v podstatě až do dnešní doby, došlo k obrovskému rozvoji rentgenové diagnostiky a to nejen v oblasti techniky a přístrojů, ale objevovaly se i nové vyšetřovací metody a postupy. Obrovský skok přišel s rozvojem výpočetní techniky. (5) (6)

3.2 Vlastnosti rentgenového záření

Rentgenové záření je elektromagnetické vlnění s velmi krátkou vlnovou délkou, přičemž v radiodiagnostice se užívá vlnová délka přibližně 10^{-9} metru. Toto záření je neviditelné, šíří se přímočaře rychlostí 300 000 km/s, proniká hmotou i vakuem a jeho intenzita se zeslabuje se čtvercem vzdálenosti. K jeho vlastnostem dále patří fotochemický a biologický efekt, luminescence a ionizace. Těchto vlastností se v lékařství nevyužívá jen v oboru diagnostiky, ale také v onkologii. (6)

3.3 Rentgenová lampa a vznik rentgenového záření

Zdrojem rentgenového záření je rentgenka. Je to skleněná vakuová trubice, v podstatě dioda, obsahující katodu a anodu. Katoda je zdrojem elektronů a je tvořena wolframovým žhavicím vláknem, které obklopuje fokusační zařízení. Dle využití rentgenky rozlišujeme několik typů anod. Převážně se jedná o anodu wolframovou pevnou, nebo rotační. Pevná anoda se užívá hlavně u zubních rentgenů, je většinou z mědi a ohnisko má z wolframu. Oproti tomu rotační anoda má velký výkon, tvar talíře a její ohnisko má velikost až 2x2 mm. Celá rentgenka je uložena v krytu, který ji chrání a zároveň vychytává neužitečné záření. Kryt obsahuje chladič systém, pohon pro rotaci anody, počítadlo expozic, připojení vysokého napětí, primární clony vymezující svazek záření, filtry a akrylátové výstupní okénko, kterým vychází svazek záření, tzv. centrální paprsek, z rentgenky ven.

Na katodu se přivádí žhavicí napětí 5-10V. Katoda se rozžhává a vznikne kolem ní elektronový mrak. Čím větší je toto napětí, tím více elektronů se uvolní. Mezi katodu a anodu se přivádí vysoké napětí a to v řádech tisíců voltů. Toto napětí urychluje elektrony letící z katody na anodu a ovlivňuje tak kvalitu záření. Čím větší je toto napětí, tím kvalitnější je svazek záření. Urychlené elektrony dopadají na ohnisko anody, tzv. fokus, kde se zbrzdí. Při tomto zpomalení se většina uvolněné kinetické energie přemění v teplo a pouze 1-2% se přemění na elektromagnetické vlnění s krátkou vlnovou délkou, které vystupuje z rentgenky výstupním okénkem. (5) (6) (7)

3.4 Vznik rentgenového obrazu

Rentgenový obraz je dvourozměrné zobrazení trojrozměrného objektu. Při snímkování prochází svazek záření vyšetřovanou oblastí, kde se absorbuje v závislosti na složení vyšetřovaných tkání, a poté dopadá na kazetu s filmem nebo na detektory. Pokud dopadá na kazetu, na filmu vzniká takzvaný latentní obraz, který se vyvoláním a ustálením filmu zviditelní. Pokud dopadá záření na detektory, dojde k matematickému přepočtu a převedení digitálního obrazu přímo do počítače. Tkáně,

které absorbují více záření, vytvářejí na snímku zastínění, tkáně méně absorbující projasnění. Vzhledem k tomu, že snímek je negativ, jsou oblasti projasnění tmavší a oblasti zastínění světlejší. (6) (7)

3.5 Kazeta a film

Nejdůležitější vlastností zdravotnického filmu je jeho vysoká citlivost. Pro kvalitní zobrazení požadovaného objektu musí stačit co nejmenší dávka záření. Musí být také mechanicky a chemicky odolný, nehořlavý a musí mít schopnost uchovat rentgenový obraz. Jeho základ tvoří polyesterová podložka, která je z obou stran spojena s emulzní vrstvou pomocí čiré želatiny. Emulzní vrstva je tvořena čirou želatinou, krystaly AgBr (bromid stříbrný), stabilizátory, emulgátory, tvrdidly a konzervačními látkami. Celý povrch nakonec pokrývá ochranná vrstva. Tento film musí po ozáření projít vyvolávacím procesem, dojde tak ke zviditelnění rentgenového obrazu na filmu. Film je nejdříve ponořen do vývojky, která způsobí redukci bromidu stříbrného na stříbro. Tím je způsobeno zviditelnění dosud latentního obrazu a po promytí se ponoří do ustalovače, který má za úkol vymýt zbytky bromidu.

Takzvaný bezfoliový film se užívá například při snímkování zubů nebo v mamologii. Některé z nich nejsou uloženy v kazetě, ale mají silnější emulzní vrstvu. Oproti tomu foliové filmy jsou uloženy v kazetě, která musí být světlotěsná, aby nedošlo k nechtěnému osvětlení filmu. V kazetě jsou z obou stran filmu zesilovací folie, které zviditelňují rentgenový obraz a zvyšují účinek rentgenového záření na fotografický materiál pomocí luminescenčního efektu. (6) (7)

Díky rozvoji výpočetní techniky dnes ve velké míře nahrazuje klasické snímkování digitalizace. Ať už přímá nebo nepřímá, naprosto odstranila používání klasických fotografických filmů a tím odpadlo i jejich vyvolávání. Při nepřímé digitalizaci se užívají speciální folie, které jsou také uloženy v kazetě. Ty se po ozáření vkládají do automatu, který folii „přečte“, převede obraz do počítače, folii smaže a připraví pro další použití. Přímá digitalizace naprosto odstranila i práci s kazetou. Využívají se zde detektory uložené v desce stolu či vertigrafu, popřípadě přenosné,

které převádí obraz přímo do digitální podoby. Snímky pořízené pomocí digitalizace jsou archivovány v systému PACS (Picture Archived and Communication System), který umožňuje uchovávat obrovské množství dat na potřebnou dobu a je spolu s digitalizací cestou k takzvané bezfilmové nemocnici. Další výhodou digitalizace je postprocessing, což znamená další možnost práce se snímkem, jako je ořezání, popis, upravení kontrastu a podobně. (5) (7)

3.6 Clony

Clony ovlivňují jakost a kontrast rentgenového obrazu a dělí se na primární a sekundární. Hlavní funkcí primární clony je vymezení svazku záření, a proto je umístěna mezi rentgenkou a objektem. Zlepšuje kontrast a ostrost rentgenového obrazu a snižuje radiační zátěž pacienta i vyšetřujícího. Sekundární clony jsou umístěny mezi objektem a filmem a odstraňují sekundární záření, které vzniká v těle pacienta a je nežádoucí. Užívají se u napětí vyššího než 60kV (Kilovoltů), a když má objekt v průměru více než 15cm. Zlepšují jakost a kontrast rentgenového obrazu, ale jejich nedostatkem je fakt, že pohlcují i část primárního záření a zvětšují vzdálenost filmu od objektu. V praxi se užívají dva typy sekundárních clon a to s nepohyblivou mřížkou, což je například Lysholmova clona, a nebo s pohyblivou mřížkou, nejnámější Buckyho, která je součástí snímkovacích stolů. Třetí skupinu clon tvoří clony omezovací. To jsou většinou kovové nebo gumové olověné desky, které zamezují dopadu primárního i sekundárního záření mimo určenou plochu filmu například při pořizování více snímků na jeden film. (5) (6)

3.7 Obecné zásady snímkování

3.7.1 Rentgenová projekce

Rentgenová projekce je průmět obrazu na rentgenový film nebo detektor a je určená postavením ohniska vůči filmu. Název projekce je obvykle složen ze dvou slov, kdy první označuje vstup centrálního paprsku (dále jen CP) a druhé označuje místo jeho výstupu z objektu.

Při každé projekci musí být snímek čitelně stranově označen, přičemž písmena musí být uložena tak, aby po vyvolání filmu nebyla špatně otočena a aby nezasahovala do snímkaného objektu.

Dále je nutné zvolit na jednotlivé projekce vhodný formát filmu a jeho orientaci tak, abychom zachytili vyšetřovanou oblast v celém rozsahu. Při centraci dbáme na to, aby byla vyšetřovaná oblast v centru kazety a aby CP dopadal na kazetu kolmo a do jejího středu. (6)

3.7.2 Radiační ochrana

Při snímkování je nutné dbát na zásady radiační ochrany, které upravuje „Atomový zákon“. Radiologický asistent je povinen dbát nejen na ochranu pacienta před zářením, ale také na ochranu sebe sama. Základem ochrany pacienta je správné vymezení primárního svazku a dále pak užití ochranných pomůcek jako jsou omezovací clony, zástěry nebo štíty. Pro svoji ochranu personál také používá pomůcky v podobě zástěr, rukavic a clon, ale také se chrání vzdáleností. Účinnost záření totiž klesá se čtvercem vzdálenosti. (7)

3.8 Rentgenové projekce na lebku

3.8.1 Základní projekce na lebku

3.8.1.1 Zadopřední projekce

Snímkuje se na kazetu formátu 24x30cm, která je uložena na výšku. Užíváme sekundární clonu. Vzdálenost ohnisko-kazeta je 100cm (dále jen OK 100). Pacienta uložíme na břicho, ruce si položí vedle hlavy, bradu přitáhne k hrudníku a dotýká se kazety čelem a nosem tak, aby Frankfurtská horizontála (spojnice dolního okraje oční a zevního zvukovodu) byla kolmá ke kazetě. CP zaměřujeme kolmo na kořen nosu a na střed kazety. Můžeme také centrovat na zevní týlní hrbol, který lze dobře vyhmátat. Pacientovi dáme povel nehýbat se a nedýchat. Lebka musí být na snímku zobrazena symetricky včetně celé mandibuly a vertexu, pyramidy by se měly promítnout do dolní poloviny očnic. (6) (8)



Obrázek 6: Zadopřední projekce lebky (9)

3.8.1.2 Předozadní projekce

Tato projekce se užívá u imobilních pacientů, u pacientů v bezvědomí nebo s polytraumaty a také u dětí. Snímkuje se z OK 100 na kazetu formátu 24x30cm uloženou na výšku přes sekundární clonu. Pacienta uložíme na záda, hlavou do středu kazety s přitaženou bradou k hrudníku tak, aby byla Frankfurtská horizontála kolmá na kazetu. CP zaměřujeme na kořen nosu do středu kazety, a pokud je pacient při vědomí, dáme mu povel nehýbat se a nedýchat! Lebka musí být na snímku zobrazena stejně jako při zadopřední projekci. (6)

3.8.1.3 Boční projekce

Snímkuje se z OK 100 na kazetu 24x30cm, která je uložena na šířku přes sekundární clonu. Pacienta uložíme na břicho, vyšetřovanou stranou hlavy na kazetu. Mediosagitální rovina (dělí lebku vertikálně na dvě souměrné poloviny) musí být rovnoběžná s kazetou. Horní končetinou nevyšetřované strany se může pacient vzepřít, a tím se fixovat v požadované poloze. CP směřujeme do středu lebky a kazety zhruba těsně před a nad zevní zvukovod. Lebka opět musí být zobrazena kompletní včetně celé mandibuly a vertexu, ramena mandibuly se musí překrývat stejně jako vnitřní zvukovody, které tak tvoří jen jedno projasnění. Tuto projekci lze také provést u sedícího pacienta u vertigrafu a to tak, že ho posadíme bokem k vertigrafu a snímkuje se horizontálním CP anebo pacienta v těžkém stavu uložíme na záda a kazetu mu přiložíme z boku k hlavě. Musíme ale zajistit pomocí fixace, aby byla kazeta kolmá ke stolu a hlava vůči ní v přesné boční projekci. (6) (8)

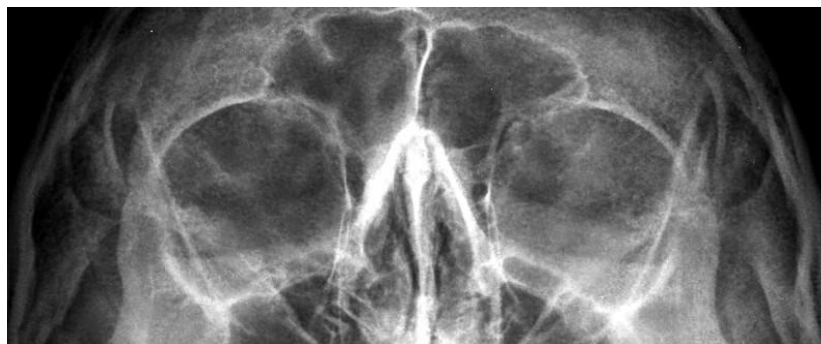


Obrázek 7: Bočná projekce lebky (9)

3.8.2 Projekce na očníce

3.8.2.1 Zadopřední projekce

Užíváme kazetu 18x24cm a snímkuje v sedě u vertigrafu nebo vleže na stole. Pacient se opírá čelem a nosem o kazetu tak, aby Frankfurtská horizontála na ní byla kolmá. Centrální paprsek skláníme 25° kaudálně a centrujeme tak, aby směřoval na kořen nosu a zároveň na střed kazety. (6) (8)



Obrázek 8: Projekce na orbity (9)

3.8.2.2 *Temporoorbitální projekce*

Pacienta uložíme stejně jako u zadopřední projekce a poté mu vytočíme hlavu o 45° vyšetřovanou stranou od podložky. Centrujeme do středu vyšetřované očníce a do středu kazety. (6)

3.8.3 **Projekce vedlejších dutin nosních dle Waterse**

Snímek provádíme na kazetu velikosti 18x24cm uloženou na výšku ze vzdálenosti OK 100 přes sekundární clonu. Pacienta posadíme čelem k vertigrafu, maximálně otevře ústa, bradu si opře o vertigraf a nos oddálí asi 1cm od desky, aby se správně zobrazil dutinový systém. Centrujeme do středu kazety a pacientovi dáme povel nehýbat se a nedýchat. Na snímku musí být jasně vykresleny frontální, maxilární, etmoidální i sfenoidální dutiny. (5) (6) (8)



Obrázek 9: Zadopřední projekce na vedlejší dutiny nosní dle Waterse (9)

3.8.4 Projekce na nosní kůstky

Provádí se projekce bočná, při které použijeme kazetu velikosti 13x18cm. Pacienta postavíme nebo posadíme k vetrigrafu tak, aby mohl hlavou nalehnout na desku vertigrafu v co nejpřesnější bočné projekci. Centrujeme na kořen nosu přesně do středu kazety. (6)

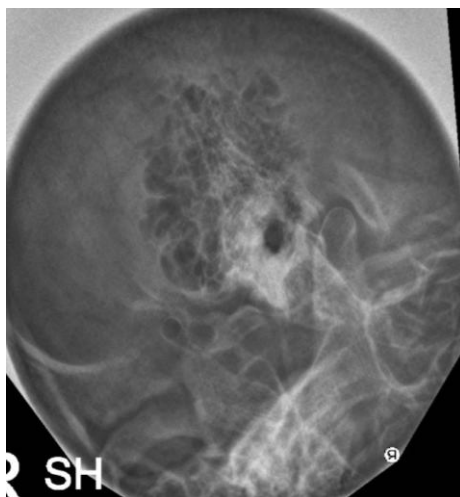


Obrázek 10: Bočná projekce na nosní kůstky (9)

3.8.5 Kost spánková

3.8.5.1 Projekce dle Schülera

Snímkuje se na kazetu 13x18cm na šířku nebo na 18x24cm dělené na šířku. Pacienta položíme na vyšetřovanou stranu uchem do středu kazety, skloníme CP asi 25° kaudálně a centrujeme na zevní zvukovod vyšetřované strany. Pacientovi dáme povel nehýbat se a nedýchat. Pyramidy musí být na snímku zobrazeny jako trojúhelníkovitý stín uprostřed kterého je zobrazen, jako projasnění, zevní zvukovod. (5) (6)



Obrázek 11: Projekce na kost spánkovou dle Schülera (9)

3.8.5.2 *Projekce dle Stenverse*

Snímkuje se na kazetu 13x18 nebo 18x24cm uloženou na výšku a k centraci užijeme tubus. Pacienta uložíme na břicho tak, aby se opíral čelem a nosem o kazetu a aby byla Frankfurtská horizontála kolmá ke kazetě. Nakonec pacient vytočí hlavu o 45° k vyšetřované straně. CP skláníme 10-15° kaudálně od zevního zvukovodu vyšetřované strany. Pacientovi dáme povel nehýbat se a nedýchat. Na správně provedeném snímku je pyramida uprostřed, zobrazena v celé své délce a je na něm i processus mastoideus. (6)



Obrázek 12: Projekce na kost spánkovou dle Stenverse (9)

3.8.6 Projekce na turecké sedlo

Snímkuje se na kazetu formátu 13x18cm, která je uložena na výšku a použije se úzký tubus. Vždy děláme pravou i levou projekci. Pacienta uložíme na břicho, vyšetřovanou stranou hlavy na kazetu. Mediosagitální rovina musí být rovnoběžná s kazetou. CP směřujeme na hlavičku mandibuly. Turecké sedlo musí být jednoduše konturováno a jeho výběžky se musí překrývat. (5) (6)



Obrázek 13: Projekce na turecké sedlo (9)

3.8.7 Projekce na bázi lební dle Towna a Twininga

Snímkuje se na kazetu 24x30cm uloženou na výšku z OK 100. Pacienta uložíme na záda, hlavou do středu kazety a s maximálně přitaženou bradou k hrudníku. CP skloníme 45° kaudálně a centrujeme na střed kazety. Pacientovi dáme povel nehýbat se. Na správně provedeném snímku se zobrazí celá kost týlní včetně velkého otvoru (foramen magnum), do kterého se promítne oblouk atlasu a spánkové kosti se zobrazí symetricky.

Na bázi lební existují i další projekce, například axiální, submentovertikální nebo vertikosubmentální, ty jsou ale dnes spíše nahrazovány CT vyšetřením. (5) (6)

3.9 Rentgenové projekce na páteř

3.9.1 Krční páteř

Při snímkování krční páteře musíme dbát na to, aby byl na snímku zachycen celý segment od baze lební až po sedmý krční obratel, který je často superponován (překrýván) pletencem horní končetiny. Proto je nutné, aby se pacient snažil tlačit ramena dolů. Je také možné, vložit mu do rukou zátěž.

3.9.1.1 Předozadní projekce

Snímek provádíme vleže nebo u vertigrafu na kazetu o velikosti 18x24cm nebo 24x30cm uloženou na výšku. Použijeme sekundární clonu a OK je 100. Pacienta buď položíme na záda, krkem na střed kazety a on zvedne bradu, anebo pacienta posadíme zády k vertigrafu a on opět zvedne bradu. Centrujeme kolmo na kazetu mezi třetí a čtvrtý krční obratel, na štítnou chrupavku. Pacientovi dáme povel nehýbat se, nemluvit, nepolykat a nedýchat. Páteř musí být zobrazena v ose snímku a mandibula by měla být zvednutá. (5) (8)



Obrázek 14: Předozadní projekce na krční páteř (9)

3.9.1.2 Bočná projekce

Provádíme ji u vertigrafu ve stoje, nebo vsedě. Používáme kazetu 18x24cm nebo 24x30cm uloženou na výšku a snímujeme z OK 120, protože krční páteř nenaléhá přímo na kazetu, ale je od ní vzdálena na délku ramene. Pacienta postavíme nebo posadíme bokem k vertigrafu, mírně zvedne bradu a ramena tlačí co nejvíc dolů. Hlava musí být v přesné bočné projekci. Centrujeme do středu krku a kazety, zhruba na úhel dolní čelisti. Pacientovi dáme povel nehýbat se, nedýchat a nepolykat. Na snímku musí být zachyceny všechny krční obratle, měly by se krýt úhly a hlavičky mandibuly a neměl by chybět ani zevní zvukovod. (5) (6) (8)



Obrázek 15: Bočná projekce na krční páteř (9)

3.9.1.3 Šikmá předozadní projekce

Tato projekce není častá a provádí se pro zobrazení intervertebrálních prostor. Provádí se vsedě nebo vestoje u vertigrafu na kazetu 24x30cm uloženou na výšku a snímujeme z OK 120. Pacienta posadíme zády k vertigrafu a pak ho celým tělem vytočíme o 45°, přičemž se stále dívá přímo před sebe a bradu má mírně zvednutou. Centrujeme na štítnou chrupavku do středu kazety a centrální paprsek skláníme kraniálně 15°. Pacientovi dáme pokyn nemluvit, nehýbat se, nepolykat a nedýchat.

Při této projekci vždy snímujeme z obou stran. Lze také provést šikmou zadopřední projekci, ale v tom případě skláníme centrální paprsek 15° kaudálně. Meziobratlové klouby musí být přehledné a opět musí být zachycena celá krční páteř včetně baze lební. (5) (6)

3.9.1.4 Dens axis

Při klasické transorální projekci používáme kazetu 13x18cm uloženou na výšku a snímujeme přes sekundární clonu z OK 100. Pacienta položíme na záda do středu kazety a on maximálně otevře ústa a mírně zakloní hlavu. Centrujeme kolmo na kazetu do středu otevřených úst. Pacientovi dáme povel nehýbat se, nemluvit, nepolykat a nedýchat. Stejná jako transorální projekce je projekce na kraniocervikální přechod dle Sandberga jen s tím rozdílem, že při ní pacient otevírá a zavírá ústa přibližně 1-2x za vteřinu, čímž dojde k pohybovému rozostření čelistí a dens axis se s nimi nesumuje. U tohoto postupu je ale nutné prodloužit expoziční dobu, aby se čelisti dostatečně rozostřily. (5) (6)



Obrázek 16: Projekce na dens axis (C-C přechod) (9)

3.9.1.5 Funkční snímky

Obvykle děláme dva snímky, přičemž velikost a orientaci kazety volíme dle pohybových možností pacienta. Toho postavíme bokem k vertigrafu a on tlačí ramena dolů, aby byl na snímku zachycen celý úsek krční páteře. Při prvním snímku maximálně předkloní hlavu a bradu přitáhne na hrudník, při druhém hlavu maximálně zakloní. Při obou projekcích centrujeme za úhel dolní čelisti. Pacientovi dáme povel nehýbat se, nemluvit, nepolykat a nedýchat! (6)

3.9.1.6 Přechod C₇ – Th₃

Používáme kazetu 24x30cm, kterou uložíme na výšku, a snímkuje přes sekundární clonu ze vzdálenosti OK 100. Projekci můžeme provádět jak vleže, tak vestoje nebo vsedě. Chceme-li ji provádět vestoje nebo vsedě, je pacient bokem k vertigrafu, mírně předkloní hlavu, lehce ohne záda a co nejvíce tlačí ramena dolů. Pokud chceme snímkovat vleže, položíme pacienta a on se vytočí o 15°. Centrujeme do středu kazety na Th₂, který je snadno hmatatelný. Povel je nadechnout a nedýchat! Zřetelně musí být zobrazen přechod a to nejlépe od šestého krčního obratle až po čtvrtý hrudní. Páteř nesmí být superponována pletencem pažním. (6)

3.9.2 Hrudní páteř

Při jakékoliv projekci hrudní páteře musí být na snímku vždy zachycen minimálně poslední krční a první bederní obratel, aby bylo možné identifikovat jednotlivé obratle hrudního segmentu.

3.9.2.1 Předozadní projekce

Snímkuje se vleže na stole na kazetu 15x40cm nebo 20x40cm uloženou na výšku přes sekundární clonu z OK 100. Pacienta uložíme na záda s nataženými nohama a centrujeme kolmo do středu sternu a kazety. Projekce se provádí v nádechu, a proto dáme pacientovi povel nedechnout a nedýchat! (5) (8)



Obrázek 17: Th páteř v předozadní projekci (9)

3.9.2.2 Bočná projekce

Můžeme užít kazetu 15x40cm, 20x40cm, 35x43cm nebo 30x40cm a snímkuje se přes sekundární clonu z OK 100. Pacienta uložíme na bok tak, že pokud to je ho stav dovoluje, leží k nám zády. Značně to usnadní centraci. Hlavu můžeme pacientovi podložit, on si dá obě ruce pod hlavu a nohy mírně pokrčí v kolenou. Osa páteře musí ležet v ose stolu a kazety. Centrujeme na spodní úhel lopatek a kolmo do středu kazety. Snímkuje se v pomalém výdechu, aby došlo k pohybovému rozostření žebíř. Pacientovi proto dáme povel nadechnout a pomalu vydechovat! Na snímku musí být přehledné meziobratlové prostory a obratlová těla zobrazena symetricky. (5) (8)



Obrázek 18: Th páteř v bočné projekci (9)

3.9.2.3 Šikmá zadopřední projekce

Snímkuje se vleže na stole na kazetu 15x40cm nebo 20x40cm uloženou na výšku. Použijeme sekundární clonu a OK je 100. Pacienta uložíme na bok a poté ho mírně přetočíme na břicho do sklonu 45°. Volnou rukou se přidržuje stolu. Dolní končetiny jsou nataženy. Centrujeme kolmo do středu kazety nad úhel pacientovy lopatky. Vždy se provádí obě projekce, pravá i levá, a pacientovi dáme povel nadechnout a nedýchat! Na snímku musí být dobře přehledné meziobratlové prostory a obratlová těla zachycena v přesné bočné projekci. (6)

3.9.2.4 Th – L přechod

Tento přechod by měl být vidět jak na snímcích hrudní, tak i na snímcích bederní páteře, ale na vyžádání lékaře lze zhotovit snímek cílený přímo na tuto oblast. Technické parametry této projekce jsou stejné jako u projekce bederní páteře.



Obrázek 19: Předozadní projekce Th - L přechodu (9)

3.9.3 Bederní páteř

3.9.3.1 Předozadní projekce

Snímkuje se vleže na stole z OK 100 a přes sekundární clonu. Používáme kazetu 20x40cm nebo 15x40cm uloženou na výšku. Pacienta uložíme na záda do středu kazety a on pro vyrovnání bederní lordózy pokrčí dolní končetiny, které můžeme v kolenou podložit. Centrujeme kolmo do středu kazety na bikristální čáru a spojnici sternu se symfýzou, což zhruba odpovídá L₃. Snímkuje se ve výdechu, a proto dáme povel nadechnout, co nejvíce vydechnou a nedýchat! Na snímku musí být poslední hrudní obratel a kost křížová včetně SI skloubení. (5) (6) (8)



Obrázek 20: Předozadní projekce bederní páteře (9)

3.9.3.2 Bočná projekce

Snímkuje se vleže na stole z OK 100 a přes sekundární clonu. Používáme kazetu 20x40cm nebo 15x40cm uloženou na výšku. Pacienta uložíme na bok do přesné bočné projekce zády k sobě, aby byla páteř rovnoběžná s osou stolu a ležela ve středu kazety. Ruce si dá pacient pod hlavu a nohy pokrčí. Centrujeme kolmo do středu kazety a páteře, na vrchol lopaty kosti kyčelní. Povelky jsou nadechnout, hodně vydechnout a nedýchat! I zde musí být zachycen poslední hrudní obratel a kost křížová. Meziobratlové prostory musí být maximálně přehledné. (5) (6)



Obrázek 21: Bočná projekce bederní páteře (9)

3.9.3.3 Šikmá projekce

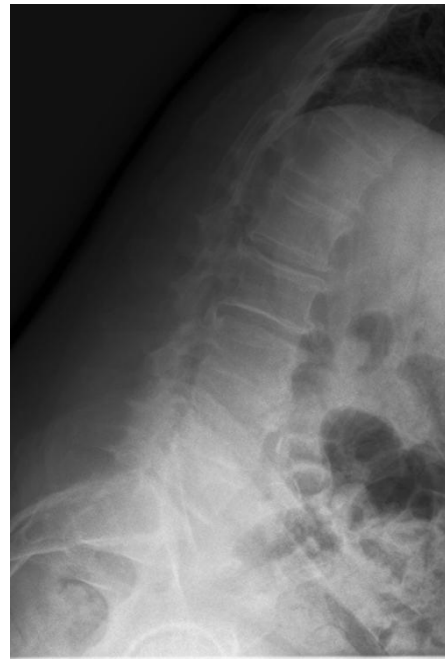
Snímkuje se vleže na stole z OK 100 a přes sekundární clonu. Používáme kazetu 20x40cm nebo 15x40cm uloženou na výšku. Pacient si lehne na záda do středu stolu a kazetu, vyšetřovanou stranu zvedne o 30° nad desku stolu a tu my podložíme fixačními klíny. Centrujeme na hřeben kosti kyčelní, kolmo do středu filmu a páteře. Pacientovi dáme povel nadechnout, vydechnout a nedýchat! Intervertebrální skloubení a otvory musí být maximálně přehledné. (6)

3.9.3.4 Funkční snímky

Technické parametry jsou shodné s bočnou a předozadní projekcí. Snímkuje se v bočné a předozadní projekci. V bočné projekci v maximálním předklonu a maximálním záklonu, v předozadní projekci v maximálním úklonu doleva a doprava. Na snímku musí být zachycen celý segment a přehledně zobrazeny meziobratlové prostory. (6)



Obrázek 22: Funkční snímek bederní páteře - záklon (9)



Obrázek 23: Funkční snímek bederní páteře – předklon (9)

3.9.3.5 LS přechod

Technické parametry jsou shodné s předozadní a bočnou projekcí. Pro větší přehlednost při předozadní projekci zvedneme pacientovi nohy a skloníme paprsek kraniálně 15-20°. Při bočné projekci použijeme tubus a centrujeme asi 5cm pod hřeben kosti kyčelní. (6)

3.9.4 Kost křížová

3.9.4.1 Předozadní projekce

Snímujeme na kazetu 24x30cm uloženou na výšku přes sekundární clonu z OK 100. Pacienta uložíme na záda do středu kazety a stolu. Centrujeme těsně nad symfýzu a centrální paprsek skláníme 25-30° kraniálně. Dáme povel nedýchat! Kost křížová by se měla promítnout na snímku nad symfýzu. (6)



Obrázek 24: Předozadní projekce na kost křížovou (9)

3.9.4.2 Bočná projekce

Snímek provádíme na kazetu o velikosti 18x24cm z OK 100. Pacienta uložíme na bok, zády k nám a on maximálně pokrčí dolní končetiny. Páteř musí být rovnoběžná s rovinou stolu, a centrujeme spíše dorzálně, asi tři prsty pod trn lopaty kosti kyčelní. (6)

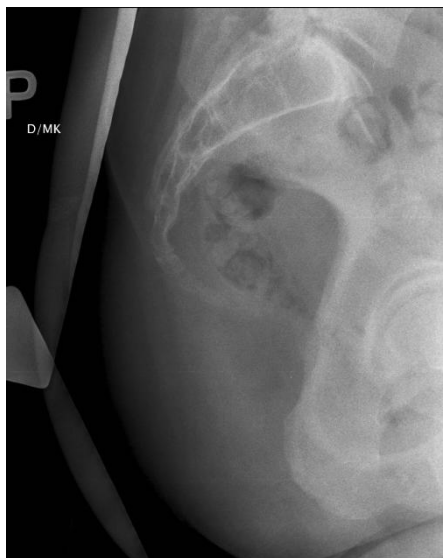
3.9.5 Kostrč

3.9.5.1 Předozadní projekce

Snímkuje se na kazetu velikosti 18x24cm na výšku z OK 100 přes sekundární clonu. Pacienta uložíme na záda, kostrčí na dolní polovinu kazety. Centrální paprsek skloníme asi 80° kaudálně a centrujeme asi 2 cm nad symfýzu. Pacientovi dáme povel nedýchat. Správně by se kostrč měla promítnout pod symfýzu. (6)

3.9.5.2 Bočná projekce

Snímkuje se na kazetu 18x24cm na výšku z OK 100 přes sekundární clonu. Pacienta uložíme na bok, do středu kazety. Centrujeme na horní okraj intergluteální rýhy. (6)



Obrázek 25: Bočná projekce na kostrč (9)

3.10 Rentgenové projekce na kost hrudní a žebra

3.10.1 Kost hrudní

3.10.1.1 Šikmá projekce

Užíváme kazetu o rozměru 24x30cm uloženou na výšku a snímkuje se přes sekundární clonu ze vzdálenosti OK 100. Pacienta položíme na břicho, hrudní kosti na kazetu a on zvedne jeden bok o 30°, přičemž se podpírá předloktím o stůl.

Centrujeme kolmo do středu sternu a kazety, dáme povel nehýbat se, nadechnout a nedýchat! Sternum nesmí být superponováno hrudní páteří. (6)

3.10.1.2 Bočná projekce

Používáme kazetu 24x30cm, uložíme ji na výšku a snímujeme přes sekundární clonu z vzdálenosti OK 100. Pacienta postavíme bokem k vertigrafu tak, aby byla hrudní kost ve středu kazety, mírně se předkloní, ruce sevře za zády a stlačí ramena dolů. Centrujeme na střed hrudní kosti a do středu kazety. Kost musí být zachycena v celém rozsahu a její přední a zadní lamely musí být znatelně rozděleny. (6) (8)



Obrázek 26: Bočná projekce na kost hrudní (9)

3.10.2 Žebra

Žebra by se měla snímkovat vždy zvlášť. Buď horní a dolní polovina v rozsahu 1. - 7. žebro a 8. - 12. žebro, přičemž se alespoň jedno žebro musí uprostřed překrývat, anebo snímujeme zvlášť levou a pravou stranu. Důležitá je také komunikace s pacientem. Postižená strana musí být vždy blíže ke kazetě. Podle toho volíme mezi zadopřední a předozadní projekcí. (6) (8)

3.10.2.1 *Předozaďní a zadopřední projekce*

Snímkujeľe na kazetu formátu 30x40cm z OK 100 přes sekundární clonu. Pacienta uložíľe na záďa nebo břicho, vyšetřovanou oblastí na kazetu. Pokud snímkujeľe horní polovinu žebereľ, uložíľe kazetu horním okrajem asi 3 prsty nad ramena. Centrujeme do středu snímkovéľe oblasti a do středu kazety. Pacientovi dáľe povel zhluboka nadechnout a nedýchat!

Pokud snímkujeľe dolní žebra, uložíľe pacienta vyšetřovanou oblastí na kazetu, CP skloníme 15° kraniálně a centrujeme na střed vyšetřované oblasti a do středu kazety. Pacientovi dáľe pokyn zhluboka nadechnout, vydechnout a nedýchat! Žebra musí být zřetelně zobrazena hlavně v místě léze nebo poraněňí, které by mělo být ve středu filmu. (6) (8)



Obrázek 27: Projekce na levou stranu žebereľ (9)

3.10.2.2 Šikmá projekce

Tato projekce se používá pro lepší zobrazení bočné části hrudníku, kde se může případný nález při zadopřední nebo předozaďní projekci sumovat. Použijeme kazetu 30x40cm, sekundární clonu a snímkujeľe z OK 100. Pacienta uložíľe snímkovanou polovinou hrudníku na střed stolu na kazetu a vytočíľe zdravou polovinu, kterou podložíľe. Úhel vytočení záleží na místě postižení. Ideální je, aby postižené místo naléhalo na kazetu. Centrujeme do středu postižené oblasti a do středu kazety. Opět platí, že pokud snímkujeľe horní žebra, snímkujeľe je v hlubokém nádechu, ale pokud snímkujeľe dolní žebra, musí být pacient v maximálním výdechu. Léze musí být zobrazena do středu filmu a hlavně spodní žebra dostatečně proexponována.

(6)

4 Výpočetní tomografie

4.1 Historie

Protože základem výpočetní tomografie (dále jen CT - z anglického Computed Tomography) je rentgenové záření, byly její základy položeny právě v roce 1895, kdy ho Wilhelm Conrad Röntgen vynalezl. Velkým nedostatkem rentgenového zobrazování je ale sumace jednotlivých orgánů. Prvním krokem k řešení tohoto problému byl postup z roku 1928 nazvaný rozmazaná nebo geometrická tomografie, při které se rentgenka a film pohybují navzájem proti sobě. Výsledkem je obraz, který je ostrý, ale jen v rovině řezu a ležící v bodě otáčení tomografické tyče. Ostatní řezy jsou pak rozmazané. Velkým přínosem do této oblasti bylo zavedení počítačů do lékařské diagnostiky. Koncem 60. let se dvěma na sobě nezávislým vědcům podařilo vyvinout počítačovou tomografii tak, jak ji známe dnes. Byli to Brit Godfrey Newbold Hounsfield a Allan McLeod Cormack. Roku 1972 byl sestrojen první počítačový tomograf a o pět let později oba obdrželi Nobelovu cenu. (9)

4.2 Stavba CT přístroje

Během vývoje vznikly 4 generace CT přístrojů. V první se užíval jen jeden svazek záření, který se kolimoval na jeden detektor. Užívání těchto přístrojů bylo zdlouhavé, protože po každém snímku se musela soustava rentgenka-detektor posunout o určitý úhel až do doby, než byla provedena celá projekce. Proto je nahradila generace druhá, která měla větší množství detektorů a tudíž i svazek záření se mohl rozšířit na částečně vějířový. Stále ale bylo nutné po každém snímku zvlášť pohybovat soustavou. Třetí generace už měla plně vějířovitý svazek, který pokryl celou vyšetřovanou oblast, a proto se musel přizpůsobit i tvar detektorů, které byly uspořádány do oblouku. Problémem ale bylo napojení rotující části na kabely elektrické sítě, kvůli kterým byl

počet otáček omezen. Proto byly vyvinuty přístroje spirální resp. helikální, kdy technologie slip-ring umožnila kontinuální rotaci systému rentgenka-detektory okolo pacienta. Energie je rotujícímu systému dodávána dotykem kolejniče na statoru, po které systém rotuje, a sběrných kartáčů na rotoru. Ve čtvrté generaci bylo zamýšleno, že detektory budou po celé dráze oběhu rentgenky umístěny na pevně, ale vzhledem k několika nevýhodám, jako finanční a konstrukční náročnost, které by nebyly přímo úměrné zlepšení zobrazovacích schopností, byl tento směr vývoje zavrhnut a dnešní CT přístroje vychází z generace třetí.

Dnešní CT přístroj se skládá z kruhového gantry, ve kterém obíhá rentgenka a soustava detektorů, snímající rentgenové záření prošlé pacientem, a z vyšetřovacího stolu, který je pohyblivý ve směru horizontálním i směru vertikálním tak, aby šel zasunout do gantry. Nezbytnou součástí je vybavení ovladovny, které tvoří ovládací konzole, ovládací a obrazový monitor a to vše je umístěno za olověným oknem tak, aby personál mohl sledovat pacienta v průběhu celého vyšetření. K tomuto účelu může být použit i monitorovací kamerový systém.

Podle typu posunu stolu rozlišujeme dva typy CT přístrojů. První z nich je s přerušovaným posunem, konvenční CT. To znamená, že po zobrazení jedné vrstvy se soustava rentgenky s detektory zastaví, dojde k posunu stolu a soustava se opět uvede do pohybu. Druhý typ je s kontinuálním posunem stolu, takzvané spirální CT, které se vyvinulo právě z třetí generace. Soustava rentgenky s detektory nepřetržitě rotuje a stůl se kontinuálně zasouvá do gantry nebo se z něj vysouvá ven, což působí dojmem, že se rentgenka pohybuje po spirále. Jeho výhodou je kratší doba vyšetření, zlepšení rozlišovací schopnosti, umožnění fázových vyšetření, odstranění pohybových a dechových artefaktů, umožnění nových druhů vyšetření ať už morfologických např. CT angiografie, CT kolonografie nebo i vyšetření funkčních, tj. CT perfúzní vyšetření mozku, či CT vyšetření srdce. (7) (10)

4.3 Princip

Stejně jako u klasického snímkování je rentgenové záření po průchodu pacientem zeslabeno. U CT vyšetření je toto zeslabení detekováno soustavou detektorů a pomocí výpočetní techniky převedeno na digitální obraz. Takto získáváme obrazy jednotlivých řezů vyšetřované oblasti, které se nám dle zeslabení svazku záření jeví jako černobílý obraz. Toto zobrazení ve stupních šedi nazýváme denzita, která se určuje v Hounsfieldových jednotkách (HU) a má základní stupnici od -1000 do +1000 HU. Jako hypodenzní označujeme na CT obrazech tmavé struktury, naopak hyperdenzní jsou struktury světlé. Nejnižších hodnot nabývá vzduch, 0 HU má voda a +1000HU má kostní dřev. Po získání řezů, které jsou většinou v transverzální rovině, lze z celé vyšetřované oblasti pomocí počítače a matematických algoritmů provést různé typy rekonstrukcí.

Vzhledem k tomu, že CT vyšetření užívá rentgenové záření, je pro něho relativní kontraindikací těhotenství. Absolutní kontraindikace však nejsou žádné. (7) (10)

4.4 Obecný postup vyšetření

Nejdříve se zhotoví snímek vyšetřované oblasti, takzvaný topogram nebo scout, na kterém se naplánuje další postup vyšetření. Při tomto skenu se rentgenka s detektory nepohybuje a pacient jen projede otvorem v gantry. Při samotném vyšetření si podle druhu obsluha zvolí buď konvenční, nebo spirální metodu a ze získaných řezů se poté provedou rekonstrukce vyšetřované oblasti v libovolných směrech a popřípadě i 3D rekonstrukce.

Pro vyšetření jednotlivých částí těla existují rozdílné protokoly, které obsahují všechny technické údaje, dále pracovní postupy pro jednotlivá vyšetření a pro jednotlivé přístroje, které se mohou lišit technickými parametry a tudíž možnostmi při jednotlivých vyšetřeních.

Při CT vyšetření se užívají i jodové kontrastní látky aplikované intravenózně nebo per os. Lépe se tak zobrazí cévy i patologické procesy. (7)

4.5 CT protokoly

Vyšetřovací protokoly jsou ve své podstatě návody na jednotlivá vyšetření. Nejsou pevně dané a každé pracoviště si je může upravit, záleží na vybavenosti a technických možnostech. Rozdíly ve vyšetřovacím postupu se samozřejmě liší i s indikacemi vyšetření.

| Nastavení | 4-8detektorové CT | 10-16detektorové CT | 32-64detektorové CT |
|-----------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| kV | 120 | 120 | 120 |
| Rotační čas (s) | 0,75 | 1 | 1 |
| mAs | 199-255 | 190-250 | 350 |
| Efektivní mAs | 300 | 290 | 410 |
| Tloušťka řezu | 2,5 | 1,5 | 0,6 |
| Pitch faktor | 0,65-0,85 | 0,65-0,85 | 0,85 |

Tabulka 1: CT protokol na nativní vyšetření mozku (10)

| Nastavení | 4-8detektorové CT | 10-16detektorové CT | 32-64detektorové CT |
|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| kV | 120 | 120 | 120 |
| Rotační čas (s) | <1 | <1 | <1 |
| mAs | 20-200 | 20-200 | 20-200 |
| Efektivní mAs | 20-220 | 20-200 | 20-200 |
| Kolimace (mm) | 1-1,25 | 0,75-1 | 0,6-0,75 |
| Pitch faktor | 0,9 | 0,6-1 | 0,6-1 |
| Rekonstrukční přírůstek (mm) | 0,6 | 0,5 | 0,5 |
| Tloušťka řezu (mm) | 1-1,25 | 0,75-1 | 0,6-0,75 |
| Rekonstrukce | Multiplanární, 3D, na měkké tkáni | Multiplanární, 3D, na měkké tkáni | Multiplanární, 3D, na měkké tkáni |
| Skenovací rozsah | Frontální dutina - mandibula | Frontální dutina - mandibula | Frontální dutina - mandibula |
| Směr skenování | Kraniokaudální | Kraniokaudální | Kraniokaudální |

Tabulka 2: CT protokol na vyšetření paranasálních dutin a obličejového skeletu (10)

| Nastavení | 4-8detektorové CT | 10-16detektorové CT | 32-64detektorové CT |
|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| kV | 120 | 120 | 120 |
| Rotační čas (s) | <1 | <1 | <1 |
| mAs | 120-270 | 120-360 | 120-360 |
| Efektivní mAs | 150-300 | 150-300 | 150-300 |
| Kolimace (mm) | 1-1,5 | 0,625-1 | 0,6-1 |
| Pitch faktor | 0,8-0,9 | 0,8-1,2 | 0,8-1,2 |
| Rekonstrukční přírůstek (mm) | 2 pro rekonstrukci 0,6 | 2 pro rekonstrukci 0,5 | 2 pro rekonstrukci 0,4 |
| Tloušťka řezu (mm) | 2-3 pro rekonstrukci 0,6 | 2-3 pro rekonstrukci 0,75-1 | 2-3 pro rekonstrukci 0,6-0,75 |

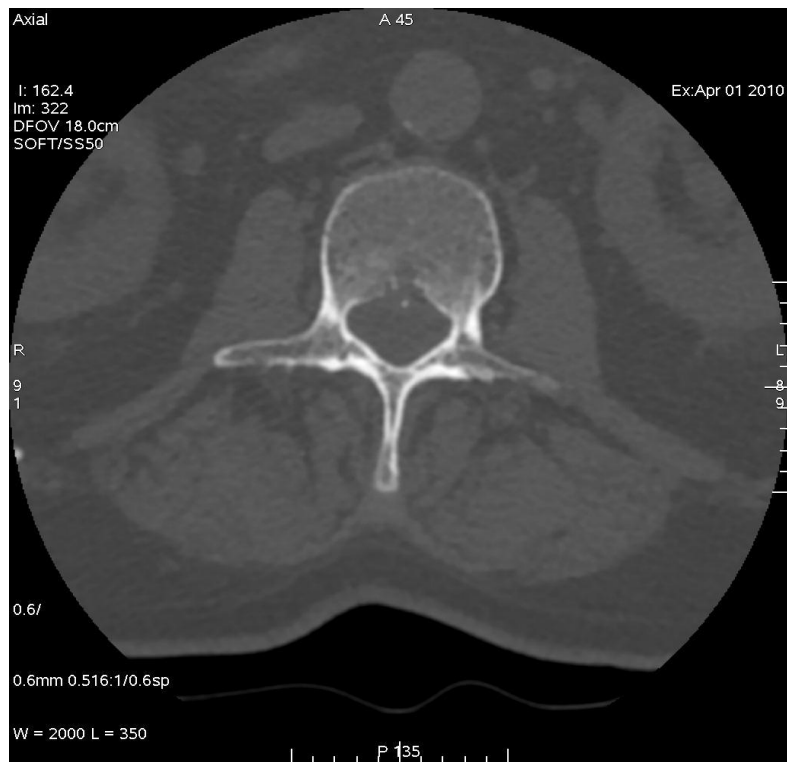
Tabulka 3: CT protokol na vyšetření krční páteře (10)

| Nastavení | 4-8detektorové CT | 10-16detektorové CT | 32-64detektorové CT |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| kV | 120 | 120 | 120 |
| Rotační čas (s) | <1 | <1 | <1 |
| mAs | 150-360 | 150-480 | 225-480 |
| Efektivní mAs | 250-400 | 250-400 | 250-400 |
| Kolimace (mm) | 1-2 | 0,625-1,5 | 0,6-1,2 |
| Pitch faktor | 0,6-1,5 | 0,6-1,5 | 0,9-1,5 |
| Rekonstrukční přírůstek (mm) | 2-3 Pro rekonstrukci 0,7 | 2-3 Pro rekonstrukci 0,6 | 2-3 Pro rekonstrukci 0,5 |
| Tloušťka řezu (mm) | 2 Pro rekonstrukci 1 | 2 Pro rekonstrukci 0,75 | 2 Pro rekonstrukci 0,6 |

Tabulka 4: CT protokol na vyšetření hrudní a bederní páteře (10)

4.6 Rekonstrukce

V rámci postprocesingu je možné ze sekvencí získaných při základním CT vyšetření vytvořit další rekonstrukce vyšetřované oblasti. Základem jsou 2D rekonstrukce v odlišné ose od zdrojových řezů, které mohou mít u multidetektorových přístrojů stejnou rozlišovací schopnost jako řezy v axiální rovině. Přehlednější jsou ale 3D rekonstrukce. MIP (Maximum Intensity Projection) je prostorová rekonstrukce připomínající rentgenový snímek, protože jsou zde zvýrazněna hyperdenzní ložiska, což jsou struktury s maximální denzitou, a VRT (Volume Rendering Technique) vytváří prostorový model objektu, kdy je jednotlivým hodnotám denzity přiřazen určitý barevný odstín a vzniká tak téměř dokonalý model zobrazované oblasti. (11)



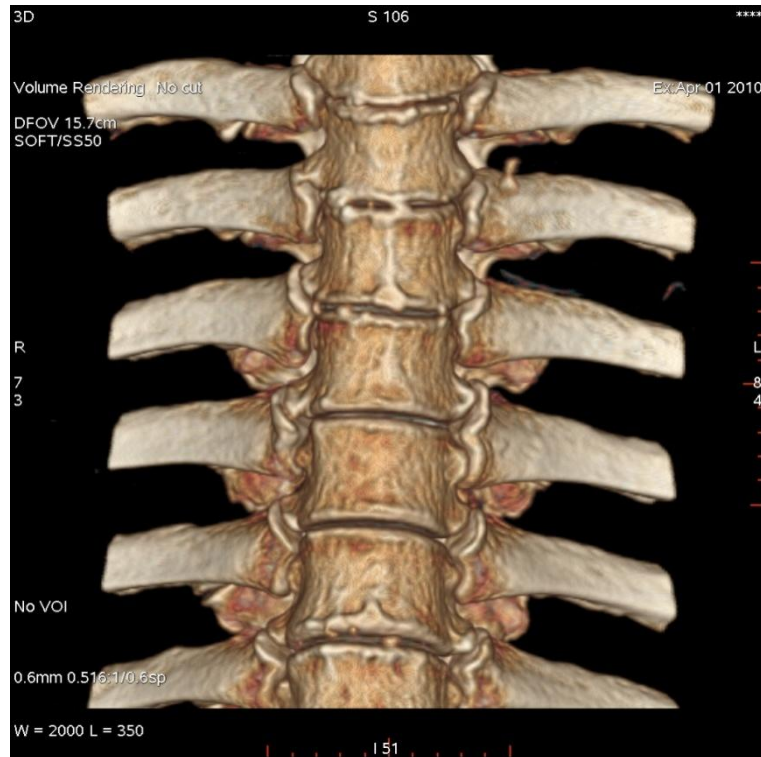
Obrázek 28: Axiální řez (12)



Obrázek 29: Planární rekonstrukce v sagitální rovině (12)



Obrázek 30: MIP rekonstrukce (12)



Obrázek 31: VRT rekonstrukce (12)

5 Magnetická rezonance

5.1 Historie

Vyšetřování pomocí magnetické rezonance (dále jen MR) bylo poprvé uvedeno do lékařské diagnostiky v sedmdesátých letech minulého století a od té doby prošlo obrovským vývojem. Stalo se nepostradatelnou součástí dnešní medicíny, i když ve srovnání s ostatními diagnostickými metodami je stále nejnákladnější, což je jistou nevýhodou. (13)

5.2 Stavba přístroje pro MR

Základními částmi přístroje pro magnetickou rezonanci jsou homogenní stacionární magnet, gradientní cívky s elektronickými zdroji, vysokofrekvenční vysílač s vysílací cívkou, vysokofrekvenční přijímač s přijímací cívkou, počítačový systém, vysokofrekvenční a magnetické stínění, vyšetřovací stůl a další doplňky jako například EKG nebo monitoring dechu. Podle konstrukce dělíme magnety na rezistivní, permanentní a supravodivé a podle síly magnetického pole na velmi nízké (do 0,2T - Tesla), nízké (do 0,3T), střední (0,5 - 1T) a vyšší (1 - 4T). Nejpoužívanějším typem je v dnešní době 1,5T.

Přijímací a vysílací cívky mohou být integrovány společně v jedné a jsou buď zabudované v gantry přístroje a obkružují celého pacienta, nebo jsou povrchové, které se přikládají jen k vyšetřovaným částem těla, jako například hlavová, na krční páteř, na břicho nebo na hrudník. Je možné také použít endorektální nebo prsní cívku. (13) (14)

5.3 Princip

Vložíme-li soubor atomů s lichým protonovým číslem do silného statického magnetického pole a dodáme jim energii pomocí radiofrekvenčního pulzu, dojde ke změně magnetického momentu tohoto souboru. Principem magnetické rezonance je zjišťování právě těchto změn a to u atomů vodíku, neboť lidské tělo je tvořeno převážně vodou, proto je tento prvek nejvhodnější. Každé atomové jádro rotuje kolem své osy, tento proces se nazývá spin, a tím vzniká kolem jader s lichým protonovým číslem magnetický moment. Pokud tedy vložíme pacienta do silného magnetického pole, uspořádají se spiny do jednoho směru a vznikne podélná magnetizace. Poté aplikujeme radiofrekvenční pulz, čímž se změní magnetizace na příčnou, změní se i magnetický moment a tato změna je zaznamenávána. Po přerušení pulzu se postupně vše vrací do původního stavu. Čas, za který k tomu dojde, se nazývá relaxační a podle typu vyšetření se volí, zda bude zaznamenán první relaxační čas T1 nebo druhý T2. Dalšími sekvencemi, které můžeme využít, je například sekvence s potlačením vody nebo tuku.

Při zobrazování magnetickou rezonancí se výsledné sekvence zobrazují ve stupních šedi a při jejich popisu mluvíme o signalitě, neboli intenzitě signálu. Hypersignální neboli hyperintenzivní struktury se na sekvenci zobrazují jako světlé, hyposignální neboli hypointenzivní jako tmavé a jako izosignální nebo izointenzivní označujeme struktury se stejnou intenzitou. Tyto termíny se vždy vztahují k signalitě jednotlivých struktur za fyziologických podmínek. Je také nutné uvědomit si, že tytéž struktury mají jinou signalitu na T1 a na T2, popřípadě dalších sekvencích. Příkladem je například tekutina, která se na T1 vážené sekvenci zobrazí jako hypointenzivní, kdežto na T2 vážené sekvenci ji uvidíme jako hyperintenzivní. (7) (13) (14)

Při vyšetření magnetickou rezonancí je také možno použít kontrastní látky. Buď na bázi paramagnetického gadolinia, které je ovšem toxické, a proto se používají jeho cheláty. (14)

5.4 Vyšetření pomocí MR

Vzhledem k tomu, že je MR zobrazování vhodnější spíše pro měkké tkáně, má ve vyšetření osového skeletu spíše specifické uplatnění. Užívá se hlavně k zobrazení skeletu při mnohočetném myelomu a dále k zobrazení páteře a páteřního kanálu, k vyšetření muskuloskeletálního systému, a to především kloubů a onemocnění svalů. (14)

5.4.1 Kontraindikace

Absolutní kontraindikací je přítomnost ferromagnetických materiálů v těle pacienta. Mohou to být například implantáty s elektronickým zařízením jako kardiostimulátory, kochleární implantáty anebo inzulinové pumpy, anebo jen obyčejné implantáty, například části umělých chlopní, svorky, kloubní náhrady a další. Relativní kontraindikací pro vyšetření magnetickou rezonancí je klaustrofobie, kovová cizí tělesa nebo první trimestr těhotenství. V tomto období se vyšetření nedoporučuje a to i přes to, že nebyly prokázány jakékoliv vedlejší účinky na lidský plod. Podání kontrastní látky se ovšem zásadně nedoporučuje nejen během celého těhotenství, ale také po dobu laktace, protože se kontrastní látky kumulují v mateřském mléce a plodové vodě. (7) (13) (14)

5.4.2 Vyšetřovací protokoly

Vyšetřovací protokol je soubor sekvencí, které by se měly zhotovit u určitých typů vyšetření. Je to ovšem jen doporučení, vždy záleží na diagnóze, vyšetřované oblasti a možnostech přístroje.

5.4.3 Vyšetření páteře a páteřního kanálu

Na MR se páteř a mícha zobrazují ve dvou rovinách v celé své délce a jsou tak získány informace nejen o skeletu, ale i o obsahu páteřního kanálu. Jediné, co může zabránit hodnotnému zobrazení, je nadměrná skolióza u pacienta. Hlavními indikacemi pro toto vyšetření jsou onemocnění míchy a patologie v páteřním kanálu, některé úrazy páteře, její záněty, nádory kostní dřevě a řada dalších zánětlivých a degenerativních onemocnění. Při zobrazení kostní dřevě a onemocnění páteřního kanálu má MR jednoznačně přednost před CT. (14)

Základní vyšetření se provádí v sagitální rovině a na něj navazují rekonstrukce podle diagnózy a na žádost lékaře. Při vyšetření kostní dřevě a míchy se většinou se po T1 a T2 vážených obrazech zhotovují i STIR sekvence. (14)

5.5 Srovnání CT a MR

Všeobecně má MR větší citlivost při zobrazování měkkých tkání a je zde možnost zobrazení v jakékoliv rovině. Největší výhodou je ale samozřejmě fakt, že MR nepracuje s ionizujícím zářením, čímž odpadá radiační zátěž nejen pro pacienta, ale i pro obsluhu přístroje. (14)

6 Závěr

Mým cílem při vypracování této bakalářské práce bylo položit základ pro vytvoření učebního materiálu, který by sloužil pro obor radiologický asistent. Snažila jsem se zde ve stručnosti, ale komplexně shrnout radiodiagnostické metody ve vyšetřování osového skeletu a to skiografii, výpočetní tomografii a magnetickou rezonanci. Vzhledem k omezenému rozsahu této práce je ale samozřejmé, že výsledek není dokonalý a je třeba na něm pracovat. V budoucnosti bych ráda více rozvedla nejen anatomii, ale i detailněji rozebrala principy a přístrojová vybavení jednotlivých vyšetřovacích metod a doplnila další, méně užívané, rentgenové projekce. K jednotlivým rentgenovým projekcím by také bylo vhodné doložit nákresy, které by doplnily popsané pracovní postupy.

Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obrázek 1: Obecná stavba dlouhé kosti (1) | 10 |
| Obrázek 2: Osový skelet (1) | 11 |
| Obrázek 3: Splanchocranium (1)..... | 12 |
| Obrázek 4: Obecná stavba obratle (4) | 14 |
| Obrázek 5: Stavba hrudního koše (1)..... | 15 |
| Obrázek 6: Zadopřední projekce lebky (9)..... | 22 |
| Obrázek 7: Bočná projekce lebky (9) | 24 |
| Obrázek 12: Projekce na orbity (9) | 24 |
| Obrázek 11: Zadopřední projekce na vedlejší dutiny nosní dle Waterse (9) | 25 |
| Obrázek 13: Bočná projekce na nosní kůstky (9) | 26 |
| Obrázek 8: Projekce na kost spánkovou dle Schülera (9) | 27 |
| Obrázek 9: Projekce na kost spánkovou dle Stenverse (9) | 27 |
| Obrázek 10: Projekce na turecké sedlo (9) | 28 |
| Obrázek 14: Předozadní projekce na krční páteř (9)..... | 29 |
| Obrázek 15: Bočná projekce na krční páteř (9)..... | 30 |
| Obrázek 16: Projekce na dens axis (C-C přechod) (9)..... | 31 |
| Obrázek 17: Th páteř v předozadní projekci (9)..... | 33 |
| Obrázek 18: Th páteř v bočné projekci (9) | 34 |
| Obrázek 19: Předozadní projekce Th - L přechodu (9) | 35 |
| Obrázek 20: Předozadní projekce bederní páteře (9) | 36 |
| Obrázek 21: Bočná projekce bederní páteře (9) | 37 |
| Obrázek 22: Funkční snímek bederní páteře - záklon (9) | 38 |
| Obrázek 23: Funkční snímek bederní páteře – předklon (9) | 38 |
| Obrázek 24: Předozadní projekce na kost křížovou (9) | 39 |
| Obrázek 25: Bočná projekce na kostrč (9) | 40 |
| Obrázek 26: Bočná projekce na kost hrudní (9)..... | 41 |
| Obrázek 27: Projekce na levou stranu žebere (9) | 42 |
| Obrázek 28: Axiální řez (11)..... | 51 |
| Obrázek 29: Planární rekonstrukce v sagitální rovině (11) | 51 |
| Obrázek 30: MIP rekonstrukce (11) | 52 |
| Obrázek 31: VRT rekonstrukce (11) | 52 |

Seznam tabulek

| | |
|--|-----------|
| Tabulka 1: CT protokol na nativní vyšetření mozku (10) | 47 |
| Tabulka 2: CT protokol na vyšetření paranasálních dutin a obličejového skeletu (10) | 48 |
| Tabulka 3: CT protokol na vyšetření krční páteře (10) | 49 |
| Tabulka 4: CT protokol na vyšetření hrudní a bederní páteře (10) | 50 |

Citovaná literatura a zdroje

1. **Marieb, Elanie N. a Mallatt, Jon.** *Anatomie lidského těla.* CP Books : Brno, 2005. ISBN 80-251-0066-9.
2. **Čihák, Radomír.** *Anatomie 1.* Praha : Grada Publishing, 2006. ISBN 80-7169-970-5.
3. **Naňka, Ondřej a Elišková, Miloslava.** *Přehled anatomie.* Praha : Galén, 2009. ISBN 978-80-7262-612-0.
4. Skolio.cz. [Online] Atrix.cz, 2006. [Citace: 12. Duben 2010.] http://www.skolio.cz/obr/ilu_34.jpg.
5. **Nekula, Josef a Jana, Chmelová.** *Vybrané kapitoly z konvenční radiologie.* Ostrava : Ostravská univerzita v Ostravě, Zdravotně sociální fakulta, 2005. ISBN 80-7368-057-2.
6. **Svoboda.** *Základy techniky vyšetřování rentgenem.* Praha : AVICENUM, 1973. ISBN 08-048-73.
7. **Nekula, Josef, a další.** *Radiologie.* Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2005. ISBN 80-244-1011-7.
8. **Ort, Jaroslav a Strnad, Sláva.** *RADIODIAGNOSTIKA II.část - Radiodiagnostika kostí - projekční část.* Brno : Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1997. ISBN 80-7013-240-X.
9. Fakultní nemocnice Olomouc - Radiodiagnostická klinika - archiv. 2010.
10. **A., Bruening, A., Kuettner a Th., Flohr.** *Protocols for multislice CT.* Berlin : Springer, 2006. ISBN 3-540-27271-2.
11. **Ferda, Jiří, a další.** *CT trávící trubice.* Praha : Galén, 2006. ISBN 80-7262-436-9.
12. Vojenská nemocnice Olomouc - Radiologické oddělení - archiv. 2010.
13. **Zuna, Ivan a Poušek, Lubomír.** *Úvod do zobrazovacích metod v lékařské diagnostice.* Praha : Vydavatelství ČVUT, 2000. ISBN 80-01-02152-1.

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

15. Wikipedie. [Online] [Citace: 12. Duben 2010.]
http://cs.wikipedia.org/wiki/V%C3%BDpo%C4%8Detn%C3%AD_tomografie.