

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ  
Studijní program: Specializace ve zdravotnictví B 5345

**Jan Svatek**

Studijní obor: Radiologický asistent 5345R010

**RADIODIAGNOSTICKÉ ZOBRAZENÍ SKALNÍ KOSTI  
S VYUŽITÍM IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ**

**Bakalářská práce**

Vedoucí práce: Mgr. Alexandra Sadílková

Plzeň 2014

**Prohlášení:**

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

V Plzni, dne 14.03.2014

---

Vlastnoruční podpis

### **Poděkování:**

Rád bych tímto poděkoval Mgr. Alexandře Sadílkové za vedení práce, inspiraci a poskytování cenných rad. Mé díky patří dále Mgr. Jindřišce Adámkové Dis. za pomoc při hledání některých zdrojů a PhDr. Aleně Pistulkové za cenné rady při formulaci cílů práce, formální úpravě a tvorbě prezentace k obhajobě práce. Nakonec bych chtěl poděkovat všem radiologickým asistentům a lékařům, kteří se účastnili mého výzkumu, za jejich ochotu, čas a informace.

## **Anotace**

*Příjmení a jméno:* Svatek Jan  
*Katedra:* Záchranářství a technických oborů  
*Název práce:* Radiodiagnostické zobrazení skalní kosti s využitím ionizujícího záření  
*Vedoucí práce:* Mgr. Alexandra Sadílková  
*Počet stran:* 53 číslovaných, 10 nečíslovaných  
*Počet příloh:* 0  
*Počet titulů použité literatury:* 16  
*Klíčová slova:* skalní kost, rentgen, výpočetní tomografie, radiační zátěž, zánět středouší, cholesteatom

## **Souhrn:**

Bakalářská práce, jejímž tématem je radiodiagnostické zobrazení skalní kosti za použití ionizujícího záření, sestává z části praktické a teoretické. V praktické části popíšu anatomické a topografické poměry dané oblasti, následuje rozdělení patologických stavů - zejména těch, u kterých je radiologické vyšetření běžně indikováno, dále nastíním princip vzniku obrazu při klasické skiografii a počítačovou tomografií a představím vybrané skiografické projekce na skalní kost. V praktické části se budu zabývat využíváním rentgenových projekcí v současnosti a vztahem radiologických pracovníků a popisujících lékařů ke klasické rentgenové diagnostice skalní kosti.

## **Anotation**

*Surname and name:* Svatek Jan

*Department:* Department of paramedical rescue work and technical studies

*Title of thesis:* Radiodiagnostic imaging of petrous bone using ionizing radiation

*Consultant:* Mgr. Alexandra Sadílková

*Number of pages:* 53 numbered, 10 not numbered

*Number of appendices:* 0

*Number of literature items used:* 16

*Key words:* petrous bone, rentgen, computed tomography, radiational load, middle ear inflammation, cholesteatoma

## **Summary:**

Bachelor thesis, which topic is radiodiagnostical view of petrous bone using ionizing radiation, consists of practical and theoretical part. In the practical part I will describe the anatomical and topographical conditions of the area, followed by the distribution of pathological conditions - especially those, where radiological examination is ordinarily used, further outline the principles of the classical radiography imaging and computed tomography, and introduce the selected radiographic projections of petrous bone. In the practical part I will cover the use of currently used X-ray projections and the relation of radiological assistants and doctors to describing the classical sciagraphic images of petrous bone.

# OBSAH

ÚVOD . . . . .	11
TEORETICKÁ ČÁST . . . . .	13
1 Anatomie . . . . .	13
1.1 Lebka jako celek . . . . .	13
1.1.1 Vznik a vývoj kostí . . . . .	13
1.1.2 Anatomické rozdělení lebky . . . . .	14
1.2 Kost skalní . . . . .	15
1.2.1 Uložení kosti skalní . . . . .	15
1.2.2 Anatomicko-topografický popis kosti skalní . . . . .	15
1.3 Ucho . . . . .	16
1.3.1 Zevní ucho . . . . .	17
1.3.2 Střední ucho . . . . .	17
1.3.3 Vnitřní ucho . . . . .	17
2 Patologické stavy oblasti kosti skalní . . . . .	19
2.1 Vývojové vady ucha . . . . .	19
2.1.1 Vývojové anomálie zevního zvukovodu . . . . .	19
2.1.2 Vývojové anomálie středouší . . . . .	20
2.1.3 Vývojové anomálie vnitřního ucha . . . . .	21
2.1.4 Vývojové cévní anomálie spánkové kosti . . . . .	22
2.2 Záněty a zánětlivé komplikace ucha . . . . .	22
2.2.1 Záněty zevního zvukovodu . . . . .	22
2.2.2 Záněty středního ucha, mastoiditida . . . . .	23
2.2.3 Záněty vnitřního ucha . . . . .	25
2.3 Nádory a pseudotumorózní léze ucha . . . . .	25
2.3.1 Nádory a pseudonádorové léze zevního ucha . . . . .	25
2.3.2 Nádory a pseudonádorové léze středního a vnitřního ucha . . . . .	26
2.4 Kostní nemoci . . . . .	27
2.4.1 Destruktivní a erozivní procesy spánkové kosti . . . . .	27
2.4.2 Otokleróza . . . . .	27
2.5 Traumata . . . . .	27
2.5.1 Traumata zevního a středního ucha . . . . .	27
2.5.2 Fraktury spánkové kosti . . . . .	28

3	Skiografie . . . . .	29
3.1	Záření. . . . .	29
3.1.1	Ionizující záření. . . . .	29
3.1.2	Vlastní rentgenové záření . . . . .	31
3.2	Rentgenová lampa . . . . .	31
3.2.1	Konstrukce a princip fungování . . . . .	31
3.2.2	Tvorba zářen. . . . .	32
3.3	Vznik RTG obrazu. . . . .	33
3.3.1	Sekundární clony. . . . .	33
3.3.2	Detekce záření; tvorba digitálního obrazu. . . . .	33
3.4	Zobrazení kosti skalní . . . . .	34
3.4.1	Schüllerova projekce . . . . .	35
3.4.2	Stenversova projekce. . . . .	36
3.4.3	Mayerova projekce. . . . .	36
3.4.4	Towneova projekce . . . . .	37
3.4.5	Arcelinova projekce . . . . .	37
4	Počítačová tomografie. . . . .	38
4.1	Konstrukce CT. . . . .	38
4.1.1	Výpočetní tomograf 3. generace. . . . .	38
4.1.2	Multidetektorové a dual-source tomografy. . . . .	39
4.1.3	Tomografie s vysokým rozlišením. . . . .	39
4.2	Vznik obrazu a jeho rekonstrukce. . . . .	40
4.2.1	Multiplanární rekonstrukce. . . . .	41
4.2.2	Trojrozměrné rekonstrukce . . . . .	41
4.3	Vyšetření skalních kostí na CT. . . . .	42
5	Kritéria kvality a radiační hygiena . . . . .	43
5.1	Princip odůvodnění vyšetření . . . . .	43
5.2	Optimalizace ochrany . . . . .	43
5.3	Princip fyzické bezpečnosti zdrojů IZ . . . . .	44
5.4	Radiační ochrana . . . . .	44
5.4.1	Radiační ochrana radiologických asistentů . . . . .	44
5.4.2	Radiační ochrana pacientů . . . . .	45
5.5	Radiační zátěž při RTG a CT vyšetření. . . . .	45

PRAKTICKÁ ČÁST .....	46
6 Cíle.....	46
7 Hypotézy.....	46
8 Metodologie výzkumu .....	47
8.1 Kvalitativní sběr dat.....	47
8.2 Kvantitativní sběr dat.....	48
9 Získaná data.....	50
10 Diskuze .....	56
ZÁVĚR.....	63



# ÚVOD

Pro svoji bakalářskou práci jsem si vybral téma zobrazení skalní kosti metodami využívajícími ionizující záření. Jedná se tedy o metody využívající klasický rentgen nebo počítačový tomograf, u kterého je zdrojem ionizujícího záření rovněž rentgenka, popř. více rentgenek.

Zobrazování kosti skalní za pomoci rentgenu je klasická metoda, která je již dnes na ústupu. Byla vymyšlena celá řada projekcí, z nichž se postupem času přestala většina používat, a dnes se můžeme prakticky setkat jen s některými. Provedení opuštěných projekcí je v novodobé literatuře nedohledatelné.

Další možností radiodiagnostického vyšetření oblasti kosti skalní je zobrazení za pomoci CT. Tato metoda sice přináší např. lepší tkáňový kontrast či možnost 3D rekonstrukcí, na druhou stranu představuje zvýšenou radiační zátěž pro pacienta a nabízí se otázka, zda je v některých případech podstoupení CT vyšetření pro určení správné diagnózy opravdu nezbytné, když by správně provedené skiografické vyšetření mělo ve vybraných případech srovnatelnou diagnostickou hodnotu a zároveň by bylo šetrnější ke zdraví pacienta a v neposlední řadě i ekonomicky výhodnější.

Nabízí se také možnost vyšetření za pomoci magnetické rezonance. Toto vyšetření nabízí vynikající zobrazení měkkotkáňových struktur, je však drahé, časově náročnější a je dostupné v méně nemocničních zařízeních.

Magnetickou rezonancí se tato práce nebude zabývat, protože se nejedná o metodu, která by byla běžně nahraditelná rentgenovým vyšetřením, a zejména proto, že u MRI nebyly doposud prokázány žádné stochastické účinky. Práce se kromě skiografie soustředí na počítačovou tomografii, jejíž rozšíření v diagnostických pracovištích koreluje s opouštěním od klasického rentgenového zobrazování.

Byl bych rád, kdyby se čtenáři této práce zamysleli, zda jsou snahy o paušální nahrazení RTG zobrazení oblasti kosti skalní namísto a zda jsou přednosti skiografického zobrazení stále dostatečně brány v úvahu.

Zobrazení skalní kosti patří v radiodiagnostice k jednomu z vyšetření, které si kromě dobrého vzdělání a šikovnosti radiologického asistenta vyžaduje

zároveň značnou míru přesnosti, trpělivosti a především dostatek zkušeností. Obtížnost skiagrafického pořízení diagnosticky hodnotného snímku spočívá především v nitrolebním uložení pyramidy. Projekce byly koncipovány tak, aby byla ve výsledných snímcích minimalizována sumace s nevyšetřovanými strukturami, aby výtěžnost vyšetření byla co možná nejvyšší a aby byl pacient schopen v určené pozici po dobu expozice setrvat bez pohybu.

V praktické části se budu zabývat, jaký je vztah radiologických asistentů a vybraných lékařů (specialistů v oboru radiologie či ORL) k RTG zobrazení a jak se staví ke druhému zkoumanému způsobu zobrazení - CT.

Hlavními cíly práce je zjistit, co je konkrétní příčinou ústupu skiagrafického vyšetření oblasti kosti skalní, dalším cílem je pak zjištění úrovně znalostí a zkušeností radiologických asistentů v oblasti RTG zobrazování kosti skalní, posledním - doplňujícím - cílem práce je poukázat na názory vybraných lékařů ohledně skiagrafického zobrazení oblasti kosti skalní.

K cílům mám tyto hypotézy:

1. Rentgenové zobrazení skalní kosti je jinými zobrazovacími metodami nahrazováno pro nedostatečný diagnostický přínos a dále se bude využívat jako kontrolní metoda.
2. Radiologičtí asistenti mají pro RTG zobrazování kosti skalní dobrý teoretický základ, ale nemají se zobrazováním této oblasti dostatek zkušeností.
3. Lékaři se s radiologickými asistenty shodují na přednostech a nedostatcích obou vyšetřovacích modalit.

Výsledky šetření a potvrzení či vyvrácení hypotéz budou předmětem diskuze v závěru praktické části této práce.

# TEORETICKÁ ČÁST

## 1 ANATOMIE

Znalost anatomických poměrů lidského těla je pro práci radiologického asistenta klíčová. V případě mnoha projekcí se pracovník orientuje podle konkrétních viditelných či palpovatelných kostních struktur, eventuelně podle imaginárních linií a rovin, které určitými strukturami procházejí a které často splňují některé další podmínky (např. kolmost na centrální paprsek svazku). Bez dobrých anatomických znalostí by práce radiologického asistenta nebyla možná.

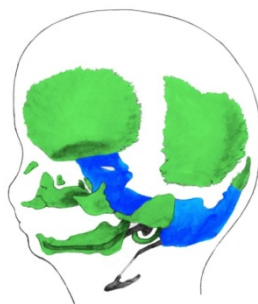
Anatomicko-topografické uspořádání spolu s vývojovými hledisky lebky a skalní kosti jsou v této kapitole probrány mírně nad rámec potřeb radiologických asistentů, nicméně hlubší znalost vzniku a uložení nejen kostí, ale i různých měkkotkáňových struktur, je výhodná pro lepší pochopení vzniku a šíření různých patologických stavů, kterým se bude věnovat.

### 1.1 Lebka jako celek

#### 1.1.1 Vznik a vývoj kostí

Z fylogenetického hlediska rozlišujeme dva různé způsoby vzniku kostí, podmiňující jejich funkci. Prvním mechanismem vzniku kosti je osifikace z podkožní vazivové tkáně neboli desmogenní osifikace. Takto se původně chrupavčité pouzdro mozku - neurokranium přeměnilo na kosti krycí. Druhým mechanismem je osifikace chondrogenní, tedy vznik kosti z chrupavčité tkáně. Typy osifikace různých kostí jsou znázorněny na obrázku č. 01.<sup>(1)</sup>

**Obr. č. 01 - Schéma typů osifikace** (Čihák, 2001)



#### Legenda:

modře - enchondrální kosti

zeleně - endesmální kosti

šedě - kostní základy ze žaberních oblouků

Na vývoji lebky se podílely také žaberní oblouky, jejichž původní funkce byla opora dýchacích orgánů ryb. Zprvu byly chrupavčité, postupně začalo docházet k jejich (chondrogenní) osifikaci a tyto kosti daly základ původnímu splanchnokraniu, což je kostěný soubor obklopující a chránící začátek trávicí trubice.<sup>(1)</sup>

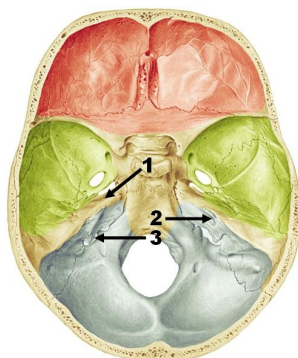
Žaberní oblouky se během embryonálního vývoje začínají formovat ve čtvrtém týdnu. Z prvního oblouku se vyvine spodní čelist, druhý oblouk je základem jazyky a z dalších oblouků se vyvine štítná a prstenčitá chrupavka. První dva oblouky se pak také podílejí na vzniku sluchových kůstek a boltce. Mezi nimi se zároveň uzavře první žaberní štěrbinu. Z ní se utvoří středouší, sluchová trubice a zevní zvukovod.<sup>(2)</sup>

### 1.1.2 Anatomické rozdělení lebky

V základu dělíme lebku na část mozkovou a obličejovou. Mozková část tvoří kalva a lební spodina (především její zadní dvě třetiny), obličejová část pak sestává z kostí, které spoluvytvářejí očníce, kostěnou dutinu nosní a přilehlé plochy, jako například spánkové jámy. Tato část lebky však není vzhledem k tématu práce podstatná.<sup>(1)</sup>

Dno lebeční dutiny představuje lební spodina neboli baze. Tu tvoří srostlé části různých lebečních kostí a dle směru pohledu ji rozlišujeme na bazi vnější a vnitřní. Vnitřní baze je dobře patrná po snesení kalvy, odstranění mozku a tentoria cerebelli - horizontální řasy tvrdé pleny. Dle anatomických struktur lze vnitřní plochu spodiny rozdělit na tři etáže, které nazýváme přední, střední a zadní jáma lební (obr. č. 02).<sup>(1)</sup>

**Obr. č. 02 – vnitřní baze lební** [online]



Legenda:

červeně – přední jáma lební

zeleně – střední jáma lební

modře – zadní jáma lební

1 – výstup for. caroticum

2 – vnitřní zvukovod (meatus acusticus internus)

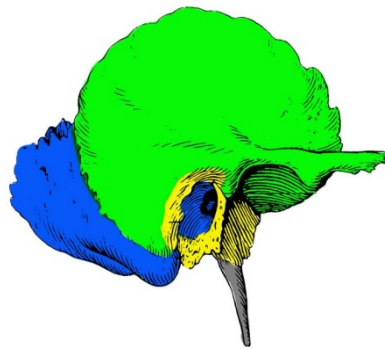
3 – foramen jugulare

## 1.2 Kost skalní

### 1.2.1 Uložení kosti skalní

Kost skalní se nachází bilaterálně na rozhraní střední a zadní jámy lební. Má tvar čtyřstěnné pyramidy, která je svojí podélnou osou orientována ventromediálním směrem. Lze ji chápat jako samostatnou kost, nebo jako část kosti spánkové. Druhá možnost je výhodnější, protože zohledňuje fakt, že se skalní kost na skladbě kosti spánkové podílí. Zbylé části spánkové kosti představuje squama temporalis - temporální šupina a dále os tympanicum - kost bubínková, která vytváří kostěný zvukovod a podílí se na tvorbě středoušní dutiny. Rozmístění dílčích kostí znázorňuje obrázek č. 03.<sup>(1)</sup>

**Obr. č. 03 - Skladba kosti spánkové** (Feneis, 1996)



**Legenda:**

- modře - kost skalní a proc. mast.
- zeleně - pars squamosa
- žlutě - kost bubínková
- šedě - processus styloideus

### 1.2.2 Anatomicko-topografický popis kosti skalní

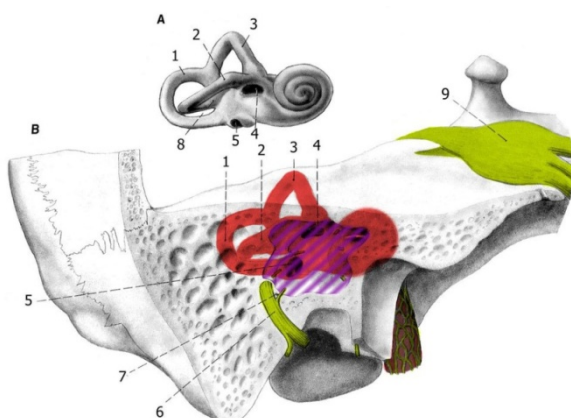
Jak již bylo zmíněno v předchozím odstavci, vlastní pyramida má čtyři plochy (nesoucí odpovídající latinské názvy): přední, zadní, spodní a ventrobazální. Přední a zadní plocha je dobře patrná na vnitřní bazi, hrana mezi nimi (crista pyramidis čili margo superior) pak představuje část hranice právě mezi střední a zadní jámou lební (obr. č. 02).<sup>(1)</sup>

Uvnitř pyramidy je uložen kostěný labyrint (obr. č. 04). Ten je tvořen třemi na sebe kolmými polokruhovitými kanálky, ventromediálně uloženým hlemýžděm a vestibulem, které tyto dvě části spojuje. Hlemýždě jsou svými osami orientovány ventrolaterálně, jejich široké baze jsou tedy přivráceny k vnitřním zvukovodům. Vinutí je vlevo proti směru hodinových ručiček a vpravo po směru.<sup>(1)</sup>

Labyrint nepřímě komunikuje se středoušní dutinou, a to prostřednictvím dvou otvorů. Prvním otvorem je fenestra vestibuli (ovalis) - oválné okénko, na které ze strany středoušní dutiny naléhá baze třmínku. Druhým otvorem je fenestra cochleae (rotunda) - okrouhlé okénko kryté membránou. Uvnitř kostěného labyrintu je labyrint blanitý. Prostor mezi oběma je vyplněn perilymfou, uvnitř blanitého labyrintu je endolymfa. Polokruhovitě kanálky spolu s utriculem a saculem, což jsou váčky uložené ve vestibulu, obsahují statokinetické ústrojí. Hlemýžď obsahuje sluchový aparát.<sup>(3)</sup>

Středoušní dutina je tenkou vrstvou kosti oddělena od dutiny nitrolební, od karotického kanálu, kterým prochází a. carotis interna - jedna z hlavních tepen zásobujících mozek. Dobře patrný je především zevní a vnitřní zvukovod. Vnitřní zvukovod je místem průchodu VII. a VIII. hlavového nervu. Za zmínku dále stojí foramen jugulare - otvor mediálně od pyramidy pro průchod v. jugularis interna - vnitřní jugulární žíla.<sup>(1)</sup>

**Obr. č. 04 - Kostěný labyrint** (Čihák, 2004)



**Legenda:**

- červeně - průmět labyrintu
- žlutě - nervové struktury
- šrafovaně - středoušní dutina

- 1 - zadní PKK, 2 - bočný PKK, 3 - přední PKK,
- 4 - oválné okénko, 5 - okrouhlé okénko,
- 6 - n. VII., 7 - chorda tympani,
- 8 - zadní ampula, 9 - ggl. n. V.

### 1.3 Ucho

Ucho coby sluchový a rovnovážný analyzátor můžeme z hlediska funkce a zároveň i anatomie rozdělit na dva základní oddíly - periferní a centrální.<sup>(2)</sup>

Do periferní části řadíme zevní, střední a vnitřní ucho a příslušný periferní nerv. Jedná se zde o VIII. hlavový nerv neboli n. vestibulocochlearis, který vede informace ze sluchově-rovnovážného ústrojí do CNS. Tato část ucha je převážně uložena v kosti spánkové, přesněji řečeno v pars petrosa ossis

temporalis, tedy v části spánkové kosti, kterou představuje právě kost skalní - os petrosum.<sup>(1,2)</sup>

Do části centrální pak řadíme sluchovou a rovnovážnou dráhu a odpovídající centra v mozku. Centrální část ucha je však mimo oblast zájmu této práce, proto nebude problematika této oblasti dále rozebírána.<sup>(2)</sup>

### **1.3.1 Zevní ucho**

Součástmi zevního ucha jsou zvukovod a boltec. Zvukovod je oválná trubice o délce přibližně dvou centimetrů. Periferní úsek je vyztužen chrupavkou, zbytek zvukovodu je již uložen v kosti.<sup>(2)</sup>

### **1.3.2 Střední ucho**

Předěl mezi zevním a středním uchem představuje bubínek. Tato vůči zevnímu zvukovodu šikmo postavená membrána je vazivově spojena s první ze sluchových kůstek - kladívkem (malleus). Kladívko je dále propojeno s kovádkou (incus) a třmínkem (stapes) a dohromady tvoří jakýsi systém pák zavěšený ke stěnám středoušní dutiny. Zvukové vlnění se pak přes bubínek a středoušní kůstky přenáší až na oválné okénko, na které nasedá třmínek.<sup>(4)</sup>

Vlastní středoušní dutina dorsálně komunikuje s pneumatizací bradavkovitého výběžku kosti spánkové, vpředu pak do středoušní dutiny ústí Eustachova trubice, která slouží k vyrovnávání tlaku mezi středouším a nasofaryngem a zajišťuje provzdušnění bubínkové dutiny.<sup>(5)</sup> Celá dutina je vystlána nerohovějícím epitelem.<sup>(2)</sup>

### **1.3.3 Vnitřní ucho**

Vnitřní ucho je uloženo v tzv. capsula ossea labyrinthi, což je dutina uvnitř skalní kosti. Do této etáže řadíme kostěný labyrint, z jehož vestibula vychází hlemýžď a 3 polokruhové kanálky.<sup>(2)</sup>

Jak již bylo uvedeno v anatomicko-topografickém popisu skalní kosti, uvnitř kostěného labyrintu nacházíme labyrint blanitý, který prostřednictvím oválného a okrouhlého okénka nepřímo komunikuje s dutinou středoušní<sup>(2)</sup>.

Na basilární membráně uvnitř blanitého hlemýždě nacházíme Cortiho orgán, což je vlastní smyslové pole sestávající z vláskových buněk, které detekují drobné kmitavé posuny membrana tectoria vůči membrana basilaris, které jsou podmíněné šířením zvukových vln v endolymfě. Mechanické vlivy

podmiňují ve vlasových buňkách vznik evokovaných potenciálů, což je vlastně elektrický signál vedený přes gangliové buňky uložené uprostřed hlemýždě cestou vestibulokochleárního nervu (n. VIII) do příslušných jader v prodloužené míše.<sup>(3,4)</sup>

Vestibulární aparát představují smyslová políčka uložená v rovnovážných váčcích (utricleus a sacculus) a dále smyslové hřebínky v ampulách polokruhovitých kanálků. Smyslové buňky jsou drážděny působením gravitace a pohyby hlavy s úhlovým nebo lineárním zrychlením. Přenos vzruchu je obdobný jako u sluchového ústrojí.<sup>(2)</sup>



## 2 PATOLOGICKÉ STAVY OBLASTI KOSTI SKALNÍ

Patologickým stavem rozumíme stav, kdy je z nějaké příčiny narušena či zcela vyřazena funkce určité tkáně či orgánu. Co se příčin týče, může se jednat o vrozené vady, akutní a chronické záněty, nádorové bujení, úrazy atp. Omezení či vyřazení fyziologické funkce je podmíněno poškozením, pozměněním či destrukcí příslušných tkání.

V této kapitole budou představeny základní patologické stavy či procesy postihující oblast kosti skalní. Omezení se pouze na kost skalní by postrádalo smysl, protože z hlediska anatomicko-fyziologických a funkčních poměrů je třeba počítat i s okolními strukturami, jako jsou například cellulae mastoideae, což jsou více či méně vyjádřené dutinky v bradavkovitém (mastoideálním) výběžku kosti spánkové. Tato pneumatizace spánkové kosti sice není přímo součástí kosti skalní, nicméně s jejími dutinami funkčně souvisí, což má i nemalý význam například v případě šíření zánětlivých procesů.<sup>(6)</sup>

Následující výčet patologických stavů či procesů není zdaleka vyčerpávající, spíše se jedná o základní přehled různých možných typů patologií; často takových, kdy bývá indikováno rentgenové či CT vyšetření, popř. vyšetření magnetickou rezonancí. Některé uvedené patologické stavy si sice vyšetření některou ze zobrazovacích metod přímo nevyžadují, nicméně jsou uvedeny pro získání ucelené představy o možných zdravotních komplikacích v příslušné oblasti.

### 2.1 Vývojové vady ucha

Vývojové vady ucha nejsou moc časté. Pravděpodobnost výskytu u novorozence je přibližně 1:10 000. Jsou však dobře pozorovatelné buď přímo, případně za pomoci některé zobrazovací metody, např. RTG či CT. Tyto stavy doprovází omezená či porušená funkce smyslového aparátu, případně větší náchylnost k usazení bakterií a rozvoji zánětlivých stavů. Pokud je možná či nutná lékařská intervence, většinou se jedná o chirurgický zásah.<sup>(7)</sup>

#### 2.1.1 Vývojové anomálie zevního zvukovodu

Většinou se jedná o hypoplazii zvukovodu, což je jeho neúplné vyvinutí. V případě vrozené neprůchodnosti tohoto orgánu mluvíme o atrezii. Většinou

bývá neprůchodná kostěná část zvukovodu, někdy se lze setkat i s kostěnou přepážkou místo bubínku. Pokud se zvukovod nevyvine vůbec, označujeme tento stav jako aplazii. Ta se mimo jiné vyznačuje dorzálním posunem hlavice dolní čelisti, což je dobře patrné na prostém RTG snímku. Všechny výše zmíněné malformace se mohou vyskytovat izolovaně, ale častěji se vyskytují ve spojení s deformitou či chyběním ušního boltce a neméně obvyklá je též kombinace postižení zvukovodu spolu se středním uchem. Lze rozlišit 3 stupně postižení, kdy první stupeň představuje výskyt hypoplastického zvukovodu spolu s mírně zmenšenou středoušní dutinou, jejíž obsažené struktury jsou však zachovány, a třetí - nejtěžší stupeň postižení je případ uzavřeného či chybějícího zvukovodu v kombinaci se štěrbinovitou středoušní dutinou.<sup>(5,7)</sup>

Zevní zvukovod může být postižen i kongenitálním cholesteatomem, ten se však v této oblasti vyskytuje jen velice vzácně. Cholesteatomy budou podrobněji popsány v kapitole 2.3.2.<sup>(5)</sup>

### **2.1.2 Vývojové anomálie středouší**

Středoušní dutina může být postihnuta obdobnými vývojovými vadami jako zevní zvukovod. Jedná se tedy o aplazii a dysplastické změny (porušený vývoj s projevy utlumeného či odchýleného vývoje). Tyto vývojové vady středouší se často vyskytují společně s uzavřením zevního zvukovodu, či s anomálií boltce; v kombinaci s anomáliemi vnitřního ucha se vyskytují až téměř v polovině případů.<sup>(5,7)</sup>

Rozlišujeme lehké malformace, kdy jsou dysplastické sluchové kůstky, ale vlastní dutina je nepostižena. Dalším stupněm dle závažnosti je vrozená ankylóza třmínku (stapedu) doprovázená většinou anomáliemi zbylých středoušních kůstek. Ankylóza je obecně definována jako zatuhnutí kloubu; u fyziologicky pohyblivě ukotveného třmínku to znamená, že je omezena jeho pohyblivost a tím i převodní funkce. Nejtěžší postižení této oblasti představují deformity či chybění sluchových kůstek, případně dysplastické až aplastické změny oválného okénka (viz. 2.4.2). Příkladem může být zasažení oválného okénka otosklerózou, u které je rovněž prokázán hereditární přenos v rodinách. Otoskleróza se může poruchou sluchu projevit až v průběhu života, typicky u žen v obdobích prudkých hormonálních změn - během puberty, těhotenství či klimakteria.<sup>(5,URL 1)</sup>

S vývojovými poruchami středoušní dutiny (i zevního zvukovodu) rovněž souvisí odchylky ve vývoji dutin v bradavkovitém výběžku. Dutinky mastoidu mohou být málo vyvinuté, eventuelně může pneumatizace chybět úplně.<sup>(5)</sup>

V neposlední řadě může být postižena i Eustachova trubice, většinou ve smyslu zvětšení nebo zmenšení jeho průsvitu či délky, eventuelně její úplné chybění. Samostatné postižení se objevuje jen velmi zřídka, většinou se vyskytuje v kombinaci s anomáliemi zevního zvukovodu, ještě častěji pak bývá součástí vážnějších vývojových poruch, například při Downově syndromu s rozštěpem patra a různých mandibulofaciálních malformacích.<sup>(5)</sup>

Za zmínku snad ještě stojí anomálie ve vývoji aquaeductus vestibuli, což je endolymfatický kanálek vedoucí ze sacculu dorsálně do slepé výdutě zvané saccus endolymphaticus, která je uložena mezi listy tvrdé pleny mozkové při zadní stěně kosti skalní. Při jeho nedovyvinutí bývá přítomna kongenitální obliterativní labyrinthitida.<sup>(6,7)</sup> Toto postižení se až u 90% případů vyskytuje bilaterálně.<sup>(URL 1)</sup>

### **2.1.3 Vývojové anomálie vnitřního ucha**

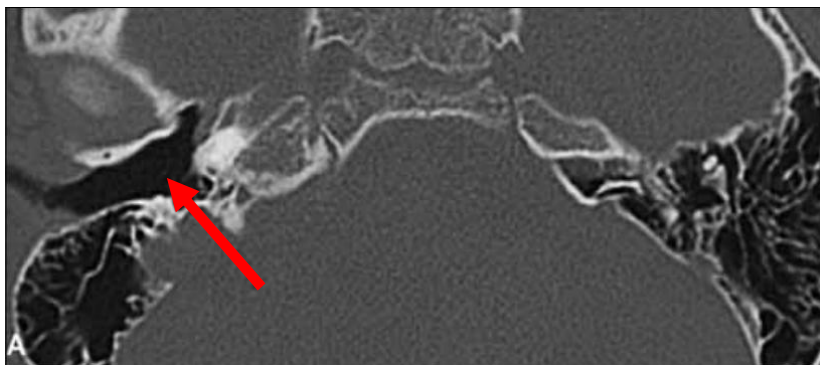
Vrozené vady vnitřního ucha, ať už zděděné či kongenitálně získané) jsou poměrně vzácné a na vrozených percepčních poruchách sluchu se podílejí asi z jedné pětiny. Můžeme se setkat s malformacemi pouze membranózního labyrintu, nebo s malformacemi membranózního a zároveň kostního labyrintu. Opět se jedná o hypoplazie, dysplazie či aplazie rozličných částí vnitřního ucha - celého labyrintu, kochley, aquaeduktů a vnitřního zvukovodu.<sup>(URL 1)</sup>

Je třeba zmínit, že člověk disponuje specifickými geny jak pro vývoj hlemýždě, tak i pro polokruhovitě kanálky, proto se lze setkat také s různými izolovanými anomáliemi.<sup>(5)</sup>

Z aplazií lze konkrétně jmenovat Michelovu deformitu (obr. č. 05), což je naprosté nevyvinutí labyrintu prakticky se projevující totální hluchotou na postižené straně. Dále se můžeme setkat s uložením vestibulokochleárního aparátu v jedné společné dutině, s cystickou kochleovestibulární malformací či s redukcí počtu závitů hlemýždě, která je doprovázena variabilitou vývoje Cortiho orgánu a tím pádem i různě těžkou poruchou sluchu. Tato porucha ve vývoji je označována jako Mondiniho malformace. Diagnostika těchto vad je

klíčová pro určení příčiny sluchových poruch a tedy i při následném plánování zavedení kochleárního implantátu.<sup>(7,URL 1)</sup>

**Obr. č. 05 – Totální aplazie labyrintu (Michelova deformita)** <sup>[online]</sup>



Šipka – absence kostěného labyrintu vpravo, dutina pneumatizována; HRCT

#### **2.1.4 Vývojové cévní anomálie spánkové kosti**

Nejčastější vývojovou odchylkou postihující cévní řečiště je vysoké uložení bulbu v. jugularis interna. Stěna bulbu je v tomto případě ztenčená a vyklenutá dorzolaterálním směrem, což se projevuje namodralým vzhledem spodních zadních kvadrantů bubínku. Tento stav má význam zejména při chirurgických výkonech, kdy hrozí riziko proražení stěny bulbu, masivní krvácení do středoušní dutiny a také vznik vzduchová embolie.<sup>(7)</sup>

## **2.2 Záněty a zánětlivé komplikace ucha**

### **2.2.1 Záněty zevního zvukovodu**

Záněty zevního zvukovodu nejsou z hlediska radiodiagnostiky nijak významné. Indikace radiologického vyšetření má význam snad jen při opakovaných vleklých zánětech s infiltrací středoušní dutiny s postižením sluchu či jinými, zejm. neurologickými projevy.

Prakticky se v této oblasti můžeme setkat zejména se záněty kožního charakteru postihující zevní zvukovod a ušní boltec. Prvním typem je zánět ohraničený - otitis externa circumscripta, způsobený pomnožením stafylokoků v mazových žlázkách. Druhým typem je zánět neohraničený - otitis externa diffusa, který se vyznačuje rozmanitou etiologií. Většinou jde o kombinace

mechanicky či chemicky působících vlivů prostředí a působení různých biologických činitelů, jako jsou některé bakterie (stafylokoky, streptokoky, pseudomonády), viry (herpetické, chřipkové) a houby (aspergilus). Záněty mohou při přetrvávající iritaci přejít do chronicity. Vznik onemocnění je možný i na podkladě imunologického defektu. Diagnostika vychází z anamnézy a lokálního nálezu.<sup>(2)</sup>

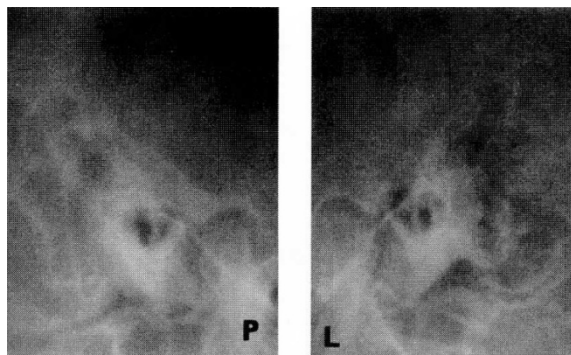
### 2.2.2 Záněty středního ucha, mastoiditida

Vzhledem k tomu, že je středoušní dutina z vývojového hlediska výchlípkou nazofaryngu a s horními cestami dýchacími komunikuje prostřednictvím Eustachovy trubice, nelze se divit, že záněty středouší vznikají nejčastěji přechodem z horních cest dýchacích. V dětském věku toto onemocnění prodělá na 40% jedinců. Dle průběhu můžeme záněty klasicky dělit na akutní a chronické, dle patologického obrazu rozlišujeme záněty katarální a hnisavé.<sup>(2,8)</sup>

Akutní a chronické katarální záněty postihují nejčastěji děti v předškolním věku. Projevují se zejména vpáčením bubínku, což je způsobeno obstrukcí Eustachovy trubice s následným vznikem podtlaku ve středoušní dutině.<sup>(2)</sup>

Typickým představitelem středoušního zánětu je otitis media acuta. Opět postihuje zejména děti v předškolním věku. Výjimkou nejsou ani dospělí, ale s postupujícím věkem se pravděpodobnost rozvinutí zánětu snižuje. Vzniká zejména na podkladě bakteriální či virové infekce, je doprovázena bolestí, horečkou, pocitem zalehnutí ucha a tvorbou exsudátu, který může mít až hnisavý charakter. Na RTG snímku bývá patrné zastření středoušní dutiny (obr. č. 06).<sup>(2)</sup>

**Obr. č. 06 - Akutní mastoiditis v Schüllerově projekci** (Hybášek, 1999)



Diagnózu lze však dobře stanovit i bez rentgenového vyšetření, proto bývá indikováno jen v případech podezření na komplikace, nebo při rozvinutí septického stavu, který často u dětí bývá nezřídka doprovázen trombózou esovitého žilního splavu (sinus sigmoideus).<sup>(2,8)</sup>

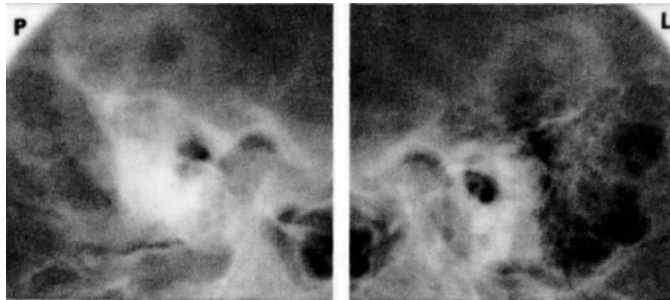
V případě přechozeného či nedostatečně zaléčeného zánětu středouší se může následně objevit zánět pneumatizace spánkové kosti - mastoiditida. V dětském věku se s mastoiditidou můžeme setkat zejména po druhém roce věku, kdy už je plně vyvinuto antrum mastoideum a sklípky plně komunikují se středoušní dutinou. Míra pneumatizace kosti je velmi individuální; zejména je tomu tak v oblasti spánkové šupiny a skalní kosti. Typická je bakteriální infekce s hnisavou exsudací, vznikem granulační tkáně s následnou retencí exsudátu a vznikem lokálních nekrot, které mohou být příčinou rozrušení kostěné stěny esovitého splavu a vznikem tromboflebitidy s následnou obstrukcí splavu a možností embolizace a rozšíření infekce do plic, ledvin aj. Při klidnějším průběhu kostní tkáň reaguje zbytnováním trámčů, což má za následek zmenšování objemu kostních sklípků. Bakteriální kolonie v mastoideálních sklípcích často přetrvávají i po odeznění zánětu, což má za následek vysokou pravděpodobnost jeho opětovného vzplanutí a následného dalšího úbytku pneumatizace. Úbytek pneumatizace je dobře patrný na prostém RTG snímku.<sup>(2,8)</sup>

U opakovaných zánětů je na místě zvažovat vrozenou predispozici pro toto onemocnění. Recidivy zánětu středouší jsou přibližně u třetiny případů familiární. Na podkladě opakovaných prudkých akutních zánětů dochází ke vzniku chronického hnisavého zánětu - otitis media chronica suppurativa. Rozlišují se 2 formy dle lokalizace patologického procesu. Obě mají však společné projevy, jako je například trvale perforovaný bubínek, jehož otvorem opakovaně vytéká zánětlivý exsudát. Pneumatizace kosti spánkové (cellulae mastoideae) je pro předchozí opakované záněty a následný chronický průběh potlačena, což je dobře patrné na RTG snímku (obr. č. 07).<sup>(2,8)</sup>

Speciální formou chronického produktivního zánětu je otitis media sp. epitympanalis, kdy přes chronicitu onemocnění v anamnéze předchozí zánětlivé exacerbace chybějí. Tento zánět má ohnisko v epitympanu, což je výklenek středoušní dutiny nad úroveň bubínku, kde jsou uloženy a zavěšeny první dvě sluchové kůstky, a je pro něj typické, že je téměř vždy doprovázen

vznikem ušního cholesteatomu. Na RTG snímku (obr. č. 07) je mj. patrna sklerotizace kostní tkáně a dále přítomnost patologické dutiny podmíněné zmíněným pseudotumorem.<sup>(2)</sup>

**Obr. č. 07 - Cholesteatomová dutina ve sklerotizované kosti;  
Schüllerova projekce** (Hybášek, 1999)



### **2.2.3 Záněty vnitřního ucha**

Akutní záněty vnitřního ucha mají vždy difúzní charakter. Infekce sem přestupuje buď ze středoušní dutiny, nebo z meningeálních prostor cestou aquaeductus vestibuli. Tato cesta přestupu infekce je častější a v nemalé míře se podílí na vzniku hluchoty po prodělaných bakteriálních či virových zánětech mozkových plen. K destrukci labyrintu dochází zejména u purulentních (hnisavých) forem zánětu.<sup>(2)</sup>

## **2.3 Nádory a pseudotumorózní léze ucha**

Nádor lze zjednodušeně popsat jako masu buněk vycházejících z určitého typu tkáně, která se vyznačuje samovolným neřízeným růstem.

### **2.3.1 Nádory a pseudonádorové léze zevního ucha**

Většinou se jedná o kožní novotvary. Jedná se tedy nejčastěji o névy, různé typy angiomu a vzácně i adenomy, které zde vycházejí z ceruminózních buněk (buněk produkujících ušní maz). Z maligních nádorů lze jmenovat basaliom, dlaždicobuněčný karcinom, maligní melanom, vzácněji například adenoidně cystický adenom.<sup>(7,URL 2)</sup> U dětí je nejčastějším maligním nádorem rhabdomyosarkom.<sup>(8)</sup>

Radiodiagnosticky zajímavé jsou exostózy. Jedná se o nepravé nádory difúzního charakteru narušující samočisticí schopnost zvukovodu, což vede k převodní nedoslýchavosti. HRCT pomáhá vyloučit postižení středouší.<sup>(2,7)</sup>

### **2.3.2 Nádory a pseudonádorové léze středního a vnitřního ucha**

Kromě epitelálních nádorů se setkáváme také s nádory neuroektodermálními a mezenchymálními. Z epitelálních lze jmenovat adenom středouší, dále středoušní dlaždicobuněčný karcinom, který prorůstá kostí a může být mj. příčinou krvácení z a. carotis interna, či papilární adenokarcinom, který se vyznačuje rovněž lokálně agresivním růstem. Jeho forma vycházející z endotelu endolymfatického ductu se označuje jako Heffnerův tumor.<sup>(URL 2)</sup>

Neurinom (Schwanom) n. VIII vychází z nervové pochvy v oblasti vnitřního zvukovodu. Typický je poměrně rychlý expanzivní růst. Postupným růstem (útlakem) způsobuje pozvolný úpadek rovnovážné a sluchové funkce, další progresse může vést až ke kompresi mozečku a mozkového kmene. Časná diagnóza je pro příznivou prognózu klíčová.<sup>(2,8)</sup>

Neopomenutelný patologický proces v oblasti zejména středního ucha je rozvoj cholesteatomu a cholesterolového cystického granulomu.

Cholesteatom lze označit za nepravý nádor, jehož podkladem je vrstva buněk rohovějícího dlaždicového epitelu. Tato vrstva na jedné straně invazivně vrůstá do okolních tkání tak, že je enzymaticky rozrušuje, na druhé straně jsou produkovány stále nové vrstvy zrohovělého epitelu (cholesterol je složkou buněčných membrán, odtud název), které se hromadí uvnitř ložiska a fyzikálně tak napomáhají jeho expanzi do okolí. Ve většině případů se jedná o sekundární cholesteatom, vzniknuvší nejčastěji na podkladě epitympanální perforace při chronické otitidě.<sup>(URL 2)</sup>

Cholesterolový cystický granulom je fibrotická cysta, která vzniká ve špatně ventilované středoušní dutině. Zde se rozvíjí zánět. tvorbě cholesterolových krystalů a drobným krvácením. Vlastní cysta se chová expanzivně, může dosáhnout a přilnout k tvrdé pleni mozkové. Od cholesteatomu se na první pohled odlišuje především dobře ohraničeným kulatým okrajem a homogenním obsahem.<sup>(URL 2)</sup>



## **2.4 Kostní nemoci**

Postižení kostní tkáně má rozmanitou etiologii. Může se jednat například o resorpci pyramidy (či sluchových kůstek) na podkladě expanzivního růstu nádorového či pseudonádorového ložiska či v důsledku vleklého zánětlivého onemocnění, zároveň však může jít o vývojovou vadu či primární patologický proces, který postihuje kostní tkáň jako takovou. Druh postižení přitom může záviset na vývojovém původu kosti, neboli typu její osifikace.

### **2.4.1 Destruktivní a erozivní procesy spánkové kosti**

Úbytek kostní masy může být zapříčiněn růstem výše zmíněného cholesteatomu nebo cystického granulomu, dalšími činiteli jsou dále různé druhy nádorů - neurinomy, karcinomy, sarkomy, lymfomy..., nádorové metastázy, cysty, zánětlivé procesy (resorbce kůstek převodního systému), infekční léze, meningokéla apod.<sup>(7)</sup>

### **2.4.2 Otokleróza**

Otokleróza je vrozená idiopatická choroba pouzdra labyrintu (jednostranná či oboustranná). Nejprve dochází k ložiskové resorpci kostní tkáně, následuje výstavba zprvu spongiózních, dobře vaskularizovaných kostních valů, které postupně dále sklerotizují. Typicky bývá postižen okraj fenestrae ovalis. Postižen bývá rovněž třmínek - dochází k jeho ankyloze. Projevuje se postupně se rozvíjející převodní nedoslýchavostí. Indikována je mikrochirurgická léčba.<sup>(7)</sup>

## **2.5 Traumata**

### **2.5.1 Traumata zevního a středního ucha**

Nejčastěji se setkáváme s různými typy termického či mechanického poškození boltce. Z hlediska rentgenové diagnostiky mají valný význam. Zvláštním případem jsou traumata způsobená cizím předmětem. Často dochází k poranění zevního zvukovodu, protržení bubínku, případně i poškození sluchových kůstek. K poranění může dojít i při uvíznutí předmětu, zejména pak při neodborné snaze o jeho vyproštění.<sup>(2)</sup>

K protržení bubínku dochází především v případech náhlých tlakových změn. Jedná se o působení tlakové vlny při explozi, facce či plochém dopadu

na vodní hladinu. Barotrauma může způsobit i rázový zvukový impuls o síle nad 180 dB. Může dojít i k sekundární traumatizaci způsobené exacerbací zánětu po zanesení infekce.<sup>(2)</sup>

Kromě poranění bubínku může výše zmíněnými mechanismy dojít také k luxaci či jinému mechanickému poškození sluchových kůstek. Příčinou může být rovněž provedená paracentéza.<sup>(2)</sup>

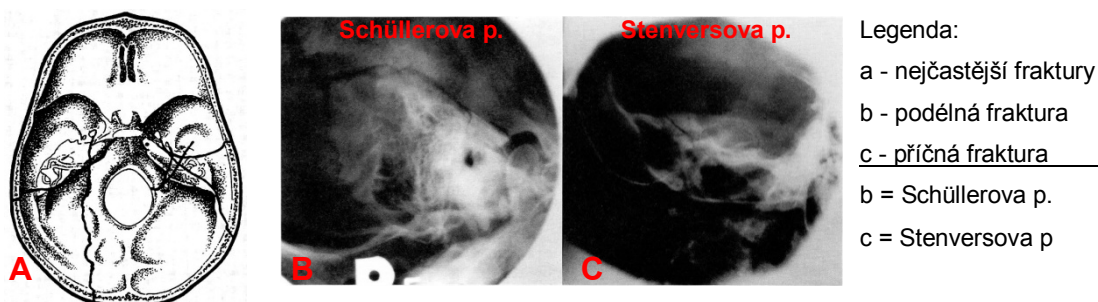
### 2.5.2 Fraktury spánkové kosti

Jak již bylo uvedeno v kapitole 1.2, vlastní spánkovou kost tvoří kost skalní s bradavčítým výběžkem, kost bubínková a šupina spánkové kosti. Fraktury této oblasti lebky jsou obecně nazývány laterobazální či temporobazální (postihující os temporale a bazi lební). Příčinou vzniku fraktur v této oblasti je působení vnější hrubé síly, zejména při dopravních nehodách a prudkých nárazech hlavy (do týla při uklouznutí či pádu apod.). Fraktura může být doprovázena krvácením či výtokem mozkomíšního moku ze zevního zvukovodu (známka prasklé baze lební s rupturou tvrdé pleny) nebo vznikem podkožního hematomu v mastoideální krajině.<sup>(2)</sup>

Fraktury kosti bubínkové (pars tympanica ossis temporalis) jsou vzhledem k blízkému uložení jamky čelistního kloubu příznačné pro případy pádu na bradu. Tato zlomenina bývá doprovázena zborcením zevního zvukovodu a lacerací bubínku.<sup>(2)</sup>

Různé možné průběhy fraktur ilustruje následující obrázek č. 08. Podélné linie lomu jsou častější. Pro způsobení podélné fraktury stačí menší síla. Klinicky jsou zlomeniny skalní kosti dle rozsahu poškození doprovázeny převodní či percepční nedoslýchavostí, bolestí, krvácením, nauzeou, zvracením a symptomatikou případné obrny n.VII. nebo n.VIII.<sup>(2)</sup>

Obr. č. 08 – Fraktury pyramidy (Hybášek, 1999)



## 3 SKIAGRAFIE

### 3.1 Záření

Pojem záření neboli radiace představuje proces, při kterém dochází k přenosu energie v prostoru. Děje se tak prostřednictvím časově proměnných polí (elektromagnetické vlny), nebo částic majících určitou hybnost či elektrický náboj - elektrony, neutrony, ionty atp. Záření se může šířit jak vakuem, tak látkovým prostředím, kde v závislosti na složení a fyzikálních vlastnostech tohoto prostředí dochází k rozptylu a absorpci záření a tedy i k jeho částečnému zeslabení. Tyto děje jsou závislé na druhu a energii částic, proto při průchodu záření hmotou dochází ke změně jeho energetického spektrálního rozložení, případně i ke vzniku sekundárního záření.<sup>(URL 3)</sup>

Pokud se kvanta záření vyznačují nízkou energií (přibližně do 5 keV), nedochází při jejich průchodu látkou k excitování a vyrážení elektronů z atomových obalů; účinky takto nízkoenergetického záření mají povahu pouze termickou, mechanickou, elektrickou či fotochemickou. Jako příklad lze uvést viditelné světlo nebo infračervené záření.<sup>(URL 3)</sup>

Pokud je energie záření vyšší, dochází již v atomech látky k vyrážení elektronů z různých energetických vrstev obalu a tedy k ionizaci. Takové záření označujeme jako ionizující.<sup>(URL 3)</sup>

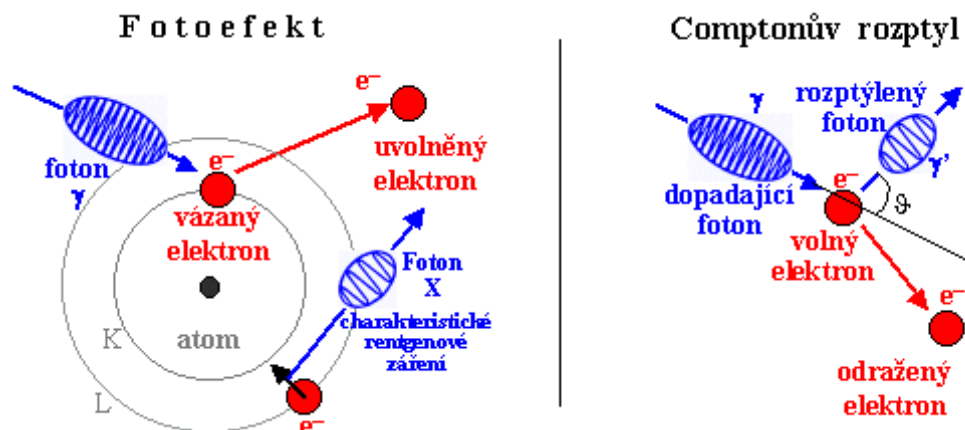
#### 3.1.1 Ionizující záření

Mechanismus ionizace látkového prostředí je vesměs dvojitý. Záření, jehož kvanta nesou elektrický náboj (např. pozitrony), je na základě coulombovské interakce schopno přímého vytrhávání elektronů z atomových obalů. Jedná se o záření přímo ionizující. Do této kategorie spadá záření  $\beta^+$ ,  $\beta^-$ ,  $\alpha$ ,  $p^+$  atp. Toto záření má mj. široké uplatnění v radioterapii a nukleární medicíně.<sup>(URL 3)</sup>

Záření může být i nepřímě ionizující. Pokud jeho kvanta nenesou náboj, působí na látkové prostředí mechanicky. Způsobují sice ionizace, ale ne na základě přímého působení coulombických sil. V závislosti na množství předané energie může dojít například k vyrážení elektronů z orbitalů. Tyto elektrony již coby částice nesoucí náboj mohou způsobovat přímé ionizace. Nepřímé ionizační účinky má záření neutronové,  $\gamma$  a rentgenové záření.<sup>(URL 3)</sup>

Ionizační procesy, se kterými se vzhledem k užívaným energiím v radiodiagnostice setkáváme, ilustruje obr. č. 09.

**Obrázek č. 09 - Hlavní interakce RTG záření** <sup>[online]</sup>



Záření  $\gamma$  a záření X jsou záření fotonová. Fotony jsou elementární částice představující kvanta elektromagnetické energie. Jejich klidová hmotnost  $m_0$  je rovna nule a pohybují se rychlostí světla  $c$  (existují pouze v pohybu). Energie fotonu je úměrná frekvenci elektromagnetického vlnění (dle vzorce  $E=hf$  [J];  $h$  = Planckova konstanta) neboli nepřímo úměrná jeho vlnové délce. Šíří se přímočaře všemi směry od zdroje a nemá vlastnosti odrazu či lomu jako např. viditelné světlo. Vzhledem k povaze šíření lze ze vzorce pro povrch koule snadno odvodit, že množství dopadajícího záření na jednotku plochy klesá s druhou mocninou vzdálenosti od zdroje záření.<sup>(URL 3)</sup>

Co se týče zdrojů IZ, nejzákladnější rozdělení je na zdroje přírodní (kosmické záření, přírodní radionuklidy) a umělé. Umělými zdroji záření jsou především rentgenová trubice, urychlovače částic a uměle vyrobené radionuklidy. S ohledem na konstrukční řešení pak rozlišujeme zářiče uzavřené a zářiče otevřené.<sup>(9,URL 3)</sup>

Uzavřené zářiče jsou vesměs všechny elektronické zdroje IZ. Tuto kategorii charakterizuje hermeticky zapouzdřený zdroj, který není volně přístupný k manipulaci a při správném užívání nemůže kontaminovat prostředí.<sup>(URL 3)</sup>

Do kategorie otevřených zářičů řadíme plynné, kapalné i pevné radioaktivní látky, které se ve velmi čisté formě využívají jako radiofarmaka pro

potřeby nukleární medicíny nebo jako zdroje záření pro vybrané radioterapeutické metody.<sup>(URL 3)</sup>

### 3.1.2 Vlastní rentgenové záření

Jak již bylo vysvětleno, rentgenové záření je nepřímo ionizující elektromagnetické vlnění. Ionizační schopnost záření souvisí s jeho biologickým efektem, rovněž je schopné způsobit luminiscenci či fotochemický efekt,<sup>(9)</sup> čehož je radiodiagnostice využíváno při detekci záření prošlého pacientem. Jeho vlnová délka se pohybuje v intervalu  $10^{-8}$ - $10^{-12}$  m, což ho v rámci elektromagnetického spektra schematicky řadí mezi záření UV a záření  $\gamma$  ( $\lambda_{UV} > \lambda_X > \lambda_\gamma$ ). Záření  $\gamma$  však může mít i kratší vlnové délky než má záření X, protože má odlišný zdroj (vzniká při přeměnách atomových jader). Pojem rentgenové záření je vyhrazen pro brzdné či charakteristické záření vznikající při změnách (odezdávání) energie elektronů. Před popisem brzdného a charakteristického záření je vhodné se seznámit s konstrukcí rentgenky a principem jejího fungování.<sup>(URL 3)</sup>

## 3.2 Rentgenová lampa

### 3.2.1 Konstrukce a princip fungování

Rentgenová lampa neboli rentgenka je ve své podstatě dioda. Jejími základními součástmi jsou elektrody anoda a katoda zavzaté do skleněného pouzdra, v němž je udržováno hluboké vakuum. Trubice je stíněna olověným pouzdrům.<sup>(URL 3)</sup>

Katodu tvoří nejčastěji jedna či dvě různě velké spirály (pro různě velká ohniska na anodě) ze směsi wolframu a thoria. K této elektrodě je ve vedleším nízkonapěťovém obvodu zapojen žhavicí generátor. Ten přivádí na katodu proud o síle cca 4-10A a způsobuje její žhavení - emitaci volných elektronů do blízkého okolí spirály (vznik elektronového mraku). Katoda je pak s anodou zapojena do hlavního obvodu se stejnosměrným proudem, kde je zdrojem vysokonapěťový generátor vytvářející mezi katodou a anodou rentgenky napětí v užívaném rozmezí cca 20-150 kV. Elektrony se při spuštění expozice pohybují ve směru katoda  $\rightarrow$  anoda.<sup>(10,URL 4)</sup>

Anoda je kovový terč pro dopadající elektronový svazek. Je buďto statická (zubní rentgen, pojízdné rentgeny) nebo rotační. V obou případech je vyrobena ze slitiny wolframu a rhenia, pouze v případě rentgenu určeného k mamografii je pro potřebu měkčího záření anoda vyrobena ze slitiny molybdenu a rhodia. Tyto slitiny mají vysoký bod tání, který je vzhledem k 1% účinnosti rentgenky zásadní. Zbylých 99% vstupní energie je přeměněno na odpadní teplo. Rotace rentgeny předchází jejímu tepelnému znehodnocení rozšířením tepelně zatížené plochy a rychlejším odvodem tepla. Rychlost rotace dosahuje až  $20\,000\text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$ . Rentgenka je jako celek chlazena olejovou lázní.<sup>(10,URL 4)</sup>

### 3.2.2 Tvorba záření

Při uzavření hlavního obvodu (spuštění expozice) jsou záporně nabyté elektrony přitahovány kladně nabytou anodou. Elektronový svazek je formován a směřován fokusačními miskami, jež jsou součástí katody. Velmi vysoké napětí způsobí akceleraci  $e^-$  až na 0,8 násobek rychlosti světla. Když elektrony dospějí k anodě, dochází k jejich prudké deceleraci a rozptylu v místě dopadového ohniska na skosené ploše anody. Rozdíl kinetických energií je vyzářen ve formě brzdného a charakteristického záření.<sup>(URL 3)</sup>

Brzdné záření vzniká vlivem coulombických interakcí nabitých částic s elektronovými obaly a elektrostatickými poli jader atomů anody. Dochází k prudké změně vektoru rychlosti v čase. Přebytečná energie je vyzářena ve formě kvanta brzdného záření. Toto záření má v celkovém hledisku široké spojité spektrum a jeho energie je závislá na rychlosti elektronů (napětí v hlavním obvodu). Využíváme jej pro získávání rentgenových obrazů.<sup>(10,URL 3)</sup>

Charakteristické záření je generováno v menší míře a je závislé na materiálu anody, což podmiňuje jeho čárové spektrum. Záření vzniká ve vnitřních vrstvách elektronových obalů (zejm. v K slupce). Nabitá částice vyrazí elektron z obalu a vzniklá vakance je následně zaplněna elektronem sestoupivším z vyšší energetické vrstvy. Přebytečná energie je vyzářena ve formě fotonu charakteristického záření.<sup>(URL 3)</sup>

Záření vycházející z rentgenky prochází hliníkovým (molybdenovým - mamografie) filtrem o tloušťce kolem 1-4mm, zabudovaným ve výstupním okénku rentgenky. Filtr zachytává fotony o nízkých energiích, což významně

snižuje povrchovou dávku na těle vyšetřovaného. Rentgenka může být osazena i měděným filtrem. Na výstupním okénku je dále upevněna primární clona, jejímž úkolem je vymezení svazku záření na odpovídající vyšetřované pole. Maximální možná kolimace rovněž snižuje dávku. Při zobrazování skalní kosti našly své místo i tubusy. Tubus je olovnatá clona ve tvaru nálevky a po jeho připevnění na výstupní okénko pomáhá efektivněji vymezit primární svazek.<sup>(11)</sup>

### **3.3 Vznik RTG obrazu**

Fotony rentgenového záření jsou na rozdíl od záření větších vlnových délek (např. viditelné světlo) schopni pronikat všemi látkami. Zároveň však dochází k jejich absorpci. Míra absorpce je závislá na energii záření a na hustotě (hustotě; protonovém čísle atomů) materiálu, kterým záření prochází. Vztáhneme-li tuto skutečnost na lidské tělo, bude například v kostní tkáni pohlcena většina procházejícího záření, oproti tomu ve svalové tkáni bude pohlcena pouze část záření (s větší vlnovou délkou, tedy záření o nižší energii s nižší schopností penetrace). Ve výsledném obraze dochází k superpozici tkání z celé šíře prozářené vrstvy. Je to důsledek zobrazení trojrozměrného objektu ve dvojrozměrném obraze.<sup>(11,URL 3)</sup>

#### **3.3.1 Sekundární clona**

Mezi detekčním zařízením a tělem pacienta je umístěna sekundární clona. Z funkčního hlediska ji tvoří mřížka fixních či pohyblivých olověných lamel orientovaných hranami ve směru paprsků primárního svazku. Jej úkolem je zachytit sekundární záření vzniknuvší v těle pacienta (hlavně na principu Comptonova rozptylu), které se šíří jinými směry než paprsky primárního svazku a které by významně snížilo kontrast výsledného obrazu.<sup>(11)</sup>

Lysholmova clona má paralelní uspořádání lamel. Jejich hustota je 40-60/cm.<sup>(URL 3)</sup>

Bucky-Potterova clona je osazena menším počtem lamel (cca 10/cm), ale jsou širší a fokusované hranami do ohniska. Během expozice je clona v pohybu, aby se clonový rastr neprojevil ve výsledném RTG obraze.<sup>(URL 3)</sup>

### 3.3.2 Detekce záření; tvorba digitálního obrazu

Výstupní RTG obraz má v dnešní době převážně digitální podobu. Lze se setkat i s dodatečným tiskem obrazu na folii; přímé fotografické zobrazení rentgenových obrazů na film je dnes již obsolentní a prakticky opuštěná metoda.

Digitální obraz lze získat přímo či nepřímo. Přímá digitalizace spočívá v zachycení prošlého RTG záření na flat-panelu a jeho konverzi na elektrický signál. Flat-panely tvoří polovodičové detektory tvořící matici o rozměrech cca 2000x2000 obrazových bodů (pixelů). CZT detektory jsou schopny přímé konverze RTG záření na elektrický signál. Detektory z amorfního křemíku konvertují na elektrický signál pouze viditelné světlo, jsou proto potaženy scintilační vrstvou z CsI(Th), kde je dopadající rentgenové záření na viditelné světlo převedeno. Každý detektor má v obvodu zapojen tranzistor (TFT), který poskytuje souřadnicové informace o detekci záření analogově-digitálnímu konvertoru (ADC). Ten střídá impulsy a převádí je do příslušných adres v obrazové matici. Dle počtu zachycených fotonů v každé detektorové jednotce je příslušnému obrazovému pixelu přiřazen odpovídající stupeň šedi. Čím více fotonů je zachyceno, tím je příslušný pixel tmavší.<sup>(URL 3)</sup>

Pokud je zavedení přímé digitalizace pro nemocnici finančně příliš náročné, nabízí se možnost nepřímé digitalizace. Ta spočívá v nahrazení filmů v kazetách paměťovými fóliemi, které si po expozici dočasně udržují tzv. latentní elektronový obraz, který lze ve speciální laserové čtečce konvertovat na výsledný digitální obraz. Paměťové fólie fungují na principu elektronové pastí. Při dopadu záření na vrstvu BaFCl:Eu dochází k excitaci elektronů europia a jejich metastabilní obsazení vakantního orbitalu. Fotostimulací infračerveným paprskem dojde k deexcitaci elektronů doprovázené emisí přebytečné energie ve formě fotonů modrého světla. To dopadá na fotonásobič. Impulz je dále převeden na elektrický signál, který je ADC jednotkou transformován na digitální obrazovou informaci.<sup>(URL 3)</sup>

## 3.4 Zobrazení kosti skalní

Existuje spousta možností, jak skiagraficky zobrazit kost skalní. Jednotlivé varianty se liší pozicí hlavy vůči zobrazovacímu systému (zejména



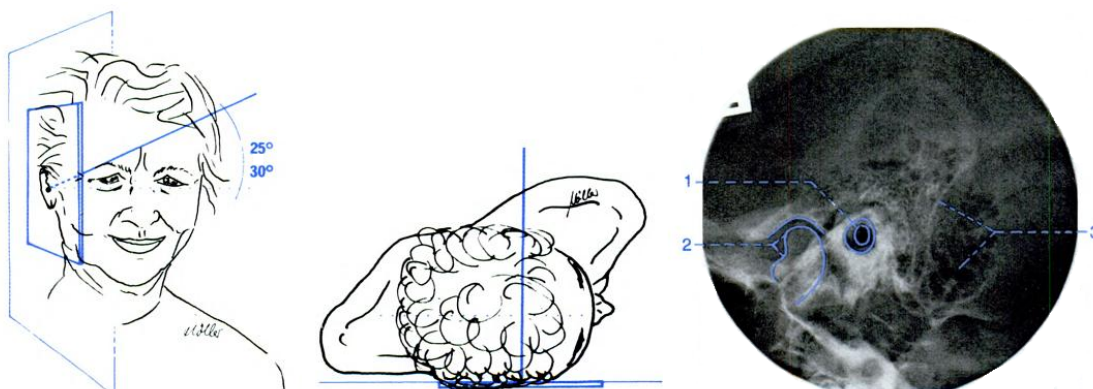
vyšetřovací stůl) a sklonu centrálního paprsku vůči rovině zobrazení. Skalní kosti je možné zobrazit buďto každou zvlášť, nebo symetricky při jedné expozici.

S ohledem na předběžný průzkum mezi radiologickými asistenty bylo pro hlavní průzkum vybráno 5 hlavních projekcí. Provedení jednotlivých projekcí je popsáno v následujících odstavcích. Ve všech případech je použita sekundární clona. Dále pro všechny případy platí, že si pacient/-ka před vyšetřením odloží všechny kovové i nekovové předměty – zejména náušnice, brýle, zubní náhrady, pírka atp. Neměli bychom také zapomenout na krytí těla pacienta (zejména gonád) olověnou zástěrou. Expoziční parametry vychází z protokolu pro celou lebku, vzdálenost rentgenky od ZS je vždy 100cm.

### 3.4.1 Schüllerova projekce

Pacient je uložen v pronační poloze (na bříše) podélně s dlouhou osou stolu, vyšetřovaná strana hlavy naléhá na desku stolu tak, aby Frankfurtská rovina byla kolmo na plochu stolu. Pacient se může v poloze fixovat rukou nevyšetřované strany. Rentgenka je sklopena o 30° kaudálně, CP protíná přiléhající zvukovod a střed kazety/detektoru. Cloníme na oblast zájmu. Pacient během expozice nedýchá, nepolyká a má široce otevřenou pusou – lepší zobrazení hrotu pyramidy. Pro lepší zobrazení mastoideální oblasti lze při polohování hlavy pacienta převrátit boltec vyšetřované strany ventrálně.<sup>(12)</sup>

Obr. č. 10 - Schüllerova projekce (Moller, 2009)

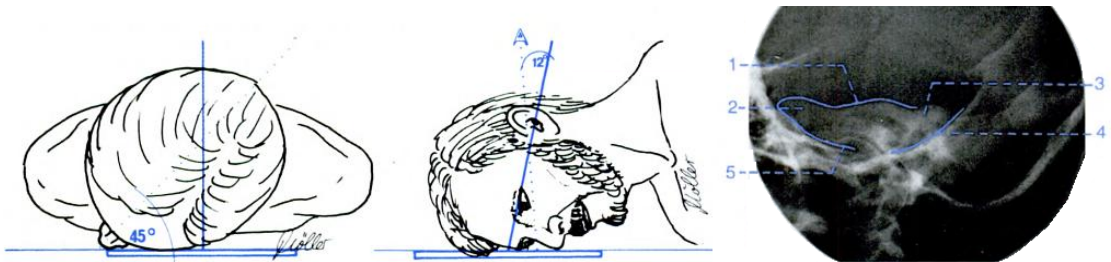


Legenda: 1 - MAE, 2 - mandibulární kloub, 3 - cellulae mastoideae

### 3.4.2 Stenversova projekce

Pacient je opět v pronační poloze, hlava je otočena o 45° vyšetřovanou stranou blíže k rentgence, laterální hrana orbity nevyšetřované strany naléhá na desku stolu. Frankfurtská horizontála zůstává kolmá na ZS. Centrální paprsek je sklopen 12° kraniálně, míří na střed spojnice zevní týlní protuberance a proc. mast. Pusa je zavřená, pacient během expozice nedýchá a nepolyká.<sup>(12)</sup>

**Obr. č. 11 - Stenversova projekce** (Moller, 2009)

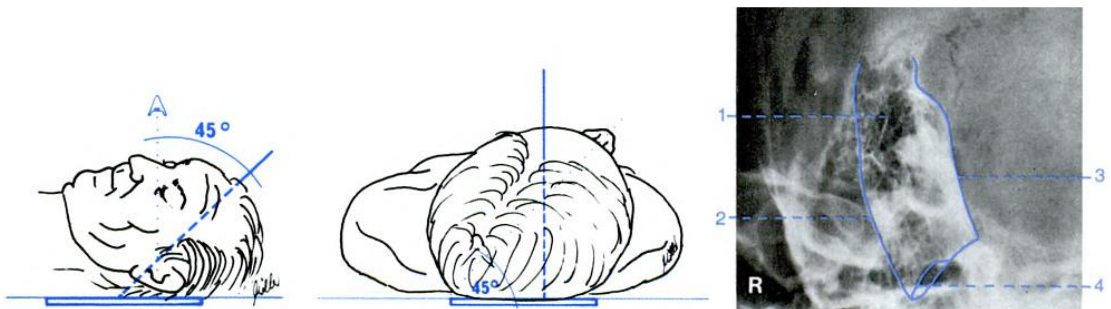


Legenda: 1 - horní okraj pyramidy, 2 - hrot pyramidy, 3 - lat. polokruh. kanálek, 4 - hrana týlní kosti, 5 - spodní hrana pyramidy

### 3.4.3 Mayerova projekce

Pacient leží v supinační poloze (na zádech). Hlava je otočena o 45° vyšetřovanou stranou k ZS, brada je pacientem přitažena ke krku tak, aby byla Frankfurtská rovina opět kolmá na desku stolu. Pusa je zavřená. CP sklopíme o 45° kaudálně, míří na proc. mast. vyšetřované strany. Dlouhá osa roviny zobrazení se promítá na lat. okraj orbity nevyšetřované strany, krátká osa zobrazení je v úrovni vlasové linie (cca 4 prsty nad kořenem nosu). Pacient dle pokynu během expozice opět zadrží dech a nepolyká.<sup>(12)</sup>

**Obr. č. 12 - Mayerova projekce** (Moller, 2009)

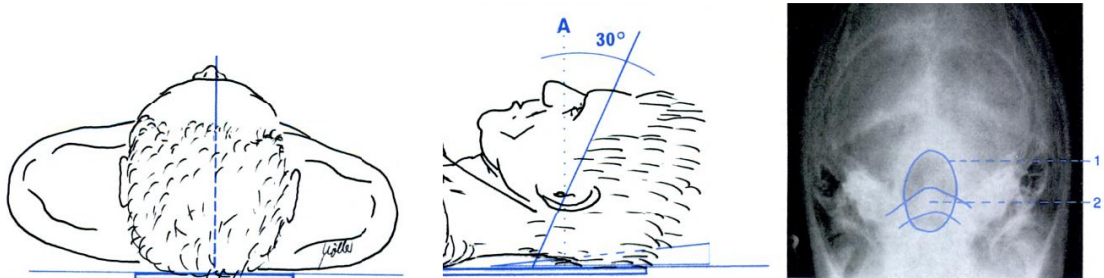


Legenda: 1 - cellulae mastoideae, 2 - přední plocha pyramidy, 3 - zadní plocha pyramidy, 4 - hrot pyramidy

### 3.4.4 Towneova projekce

Pacient je v supinační poloze na vyšetřovacím stole. Mediální (sagitální) a Frankfurtská rovina jsou kolmé na ZS, brada je tedy přitažena stejně jako u Mayerovy projekce. Pusa pacienta je zavřená. CP je sklopen 30° kaudálně. Rovina krátké osy roviny zobrazení protíná zevní zvukovody. Pacient po dobu expozice nepolyká a zadržuje dech. Tato projekce je jediná z popisovaných, která symetricky zobrazuje obě kosti skalní při jedné expozici.<sup>(12,13)</sup>

Obr. č. 13 - Towneova projekce (Moller, 2009)

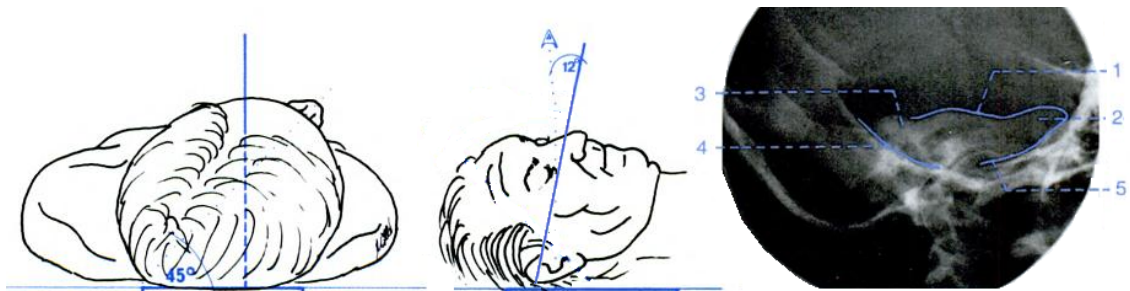


Legenda: 1 - foramen ovale (FO), 2 - zadní oblouk atlasu (C1) - má se pomítat do FO

### 3.4.5 Arcelinova projekce

Pacient je v supinační poloze. Hlavu otočíme o 45° vyšetřovanou stranou blíže k rentgence. Frankfurtská horizontála je kolmá na ZS. Rentgenka je sklopena o 12° kranálně a CP míří 1 prst frontálně od středu Frankfurtské horizontály na nevyšetřované straně. Jako ve všech předešlých případech je pacientovi před expozicí udán pokyn nedýchat a nepolykat. Výsledné zobrazení kosti skalní je shodné se zrcadlově převrácenou Stenversovou projekcí ipsilaterální kosti.<sup>(12)</sup>

Obr. č. 14 - Arcelinova projekce (Moller, 2009)



Legenda: 1 - horní okraj pyramidy, 2 - hrot pyramidy, 3 - lat. polokruh. kanálek, 4 - hrana týlní kosti, 5 - spodní hrana pyramidy

## 4 POČÍTAČOVÁ TOMOGRAFIE

Počítačová (výpočetní) tomografie je radiodiagnostické odvětví založené na digitálním matematickém zpracování hrubých dat získaných během tomografického vyšetření na CT přístroji. Na rozdíl od klasické skiografie, jejímž konečným výstupem je planární projekce snímaného objektu, kde jsou denzity různých tkání sumovány do jedné roviny, poskytuje výpočetní tomograf "denzitní mapu" vyšetřované oblasti, která nese informace o prostorovém rozložení různě denzních tkání ve vyšetřovaném objemu.<sup>(URL 3)</sup>

### 4.1 Konstrukce CT

Výpočetní tomograf sestává ze zobrazovacího systému, vyšetřovacího stolu, výpočetní jednotky a zdroje vysokého napětí. Od svého vzniku na počátku 70. let prodělal výpočetní tomograf četné konstrukční změny, přičemž se nejlépe osvědčil koncept 3. generace. Ta se na rozdíl od ostatních generací vyznačuje plně rotačním systémem rentgenka - detektory. U předchozích generací byl pohyb systému rotačně-translační, což značně prodlužovalo dobu vyšetření a dávku obdrženou pacientem. 4. generace s rotující rentgenkou a statickým prstencem detektorů se neosvědčila.<sup>(14)</sup>

#### 4.1.1 Výpočetní tomograf 3. generace

CT 3. generace se vyznačuje možností kontinuálního helikálního vyšetření těla pacienta. Pacient spočívá na vyšetřovacím stole, který plynule projíždí gantry většinou paralelně s osou rotace zobrazovacího systému. Současný pohyb stolu a rotoru způsobuje, že rentgenka s detektory obkružuje tělo pacienta v podélně orientované spirále. Kontinuální rotaci systému umožňuje technologie slip-ring, která nadále řeší dodávku energie, datový tok je v současnosti řešen radiofrekvenčním přenosem.<sup>(14)</sup>

Zdrojem RTG záření je převážně rentgenová lampa typu Straton, která uvnitř vakuové bání neobsahuje pohyblivé součástky a rotuje jako celek. To značně prodlužuje její životnost, protože má ložiska přístupná k promazávání a protože anoda svojí zevní plochou přímo komunikuje s chladícím médiem, tudíž mnohem efektivněji odvádí teplo a její tepelná kapacita není omezena. Zhavící a anodové napětí je vzhledem ke konstrukci opět vyřešeno sběrnými

prstenci (slip-rings). Pozice dopadového ohniska na anodě je určena velikostí proudu ve vychylovacích cívkách. Lze takto definovat i více ohnisek. Periodickým střídáním ohnisek v podélném směru neboli ve směru osy z (z-flying spot) je možné prakticky zdvojnásobit počet vrstev pořízených během jedné expozice, čehož lze prakticky využít např. u dynamického srdečního scanu. Svazek RTG záření opouštějící rentgenku je kolimován do tvaru vějíře a dopadá na kontralaterálně uloženou soustavu detektorů.<sup>(URL 3, URL 5)</sup>

#### **4.1.2 Multidetektorové a dual-source tomografie**

Novější modely CT přístrojů (princiálně stále 3. generace) jsou osazeny širokou sítí detektorů, které jsou uspořádány do konkávních pásů. Nejčastěji se setkáváme s keramickými detektory s ultrarychlou odezvou. Plocha detektorů se různí dle vzdálenosti příslušné řady od CP. Marginální řady bývají vzhledem k ostřejšímu úhlu dopadu RTG záření podélně rozšířené. Např. 16řadé MDCT je osazeno osmi řadami detektorů o šířce 1,5mm, mezi něž je vmezeřeno dalších 16 řad o poloviční šíři. RTG záření pak může být kolimováno buďto na centrální úzké řady (získáváme 16 úzkých datových stop), nebo na celé pole s tím, že úzké řady budou sdruženy po dvou (získáme 16 širokých datových stop). Takový systém se označuje jako adaptive array detector. Existuje i systém isometrických detektorů, kde mají řady stejnou šíři a šíře vrstev je řešena pouze sdružováním řad při konstantní šíři svazku (fixed array), ten bývá instalován u CBCT.<sup>(14, URL 5)</sup>

Dual-source CT obsahuje ve své gantry 2 zobrazovací systémy. Akvizice dat je uskutečňována oběma systémy naráz při stejném anodovém napětí, což zkracuje akviziční čas a tedy i časové rozlišení. Přístroj může pracovat i v režimu dual-energy, který umožňuje určovat složení tkání na základně diferenciální analýzy denzitních obrazů.<sup>(URL 3)</sup>

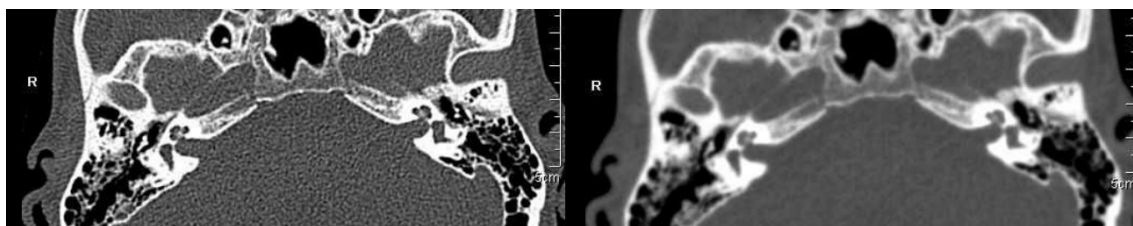
#### **4.1.3 Tomografie s vysokým rozlišením**

O tomografii s vysokým rozlišením - HRCT (high resolution computed tomography) mluvíme v případě, kdy je nastavena úzká nominální kolimace, což v praxi znamená přibližně 2 - 0,5mm. Při definování více ohnisek (flying spot) může být tloušťka řezu ještě užší (kolem 0,3 mm).<sup>(URL 6, URL 7)</sup>

Pro vyšetření s vysokým rozlišením je vhodné použití vysokofrekvenčního výpočetního algoritmu (kernelu). Vzhledem k tomu, že

skalní kost je tvořena kompaktní kostní tkání, uvnitř je statokinetické ústrojí obsahující tekutinu a pneumatizovaná středoušní dutina a mastoideální sklípky, je zde spousta rozhraní s velkými rozdíly denzit, které by byly při užití středně- či nízkofrekvenčního filtru setřeny. Šum podmíněný vysokofrekvenčním filtrem nemá na výsledný obraz takový vliv (obr. č. 15).<sup>(14)</sup>

**Obr. č. 15 - Vliv kernelu na výsledný obraz** <sup>[online]</sup>



vlevo: vysokofrekvenční kernel vhodný pro HRCT

vpravo: nízkofrekvenční kernel

## 4.2 vznik obrazu a jeho rekonstrukce

Výpočetní tomograf funguje na denzitometrickém principu. Detektory zachycují zeslabené záření prošlé pacientem a převádějí je na elektrický signál. V rámci každé jedné koronární roviny (axiální vrstvy těla pacienta o definované tloušťce) je díky rotaci systému rentgenka-detektory provedeno mnoho atenuačních měření z různých směrů. Z údajů o atenuaci prošlého záření z jednotlivých směrů je rekonstruována numerická matice. Matice má rozměr většinou 512x512 či 1024x1024 elementů. Číselná hodnota jednotlivých prvků matice odpovídá míře atenuace záření (denzitě tkáně) v příslušném sektoru vyšetřované vrstvy a nazývá se Hounsfieldův absorpční koeficient neboli HU.<sup>(15)</sup>

Hounsfieldova škála je stupnice o rozsahu  $2^{12}$  jednotek, přičemž denzitě vody byla přiřazena hodnota 0 HU a denzitě vzduchu hodnota -1000 HU. Maximální hodnota je tedy 3096 a odpovídá denzitě kovu či koncentrované kontrastní látky. Dle denzity vyšetřované struktury vymezujeme určitý podinterval HU - window (okénko), kterému je přiřazena osmibitová škála odstínů šedé barvy. Střed okénka (C) je volen dle denzity vyšetřované struktury, šíře okna (W) pak ovlivňuje dynamický rozsah rozlišitelných denzit. Tkáně s absorpčními koeficienty mimo zvolený interval se zobrazují jako bílé (vyšší denzita) nebo černé (nižší denzita). Počítačová tomografie má sice omezené

geometrické rozlišení, ale kompenzuje ho velmi vysokým kontrastním rozlišením.<sup>(14,15)</sup>

Výsledný CT obraz je tvořen maticí obrazových bodů - pixelů. Rozlišení obrazu je dáno velikostí číselné matice a zvolenou velikostí zobrazeného pole (FOV). Vzhledem k tomu, že každý jednotlivý obrazový bod (pixel) představuje absolutní hodnotu denzity tkáně v příslušném objemovém bodě těla pacienta, označujeme jednotlivé body vrstvy jako voxely (objemové elementy). Hloubka voxelů odpovídá šíři vrstvy, která je dána zejména hodnotou nominální kolimace a faktorem stoupání.<sup>(15,URL 8)</sup>

#### **4.2.1 Multiplanární rekonstrukce**

Z pořízených hrubých dat lze v rámci postprocessingu rekonstruovat řezy vyšetřeným objemem ve zbylých rovinách - multiplanární rekonstrukce (MPR). Pro dostatečně kvalitní rekonstrukce je třeba správné nastavení akvizičních parametrů - od těch se odvíjí kvalita získaných hrubých dat (raw data), ze kterých rekonstrukce vytváříme. Nejlepších výsledků je dosahováno, pokud máme k dispozici tzv. izotropní datové pole, které sestává z prostorové matice kubických voxelů. Dále kvalita řezů závisí zejména na míře překrývání sousedních axiálních vrstev, zvolené šíři rekonstruovaných vrstev a na rekonstrukčním algoritmu (kernelu). Multiplanární rekonstrukce jsou v případě diagnostiky patologií oblasti skalní kosti nejčastější.<sup>(URL 8)</sup>

#### **4.2.2 Trojrozměrné rekonstrukce**

3D rekonstrukce jsou vytvářeny zejména pro posouzení stavu skeletu a cévního řečiště. Lze tak získat lepší představu o anatomických poměrech v těle příslušného pacienta a o rozsahu případného postižení (průběhy fraktur, cévní malformace, kloubní abnormality atp.).<sup>(14)</sup>

Mezi hlavní typy postprocessingových 3D rekonstrukcí patří rekonstrukce SSD, MIP a VRT. SSD (shaded surface display) je iluzorní zobrazení povrchu dutých orgánů, které nachází využití především v případě virtuálních endoskopických vyšetření trávicí trubice a velkých cév.<sup>(14)</sup>

Princip MIP (maximum intensity projection) spočívá v definování různých typů tkání na základě intervalů Hounsfieldových jednotek. Těmto strukturám lze následně například přisoudit barvu nebo je lze z 3D obrazu vyšetřované oblasti

zcela vyloučit. Lze takto dobře zobrazit například cévní větvení a jejich postižení (embolizace, aneurismata apod.).<sup>(14)</sup>

VRT (volume rendering technique) je technika kombinující oba výše zmíněné principy. Jednotlivé typy různě denzních tkání, které chceme odlišit, jsou opět určeny denzním rozpětím. Jednotlivým intervalům jsou opět přiřazeny různé barvy. Zatímco v případě MIP byl definován stejný odstín barvy pro celý interval a nerovnosti v dutých orgánech jsou rozpoznatelné na základě odrazu a rozptylu virtuálního světla, u VR techniky připadají odstíny zvolené barvy různým hodnotám denzity tkáně v rámci příslušného intervalu.<sup>(14)</sup>

### **4.3 Vyšetření skalních kostí na CT**

Pacient je uložen na vyšetřovacím stole v supinační poloze s hlavou orientovanou ke gantry. Hlava je fixována k podhlavníku popruhem se suchým zipem, ruce má vyšetřovaný uloženy podél těla či na břicho. Následně je pacient vyvezen do požadované výšky pozice vůči zaměřovacímu systému. Gantry se nemusí sklápět. Kontrastní látka se při HRCT vyšetření běžně neaplikuje.<sup>(URL 7)</sup>

Před vlastním vyšetřením je pořízen topogram. Pacient je zavážen do gantry za současné expozice. Během získávání topogramu se systém rentgenka - detektory nepohybuje, ale setrvává v horizontální poloze. Získáme tak prostý laterolaterální obraz požadované oblasti - v tomto případě lebky. V dalším kroku je definována požadovaná oblast, která má být vyšetřena, a následně je spuštěna expozice.

Na velikosti dávky obdržené pacientem má mimo jiné akviziční parametry vliv i délka vyšetřované oblasti v ose z. Pokud není třeba vyšetřit celou lebku, je vhodné vyšetření omezit v kraniokaudálním směru. Pacient je následně propuštěn a pořízená data zpracována v rámci postprocessingu. Pro lepší rozlišení obrazu je vhodné omezit FOV na požadovanou oblast. Prakticky postačuje čtverec o straně cca 8cm.<sup>(URL 7)</sup>



## 5 KRITÉRIA KVALITY A RADIAČNÍ HYGIENA

Všechny systematické činnosti nezbytné pro splnění bezpečnostních a kvalitativních standardů se souborně nazývají jako systém jakosti. Jeho cílem je poskytnout záruku, že jsou v požadované míře splňovány všechny prvky radiační ochrany. Zabezpečení jakosti spočívá ve standardizaci všech postupů, vedení dokumentace a ověřování systému vč. technického stavu přístrojů.

Radiační ochrana má 4 hlavní principy - princip odůvodněnosti, optimalizace, princip fyzické bezpečnosti zdroje IZ a princip nepřekračování limitů. Na terapeutické a diagnostické ozáření se vztahují pouze první tři principy.<sup>(16)</sup>

### 5.1 Princip odůvodněnosti vyšetření

V první řadě by mělo být diagnostické ozáření pacienta řádně odůvodněno lékařem. Kvalita zobrazení při rozhodování, zda pacienta nechat vyšetřit či nikoliv, by přitom neměla hrát roli. Vyšetřující lékař by pacienta k radiodiagnostickému vyšetření neměl indikovat, pokud nebude mít pro příslušného pacienta prokazatelný užitek. Zobrazení by tedy mělo sloužit ke stanovení či potvrzení diagnózy, plánování léčebné strategie a určení důsledků nemoci a zvolené terapie pro pacienta. Pro takový účel by měl lékař zvolit takový způsob vyšetření, který bude dostatečně citlivý, přesný, specifický a bude mít dostatečnou výtěžnost to vše při minimálním možném riziku nežádoucích účinků pro pacienta.<sup>(16)</sup>

Princip odůvodněnosti rovněž vyžaduje, aby byl s vyšetřujícím lékařem v blízké interakci i specialista v oboru (radiolog). Ten by se měl podílet na výběru vhodné zobrazovací metody, popisuje obrazy získané při vyšetření a komunikuje s radiologickými asistenty provádějícími vyšetření.<sup>(16)</sup>

### 5.2 Princip optimalizace ochrany

Pracovníci zacházející se zářením jsou povinni řídit se principy radiační ochrany v takové míře, aby vzhledem ke společenským a hospodářským hlediskům byla pravděpodobnost ohrožení životního prostředí, zdraví osob či jejich života tak nízká, jak jen lze rozumně dosáhnout. Tento princip se

označuje anglickou zkratkou ALARA (as low as reasonably achievable) a je ho dosahováno zavedením systému jakosti. Co se týče radiodiagnostiky, vyšetření mají být prováděna takovým způsobem, aby byly dávky v těle pacienta co nejnižší a přitom byla zachována dostatečná kvalita získané diagnostické informace. K optimalizaci vyšetření rovněž slouží diagnostické referenční úrovně (limity), jejichž překročení se u běžného pacienta a standardního vyšetřovacího postupu neočekává.<sup>(16)</sup>

### 5.3 Princip fyzické bezpečnosti zdrojů IZ

Zabezpečení zdrojů by mělo být zajištěno do té míry, aby za běžného provozu nemohlo docházet k nepředvídatelným událostem. Toho je dosaženo, zabráněním přístupu nepovolaným osobám, pravidelnými kontrolami provozní stálosti a dlouhodobé stability, přijímací zkoušky, ověřování shody a další prvky, jež jsou součástí systému jakosti.<sup>(16)</sup>

### 5.4 Radiační ochrana

Hlavní způsoby, jak se chránit před individuálním ozářením jsou: regulace emise zdroje IZ (ALARA), dodržování maximální možné vzdálenosti od zdroje, vystavování se IZ nejkratší možnou dobu (pokud je to nezbytné) a používání ochranných pomůcek. Ideální je kombinace všech těchto zásad.<sup>(URL 10)</sup>

#### 5.4.1 Radiační ochrana radiologických asistentů

Radiologičtí asistenti se chrání zejména stíněním (vč. ochranných pomůcek), vzdáleností a časem. Dávkové limity pro radiační pracovníky jsou oproti obecným limitům pro obyvatelstvo navýšeny.

**Tabulka č. 01 - Roční dávkové limity** <sup>(Hušák, 2009)</sup>

VELIČINY	LIMITY		
	obecné	rad. pracovníci	rad. studenti
Efektivní dávka/rok [mSv]	1	50	6
Efektivní dávka/5 let [mSv]	5	100	-
Ef. dávka v čočce/rok [mSv]	15	150	50
Ef. dávka na ruce a nohy/rok [mSv]	-	500	150
Prům. ekv. dávka v 1cm <sup>2</sup> kůže/rok [mSv]	50	500	150

Efektivní dávky uvedené v tabulce č. 01 jsou součty efektivních dávek ze zevního a vnitřního ozáření. Nelze je získat přímým měřením, získávají se výpočtem z dávkových ekvivalentů, které jsou snadno měřitelné osobními dozimetry. Dozimetry jsou vyměňovány každý měsíc a odesílány k vyhodnocení na CSOD.<sup>(16)</sup>

#### 5.4.2 Radiační ochrana pacientů

Co se týče ochrany pacientů, měl by se indikující lékař držet principů odůvodněnosti a vyšetření raději neprovádět, pokud: není nezbytné, jeho výsledek nebude mít vliv na léčebný postup, není neodkladné, je zbytečně časté či bylo již provedeno (např. v jiném zdravotním zařízení) apod. Těhotné pacientky musí být poučeny a podepsat informovaný souhlas s vyšetřením.<sup>(URL 9)</sup>

Radiologický asistent přispívá k minimalizaci dávky zejména maximálním možnou kolimací, správným nastavením expozičních parametrů (spíše vyšší kV - šetření kůže), vykrýváním nevyšetřovaných oblastí ochrannými pomůckami a poučením pacienta o vyšetření (nehýbat se).<sup>(URL 10)</sup>

### 5.5 Radiační zátěž při RTG a CT vyšetření

Jak je zřejmé již z podstaty obou typů vyšetření, výpočetní tomografie představuje pro indikované pacienty vyšší radiační zátěž. Pro představu, jaký je rozdíl mezi RTG a CT vyšetřením totožné oblasti, jsou předloženy následující údaje.

**Tabulka č. 02 - Efektivní dávky z diag. vyšetření hlavy** (Věstník MZČR, 2003)

Typ vyšetření	Efektivní D [mSv]	Ekvivalentní počet RTG snímků hrudníku	Ekvivalentní doba pobytu v přírodním rad. pozadí
RTG lebky	0,07	3,5	~ 11 dní
CT hlavy	2,3	115	~ 1 rok (362 dní)

V tabulce jsou uvedeny údaje platné pro diagnostické vyšetření celé hlavy, což je vzhledem k totožnému cílovému objemu výhodné pro srovnání obou typů vyšetření. Totožné hodnoty lze aktuálně nalézt i na stránkách SUJB, kde je mj. k nalezení i hodinový dávkový příkon z přírodního pozadí v ČR, který je  $0,14\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ , což odpovídá efektivní dávce  $3,36\mu\text{Sv}$  za 24 hodin.<sup>(URL 11)</sup>

# PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část této práce se zabývá vztahem radiologických asistentů a některých lékařů (z oboru radiologie či otorhinolaryngologie) ke způsobům vyšetření kosti skalní využívajícím ionizující záření - klasickému skiagrafickému zobrazení a zobrazení za pomoci počítačové tomografie.

## 6 CÍLE

1. Zjistit, jaké jsou konkrétní příčiny ústupu od skiagrafického zobrazování kosti skalní.
2. Zjistit úroveň znalostí a zkušeností radiologických asistentů v oblasti RTG zobrazování kosti skalní.
3. Poukázat na názory vybraných lékařů ohledně možností zobrazení oblasti kosti skalní a konfrontovat je s výsledky kvantitativního výzkumu mezi radiologickými asistenty.

## 7 HYPOTÉZY

K cílům jsou stanoveny následující hypotézy:

1. Rentgenové zobrazení skalní kosti je jinými zobrazovacími metodami nahrazováno pro nedostatečný diagnostický přínos a dále se bude využívat jako kontrolní metoda.
2. Radiologičtí asistenti mají pro RTG zobrazování kosti skalní dobrý teoretický základ, ale nemají se zobrazováním této oblasti dostatek zkušeností.
3. Lékaři se s radiologickými asistenty shodují na přednostech a nedostatcích obou vyšetřovacích modalit.

## 8 METODOLOGIE VÝZKUMU

Pro tuto práci byl zvolen kvantitativní i kvalitativní sběr informací. Data byla sbírána v období od listopadu 2013 do konce ledna 2014.

Skalní kost, potažmo příslušná oblast hlavy, nebývá pravidelně vyšetřována na každém pracovišti. Například v Plzni jsou indikovaní pacienti směřováni zejména do FN-Bory, protože je zde velká klinika ORL, kde je zobrazení kosti skalní nejčastěji vyžadováno. Vybrány proto byly ty nemocnice, kde se jednak radiodiagnostická vyšetření kosti skalní běžně provádějí, a to jak na klasickém RTG přístroji, tak na CT.

Výběr vhodných respondentů byl tedy dosti omezen nízkým počtem vhodných pracovišť. Radiologičtí asistenti, na jejichž pracovišti se skalní kost vyšetřuje, by měli být s to nejlépe posoudit a srovnat oba typy vyšetření, byť je jich omezený počet.

Za zmínku stojí rovněž fakt, že zdaleka ne všechna pracoviště/vedení nemocnic se k žádosti o svolení k provedení výzkumu vyjádřila kladně.

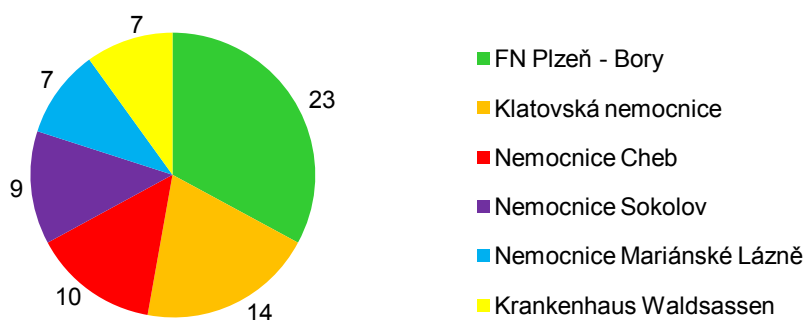
### 8.1 Kvalitativní sběr dat

Radiologickým asistentům působícím na radiodiagnostických pracovištích ve vybraných nemocnicích byl předán k vyplnění dotazník. Kvalitativní výzkum byl proveden v těchto nemocnicích:

- Fakultní nemocnice Plzeň - Bory
- Klatovská nemocnice a.s.
- Karlovarská krajská nemocnice a.s. - Nemocnice Cheb
- Nemocnice Sokolov
- Nemocnice Mariánské Lázně
- Kliniken Nordoberpfalz AG - Krankenhaus Waldsassen - Německo

Celkem bylo od radiologických asistentů shromážděno 70 vyplněných dotazníků. Počty respondentů a tedy i zastoupení jednotlivých nemocnic ve výsledcích ilustruje následující graf:

**Graf č. 01 - Počty respondentů v nemocnicích**



Dotazník sledoval základní údaje radiologických asistentů (pohlaví, rok narození, počet let v oboru radiodiagnostiky), jeho stěžejní část pak představovalo 16 otázek, z toho 13 otázek polytomických. 2 otázky byly kontrolní pro ověření údajů. Respondenti měli možnost své výpovědi komentovat a psát připomínky. Dotazník probíhal anonymně ve všech českých nemocnicích, pouze v případě německé nemocnice bylo vyplňování dotazníků asistováno, a to z důvodu prevence případného chybného pochopení či nepochopení otázek a odpovědí a tedy i zkrácení výsledků na jazykovém podkladě.

Důvodů, proč jsem se rozhodl do výzkumu zařadit i německý Krankenhaus Waldsassen, je hned několik. Po předběžném průzkumu během mého tamějšího působení v rámci čtvrtletní pracovní stáže Erasmus jsem zjistil, že rozsah teoretických znalostí a praktických dovedností radiologických asistentů v Německu (přinejmenším ve východním Bavorsku) je přes drobné odlišnosti ve způsobu vzdělávání naprosto srovnatelný. Dále jsem zaznamenal obdobný trend jako v tuzemsku - RTG zobrazování skalní kosti je na ústupu. Pominu-li jiný úřední jazyk, neobjevil jsem žádné významné rozdíly, které by snad mohly nějakým způsobem zkreslit výsledná data, proto jsem si dovilil provést výzkum i zde a navýšit tak počet respondentů a tím i celkovou výpovědní hodnotu získaných informací.

## **8.2 Kvantitativní sběr dat**

Pro získání uceleného přehledu o problematice zobrazování kosti skalní byli osloveni i někteří lékaři. Rozhovory s jednotlivými lékaři probíhaly až po shromáždění dat od radiologických laborantů. Tato data byla nápomocna

při formulování potřebných dotazů, které byly následně kladeny jednotlivým lékařům.

Rozhovory s lékaři a lékařkami byly polostrukturované a vedené s každým jednotlivcem zvlášť. Dotazovaní měli možnost se k požadovaným tématům volně vyjádřit a podělit se o své postřehy a zkušenosti z praxe. Všichni níže uvedení lékaři, kteří byli požádáni o rozhovor, se dobrovolně podělili o své názory a zkušenosti a souhlasí, že informace od nich získané budou použity pro potřeby této práce.

Informace mi poskytli tito lékaři:

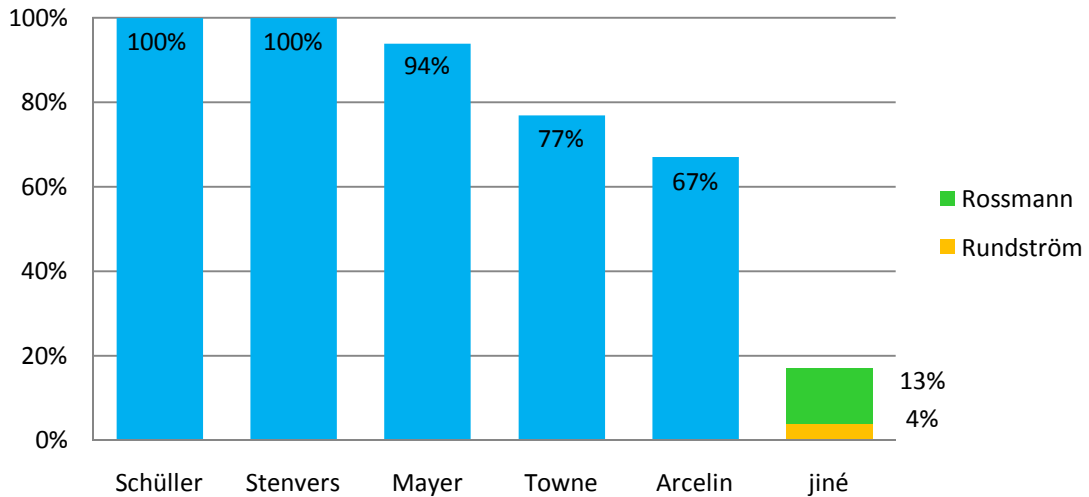
- doc. MUDr. Jaroslav Slípka, CSc.
- prof. MUDr. Boris Kreuzberg, CSc.
- MUDr. Lenka Fišerová - Mariánské lázně
- prim. MUDr. Václav Vokáč - Cheb
- MUDr. Martin Trpák - Cheb
- MUDr. Iva Tylečková - Cheb
- MUDr. Milan Václav - Cheb
- OA Dr. Tobias Frank - Waldsassen

Cílem rozhovorů bylo získat zejména tyto informace: vztah příslušného lékaře k RTG zobrazování kosti skalní a k jednotlivým projekcím, posouzení hlavních kladů a záporů RTG a CT vyšetření, důvody indikace a diagnostická hodnota obou typů vyšetření, význam skiagrafického a CT vyšetření jako kontrolní metody, nahraditelnost rentgenového vyšetření výpočetní tomografií, přístup mladších lékařů k RTG vyšetřování skalní kosti a jejich schopnost snímky popsat, názor na míru docenění a využívání skiografie při zobrazování kosti skalní v následujících letech.

Vzhledem k tomu, že během rozhovorů měli jednotliví lékaři možnost se k požadovaným tématům vyjadřovat volně, nebylo možné informace získané z jejich výpovědí jednoduše shrnout do grafu či tabulky. Z toho důvodu nejsou informace získané od lékařů citovány v kapitole 9, ale jsou uvedeny u příslušných témat v diskuzi.

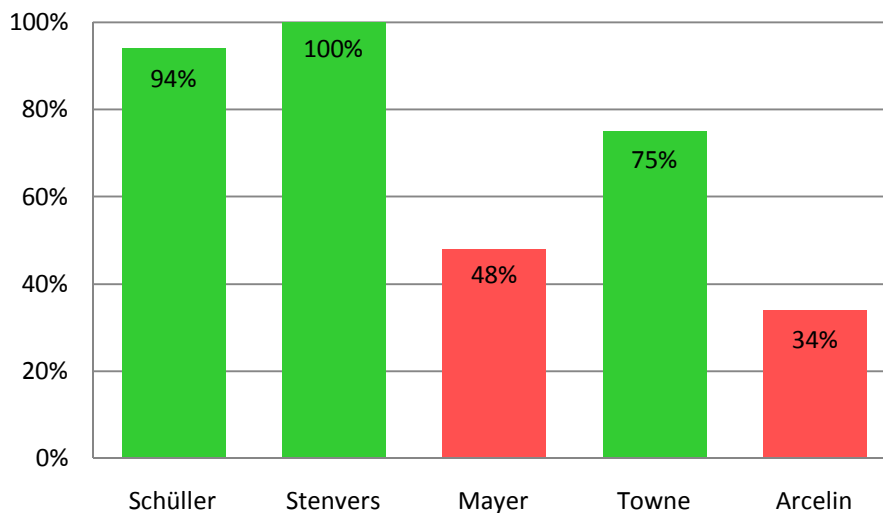
## 9 ZÍSKANÁ DATA

**Graf č. 02 - Povědomí o RTG projekcích mezi radiologickými asistenty (v %)**



Ze získaných dat vyplývá, že jsou většině radiologických asistentů dotazované projekce známy. 17% respondentů doplnilo, že znají i projekce dle Rossmanna a Rundströma. Pouze projekce dle Schüllera a Stenverse byly v dotazníku označeny všemi respondenty. Znalost projekcí je v tomto případě míněna jako obeznámenost dotazovaných s vlastní existencí daných projekcí. Teoretická znalost příslušných projekcí byla zkoumána zvlášť.

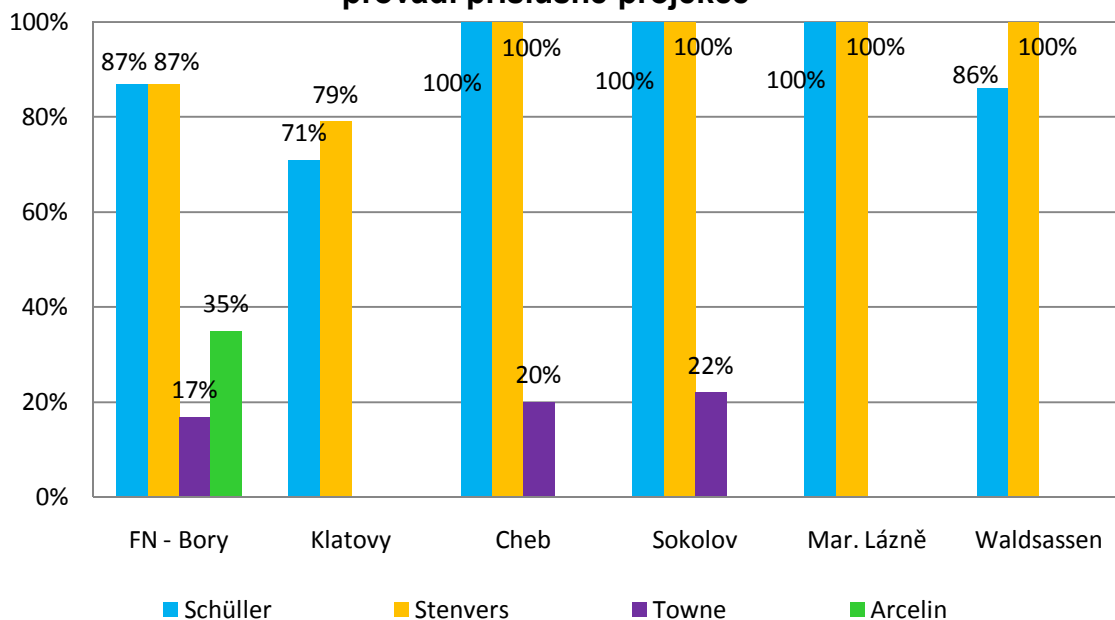
**Graf č. 03 - Podíl RAS (v %) schopných samostatně vykonat příslušnou projekci**





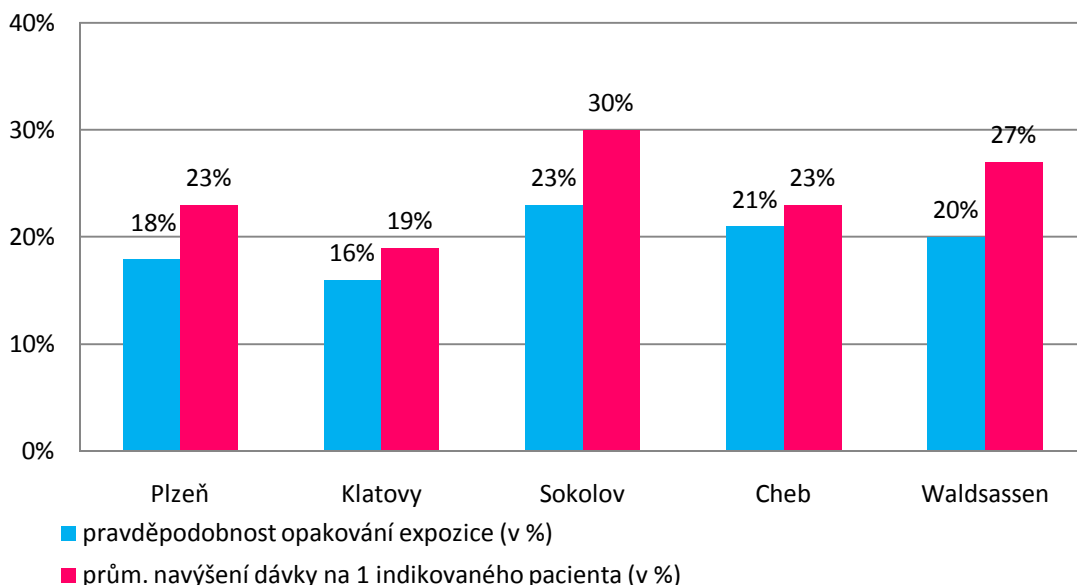
Co se týče schopnosti radiologických asistentů příslušné projekce samostatně vykonat na základě vlastních teoretických znalostí, byl zaznamenán výrazný propad u Mayerovy a Arcelinovy projekce. To je patrné na grafu č. 03.

**Graf č. 04 - Podíly RAS (v %), kteří na svém pracovišti provádí příslušné projekce**



Graf č. 04 mapuje, jak se na provádění rentgenových vyšetření za využití příslušné projekce podílejí radiologičtí asistenti daného radiodiagnostického pracoviště. Tyto výsledky rovněž ukazují, jaké projekce jsou na zkoumaných pracovištích prováděny.

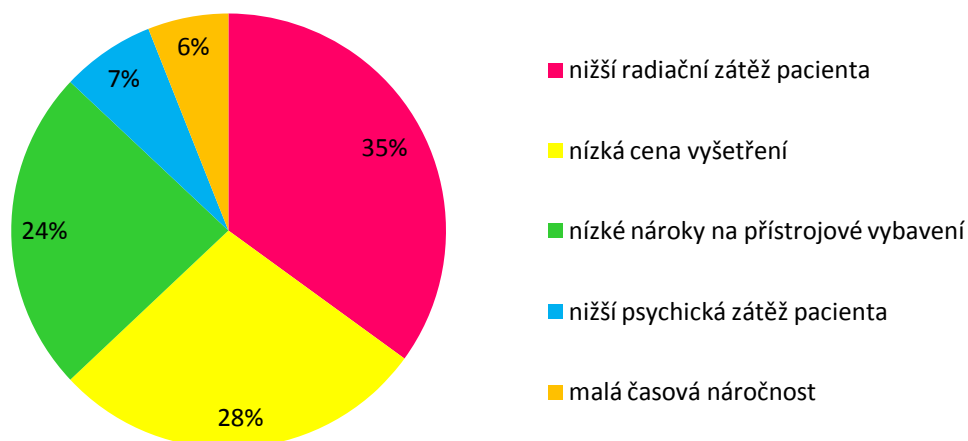
**Graf č. 05 - Úspěšnost RAS při skiagrafickém zobrazování (v %) a vliv na dávku obdrženou pacientem**



Dalším předmětem zájmu byla úspěšnost radiologických pacientů při skiagrafickém vyšetření skalní kosti. Respondenti byli dotazováni na přibližný podíl pacientů, u kterých je třeba RTG vyšetření opakovat, a dále měli odhadnout, kolikrát obvykle musí projekci opakovat, než je zobrazení správné. Modré sloupce vyjadřují, s jakou pravděpodobností bude u libovolného indikovaného pacienta vyšetření aspoň jednou opakováno; červené sloupce ukazují, o kolik procent se z dlouhodobého hlediska zvyšuje dávka obdržená jedním pacientem na jedno vyšetření. Data získaná v nemocnici v Mariánských Lázních nejsou do grafu zanesena, protože způsob RTG vyšetření skalní kosti se v tomto případě vymykal běžnému standardu. Detaily jsou uvedeny v diskuzi.

Následující 4 grafy ukazují, jakou důležitost přisuzují radiologičtí asistenti jednotlivým faktorům představujícím klady a zápory obou zkoumaných vyšetřovacích modalit. Respondenti byli požádáni, aby u každého vyšetření subjektivně vyjádřili nejdůležitější faktory, které považují za hlavní přednosti či nedostatky oproti druhému zkoumanému typu vyšetření.

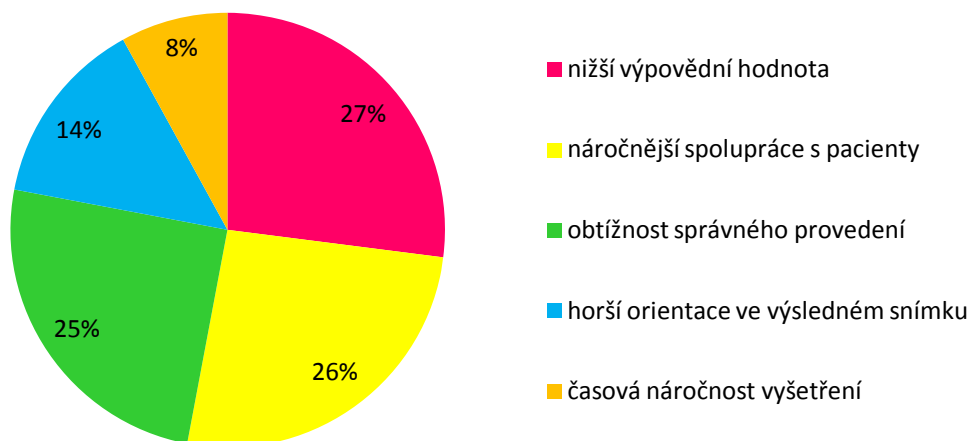
**Graf č. 06 - Klady a přednosti klasického RTG zobrazování skalní kosti dle radiologických asistentů**



Jak je patrné z výsledků, na skiagrafickém zobrazování skalní kosti si radiologičtí asistenti cení zejména nižší radiační zátěže pacienta, významným kladem se ukázala být i nízká cena vyšetření. Jako hlavní nevýhody skiagrafického zobrazení byly uvedeny nižší výpovědní hodnota vyšetření,

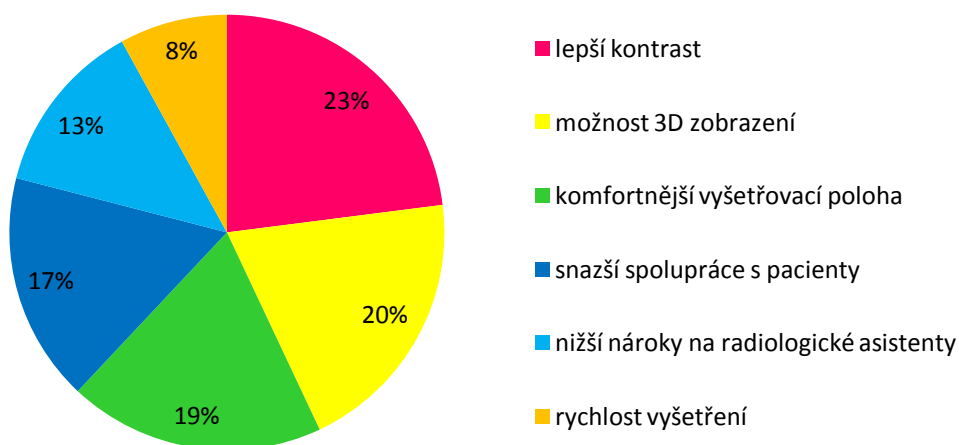
dalšími významnými zápory jsou náročnost správného provedení požadované projekce na kost skalní a také nižší compliance pacientů.

**Graf č. 07 - Zápory a nedostatky RTG zobrazování skalní kosti dle radiologických asistentů**



V případě CT vyšetření skalní kosti nebyl žádný z kladů výrazně převažující nad ostatními, což znamená, že výpočetní tomografie nepředstavuje pouze progres ve výpovědní hodnotě vyšetření, která je významná pro lékaře, ale zároveň přináší ve více ohledech i vyšší komfort pro radiologické asistenty a vyšetřované pacienty.

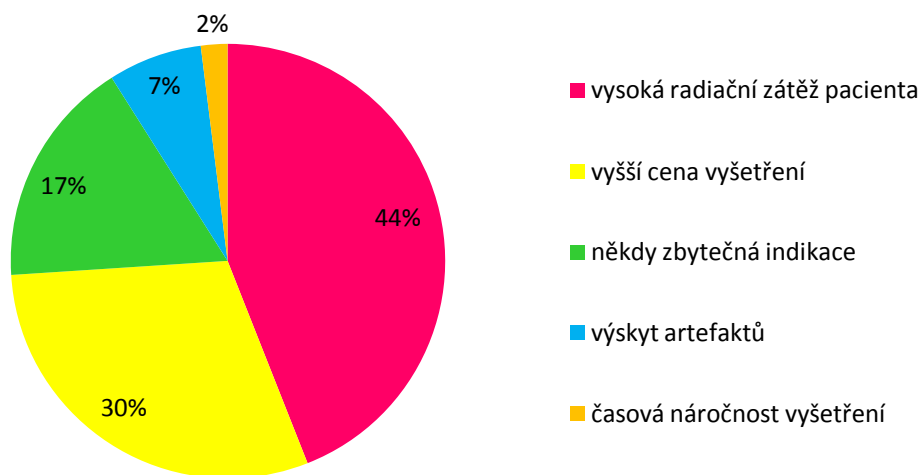
**Graf č. 08 - Klady a přednosti CT zobrazování skalní kosti dle radiologických asistentů**



Naprosto jednoznačným a převažujícím záporům CT vyšetření skalní kosti oproti skiagrafičtým metodám je vyšší radiační zátěž pro pacienta, který

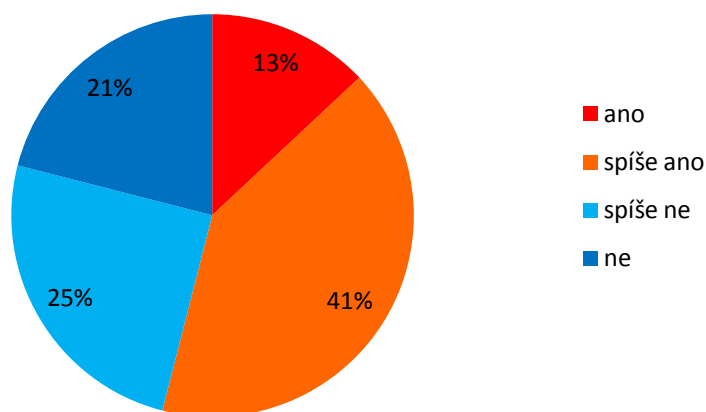
CT vyšetření podstupuje. Druhá nejdůležitější nevýhoda CT vyšetření je jeho cena. Není to však faktor, který by mohli radiologičtí asistenti v rámci své práce ovlivnit.

**Graf č. 09 - Zápory a nedostatky CT zobrazování skalní kosti dle radiologických asistentů**



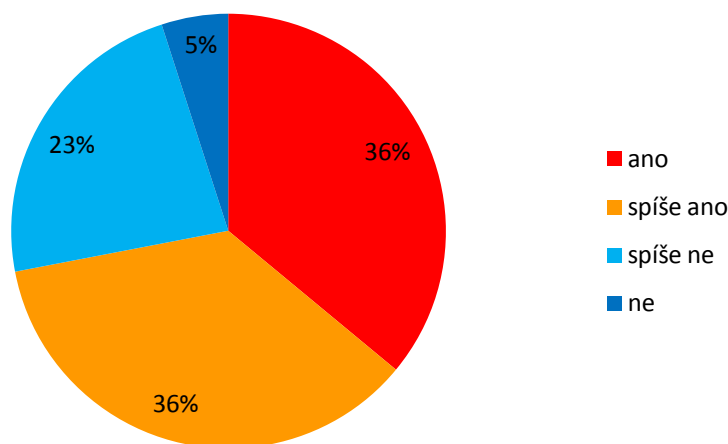
Stanovisko radiologických asistentů, zda CT vyšetřování skalní kosti představuje pro pacienta výrazně vyšší riziko pozdních nežádoucích účinků, než jaké by podmiňovalo vyšetření skiagrafické, je poměrně nejednoznačné.

**Graf č. 10 - Názor RAS, zda je rozdíl dávek z CT vyšetření významný z hlediska pozdních nežádoucích účinků**



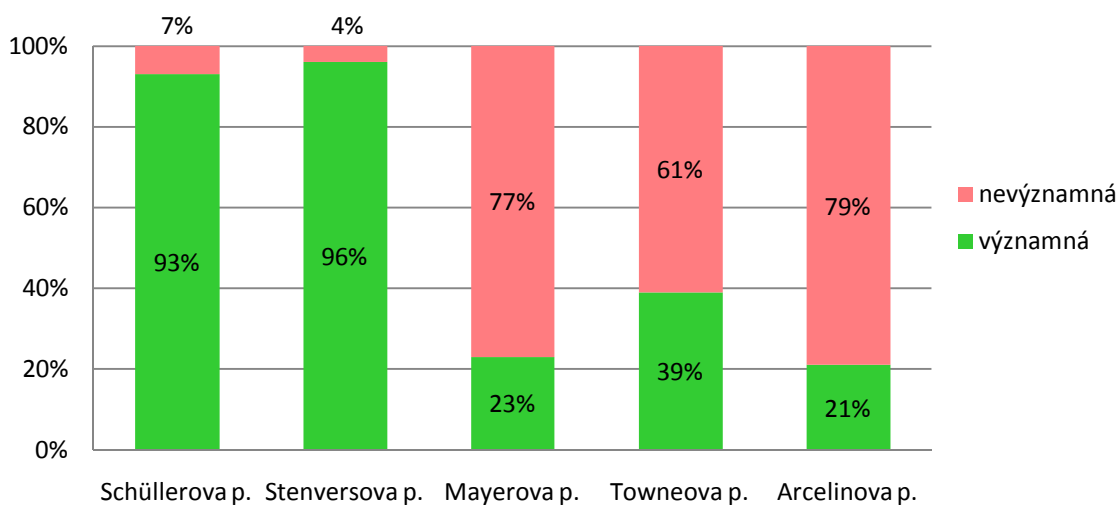
41% respondentů považuje rozdíl sice za významný, nicméně odpovídající vyšší výtěžnosti CT vyšetření. Čtvrtina dotazovaných si je vědoma vyšší radiační zátěže CT vyšetření, zvýšení rizika stochastických účinků však nepovažují za dramatické. Zbylí respondenti buďto považují rozdíl rizik pozdních nežádoucích účinků za naprosto zanedbatelný, nebo ho naopak považují za velmi významný.

**Graf č. 11 - Názor RAS, zda by měla CT nahradit skiografické vyšetřování skalní kosti**



Poslední graf ukazuje, u kterých projekcí má dle zkušeností radiologických asistentů smysl, aby jim studenti věnovali plnou pozornost.

**Graf č. 12 - Názor RAS, zda jsou jednotlivé projekce významné pro přípravu na výkon povolání**



## 10 DISKUZE

Postavení skiografie v případě radiodiagnostického zobrazování oblasti skalní kosti má rozporuplné postavení. Úbytek rentgenových vyšetření s rozšířením výpočetní tomografie je patrný. Obě vyšetřující modalities však mají své specifické přednosti a jejich výsledné obrazové výstupy se liší. Jak i výzkumy provedené pro potřeby této práce ukazují, je výpočetní tomografie ceněna pro poskytování většího množství diagnostických informací, které je však vykoupeno mnohonásobně vyšší radiální zátěží vyšetřovaného, zároveň je významně dražší. Otázkou zůstává, zda je větší objem nabízených informací z CT vyšetření ve všech indikacích nezbytný pro určení správné diagnózy či plánování dalšího léčebného postupu. Z hlediska radiální hygieny by dle principu odůvodněnosti mělo být voleno vždy takové vyšetření, které (pokud je to nezbytné) v přijatelné kvalitě poskytne potřebnou informaci při minimálním možném radiálním zatížení vyšetřovaného. Skiografické vyšetření skalní kosti by tedy teoreticky mělo stále mít své pevné místo mezi ostatními vyšetřovacími metodami a již z principu by nemělo být paušálně nahrazováno vyšetřením, které pro pacienta představuje více než třicetinásobně vyšší riziko pozdních nežádoucích účinků (viz tabulka č. 02), a to za cenu v některých případech nadbytečných diagnostických informací. Provedený výzkum měl za cíl ukázat, jaké příčiny stojí za poklesem četnosti skiografických vyšetření kosti skalní, jaký podíl na tomto trendu mají lékaři a radiologičtí asistenti.

Výsledky ukazují, že znalost vybraných projekcí radiologickými asistenty není limitujícím faktorem pro provádění skiografických vyšetření kosti skalní. Z širokého spektra skiografických projekcí, o kterém se mimo rámec výzkumu zmiňují starší generace radiologů a radiologických asistentů, bylo pro potřeby výzkumu vybráno 5 hlavních projekcí, jež jsou k nalezení i v současné době převážně cizojazyčné odborné literatuře. Jak je patrné na grafu č. 02, většina dotazovaných radiologických asistentů si je vědoma existence všech dotazovaných projekcí. 17% respondentů uvedlo, že mají v povědomí i jiné než dotazované projekce. Ve 3/4 případů to byla RTG projekce dle Rossmanna, která se užívala při zobrazování spánkových kostí u dětí do 3 let věku.<sup>(URL 12)</sup>, zbytek uvedl projekci dle Rundströma.

Největší praktické zkušenosti mají dotazovaní radiologičtí asistenti se Schüllerovou, Stenversovou a Towneovou projekcí. Všechny dotazované projekce je dle svého názoru schopna samostatně provést třetina dotazovaných pracovníků. Tato skutečnost je však reflektována požadavky lékařů indikujících vyšetření na radiologické asistenty. V naprosté převaze je při rentgenovém vyšetření požadována Schüllerova či Stenversova projekce. Využívání jednotlivých projekcí na zkoumaných pracovištích, respektive podíly pracovníků, kteří se s příslušnými projekcemi na svém pracovišti potýkají, je dobře vyobrazeno na čtvrtém grafu. Kupříkladu Mayerova projekce se nepoužívá v žádné ze zkoumaných nemocnic, což mj. pomáhá osvětlit, proč pouze polovina respondentů, kterým je známa, soudí, že by tuto projekci zvládli samostatně provést - patrný propad Mayerovy projekce u grafu č. 03. V případě Arcelinovy projekce jde o podobnou situaci; projekci provádí pouze radiologičtí asistenti ve FN - Bory v Plzni. V menších nemocnicích můžeme pozorovat, že skalní kost vyšetřují prakticky všichni respondenti, radiodiagnostická pracoviště větších nemocnic (Plzeň, Klatovy) si mohou vzhledem k vyššímu počtu pracovníků dovolit přenechat zobrazování skalní kosti zkušenějším pracovníkům. Proč se v současnosti repertoár využívaných RTG projekcí zúžil zejména na projekce dle Stenverse a Schüllera, jednoduše shrnul prof. MUDr. Boris Kreuzberg CSc.: "Stenversova projekce poskytuje podélné zobrazení, je dobře vidět hrot; v Schüllerově projekci je dobře vidět mastoideální výběžek, čelistní kloub a antrum, to nám stačí." Obdobně zdůvodnil využívání pouze Schüllera a Stenverse i OA Dr. Tobias Frank z nemocnice ve Waldsassenu.

Úspěšnost zobrazení kosti skalní coby nitrolebně uložené struktury je vedle dalších faktorů ovlivněno zkušeností a prostorovou představivostí radiologického asistenta. Nelze tedy jinak než očekávat, že určité množství provedených zobrazení není vyhovující a vyšetření je třeba opakovat, což přirozeně zvyšuje obdrženu dávku pacientem. Konkrétní počty provedených a opakovaných projekcí bohužel prakticky nelze zjistit, protože projekce na skalní kost nebyvají samostatně zaprotokolovány (snímkují se jako celá lebka - se stejnými expozičními parametry), Nelze tudíž zpětně dohledat, kolik zobrazení skalní kosti se na pracovištích v určitém časovém období provedlo.

Pro získání přibližné představy, v jaké míře jsou projekce opakovány, byli respondenti vyzváni k odhadu, u kolika z deseti indikovaných pacientů

příslušnou projekci opakují a kolik pokusů na správnou expozici v příslušné projekci většinou potřebují, než jsou s výsledkem spokojeni. Výsledky znázorňuje graf č. 05. Tyto výsledky nelze chápat jako hodnoty plošně vypovídající o reálné úspěšnosti radiologických asistentů při skiagrafickém zobrazování skalní kosti. Jejich cílem je pouze nastínění, v jakých řádech se neúspěšnost při skiagrafickém zobrazování skalní kosti přibližně pohybuje (zda jednotky procent, desítky.) a do jaké míry je průměrná dávka obdržená pacientem pro jistou míru neúspěšnosti zobrazení navýšena. Graf č. 05 ukazuje, že radiologičtí asistenti provádějí skiagrafické projekce s přibližně 80% úspěšností, což odráží náročnost správného provedení projekce na kost skalní. Tato skutečnost se z dlouhodobého hlediska projeví na průměrném nárůstu efektivní dávky ze všech skiagrafických vyšetření skalní kosti na 1 indikovaného pacienta o přibližně 25%. Vztáhneme-li tento nárůst na vyšetření celé lebky, bude efektivní dávka z RTG vyšetření zvýšena z 0,07mSv na 0,088mSv. Oněch 0,018mSv rozdílu představuje v porovnání s dávkou 2,3mSv z CT vyšetření stále poměrně zanedbatelné zvýšení rizika.

Jedním s příkladů, proč nelze plošně určit, jakou dávku může pacient během rentgenového vyšetření kosti skalní obdržet, je například způsob vyšetřování pacientů v nemocnici v Mariánských Lázních, kde byl rovněž proveden průzkum. Po převzetí vyplněných dotazníků vyvstalo zneklidňující zjištění, že všichni tamější radiologičtí asistenti provádějí Schüllerovy a Stenversovy projekce výlučně pod skiaskopickou kontrolou, a to bez závislosti na věku vyšetřovaného. Pacient je tedy kontinuálně snímkován (pulzní záření) již během polohování hlavy do správné pozice. Množství energie předané pacientovi pak závisí především na době trvání celé této procedury. Není vyloučeno, že je tento postup volen i v jiných menších nemocnicích. S panem prim. MUDr. Václavem Vokáčem jsme se však shodli na tom, že je tento postup i vzhledem k lokalizaci (hlava) proti všem zásadám radiační hygieny a mělo by od něj být upuštěno.

Určit konkrétní příčiny ústupu skiagrafického zobrazení kosti skalní není možné, aniž bychom se poohlédli po názorech radiologických asistentů a popisujících/indikujících lékařů na přednosti a nedostatky jak klasického skiagrafického zobrazování skalní kosti, tak vyšetření na CT. Jak se ke kladným stránkám a nevýhodám obou modalit vyjádřili radiologičtí asistenti ukazují grafy



č. 06 - 09. Jak je patrné z výsledků, spatřují radiologičtí asistenti hlavní přednost RTG vyšetření zejména v nižších dávkách obdrženy pacienty a v nízkých nárocích na přístrojové vybavení a provozní náklady. Někteří sokolovští respondenti rovněž podotkli, že další předností rentgenového vyšetření oproti CT je nezávislost na přítomnosti lékaře. Dotazovaní lékaři se s radiologickými asistenty shodovali. Kladli však větší důraz na rychlost vyšetření.

Co se týče záporů či nedostatků skiagrafického vyšetřování skalní kosti, jmenovaly obě skupiny respondentů poměrně široké spektrum aspektů. Obě skupiny se shodly na nižší výpovědní hodnotě vyšetření (oproti CT), další faktory vyplývaly z charakteru náplně práce obou dotazovaných skupin. Ze strany radiologických asistentů to byla především obtížnější spolupráce s pacienty a s tím související náročnost správného provedení požadované projekce. Někteří asistenti mají rovněž problém s anatomickou orientací v obraze. Mladší generace radiologů uvádí, že dávají přednost provádění CT vyšetření, protože s popisem CT obrazů mají větší zkušenosti.

V případě výpočetní tomografie nelze jmenovat žádnou přednost, která by dle názorů radiologických asistentů vysloveně dominovala. Největší ohlas měla vysoká kontrastní citlivost (23%), kterou vyzdvihují i lékaři. Radiologičtí asistenti rovněž oceňují snazší spolupráci s pacienty a nižší náročnost provedení vyšetření - uložení pacienta do supinační polohy s hlavou v základním postavení nevyžaduje tolik zkušeností a přesnosti jako napohování pacienta pro správné provedení speciální skiagrafické projekce na skalní kost. Tyto dva faktory se na výčtu předností CT oproti RTG v rámci zobrazování kosti skalní podílejí celkem třiceti procenty.

Hlavní nevýhodou CT vyšetření je dle obou skupin dotazovaných především vysoká radiační zátěž pacienta. Další v pořadí dle významnosti byla vyšší ekonomická náročnost vyšetření.

Zajímavý rozpor se objevil v případě indikování CT vyšetření. Ve výpovědích radiologických asistentů se s nemalým podílem (17%) objevuje názor, že CT vyšetření bývá v některých případech indikováno zbytečně. Tento názor naráží na mínění několika radiologů. Někteří dotazovaní radiologové podotkli, že jsou si sice vědomi nižší radiační zátěže při RTG vyšetření, nicméně prý však relativně často nastává potřeba dodatečně doplňovat CT vyšetření, protože dávku spojenou s podstoupením rentgenového vyšetření

považují za nadbytečnou a stojí si za názorem, že je lepší v případě potřeby radiodiagnostického zobrazení oblasti kosti skalní rovnou indikovat CT vyšetření. CT radiologové upřednostňují i v případě kontrolních vyšetření, protože jim přijde vhodnější srovnávat stejné modality.

S názorem většiny radiologů nesouhlasili kliničtí lékaři (ORL). Zatímco z pohledu radiologů převažuje názor, že RTG vyšetření je v případě zobrazování skalní kosti dnes víceméně obsolentní metoda a že je obecně pohodlnější popisovat výsledky CT vyšetření, kliničtí lékaři zastávají zcela jiný názor. Dle doc. MUDr. Jaroslava Slípky, CSc. je názor o překonanosti RTG zobrazení naprosto mylný. Příčinou, proč dle pana docenta Slípky dávají radiologové přednost spíše CT vyšetření, je teoretický pohled na věc a malá zkušenost s klinickou praxí. CT má coby diagnostická metoda smysl až v případě plánované operace. Rentgenové vyšetření by mělo dle slov otorhinolaryngologů být provedeno ve všech případech, kdy si lékař nevystačí s anamnézou a se základním fyzikálním vyšetřením. Skiografické vyšetření pak dle pana docenta Slípky představuje jakýsi odrazový můstek, který lékaře dále směřuje při stanovování diagnózy. Byť skiografické vyšetření ukáže až výraznější změny na skeletu, často prý informace poskytnutá RTG vyšetření naprosto postačuje a dovyšetření na CT není dále třeba. Z hlediska šetření dávky je tak z klinického pohledu obecně výhodnější primárně indikovat radiačně málo zatěžující skiografické vyšetření a některé pacienty před CT vyšetřením ušetřit, než rovnou sahat po CT vyšetření s nálepkou vyšší diagnostické výtěžnosti, jehož potenciál by v některých případech, kdy by skiografické vyšetření bylo dostačující, nebyl zcela využit. Jinými slovy - je lepší ušetřit některé pacienty před zbytečným CT vyšetřením, než paušálně šetřit pacienty před případně nadbytečným RTG vyšetřením, které však vzhledem k CT vyšetření představuje minimální radiační riziko.

Užití RTG jako kontrolní metody se nejeví jako přínosné. Je-li léčba správná, lze dle kliniků poznat i na základě fyzikálních vyšetření. Pokud je dle klinických známek vývoj onemocnění/úspěšnost terapie příznivý a předvídatelný, není radiodiagnostického vyšetření třeba.

Poohlédneme-li se po informacích, které se v rámci výzkumu této práce podařilo nashromáždit jak od respondentů z řad radiologických asistentů, tak

od lékařů, jejichž práce se vyšetřování skalní kosti dotýká, nalezneme odpovědi na otázky, které si tato práce kladla.

Co se týče úrovně znalostí a zkušeností radiologických asistentů v oblasti RTG zobrazování kosti skalní, jejíž stanovení je druhým cílem této práce, data získaná souhrnem výpovědí respondentů ukazují, že radiologičtí asistenti mají dostatek znalostí potřebných pro provádění projekcí kosti skalní. Se třemi projekcemi z pěti zkoumaných má zkušenost aspoň 75% radiologických asistentů. Jedná se však o projekce, které jsou na zkoumaných pracovištích téměř výlučně vyžadovány, lze tedy i zkušenosti radiologických asistentů se zobrazováním skalní kosti stále považovat za dostatečné. Nejvyšší úspěšnost při skiagrafickém zobrazování vykazují pracovníci větších nemocnic, kde jsou tato vyšetření prováděna častěji.

**Hypotéza č. 2 je vyvrácena - radiologičtí asistenti disponují dobrým teoretickým základem a mají se zobrazováním skalní kosti dostatečné zkušenosti.**

V případě příčin ústupu od skiagrafického zobrazování skalní kosti lze vzhledem k předchozímu závěru konstatovat, že zkušenosti a teoretické znalosti radiologických asistentů nemá na tento trend vliv. Výpovědi lékařů ukázaly, že názory radiologů a otorhinolaryngologů (kteří nejčastěji indikují pacienty k radiodiagnostickému vyšetření skalní kosti) na rentgenové zobrazování se v některých případech rozcházejí. Radiologové považují RTG vyšetření skalní kosti za málo informativní a tudíž nevhodné k provádění, klinici podotýkají, že výtěžnost RTG vyšetření bývá někdy dostatečná a má tedy smysl ho provádět i z toho hlediska, že může poskytnout vodítko, na co se zaměřit při následném CT vyšetření. Obě skupiny lékařů se však shodují na tom, že CT vyšetření poskytne více informací o vyšetřované oblasti, což je výhodné zejména v případech plánování operace. Shrňme-li faktory, které mluví ve prospěch upřednostňování CT vyšetření, jsou to tedy vyšší výpovědní hodnota důležitá zejména u peroperačních vyšetření, větší zkušenosti radiologů s popisem výsledků CT vyšetření a rovněž snazší spolupráce a komunikace s pacienty na straně radiologických asistentů. Využívání skiagrafického zobrazování skalní kosti jako kontrolního vyšetření je nepravděpodobné. Pokud

je již jednou provedeno CT vyšetření, preferují popisující lékaři pro potřebu kontroly opět CT vyšetření. V případech, kdy diagnosticky postačuje skiagrafické vyšetření (spolu s fyzikálním vyšetřením a anamnézou), nebývá kontrolního vyšetření třeba.

**Hypotéza č. 1 je částečně potvrzena - Většina lékařů preferuje před skiagrafickým vyšetřením skalní kosti CT vyšetření pro jeho vyšší diagnostickou hodnotu. Není však pravděpodobné, že by se RTG vyšetření mohlo využívat jako kontrolní metoda.**

Posledním cílem této práce bylo poukázat na názory lékařů ohledně možností zobrazení oblasti kosti skalní a dále jejich názory konfrontovat s názory dotazovaných radiologických asistentů. V průběhu diskuze byly interpretovány názory několika radiologů i otorhinolaryngologů. Názorově se obě zkoumané skupiny v celkovém hledisku shodovaly. Radiologičtí asistenti v rámci výzkumu prokázali, že mají ucelený obraz o přednostech a nedostatcích RTG i CT vyšetření a jsou tedy schopni obě vyšetřovací modalitty se vším, co obnáší, validně porovnat. Stejně tak lékaři přednesli názory, které si vytvořili během své praxe. Většina radiologů je toho názoru, že by výpočetní tomografie měla skiagrafii v rámci zobrazování skalní kosti nahradit. Dotazovaní klinici se vyjádřili tak, že má skiagrafie v tomto ohledu stále své místo, a tyto názory řádně zdůvodnili. Zda a v jaké míře tyto názory převezmou i jejich mladší kolegové, je otázka, na kterou nelze dát jednoznačnou odpověď. Faktem však zůstává, že i v řadách lékařů převažuje spíše názor, že RTG zobrazování skalní kosti pravděpodobně přetrvá, ale jeho využití bude spíše marginální a závislé na požadavcích a zvyklostech konkrétních klinik a lékařů.

**Hypotéza č. 3 byla potvrzena. Radiologičtí asistenti se shodují s lékaři na přednostech i nedostatcích obou způsobů vyšetření skalní kosti a s tím související využitelnosti obou vyšetřovacích modalit.**

## ZÁVĚR

Rentgenové zobrazení skalní kosti mělo vedle skiagrafických zobrazení jiných oblastí těla vždy poněkud zvláštní postavení. Vzniklo velké množství různých projekcí, ze kterých se dnes využívá převážně jen projekce dle Stenverse, Schüllera a Townea. Správné provedení zejména prvních dvou jmenovaných projekcí klade velké nároky na radiologické asistenty a neobejde se bez dobrých znalostí anatomických poměrů, trpělivosti a zkušenosti. V rámci v současné době využívaných RTG projekcí patří mezi ty nejnáročnější. Nové možnosti přinesla výpočetní tomografie, která nejenže dokáže poskytnout více diagnostických informací, ale zároveň neklade tak vysoké nároky na radiologického asistenta, který vyšetření provádí, a rovněž mu usnadňuje komunikaci s vyšetřovaným. Přínos, který výpočetní tomografie představuje, je však vykoupen mnohonásobně vyšší radiační zátěží pacienta a stejně tak cenou vyšetření.

Dalo by se tedy očekávat, že CT bude v případě zobrazování skalní kosti s ohledem na radiační hygienu využíváno jen v nezbytných případech. Výpočetní tomografie se však v rámci radiodiagnostického zobrazování skalní kosti stala metodou první volby a posunula skiagrafické vyšetření do pozadí.

Cíly této práce bylo objasnit, jaké příčiny podmínily tento současný stav a jak na přednosti a nedostatky obou typů zobrazení nahlíží jak radiologičtí asistenti, kteří obě vyšetření provádějí, tak lékaři, kteří vyšetření indikují a popisují. Výsledky ukázaly, že RTG projekce na skalní kost jsou sice v některých ohledech překonány, méně využívány, ale nejsou nahrazeny. I v dnešní době mají RTG projekce své místo a mají co nabídnout. Radiologičtí asistenti s ohledem na své zkušenosti z praxe stále doporučují, aby současní studenti věnovali pozornost alespoň základním projekcím na kost skalní.

Budu velmi rád, pokud tato práce přiměje čtenáře zamyslet se nad výhodami obou zkoumaných typů vyšetření a doufám, že jim pomůže vytvořit si svůj názor na výhody obou vyšetřovacích modalit a jejich využití ku maximálnímu možnému prospěchu pacienta.

Děkuji.

## SEZNAM KNIŽNÍCH ZDROJŮ

- 1) ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 1*. 2. vyd. Praha: Grada Publishing, 2001, 497 s. ISBN 80-716-9970-5.
- 2) HYBÁŠEK, Ivan. *Ušní, nosní a krční lékařství*. 1. vyd. Praha: Galén, 1999, 220 s. ISBN 80-726-2017-7.
- 3) ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 3*. 2., upr. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2004, 673 s. ISBN 80-247-1132-X.
- 4) KRÁLÍČEK, Petr. *Úvod do speciální neurofyzologie*. 3., přeprac. a rozš. vyd. Praha: Galén, 2011, 235 s. ISBN 978-807-2626-182.
- 5) JAKUBÍKOVÁ, Janka. *Vrozené anomálie hlavy a krku*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012, xi, 244 s. ISBN 978-802-4740-645.
- 6) FENEIS, Heinz. *Anatomický obrazový slovník*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1996, 455 s. ISBN 80-716-9197-6.
- 7) CHARVÁT, František a Bohumil MARKALOUS. *Zobrazení hlavy: metodika vyšetřování, anatomie, patologie, klinika*. 2. upr. a rozš. vyd. Praha: Triton, 2006, 658 s. ISBN 80-725-4904-9.
- 8) LEJSKA, Vladislav. *Kompendium ORL dětského věku*. Vyd. 1. Praha: Grada, 1995, 338 s. ISBN 80-716-9132-1.
- 9) CHUDÁČEK, Zdeněk. *Radiodiagnostika*. Martin: Osveta, 1993, 439 s. ISBN 80-217-0571-X.
- 10) BUSHBERG, Jerrold T. *The Essential Physics of Medical Imaging*. 2. vyd. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2002, 933 s. ISBN 0-683-30118-7.
- 11) NAVRÁTIL, Leoš. *Medicínská biofyzika*. Vyd. 1. Praha: Grada, 524 s. ISBN 80-247-1152-4.
- 12) MOLLER, Torsten B, Emil REIF. *Pocket atlas of radiographic positioning: including positioning for conventional angiography, CT, and MRI*. 2nd ed. New York: Thieme, 2009, 378 s. ISBN 978-3-13-107442-3.
- 13) EUGENE D. FRANK, Eugene D. Bruce W. *Merrill's pocket guide to radiography*. 6th ed. St. Louis: Mosby Elsevier, 2007. ISBN 978-032-3042-093.

- 14)** FERDA, Jiří, Milan NOVÁK. *Výpočetní tomografie*. Praha: Galén, c2002, 663 s. ISBN 80-726-2172-6.
- 15)** VÁLEK, Vlastimil a Pavel ELIÁŠ. *Moderní diagnostické metody*. 1. vyd. Brno: IDVPZ, 1998, 84 s. ISBN 80-701-3294-9.
- 16)** HUŠÁK, Václav. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2009, 138 s. ISBN 978-802-4423-500.

## SEZNAM ONLINE ZDROJŮ

- URL 1)** SLÁVIKOVÁ, Katarina a Zuzana BILICKÁ. *Postavenie zobrazovacích metód pred kochleárnou implantáciou* [online]. Bratislava: Rádiologická klinika LF UK a UNB, 2011 [vid. 2013-11-06]. Dostupné z WWW: <[http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad\\_1104\\_298\\_306.pdf](http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad_1104_298_306.pdf)>.
- URL 2)** Šiklův ústav patologie - LF UK v Plzni. *Patologie oka a ucha* [online], 2013 [vid. 2013-12-27]. Dostupné z WWW: <<http://www.sikluv-ustav-patologie.patologie.cz/vyuka/prednasky-stom.html>>.
- URL 3)** ULLMANN, Vojtěch. *Jaderná a radiační fyzika, nukleární medicína* [online], [vid. 2014-02-03]. Dostupné z WWW: <<http://astronuklfyzika.cz/strana2.htm>>.
- URL 4)** ZOUL, David. *Konstrukční prvky RTG záření* [online]. 2013 [vid. 2014-02-06]. Dostupné z WWW: <[http://radioterapie.gypy.sk/teorie\\_pole/radiodiagnostika/Radiodiagnostika3.pptx](http://radioterapie.gypy.sk/teorie_pole/radiodiagnostika/Radiodiagnostika3.pptx)>
- URL 5)** FERDA, Jiří, Hynek MÍRKA. *Konstrukce výpočetního tomografu* [online]. 2010 [vid. 2014-02-14]. Dostupné z WWW: <[http://radiologieplzen.eu/wp-content/uploads/CT%C5%A1kola2010\\_konstrukce\\_CT.pdf](http://radiologieplzen.eu/wp-content/uploads/CT%C5%A1kola2010_konstrukce_CT.pdf)>
- URL 6)** FLOHR, Thomas. *Performance evaluation of a 64-slice CT system with z-flying focal spot* [online]. 2004 [vid. 2014-02-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15573292>>
- URL 7)** ŠTURSA, Pavel. *CT s vysokým rozlišením a jeho přínos v ORL* [online]. 2002 [vid. 2014-02-14]. Dostupné z WWW: <<http://zdravi.e15.cz/clanek/priloha-lekarske-listy/ct-s-vysokym-rozlisenim-145233>>



- URL 8)** FERDA, Jiří, Hynek MÍRKA. *Obrazové parametry* [online]. 2010 [vid. 2014-02-15]. Dostupné z WWW: <[http://radiologieplzen.eu/wp-content/uploads/CT%C5%A1kola2010\\_obrazov%C3%A9\\_parametry.pdf](http://radiologieplzen.eu/wp-content/uploads/CT%C5%A1kola2010_obrazov%C3%A9_parametry.pdf)>
- URL 9)** MZČR - Věstník MZČR 11/2003 - Indikační kritéria pro zobrazovací metody [online]. 2003 [vid 2014-03-07]. Dostupné z WWW: <[http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/formulare/zobr\\_metody.pdf](http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/formulare/zobr_metody.pdf)>
- URL 10)** *Radiační ochrana na pracovištích s RTG generátory ionizujícího záření* [online]. [vid. 2014-03-01]. Dostupné z WWW: <[http://radioterapie.gypy.sk/teorie\\_pole/ochrana/ochrana.ppt%E2%80%8E](http://radioterapie.gypy.sk/teorie_pole/ochrana/ochrana.ppt%E2%80%8E)>
- URL 11)** SUJB - Používání rentgenů - lékařské ozáření [online]. [vid. 2014-03-01] Dostupné z WWW: <<https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/zajimavosti-z-praxe-radiacni-ochrany/pouzivani-rentgenu-lekarske-ozareni/>>
- URL 12)** MASAŘÍKOVÁ, Helena. *Zobrazování paranasálních dutin* [online]. Klinika dětské radiologie - FN Brno [vid 2014-03-01]. Dostupné z WWW: <<http://telemedicina.med.muni.cz/pdm/detska-radiologie/res/f/zobrazeni-paranasalnich-dutin.pdf>>

## SEZNAM ZKRATEK

- a.** - arteria (tepna)
- ADC** - analog-digital converter (analogově-digitální převodník)
- atp.** - a tak podobně
- CBCT** - cone-beam CT (CT s kuželovým svazkem)
- CNS** - centrální nervový systém
- CP** - centrální paprsek
- CT** - výpočetní tomograf(ie)
- CZT** - CdZnTe (kadmium-zinek-telur)
- e<sup>-</sup>** - elektron
- FM** - foramen magnum (velký otvor)
- FOV** - field of view
- ggl.** - ganglion (nervová uzlina)
- HU** - Hounsfield unit (Hounsfieldova jednotka)
- lat.** - lateralis (stranový, okrajový, vnější)
- MDCT** - multidetektorový/-á CT
- mj.** - mimo jiné
- n.** - nervus (nerv)
- např.** - například
- occ.** - occipitalis (týlní)
- PKK** - polokruhovitý kanálek
- popř.** - popřípadě
- proc. mast.** - processus mastoideus (soscovitý výběžek)
- RTG** - rentgen, rentgenový
- sp.** - suppurativus (zánětlivý)
- TFT** - thin film (of) transistors (tenký film tranzistorů)
- v.** - vena (žíla)
- zejm.** - zejména
- ZS** - zobrazovací systém

## SEZNAM OBRÁZKŮ A JEJICH ZDROJE

- Obr. č. 01 - Schéma typů osifikace** - ČIHÁK, Radomír. *Anatomie* 1. 2. vyd. Praha: Grada Publishing, 2001, s. 135, ISBN 80-716-9970-5. [vlastní úprava]
- Obr. č. 02 - Baze lební** – *Anatomy Expert* [online], 2010 [vid. 2014-01-13]. Dostupné z WWW: <[http://stage.anatomyexpert.com/structure\\_detail/1617/1121/](http://stage.anatomyexpert.com/structure_detail/1617/1121/)>. [vlastní úprava]
- Obr. č. 03 - Skladba kosti spánkové** - FENEIS, Heinz. *Anatomický obrazový slovník*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1996, s. 15, ISBN 80-716-9197-6. [vlastní úprava]
- Obr. č. 04 - Kostěný labyrint** - ČIHÁK, Radomír. *Anatomie* 3. 2., upr. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2004, s. 634, ISBN 80-247-1132-X. [vlastní úprava]
- Obr. č. 05 - Totální aplazie labyrintu** - BILICKÁ Katarina, Zuzana BILICKÁ. *Postavenie zobrazovacích metód pred kochleárnou implantáciou* [online], 2011 [vid. 2013-11-06]. Dostupné z WWW: <[http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad\\_1104\\_298\\_306.pdf](http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad_1104_298_306.pdf)>
- Obr. č. 06 - Akutní mastoiditida v Schüllerově projekci** - HYBÁŠEK, Ivan. *Ušní, nosní a krční lékařství*. 1. vyd. Praha: Galén, 1999, s. 151, ISBN 80-726-2017-7.
- Obr. č. 07 - Cholesteatomová dutina ve sklerotické kosti, Schüllerova projekce** - HYBÁŠEK, Ivan. *Ušní, nosní a krční lékařství*. 1. vyd. Praha: Galén, 1999, s. 154, ISBN 80-726-2017-7.
- Obr. č. 08 - Fraktury pyramidy** - HYBÁŠEK, Ivan. *Ušní, nosní a krční lékařství*. 1. vyd. Praha: Galén, 1999, s. 209, ISBN 80-726-2017-7.
- Obr. č. 09 - Hlavní interakce RTG záření** - ULLMANN, Vojtěch. *Jaderná a radiační fyzika, nukleární medicína* [online], [vid. 2014-02-03]. Dostupné z WWW: <<http://astronuklfyzika.cz/strana2.htm>>
- Obr. č. 10 - Schüllerova projekce** - MOLLER, Torsten B, Emil REIF. *Pocket atlas of radiographic positioning: including positioning for conventional angiography, CT, and MRI*. 2nd ed. New York: Thieme, 2009, s. 32, ISBN 978-3-13-107442-3. [vlastní úprava]

- Obr. č. 11 - Stenversova projekce** - MOLLER, Torsten B, Emil REIF. *Pocket atlas of radiographic positioning: including positioning for conventional angiography, CT, and MRI*. 2nd ed. New York: Thieme, 2009, s. 34, ISBN 978-3-13-107442-3. [vlastní úprava]
- Obr. č. 12 - Mayerova projekce** - MOLLER, Torsten B, Emil REIF. *Pocket atlas of radiographic positioning: including positioning for conventional angiography, CT, and MRI*. 2nd ed. New York: Thieme, 2009, s. 36, ISBN 978-3-13-107442-3. [vlastní úprava]
- Obr. č. 13 - Towneova projekce** - MOLLER, Torsten B, Emil REIF. *Pocket atlas of radiographic positioning: including positioning for conventional angiography, CT, and MRI*. 2nd ed. New York: Thieme, 2009, s. 28-29, ISBN 978-3-13-107442-3. [vlastní úprava]
- Obr. č. 14 - Arcelinova projekce** - MOLLER, Torsten B, Emil REIF. *Pocket atlas of radiographic positioning: including positioning for conventional angiography, CT, and MRI*. 2nd ed. New York: Thieme, 2009, s. 28-34 ISBN 978-3-13-107442-3. [vlastní úprava]
- Obr. č. 15 - Vliv kernelu na výsledný obraz** - FERDA, Jiří, Hynek MÍRKA. *Obrazové parametry* [online]. 2010 [vid. 2014-02-15]. Dostupné z WWW: <[http://radiologieplzen.eu/wp-content/uploads/CT%C5%A1kola2010\\_obrazov%C3%A9\\_parametry.pdf](http://radiologieplzen.eu/wp-content/uploads/CT%C5%A1kola2010_obrazov%C3%A9_parametry.pdf)>

## SEZNAM TABULEK

**Tab. č. 01 -Roční dávkové limity** - HUŠÁK, Václav. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2009, s. 43, ISBN 978-802-4423-500.

**Tab. č. 02 -Efektivní dávky z diag. vyšetření hlavy** - MZČR - *Věstník 11/2003* - *Indikační kritéria pro zobrazovací metody* [online]. 2003, s. 13, [vid 2014-03-07]. Dostupné z WWW:  
<[http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/formulare/zobr\\_metody.pdf](http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/formulare/zobr_metody.pdf)>

## **SEZNAM GRAFŮ**

- Graf č. 01 - Počty respondentů v nemocnicích**
- Graf č. 02 - Povědomí o RTG projekcích mezi radiologickými asistenty (v %)**
- Graf č. 03 - Podíl RAS (v %) schopných samostatně vykonat příslušnou projekci**
- Graf č. 04 - Podíly RAS (v %), kteří na svém pracovišti provádí příslušné projekce**
- Graf č. 05 - Úspěšnost RAS při skiagrafickém zobrazování (v %) a vliv na dávku obdrženou pacientem**
- Graf č. 06 - Klady a přednosti klasického RTG zobrazování skalní kosti dle radiologických asistentů**
- Graf č. 07 - Zápory a nedostatky RTG zobrazování skalní kosti dle radiologických asistentů**
- Graf č. 08 - Klady a přednosti CT zobrazování skalní kosti dle radiologických asistentů**
- Graf č. 09 - Zápory a nedostatky CT zobrazování skalní kosti dle radiologických asistentů**
- Graf č. 10 - Názor RAS, zda je rozdíl dávek z CT vyšetření významný z hlediska pozdních nežádoucích účinků**
- Graf č. 11 - Názor RAS, zda by měla CT nahradit skiagrafické vyšetřování skalní kosti**
- Graf č. 12 - Názor RAS, zda jsou jednotlivé projekce významné pro přípravu na výkon povolání**