

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZDRAVOTNĚ SOCIÁLNÍ FAKULTA**

**Možnosti zníženia vstupnej povrchovej dávky vplyvom nastavenia  
primárnych clôn pri vybraných skiagrafických vyšetreniach**

**Bakalárska práca**

**Autor: Lukáš ZACHAR**

**Vedúca práce: Doc., RNDr., Denisa Nikodemová, PhD.,**

# **Possibilities of entrance surface dose reduction by using primary beam limiting diaphragms in skiagraphy**

**Lukáš Zachar**

*University of South Bohemia České Budejovice, Faculty of Health and Social Studies*

## **Abstract**

Radiodiagnostic in the view of medical terminology is a part of diagnostic radiology which can be used on diagnostic purposes. In the past 100 years, diagnostic radiology, radiotherapy and nuclear medicine have evolved from the original crude practices to advanced techniques that form an essential tool for all branches and specialities of medicine.

In my study I have realized research adjusting exposure parameters on a group of 150 patients which have been examined in two radiodiagnostic skiagraphic departments. These departments used two different skiagraphic systems: RDG department in Valasske Mezirici has the system DuoDiagnost with surface dose indicator (DAP) and the system Bucky Diagnost OPTIMUS without DAP indicator. RDG department of regional hospital in Zilina, where I have been used skiascopic-skiagraphic system SWISSRAY without DAP indicator. For my study I have selected only more frequent radiographic examinations from the total patient group, it means: chest radiography only in PA projection, lumbal spine in AP and LAT projections, pelvis in AP projection, abdomen in AP projection and hip joint in AP projection. In my experiments I have compared readings of exposures with manually adjusting X-ray beam to the necessary image receptor size and readings without primary beam limitation. From the stand-point of diagnostic it is not only any X-ray beam beyond the film edge useless, but this beam excesses secondary scatter radiation generated in the subject (patient) and degrades diagnostic information founded by radiologist.

The analyses of the obtained results, has confirmed my hypothesis that the manually adjusting of the X-ray beam size to the necessary correct size contribute significantly to the better information of the image quality and to the reduction of the entrance surface dose (ESD) of patients.

## **Key words:**

*primary beam limiting, diagnostic radiology, irradiation dose, beam limiting, radiographic, exposure parameters, radiodiagnostic, DAP indicator*

**Prehlásenie:**

Prehlasujem, že som svoju bakalársku prácu na tému „Možnosti zníženia vstupnej povrchovej dávky vplyvom nastavenia primárnych clôn pri vybraných skiagrafických vyšetreniach“ vypracoval samostatne pod odborným vedením pani Doc., RNDr., Nikodemeovej, PhD., s použitím literatúry ktorú uvádzam v zozname v závere práce. Súhlasím s použitím práce na vedecké účely.

V Českých Budejoviciach, 15.05.2007

.....  
Lukáš ZACHAR

### **Pod'akovanie:**

Ďakujem pani Doc., RNDr., Denise Nikodemovej, PhD., za odborné vedenie, cenné rady, trpezlivosť a pochopenie pri riešení problémov spojených so vznikom tejto bakalárskej práce. Ďalej veľmi pekne ďakujem primárovi MUDr. Jánovi Vránovi a vedúcej rádiologickej asistentke Miluši Smrčkovej z RDG odd. Nemocnice Valašské Meziříčí, a.s. a MUDr. Vladimírovi Šulganovi primárovi RDG odd. Krajskej Nemocnice s Poliklinikou v Žiline a diplomovanému vedúcemu rádiologickému asistentovi Františkovi Kosovi za ústretovosť, ktorú mi prejavili pri vykonávaní prieskumu nastavenia expozičných parametrov skiagrafických vyšetrení na svojich pracoviskách.

## Obsah:

	<b>Úvod</b>	
1.	<b>Mechanizmy účinkov ionizujúceho žiarenia</b>	2
1.1	<i>Fyzikálne účinky</i>	
1.2	<i>Fyzikálno-chemické účinky</i>	
1.3	<i>Chemické účinky</i>	
1.4	<i>Biologické účinky</i>	
2.	<b>Röntgenová diagnostika</b>	5
2.1	<i>Rádiodiagnostika v medicíne</i>	
3.	<b>Skúsenosti s použitím primárnych clôn pri skiagrafických vyšetreniach</b>	8
3.1	<i>Filtrácia röntgenového žiarenia</i>	
3.2	<i>Permanentné filtre</i>	
3.3	<i>Prídavné filtre</i>	
4.	<b>Clony</b>	11
4.1	<i>Hĺbková clona</i>	
5.	<b>Radiačná ochrana v rádiodiagnostike</b>	13
5.1	<i>Optimalizácia a diagnostické referenčné úrovne</i>	
6.	<b>Ochrana vyšetrujúceho personálu a pacienta</b>	20
6.1	<i>Ochrana personálu</i>	
6.2	<i>Ochrana pacienta pri vyšetreniach v rádiodiagnostike</i>	
6.3	<i>Ochrana pacienta pri skiagrafickom vyšetrení</i>	

7.	<b>Možnosti zníženia vstupnej povrchovej dávky použitím primárnych clôn pri skiagrafických vyšetreniach</b>	25
	<i>Označovanie snímiek</i>	
	<i>Kontrola kvality röntgenového zariadenia</i>	
	<i>Umiestnenie pacienta</i>	
	<i>Vymedzenie primárneho zväzku röntgenového žiarenia</i>	
	<i>Radiačná ochrana</i>	
	<i>Podmienky expozície</i>	
	<i>System "film-fólia"</i>	
	<i>Sčernanie filmu</i>	
	<i>Počet expozícií na jedno vyšetrenie</i>	
	<i>Spracovanie filmového materiálu</i>	
	<i>Podmienky spracovania a vyhodnocovania snímiek</i>	
	<i>Analýza opakovania snímiek</i>	
8.	<b>Ciele práce</b>	30
9.	<b>Popis metodiky</b>	30
10.	<b>Plošná dávka</b>	32
11.	<b>Metodika výpočtu</b>	34
12.	<b>Výsledky prieskumu</b>	35
13.	<b>Diskusie a závery</b>	37
	<b>Zoznam použitej literatúry</b>	
	<b>Prílohy</b>	

## Úvod

Rádiodiagnostika z pohľadu lekárskej terminológie je tou časťou diagnostickej rádiológie, ktorá je používaná na diagnostické účely. Za posledných 100 rokov prešla diagnostická rádiológia, rádioterapia a nukleárna medicína postupným vývojom smerom od pôvodných metód k súčasným moderným technikám zasahujúcim do všetkých odvetví medicíny.

V mojej práci som uskutočnil prieskum nastavenia expozičných parametrov na vzorke 150 pacientov podrobujúcich sa skiagrafickému vyšetreniu na dvoch rádiodiagnostických pracoviskách. Na RDG oddelení nemocnice Valašské Meziříčí, a.s. som prieskum uskutočnil na skiaskopicko-skiagrafickom zariadení DuoDiagnost PHILIPS s možnosťou odčítať hodnotu plošnej dávky (DAP) a na skiagrafickom zariadení BuckyDiagnost OPTIMUS PHILIPS bez možnosti odčítať hodnotu DAP. V krajskej nemocnici s poliklinikou v Žiline na RDG oddelení som prieskum vykonal na skiaskopicko-skiagrafickom zariadení SWISSRAY bez možnosti odčítať hodnotu DAP. Pre potreby mojej práce som z celkového počtu vyšetrení vyčlenil v súčasnej dobe najfrekvencovanejšie typy vyšetrení: vyšetrenie hrudníka v PA projekcii, vyšetrenie bedrovej chrbtice v AP a LAT projekcii, vyšetrenie panve v AP projekcii, vyšetrenie brucha v AP projekcii, vyšetrenie bedrového kĺbu v AP projekcii. Podstatou môjho prieskumu bolo porovnávanie údajov o expozíciách pri dodržaní vymedzenia primárneho zväzku žiarenia na príslušnú plochu použitého receptora obrazu a údajov pri maximálne otvorených clonách. Z pohľadu diagnostiky nejde iba o nejaký röntgenový zväzok žiarenia presahujúci plochu použitého receptora obrazu, ale aj o neprímeranú záťaž sekundárnym žiarením vznikajúcim vo vyšetřovanom objekte (pacientovi) a znižujúcom diagnostickú informáciu príslušného vyšetřenia.

Analýza výsledkov potvrdila moju hypotézu, že nastavením primárneho zväzku žiarenia na potrebnú veľkosť plochy použitého receptora obrazu sa preukázateľne zlepší kvalita obrazovej informácie a taktiež to prispieje k redukcii vstupnej povrchovej dávky (ESD) pacienta.

## 1. Mechanizmy účinkov ionizujúceho žiarenia

<sup>1</sup>Mechanizmus účinkov ionizujúceho žiarenia na organizmus prebieha v štyroch základných etapách líšiacich sa od seba navzájom rýchlosťou a druhom prebiehajúcich jednotlivých zmien.

### **1.1 Fyzikálne účinky,**

pri interakcii kvanta ionizujúceho žiarenia s hmotou je energia žiarenia odovzdávaná elektrónom v atómoch za vzniku ionizácie a excitácie. Z časového hľadiska je tento proces veľmi rýchly, trvá v rozmedzí len  $10^{-16}$  –  $10^{-14}$  sekundy.

### **1.2 Fyzikálno-chemické účinky,**

v tomto prípade nastávajú fyzikálno-chemické interakcie iónov s molekulami, pri ktorých dochádza k disociácii molekúl a vzniku voľných radikálov, napríklad: z vody vplyvom jej rádiolýzy vznikajú vodíkové katióny  $H^+$  a hydroxylové anióny  $OH^-$  a nestabilné produkty schopné oxydácie.

### **1.3 Chemické účinky,**

vzniknuté ióny, radikály, excitované atómy a ďalšie produkty reagujú s biologicky dôležitými organickými molekulami a menia ich zloženie a funkciu. Typickou poruchou na molekulárnej úrovni sú zlomy vlákien na molekulách DNA – buď sa jedná len o zlom jedného vlákna alebo úplný zlom dvojvlákna molekuly DNA. Ďalej môžu vznikať atypické väzbové mostíky vo vnútri dvojvlákna DNA a ďalšie chemické zmeny. Jednotlivé procesy v rámci tohto typu účinkov ionizujúceho žiarenia trvajú rôzne dlho od tisícín sekundy do jednotiek sekundy, v závislosti na transportnej dobe reaktívnych zložiek z miesta vzniku do miesta lokalizácie napadnutej biomolekuly.

### **1.4 Biologické účinky,**

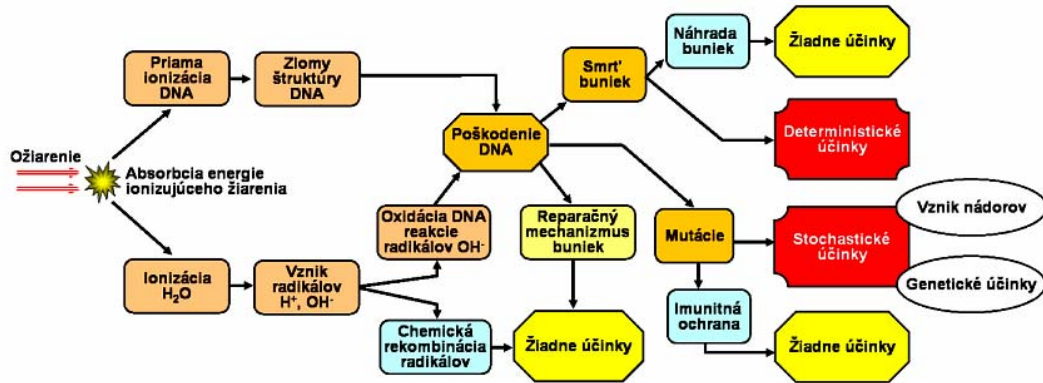
Molekulárne zmeny v biologicky dôležitých látkach môžu vyústiť do funkčných a morfológických zmien v bunkách, orgánoch aj v organizme ako celku. Biologické štádium sa pri vysokých dávkach žiarenia môže prejavovať už po niekoľkých desiatkach minút, môže však zahŕňať dobu latencie niekoľko rokov až ich desiatky.

---

<sup>1</sup> <http://astronuklfyzika.cz/RadiacniOchrana.htm>



## Mechanizmus pôsobenia ionizujúceho žiarenia



Obr.1., mechanizmus pôsobenia ionizujúceho žiarenia na živý organizmus

Pre biologické účinky v dôsledku expozície ionizujúcemu žiareniu je charakteristická:

- prenikavosť daného typu žiarenia
- absorpcia v živej hmote – biologicky sa prejaví len tá časť ionizujúceho žiarenia ktorá sa absorbuje v živom systéme.

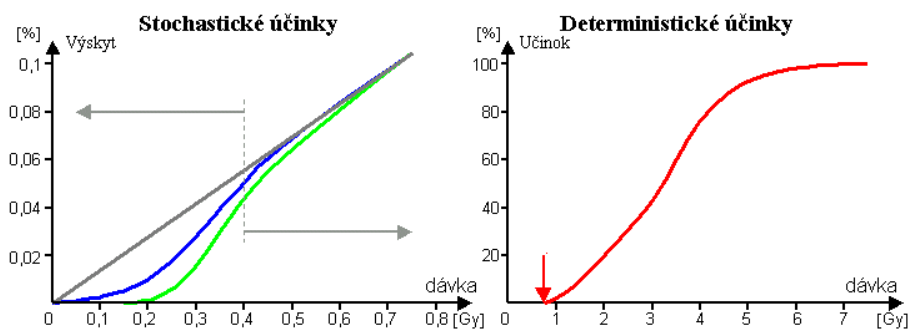
Rozsah a závažnosť biologického účinku závisí od:

- spôsobu expozície
- druhu žiarenia
- veľkosti absorbovanej dávky
- veľkosti ožiarenej časti tela
- individuálnej biologickej variability ožiareného jedinca

<sup>2</sup>Ožiarenie človeka môže vyvolávať niektoré chorobné zmeny prejavujúce sa rádovo v priebehu niekoľkých dní až týždňov, iné v priebehu rokov až desaťročí. V poslednom čase bolo zavedené nové triedenie týchto účinkov opierajúce sa o vzájomný vzťah dávky a účinku. Na základe znalostí dávky a jej účinkov je možné za určitých podmienok vymedziť ciele a kritériá radiačnej ochrany a pre prípad mimoriadnych udalostí spojených s ožiareními odhadnúť možné následky a úlohy zdravotníckej pomoci. Z hľadiska integrity organizmu rozdeľujeme účinky ionizujúceho žiarenia na dva základné typy: **deterministické**, sú to účinky u ktorých pri dosiahnutí príslušnej dávky sa efekt prejaví vždy, spomínaný typ účinkov má svoj prah. Kategória deterministických účinkov je predpokladom výskytu navonok,

<sup>2</sup> Princípy a praxe radiačnej ochrany, Vladislav Klener a kol., AZIN, Praha 2000, ISBN 80-238-3703-6, str. 174

prostredníctvom makroskopického pozorovania, zistiteľných prejavov označovaných tiež pojmom klinické príznaky. Pri tomto type účinkov sa na úrovni molekulárnej a bunkovej uplatňuje moment náhodnosti, štatistickej pravdepodobnosti. Základnou snahou radiačnej ochrany je predchádzať tomuto typu účinkov nastavením podprahových dávkových limitov. Deterministické účinky sú podmienené bunkovými stratami v dôležitých bunkových populáciách, nakoľko sú vzťahované na pomerne veľké množstvo buniek sú tieto účinky niekedy spomínané aj ako účinky polycytické. **Stochastické účinky** - jedná sa o typ účinkov ionizujúceho žiarenia u ktorých so stúpajúcou dávkou stúpa aj pravdepodobnosť poškodenia. Táto kategória nemá pre svoje účinky prahové hodnoty.



<sup>1</sup>Graf 1., Závislosť biologického účinku na veľkosti absorbovanej dávky žiarenia pre stochastické a deterministické účinky.

## 2. Röntgenová diagnostika

<sup>3</sup>Röntgenová diagnostika patrí v súčasnej dobe medzi najstaršie a najdôležitejšie aplikácie ionizujúceho žiarenia v medicíne. Bezprostredne po svojom objave prenikavých „X-lúčov“ vychádzajúcich z katódovej trubice vykonal sám W.C. Röntgen historicky prvý rntg obrázok, ruky svojej manželky.



*Obr.2., W. C. Röntgen, objaviteľ prenikavého žiarenia „X“.*

Penikavé X-žiarenie, vznikajúce v rentgenke, prechádza vyšetrovaným objektom, pričom časť žiarenia sa absorbuje v závislosti na denzite tkaniva, zatiaľ čo zvyšná časť prechádza tkanivom a zobrazuje sa buď fotograficky, alebo na luminiscenčnom tienítku, alebo pomocou elektronických detektorov. Vzniká tak röntgenový obraz, ktorý je projekciou žiarenia X všetkých štruktúr v danom objekte, ktorým prechádza s rôznymi absorpčnými koeficientami a hrúbkou.

---

<sup>3</sup> <http://www.sweb.cz/AstroNuklFyzika/JadRadMetody.htm#2>

## 2.1 Rádiodiagnostika v medicíne

<sup>4</sup>Z pohľadu lekárskej terminológie je rádiodiagnostika tou časťou rádiológie, ktorá slúži na diagnostické účely. Cieľom rádiodiagnostiky nie je len stanovenie prípadne vyvrátenie určitej príslušnej diagnózy, ale tiež získanie obrazovej informácie o príslušnom zákroku, k sledovaniu priebehu ochorenia, alebo k priebežnej kontrole v rámci určitého intervenčného výkonu. Rádiodiagnostické metódy zaujímajú nezastupiteľné miesto v lekárskej diagnostike vedľa ultrasonografie, magnetickej rezonancie a ďalších zobrazovacích metód. Súčasný vývoj modernej lekárskej techniky umožňuje použiť široké spektrum metód od klasickej skiografie až po metódy najmodernejšej techniky počítačovej tomografie. V poslednej dobe čoraz viac zaznamenávame trend nahrádzania klasickej skiografie metódami digitálneho spracovania obrazu. Tieto röntgenové zariadenia sú konštruované tak, aby okrem zvýšenia kvality diagnostickej informácie tiež významne prispievali k zníženiu radiačnej záťaže pacienta, napríklad automatickým nastavením expozičných parametrov, automatickou výmenou prídavnej filtrácie primárneho zväzku podľa hrúbky vyšetřovaného objektu (pacienta), použitím pulzného režimu skiaskopických systémov, automatickým vyclonením primárneho zväzku na veľkosť kazety príp. detektora (digitálne skiagrafičné zariadenia), veľkosť zosilňovača štítového obrazu alebo, uchovaním obrazu v pamäti prístroja.



Obr.3., digitálny skiagrafičný prístroj, „DIGIGRAPH 9M“ (pracujúci na princípe DDR), so zabudovaným vysokocitlivým detektorom z rozlíšením 16 mil. pixelov.

<sup>4</sup> Principy a praxe radiační ochrany, Vladislav Klener a kol., AZIN, Praha 2000, ISBN 80-238-3703-6, s.291,

K získaniu kvalitnej diagnostickej informácie neprispieva len voľba vhodného röntgenového zariadenia, ale všetky články zobrazovacieho reťazca, ktoré môžu túto informáciu ovplyvniť. U skiagrafických zariadení ide predovšetkým o spôsob vyvolávania, použitie filmového materiálu, kaziet, zosilňujúcich fólií, kvalitné prehladacie zariadenia; u skiaskopických zariadení je to kvalita použitých zosilňovačov obrazu, monitorov, softwarové vybavenie atď. Röntgenové vyšetrenia rozdeľujeme podľa typu skúmaných dejov na: A skiagrafické – pri ktorých sa jedná o statické pozorovanie jednotlivých nálezov; V porovnaní so skiaskopiou získame pri aplikácii menšej dávky žiarenia kontrastnejší a podrobnejší röntgenový obraz ktorý je navyše aj trvalou objektívnou dokumentáciou o natívnom ale aj o kontrastnom vyšetrení.



*Obr.4., Skiagramy z konvenčných skiagrafických vyšetrení s aplikáciou pozitívneho kontrastu (IVU) a bez aplikácie (natívna snímka „S+P“).*

U skiagrafických vyšetrení sa obraz vytvára na filme buď priamym pôsobením röntgenového zväzku („bezfóliové filmy“), alebo cez použitú zosilňujúcu fóliu, ktorá je umiestnená v kazete a je v priamom kontakte s filmom. Tieto zosilňujúce fólie konvertujú röntgenové žiarenie na viditeľné svetlo čím podstatne znižujú potrebnú dávku žiarenia a mnohonásobne skracujú expozičné časy. B skiaskopické – umožňujú štúdium dynamických dejov, pri ktorých sa kontinuálna obrazová informácia vytvára dopadom röntgenového žiarenia na fluorescenčné tienítka zosilňovača obrazu, spojeného s televíznym reťazcom a monitorom. Vzniknutý obraz zaznamenávame buď na filmový materiál alebo za použitia inej dokumentačnej techniky, ako napríklad video rekordér, DVD, alebo laserová multiformátová kamera.

### **3. Skúsenosti s použitím primárnych clôn pri skiagrafických vyšetreniach**

<sup>5</sup>Zanedbanie manuálnej redukcie röntgenového zväzku na veľkosť použitého filmu je jedným z dôvodov nadmernej radiačnej záťaže v sledovanom súbore pacientov. Z diagnostického hľadiska sa nejedná len o nežiadúci neúčinný zväzok žiarenia ktorý presahuje plochu použitého filmového materiálu ale hlavne o nadmernú záťaž sekundárnym žiarením ktoré vzniká vo vyšetrovanom objekte a znižuje diagnostickú informáciu ktorú rádiológ hľadá pri popise snímky.

Nedostačujúca manuálna adjustácia primárneho zväzku žiarenia na príslušnú plochu zo strany rádiologického asistenta môže mať za následok snímku nevhodnú pre diagnostické účely buď na podklade nedostatočnej informácie, nesprávneho zobrazenia alebo nevyhovujúcej kvality. Na základe takýchto zistení je nutné opakovanie expozície s čím je spojená zbytočná radiačná záťaž a diskomfort pacienta ale aj zbytočné použitie zariadenia a následne vyššie finančné náklady oddelenia.

#### ***3.1 Filtrácia röntgenového žiarenia***

<sup>6</sup>Spektrum žiarenia ktoré je produkované röntgenkou závisí od materiálu anódy, napätia a filtrácie. Toto spektrum žiarenia však hneď po svojom vzniku obsahuje všetky zložky tzn. aj nízkoenergetické žiarenie ktoré sa po vniknutí do vyšetrovaného objektu celkom absorbuje a na vznik röntgenového obrazu nemá žiaden vplyv. Z toho dôvodu sa už pri výstupnom okienku röntgenky nachádzajú filtre s predpísanými polhrúbkami filtračného materiálu, vid'. tab.č.1., ktoré tieto mäkké zložky žiarenia zo zväzku odstránia. Z konštrukčného pohľadu rozdeľujeme jednotlivé typy filtrácie do dvoch základných skupín.

#### ***3.2 Permanentné filtre***

Je to typ filtrácie ktorá je väčšinou inštalovaná už výrobcom príslušného zariadenia. Zariadenia pre lekársku röntgenovú diagnostiku musia byť v súčasnej dobe na základe podmienok stanovených normou IEC 60601-1-3 opatrené filtráciou zodpovedajúcou 1,5 mm Al, ktorá nemôže byť neautorizovane meniteľná. Jednou zo zložiek tohto typu filtrácie je aj olej ktorý sa nachádza v púzdre rentgenového žiariča ktorý tiež odfiltráva neúčinné žiarenie vzniknuté na anóde a z oblasti výstupného okienka röntgenovej lampy. Celková

---

<sup>5</sup> American Journal of Public Health, G. M. Kerrigan and L. F. Peysers, volume 62(10), October 1972, p. 1391-1393

<sup>6</sup> Strahlenphysik, Strahlenbiologie und Strahlenschutz-Handbuch diagnostische Radiologie, TH.Schmidt, Springer-Verlag 2001, ISBN 3-540-41419-3, s. 54-56

permanentná filtrácia röntgenového žiarenia dopadajúceho na pacienta musí spĺňať podľa príslušnej normy hodnotu minimálne 2,5 mm Al. Niektorí výrobcovia röntgenových žiaričov vyrábajú prístroje s už zabudovaným permanentným filtrom príslušnej hrúbky čím spĺňajú požiadavky príslušnej normy.

### 3.3 Prídavné filtre

Uvedený spôsob filtrácie môže meniť obsluha röntgenového zariadenia (rádiologický asistent) v závislosti od druhu vykonávaného vyšetrenia prípadne od hrúbky objektu.

Ovládací mechanizmus tohto typu filtrácie sa nachádza buď priamo na hlbkovej clone (mechanický typ) alebo na ovládacom paneli röntgenového prístroja (automatické ovládanie – novšie typy), alebo sa môže meniť ľubovoľne automaticky na základe parametrov príslušnej expozície bez akéhokoľvek zásahu obsluhujúceho personálu.

Celková filtrácia pri skiagrafičkých zariadeniach s výnimkou zariadení určených pre mamografickú diagnostiku, stomatologickú rádiodiagnostiku a pri nízkonapäťových zariadeniach nesmie byť menšia ako 2,5 mmAl.

Aplikácia	Napätie na röntgenke		Minimálna prípustná prvá polhrúbka mmAl
	Pracovný rozsah na bežné použitie	Nastavená hodnota kV	
Ostatné aplikácie bez nízkonapäťových stomatologických prístrojov	U >=	< 50	použije sa lineárna extrapolácia
		50	1,5
		60	1,8
		70	2,1
		80	2,3
		90	2,5
		100	2,7
		110	3,0
		120	3,2
		130	3,5
		140	3,8
		150	4,1
		>150	použije sa lineárna extrapolácia

<sup>7</sup>Tab.č.1, polhrúbky pre jednotlivé skiagrafičké rentgenové prístroje

<sup>7</sup> IEC 60601-1-3; Všeobecné požiadavky na ochranu pred žiarením pre diagnostické rentgenové zariadenia, 1994,

Prídavné filtre majú vplyv na zlepšenie kontrastu obrazovej informácie a taktiež na zníženie dávky žiarenia absorbovanej pacientom. Tak ako všetky typy filtrov aj prídavné filtre sa podieľajú na absorpcii určitých zložiek žiarenia takže zvyšná časť použitého zväzku žiarenia môže byť podľa potreby ďalej redukovaná na príslušnú potrebnú úroveň. Následne to vedie k predĺženiu expozičného času, menšiemu obrazovému zväčšeniu a väčšej úrovni neostroti. Z uvedeného dôvodu je možné použiť prídavné filtre len pri vysoko výkonných röntgenkách. Ďalšie zmysluplné možnosti použitia prídavnej filtrácie sa v súčasnosti črtajú v oblasti hrudnej rádiografie, pediatrickej rádiografie a pri aplikácii tvrdej snímkovacej techniky.

#### **4. Clony**

Sú to zariadenia ktoré ohraničujú užitočný zväzok röntgenového žiarenia na potrebnú veľkosť poľa čím nám umožňujú chrániť seba a pacienta pred účinkami nepotrebného žiarenia a zároveň tým zvýšiť kvalitu výsledného skiagramu.

Žiarenie, ktoré vzniká v ohnisku na anóde röntgenky sa nazýva primárne, žiarenie ktoré sa vytvorí mimo ohniska sa nazýva mimoohniskové /extrafokálne/. Malá časť primárneho žiarenia sa môže pohybovať nevhodným smerom a spolu s extrafokálnym žiarením vytvára rušivé neúčinné žiarenie.

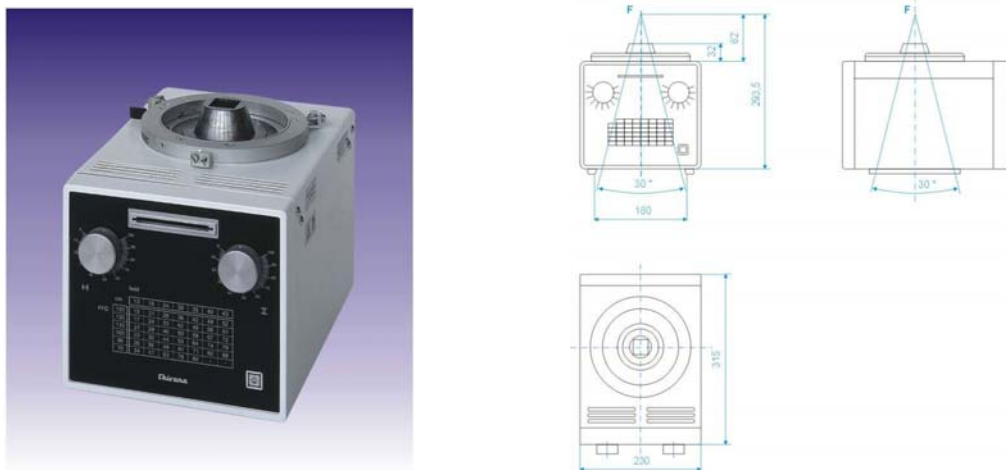
Užitočný zväzok je časť primárneho žiarenia, ktorá vystupuje z ohniska, má tvar kužeľa, vychádza výstupným okienkom, prípadne je obmedzená clonou alebo tubusom.

Na prácu s primárnym zväzkom žiarenia, (jeho vymedzenie na príslušnú plochu filmu), používame tzv. primárne clony ktorým tiež hovoríme hlbkové clony.



#### 4.1 Hĺbková clona

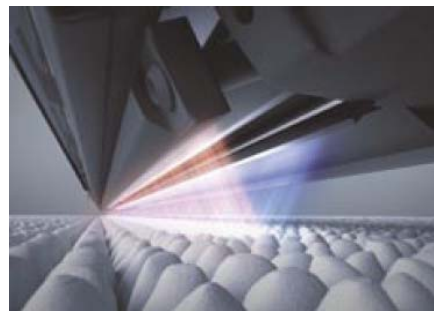
Tento typ clony býva inštalovaný priamo na röntgenovej lampe pod výstupným okienkom, pozostáva zo sústavy navzájom oproti sebe sa rozovierajúcich lamiel a je určený na elimináciu extrafokálneho žiarenia. Ovládanie nastavenia lamiel v jednotlivých smeroch v zmysle osí X a Y môže byť manuálne (staršie rentgenové prístroje) alebo automatické (formátová automatika) na základe veľkosti zvoleného formátu filmu.



Obr.5., Manuálna hĺbková clona so schematickým nákresom

V púzdre hĺbkovej clony sa nachádza svetelný indikátor (žiarovka, vid'. obr.9.), ktorý slúži na vizuálnu verifikáciu správneho nastavenia veľkosti ožarovaného poľa na povrchu pacienta. Správne nastavená hĺbková clona spĺňa svoj účel jedine vtedy ak sa zhoduje veľkosť nastavenia svetelného poľa na strane jednej s využiteľnosťou ožarovaného poľa na strane druhej. Požiadavky na nastavenie ako aj podmienky skúšok zhody svetelného poľa s ožarovaným poľom upravuje príslušná norma (IEC 60601-1-3). V tele pacienta ožiareného primárnym žiarením vzniká následkom Comptonovho rozptylu sekundárne žiarenie, ktoré je rozptýlené, ohrozuje osoby v bezprostrednom okolí vyšetrovaného a zhoršuje ostrosť a kontrast obrazu. Množstvo vzniknutého sekundárneho žiarenia je väčšie pri vyššom anódovom napätí a pri objemnejšom snímkanom objekte. Na zachytenie tohto neúčinného žiarenia sa používajú sekundárne filtre /napr. Potterova – Buckyho clona, Siemensova clona, Lysholmova clona a iné /.

Skiagrafia znamená snímkanie určitej anatomickej časti organizmu na röntgenový film pomocou röntgenového žiarenia. Filmy majú štandardné rozmery udávané v cm (v našom prípade sme sa snažili primárne používať veľkosti 35x35, 35x43, 20x40, 18x24 a 13x18), sú uložené v špeciálnych svetlotesných kazetách obsahujúcich zosilňujúce fólie zo vzácnych zemín, ktoré pri dopade žiarenia X emitujú viditeľné svetlo, čím zosilňujú účinok žiarenia na fotografický materiál. Exponovaný film vyberieme z kazety v tmavej komore, kde ho vyvoláme pomocou vyvolávacieho automatu. V súčasnej dobe existuje tzv. „daylight system“ ktorý umožňuje vyvolávať film vo vyvolávacom automate bez toho aby bol rádiologický asistent nútený vstupovať s kazetou do tmavej komory.



*Obr.6., „Daylight“ systém pracujúci na princípe nepriamej digitalizácie, načítá latentný obraz z exponovanej kazety pomocou laserového lúča.*

Výhodou skiografie je pre pacienta relatívne nízka radiačná záťaž a existencia snímok ako trvalého dokladu o chorobnom procese. Röntgenové snímky treba podľa zákona archivovať minimálne 5 rokov, na klinických pracoviskách sa archivujú až 10 rokov. Medzi nevýhody skiografie patrí skutočnosť, že zachytáva len určitú časť patologického procesu, a tak ju nemožno použiť na presné posúdenie narušenej funkcie daného objektu.

## **5. Radiačná ochrana v rádiagnostike**

Všetci ľudia sú počas celého života vystavení permanentnému pôsobeniu ionizujúceho žiarenia. Z fyzikálneho hľadiska k ionizujúcemu žiareniu zaraďujeme elektromagnetické vlnenie a hmotné elementárne častice, ktoré sú schopné spôsobiť ionizáciu atómov. Existujú dva základné zdroje ionizujúceho žiarenia, ktoré pôsobia na živé organizmy:

- prírodné zdroje ionizujúceho žiarenia,
- zdroje ionizujúceho žiarenia vyrobené človekom, tzv. umelé zdroje žiarenia.

Prírodnými zdrojmi žiarenia extraterestriálneho pôvodu je kozmické žiarenie, ktoré dopadá na zemský povrch z kozmického priestoru alebo z povrchu Slnka. Intenzita kozmického žiarenia

je dlhodobo stabilná a mení sa výrazne len s nadmorskou výškou. Terestriálnymi zdrojmi ionizujúceho žiarenia sú prírodné rádionuklidy, ktoré sa nachádzajú v horninách na zemskom povrchu, v atmosfére, v povrchových a podzemných vodách, v potravinách. Aktivita rádionuklidov v rôznych horninách a pôdach sa výrazne mení s geologickým zložením zemského povrchu. Medzi najvýznamnejšie prírodné rádionuklidy, ktoré prispievajú k ožiareniu populácie patria  $^{40}\text{K}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{220}\text{Rn}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Po}$  a kozmogénne rádionuklidy  $^{14}\text{C}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^7\text{Be}$ . [3]

K umelým zdrojom ionizujúceho žiarenia sa zaraďujú zdroje žiarenia používané v medicíne, rádioaktívne látky uvoľňované do životného prostredia z jadrovo-energetických zariadení, rádioaktívny spád zo stratosféry ako dôsledok výbuchov jadrových zbraní, rôzne zdroje žiarenia používané v hospodárstve, stavené materiály.

Prírodné zdroje žiarenia nie je možné odstrániť a predstavujú tak určitú základnú úroveň ožiarenia jednotlivcov. Priemerná efektívna dávka ožiarenia jednotlivcov z prírodných zdrojov ionizujúceho žiarenia v Európskych krajinách je 2,4 mSv za rok.

Najvýznamnejším umelým zdrojom ožiarenia populácie sú zdroje žiarenia používané v zdravotníctve a to predovšetkým v priemyselne vyspelých krajinách, tzv. lekárske ožiarovanie. Patria sem rôzne röntgenové prístroje používané v diagnostickej rádiológii, rádioaktívne látky používané na diagnostiku a terapiu v nukleárnej medicíne a ožarovacie zariadenia používané na externú terapiu v radiačnej onkológii. Veľkosť priemernej efektívnej dávky obyvateľov z lekárskeho ožiarovania silne závisí od úrovne hospodárstva jednotlivých krajín a tým aj úrovne kvality zdravotníctva. Zatiaľ čo vo vyspelých Európskych krajinách sa vykonáva 750 až 2200 rádiologických vyšetrení na 1000 obyvateľov za rok, v niektorých rozvojových krajinách je to len 10 až 40 vyšetrení na 1000 obyvateľov za rok.



*Graf 2., Percentuálny príspevok lekárskeho ožiarania z množstva jednotlivých typov ožiarania obyvateľstva jednotlivými zdrojmi ionizujúceho žiarenia.*

Svetová zdravotnícka organizácia (WHO) rozpracovala program týkajúci sa kvality rádiodiagnostických vyšetrení. Jeho cieľom je zlepšiť kvalitu zobrazenia, teda zvýšiť diagnostickú informáciu a obmedziť radiačnú záťaž pacienta, ale aj zdravotníckeho personálu na pracoviskách so zdrojmi ionizujúceho žiarenia. Ochrana zdravotníckeho personálu sa vo vyšetrovacích miestnostiach zameriava predovšetkým na pracovníkov, ktorí sa v nich zdržiavajú počas expozície pacienta (radiologický asistent). Hlavným zdrojom záťaže ionizujúcim žiarením je rozptýlené sekundárne žiarenie, ktoré vzniká v ožiarenej časti tela pacienta. Veľkosť rozptýleného žiarenia je úmerná ožiarenej ploche tela pacienta, preto je dôležité, aby primárny zväzok röntgenového žiarenia dopadal len na určené miesto. Toto opatrenie obmedzuje nielen radiačnú záťaž pacienta, ale aj samotného obsluhujúceho personálu (radiologického asistenta).

### **5.1 Optimalizácia a diagnostické referenčné úrovne**

<sup>8</sup>Priemerná ročná efektívna dávka nazývaná tiež prírodné pozadie dosahuje hodnotu okolo 2,5 mSv ročne. Prírodné expozície sú závislé od geografickej pohody danej oblasti v rozmedzí od 1,5 mSv až do niekoľko desiatok mSv. V súlade s všeobecnými princípmi ochrany zdravia pred pôsobením faktorov životného prostredia a technického rozvoja je základným cieľom radiačnej ochrany zabezpečiť dostatočnú úroveň ochrany zdravia pred účinkami ionizujúceho žiarenia a umožniť pritom prínos z využitia týchto zdrojov. V praxi je

<sup>8</sup> International Commission on Radiological Protection, Radiation and your patient: A guide for medical practitioners

radiačná ochrana neustále konfrontovaná základnými otázkami typu: „aké bude alebo môže byť ožiarenie človeka?“, čo môže ožiarenie spôsobiť, alebo aké a koľko škôd na zdraví môže vyvolať?“, „ako správne zhodnotiť a usmerniť príslušné ožiarenie?“ a mnohé iné. Aby bolo možné odpovedať v každej situácii v praxi na takéto a im podobné otázky musí sa radiačná ochrana opierať o súbor vzájomne prepojených a ucelených princípov, základných pojmov, kritérií a prístupov, teda o správne sformulovanú koncepciu odboru. V rámci Českej a Slovenskej republiky vychádza súčasná koncepcia odboru radiačnej ochrany z viacerých zdrojov a to, (m.i. EURATOM 97/43, Zákon 18/1997 Sb., Zákon 345/2006 Zb.,... príslušné vyhlášky). Hlavným cieľom ochrany zdravia pred ionizujúcim žiarením je stanovenie takých zásad, ktoré sú zamerané na vylúčenie deterministických a obmedzenie výskytu nežiadúcich stochastických účinkov na prijateľnú úroveň.

Prijateľnosť ožiarenia sa zabezpečuje dodržiavaním troch základných princípov radiačnej ochrany:

- ✓ **princíp zdôvodnenia**, akékoľvek ožiarenie osôb musí byť prínosné pre spoločnosť;
- ✓ **princíp optimalizácie**, u všetkých expozícií musí byť uplatňovaný princíp „ALARA“ – „as low as reasonably achievable“ t.j., musia byť udržané na tak nízkej úrovni ktorú je možné dosiahnuť s prihliadnutím na všetky ekonomické a spoločenské podmienky;
- ✓ **princíp limitovania dávok**, je systém zabezpečenia, ktorý zaručuje že pri dodržaní stanovených limitov nedôjde k neprimeranému ožiareniu jednotlivca;

Diagnostické referenčné úrovne boli po prvýkrát definované v medzinárodnom odporúčaní IAEA č.115 a v odporúčaní Európskej komisie pre radiačnú ochranu č.109, zavedené do praxe boli za účelom získania praktického nástroja optimalizácie a ochrany pacienta pred škodlivými účinkami ionizujúceho žiarenia v medicíne.<sup>9</sup> Sú založené na empirii a predstavujú špecifickú časť kumulatívnej dávkovej distribúcie meranej za štandardných podmienok. Hodnoty týchto úrovní by mali byť podľa potrieb pravidelne kontrolované a upravované. Diagnostické referenčné úrovne (ďalej DRL) v Českej republike sú upravované vyhláškou SÚJB č. 307/2002 Sb o radiačnej ochrane a na Slovensku sú stanovené nariadením vlády SR č.340/2006 Z.z. o ochrane zdravia osôb pred nepriaznivými účinkami ionizujúceho žiarenia pri lekárskom ožiarení. DRL navrhované odporúčaniami ICRP a IAEA sú vzťahované na tzv. štandardného pacienta (výška 175 cm, hmotnosť 70 kg) ako vstupné povrchové dávky pre

---

<sup>9</sup> Documents of the NRPB, Guidelines on Patient Dose to Promote the Optimisation of Protection for Diagnostic Medical Exposures, volume 10 no. 1, 1999, str. 10-11;

jednotlivé skiagrafické vyšetrenia. Môžeme len predvídať postupnú redukciu dávok smerom k optimálnym hodnotám, z pohľadu referenčných dávkových úrovní by však mali byť tieto hodnoty vždy nastavené na najnižšie priateľné hladiny. Teoreticky môže byť príkladom snaha o stláčanie dávok smerom k optimálnym hodnotám. Uvedené teda predstavuje rozdiel medzi referenčnými hodnotami a optimálnym znížením v rámci už zredukovaných hodnôt medzi jednotlivými pracoviskami. Platné hodnoty DRL v Českej republike a na Slovensku pre konvenčné skiagrafické vyšetrenia sú definované ako vstupná povrchová dávka (ESD) v súlade so staršími medzinárodnými odporúčaniami IAEA a Európskej komisie. V súčasnej dobe sú však vo vyspelých krajinách Európskej únie stanovované nielen vo forme ESD ale aj v priamo merateľnej veličine plošnej dávky (DAP), (viď tab.2.). Takýmto spôsobom uvádzané dávky umožňujú v klinickej praxi omnoho jednoduchšiu kontrolu dodržiavania DRL na jednotlivých pracoviskách.

Typ vyšetrenia	Česká republika (ESD mGy)	Slovensko (ESD mGy)	IAEA (ESD mGy)	EU (mGy)	Nemecko		Veľká Británia	
					DAP (cGy.cm <sup>2</sup> )	ESD (mGy)	ESD (mGy)	DAP (Gy.cm <sup>2</sup> )
LS - AP	10	10	10	10	320	10	6	1,6
LS - LAT	30	30	30	30	800	30	14	3
Hrudník - PA	0,4	0,4	0,4	0,3	20	0,3	0,2	0,12
Hrudník - LAT	1,5	1,5	1,5	1,5	100	1,5	1	-
Brucho - AP	10	10	10	10	550	10	6	3
IVU	10	10	10	10	-	-	-	-
Panva - AP	10	10	10	10	500	10	4	3
Bedrový kĺb - AP	10	10	10	10	-	-	-	-
Lebka - AP	5	5	5	5	110	5	3	-
Lebka - LAT	3	3	3	3	100	3	1,6	-

Tab. 2., porovnanie DRL pre jednotlivé skiagrafické vyšetrenia v Českej republike a na Slovensku so smernými hodnotami a hodnotami platnými vo vyspelých Európskych krajinách.

Hlavným vedeckým problémom v súčasnosti je snaha o neustále približovanie sa referenčným úrovniam aj pri zobrazovacích systémoch doposiaľ schopných vytvárať adekvátny obraz s použitím nižších expozičných hodnôt, v tom sa nachádza praktické obmedzenie pre niektoré typy zobrazovacích systémov vyplývajúce z fyzikálnych zákonitostí. Schvaľovanie diagnostických referenčných úrovní na národnej úrovni vyžaduje rozsiahly audit údajov o expozícii pacientov pri jednotlivých typoch vyšetrení. V tomto prípade keď sa dávky priblížia danej hodnote referenčnej dávkovej úrovne, kvalita obrazu sa začne znižovať. Aj napriek uvedeným skutočnostiam je nevhodné odmietat' princípy optimalizácie. Čo sa však v budúcnosti môže stať vhodnejším ako základ redukcie dávky čo je technicky možné

a nakoniec aj dosiahnuteľné. S tým sú spojené niektoré problémy súvisiace so stratégiou týkajúcou sa moderných nižších referenčných úrovní. Toto je aj čiastočne odpoveď na neustále zvýšené hodnoty nad hodnotami referenčnými pri konkrétnych vyšetreniach na jednotlivých pracoviskách. Hlavnou a praktickou úlohou týchto pracovísk je zníženie týchto hodnôt na úroveň stanovenú referenčnými dávkovými úrovňami.

Vyšetrovaný objekt	Projekcia	Referenčná dávka (mGy)
LS chrbtica	AP	10
	LAT	30
Abdomen	AP	10
Panva	AP	10
Hrudník	PA	0,3
	LAT	1,5
Lebka	AP	5,0
	PA	5,0
	LAT	3,0

Tab.3.,,: <sup>5</sup>Hodnoty národných referenčných úrovní vstupnej povrchovej dávky (s faktorom spätného rozptylu) na snímok štandardného dospelého pacienta platných v EÚ.

Vyšetrenie	Referenčná dávka (Gy.cm <sup>2</sup> )
LS chrbtica	15
Báriová náplň	60
Báriové sústo	25
Intravenózna urografia	40
Abdomen	8
Panva	5

Tab.4.,,: <sup>5</sup>Hodnoty národných referenčných úrovní (dose-area-product) na vyšetrenie pre štandardného dospelého pacienta platných v EÚ.

Akokoľvek je to však zaujímavé, hlavným vodítkom na týchto pracoviskách sú vždy referenčné dávkové úrovne smerujúce k optimálnym hodnotám. Za účelom zníženia dávok na potrebnú optimálnu úroveň je potrebné aby mali všetky rádiologické pracoviská vypracované vlastné štandardy pre jednotlivé rádiologické vyšetrenia ktoré vykonávajú.

Napriek tomu že sa pri röntgenových vyšetreniach neuplatňuje princíp limitovania dávok, v praxi sa zavádzajú tzv. DRL, od ktorých sa odvíja základ zlepšenia smerom k nižším úrovňam dávok.

<sup>10</sup>Základným dôvodom prečo boli zavedené smerné hodnoty dávok pacientov pre jednotlivé typy vyšetrení v rádiodiagnostike bol fakt, že sa jednotlivé dávky medzi pracoviskami líšili aj viac ako dvojnásobne. V rámci úsilia o zabezpečenie kvality röntgenových vyšetrení sa prejavuje taktiež tendencia zavádzania odporúčaných jednotných vyšetrovacích techník. Priemerná ročná efektívna dávka na obyvateľa pri lekárskom ožiarení mala hodnotu 0,72 mSv v roku 1995. Prehľad absorbovaných dávok a efektívnej dávky pri vybraných skiagrafičkých vyšetreniach je uvedený v tab.č.5, pričom efektívna dávka umožňuje vzájomné porovnanie jednotlivých typov vyšetrení.

Rádiodia- gnostické vyšetrenie	Absorbovaná dávka [mGy]					Efektívna dávka [mSv]
	Aktívna kostná dreň	Mliečna žľaza	Maternica (zárodok/plod)	Štítna žľaza	a) Gonády	
Hrudník	0,04	0,09	*	0,02	*	0,04
Lebka	0,2	*	*	0,4	*	0,1
Brucho	0,4	0,03	2,9	*	2,2 0,4	1,2
Th chrbtica	0,7	1,3	*	1,5	*	1
LS chrbtica	1,4	0,07	3,5	*	4,3 0,06	2,1
Pánev	0,2	*	1,7	*	1,2 4,6	1,1
Intravenózna urografia	1,9	3,9	3,6	0,4	3,6 4,3	4,2

<sup>6</sup>Tab.č.5., Absorbované dávky vo vybraných orgánoch a efektívne dávky pri vybraných skiagrafičkých vyšetreniach

\*) hodnota dávky nižšia ako 0,01 mGy

a) horná hodnota dávky sa týka ovárií a spodná testes

<sup>10</sup> Principy a praxe radiační ochrany, Vladislav Klener a kol., AZIN, Praha 2000, ISBN 80-238-3703-6, s. 313,



## 6. Ochrana vyšetrujúceho personálu a pacienta

### 6.1 Ochrana personálu

Na ochranu personálu pred rozptýleným žiarením sa využívajú fyzikálne metódy a to najmä ochrana časom, vzdialenosťou a tienením. Veľmi účinný je spôsob ochrany vzdialenosťou, preto je potrebné usilovať sa dodržať čo najväčší odstup od zdroja žiarenia, pretože dávka klesá so štvorcem vzdialenosti. Uvedený fakt, že dávka klesá so štvorcem vzdialenosti od zdroja znamená že napríklad, odstup z 25 cm na 100 cm spôsobí až 16 násobnú redukciu dávky. Na ochranu personálu počas výkonu jednotlivých rádiodiagnostických vyšetrení v praxi používame mobilné zásteny s určitým ekvivalentom olova, ochranné závesy, stropné závesy s olovnatým sklom. V rámci kategórie uvedených ochranných pomôcok rozlišujeme aj tzv. *osobné ochranné pomôcky* ako: zástery, ochranné límce, okuliare, rukavice (používané väčšinou pri skiaskopických vyšetreniach).

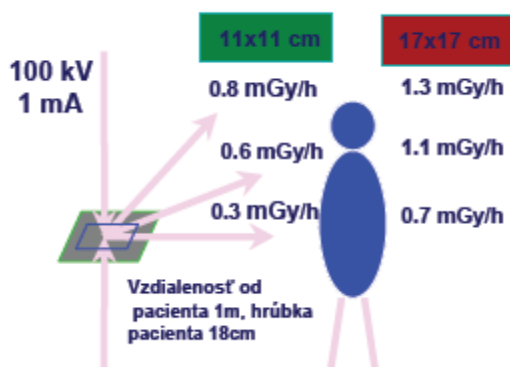


Obr.7., Osobné ochranné pomôcky používané na ochranu vyšetrujúceho personálu pri vyšetreniach v rádiodiagnostike

Ochranné zástery a límce sa vyrábajú s tieniacim ekvivalentom v rozmedzí od 0,25 do 0,50 mmPb. V rámci kontrol stálosti je nutné zástery, límce a rukavice najmenej jedenkrát ročne skiaskopicky skontrolovať za účelom zistenia ich celistvosti.

K ochrane personálu prispievajú aj ďalšie opatrenia ako sú, osobné monitorovanie dávok, program zabezpečenia akosti rádiodiagnostických vyšetrení, sústavné vzdelávanie personálu a praktická výuka.

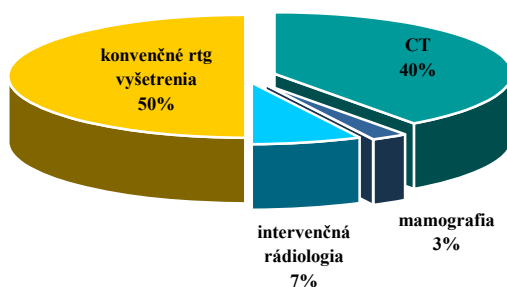
## ZÁVISLOSŤ OD VEĽKOSTI POĽA



Obr.8., faktor vzdialenosti ovplyvňujúci dávku žiarenia u vyšetrujúceho personálu

### 6.2 Ochrana pacienta pri vyšetreniach v rádiodiagnostike

Ako bolo uvedené v časti venovanej radiačnej ochrane v rádiodiagnostike, ožiarenie osôb pri rádiologických výkonoch predstavuje rozhodujúci príspevok k ožiareniu populácie zo zdrojov ionizujúceho žiarenia vyrobených človekom. Rozhodujúci význam má pritom ožiarenie pacientov v diagnostickej rádiológii. Od začiatkov rádiológie sa značná pozornosť venovala rozvoju vyšetrovacích metód a zdokonaľovaniu kvality röntgenového zobrazenia. Zdokonaľovanie röntgenovej techniky, kvality zobrazenia a prevratné zmeny vo vyšetrovacích postupoch viedli na druhej strane k neustále rastúcim nákladom na zdravotnícku starostlivosť a k celkovému zvyšovaniu radiačnej záťaže populácie z lekárskeho ožiarenia. Aj tieto skutočnosti viedli k tomu, že sa posledných 25 rokov okrem zvyšovaní kvality zobrazenia venuje súčasne aj veľká pozornosť radiačnej ochrane a znižovaniu veľkosti ožiarenia z jednotlivých rádiologických výkonov.



Graf.3., percentuálne zastúpenie jednotlivých zdrojov ionizujúceho žiarenia pri lekárskech expozíciách.

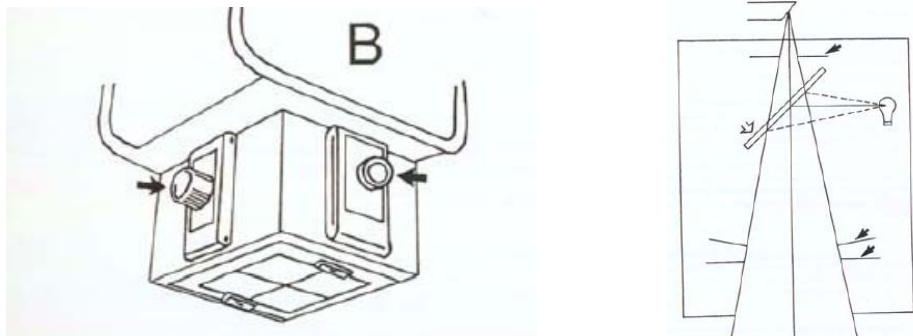
Z pohľadu všetkých troch známych princípov ochrany pred účinkami ionizujúceho žiarenia pri radiačnej ochrane pacientov uplatňujeme v praxi princíp odôvodnenia a princíp optimalizácie. Princíp limitovania dávok pri lekárskom ožiarení pacientov v praxi neuplatňujeme, lebo z pohľadu riešenia odôvodnených klinických problémov pri rôznych rádiodiagnostických výkonoch nie je možné v praxi použiť princíp limitovania dávok. V bežnej praxi to znamená, že riešenie konkrétnych klinických problémov daného pacienta musí mať prednosť pred akýmikoľvek formálnymi pravidlami, pričom predpokladáme, že na základe príslušných miestnych štandardov a všeobecne platných indikačných kritérií pre konkrétny typ rádiodiagnostického vyšetrenia, diagnostická výťažnosť prevýši možné radiačné riziko u konkrétneho pacienta. Pri optimalizácii expozície zohráva svoju kľúčovú úlohu rádiologický asistent. Vykonáva pravidelnú kontrolu kvality zobrazenia a dohliada na štandardný chod zobrazovacieho reťazca, volí optimálne podmienky expozície, aby dávka bola čo najnižšia bez straty nevyhnutnej klinickej informácie. Volí tiež použitie vhodných ochranných prostriedkov pre pacienta (tubus, gonádové krytie, ...).



*Obr. 9., použitie krytia štítnej žľazy a krytia reprodukčných orgánov pri rôznych skiagrafických výkonoch*

### 6.3 Ochrana pacienta pri skiagrafickom vyšetrení

K najvýznamnejším prostriedkovom obmedzujúcim radiačnú záťaž pacienta patrí vymedzenie zväzku žiarenia na čo najmenšiu plochu, ktorá je potrebná na vyšetrenie príslušnej oblasti záujmu. V súčasnosti sa na vymedzenie primárneho zväzku pri skiagrafických vyšetreniach používajú tzv. „hlbkové clony“, (obr.4.), tieto rovnako ako filtre sú účinnou ochranou pred ionizujúcim žiarením, pretože znižujú jeho množstvo ešte pred dopadom na pacienta. Okraje clôn by mali byť na snímku vyditeľné.



Obr. 10., schématický nákres funkcie hlbkovej clony obmedzujúcej primárny zväzok žiarenia dopadajúci na pacienta

Presné umiestnenie poľa je veľmi dôležité a patrí k základným úlohám rádiologického asistenta pracujúceho na skiagrafii, hlavne ak sú v oblasti záujmu umiestnené kritické orgány (gonády) a pri vyšetovaní detí a novorodencov.



Obr. 11., fixácia pacienta a vykrytie kritických orgánov v pediatrickej rádiológii

Ďalším dôležitým faktorom ovplyvňujúcim dávku pacienta je kvalita žiarenia, ktorá je daná celkovou filtráciou a anódovým napätím. Aby bola konkrétna expozícia čo najnižšia, musí byť anódové napätie čo najvyššie, ale v súlade so zodpovedajúcim kontrastom zobrazenia, (s rastúcim napätím klesá kontrast zobrazenia). Výrazné zníženie dávky je možné dosiahnuť s použitím citlivejších zosilňujúcich fólií. Zosilňujúce fólie zo vzácnych zemín umožňujú až niekoľkonásobné zníženie dávky oproti klasickým fóliám. Používaním fólií s vysokým zosilňujúcim účinkom je možné znížiť dávky, ale taktiež minimalizovať pohybovú neostrosť, aby nedochádzalo k zbytočnému opakovaniu expozícií a tým aj k väčšej radiačnej záťaži pacienta.



*Obr. 12., pohľad do otvorenej kazety formátu 24x30 cm v ktorej sa nachádzajú zosilňujúce fólie medzi ktoré sa vkladá film.*

Z dôvodov radiačnej ochrany je nutné vykrývať rádiosenzitívne orgány alebo tkanivá kedykoľvek je to možné. Pri vyšetrovaní mladých žien a žien v reprodukčnom veku je potrebné taktiež dodržiavať tzv. „pravidlo 10-tich dní“, na základe ktorého je možné rádiodiagnosticky vyšetriť len ženu v prvých 10-tich dňoch menštruačného cyklu.

Vykrývanie testes a ovárií je u pacientov v reprodukčnom veku nutné vždy, keď sú gonády v blízkosti primárneho zväzku, alebo priamo v ňom pokiaľ vykrytie nebráni získaniu potrebnej diagnostickej informácie.

## 7. Možnosti zníženia vstupnej povrchovej dávky použitím primárnych clôn na skiagrafii

Každé röntgenologické vyšetrenie má na základe odporúčaní vydaných Európskou komisiou stanovené všeobecné princípy, ktoré je nevyhnutné doržiavať, aby nedochádzalo k významnejšiemu poškodzovaniu pacienta a vyšetrujúceho personálu. Je potrebné, aby sa s uvedenými všeobecnými princípmi starostlivo oboznámili všetci ktorí buď tieto vyšetrenia vyžadujú, vykonávajú alebo podávajú správu o výsledkoch týchto vyšetrení. Tieto kritériá kvality pre rádiodiagnostické zobrazenie boli spracované do 12. základných bodov, ktoré sú publikované v dokumente: Kritéria kvality pre röntgendiagnostické zobrazovanie<sup>11</sup>.

### *Označovanie snímok*

Na každej snímke musí byť viditeľne vyznačená identifikácia pacienta, dátum vyšetrenia, pozičná značka s identifikačným znakom rádiologického asistenta a názov pracoviska na ktorom bola príslušná snímka zhotovená. Tieto poznámky by nemali zakrývať diagnosticky dôležité oblasti snímky. V prípade urgentných stavov je vhodné označiť na snímke čas zhotovenia, prípadne podmienky za akých bola príslušná snímka zhotovená (v sede, v ľahu, ...).



Obr. 13., plastové značky používané v praxi na označovanie snímok.

<sup>11</sup> European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images, ECSC-EC-EAEC, Brussel, Luxembourg 1996, SBN 92-827-7284-5

### ***Kontrola kvality röntgenového zariadenia***

Neodmysliteľnou súčasťou dávkovo efektívnej dnešnej rádiologickej praxe sú programy kontroly kvality. Tieto programy sú postupne zavádzané do praxe na všetkých lekárskech röntgenových pracoviskách a majú za úlohu pokryť výber najdôležitejších fyzikálnych a technických parametrov súvisiacich s vykonávanými typmi rádiodiagnostických vyšetrení.

### ***Umiestnenie pacienta***

Veľmi významné pri akomkoľvek rádiodiagnostickom vyšetrení je umiestnenie pacienta. Rutinné umiestnenie je niekedy potrebné vzhľadom k určitým klinickým okolnostiam zmeniť, aby sme dosiahli uspokojivé a kompletne zobrazenie celej oblasti záujmu. Za správne umiestnenie pacienta pri konkrétnom rádiodiagnostickom vyšetrení zodpovedá rádiologický asistent, ktorý vykonáva príslušné vyšetrenie. Na zhotovenie vyhovujúcich snímok má významný vplyv aj použitie vhodných imobilizačných pomôcok a kompresie, (vid'. obr.10). Je veľmi dôležité aby rádiologický asistent ako aplikujúci odborník v odbore rádiodiagnostika bol schopný a vedel správne zvoliť a použiť príslušné pomôcky k jednotlivým typom rádiodiagnostických vyšetrení.

### ***Vymedzenie primárneho zväzku röntgenového žiarenia***

Vymedzenie zväzku röntgenového žiarenia na čo najmenšiu plochu poskytujúcu adekvátnu diagnostickú informáciu zlepšuje kvalitu zobrazenia a znižuje ESD pacientovi. Obmedzenie zväzku žiarenia je nevyhnutné použiť vždy keď je to možné za účelom odtienenia rádiosenzitívnych orgánov z dosahu primárneho zväzku.



*Obr.14., skiagram bedrových kĺbov po implantácii náhrad bilaterálne s vykrytím rádiosenzitívnych orgánov v oblasti malej pánve*

V žiadnom prípade by röntgenový zväzok primárneho žiarenia nemal dopadať mimo oblasť receptoru obrazu. Je žiadúce a aj v príslušnej norme (IEC 60601-1-3) zadefinované aby okraje clôn boli na snímku viditeľné. V súčasnej dobe s nástupom moderných automatických skiagrafických systémov je v tomto smere užitočnou pomôckou tzv. „formátová automatika“, ktorá nám primárny zväzok vycloní v závislosti od použitého formátu filmu eventuálne od veľkosti receptoru obrazu pri digitálnej rádiografii.

### ***Radiačná ochrana***

Z dôvodov radiačnej ochrany sa musia rádiosenzitivne orgány alebo tkanivá vykrývať, kedykoľvek je to možné. Predovšetkým je dôležité vykrývať kritické orgány (testes a ovaria) pri vyšetrovaní pacientov v reprodukčnom veku pokiaľ tieto orgány ležia priamo v oblasti záujmu, alebo v blízkosti primárneho zväzku.

### ***Podmienky expozície***

Znalosťou a správnym použitím expozičných faktorov môžeme významnou mierou ovplyvniť dávku pacienta a kvalitu výsledného skiagramu. Medzi základné expozičné faktory vplyvajúce na dávku pacienta a kvalitu skiagramu zaraďujeme napr. anódové napätie, veľkosť optického ohniska, filtráciu a vzdialenosť ohnisko – film. V súvislosti s dávkou pacienta a kvalitou skiagramu je dôležité brať tiež do úvahy stále parametre zariadenia ako napr. celkovú filtráciu a parametre sekundárnej mriežky.

### ***Systém „film – fólia“***

Jedným z najkritickejších faktorov ovplyvňujúcich radiačnú dávku pacienta je citlivosť zobrazovacieho systému „film – fólia.“

V diagnostickej praxi používame zosilňujúce fólie (obr.12.) s rôznymi faktormi zosilnenia a rôznou citlivosťou. Každý užívateľ by si mal zistiť skutočnú citlivosť a rozlišovaciu schopnosť používaného systému film – fólia za štandardných podmienok, aby zistil do akej miery tieto údaje zodpovedajú výrobcem udávaným hodnotám, pretože hlavne parameter rozlišovacej schopnosti sa mení v rámci každej triedy citlivosti.



### ***Sčernanie filmu***

Optická hustota má hlavný vplyv na kvalitu výsledného obrazu, pre rovnakú projekciu záleží sčernanie filmu na rôznych faktoroch: *dávke žiarenia, kvalite žiarenia, veľkosti pacienta, rádiologickej technike, citlivosti a spracovania filmu*. Rozsah strednej optickej hustoty (D) bežného snímku by mal byť v rozmedzí 1,0 a 1,4 (pre vyšetrenie pľúc je doporučená hodnota 1,3 – 1,8) a veľkosť minimálnej hustoty by nemala prekročiť hodnotu 0,25. V diagnosticky dôležitých oblastiach snímky by celkový rozsah optických hustôt mal ležať v rozsahu 0,5 až 2,2.

V konečnom dôsledku je sčernanie snímky závislé na osobnej voľbe príslušného vyhodnocujúceho rádiológa. Tmavšie filmy môžu byť a v praxi častokrát sú, spojované s vyššou dávkou pre pacienta a práve z tohto dôvodu musí byť požiadavka na voľbu tmavšej snímky podložená rozumnými argumentami. Každá príliš tmavá snímka musí byť prezretá pomocou jasného bodového svetla skôr, ako dôjde k opakovaniu expozície.



*Obr.15., rôzne typy bodových svetiel na prezeranie tmavších snímiek*

### ***Počet expozícií na jedno vyšetrenie***

Jedno rádiografické vyšetrenie je potrebné uskutočniť s čo najnižším počtom expozícií pri súčasnom získaní nevyhnutnej diagnostickej informácie.

### ***Spracovanie filmového materiálu***

Optimálne spracovanie exponovaného röntgenového filmu má dôležitý vplyv na diagnostickú kvalitu zobrazenia aj na radiačnú dávku pacienta. Chemikálie na spracovanie filmového materiálu musia byť udržiavané v optimálnych prevádzkových podmienkach daných pravidelnou kontrolou kvality vyvolávacieho procesu.

### ***Podmienky prezerania a vyhodnocovania snímok***

Správne a presné ohodnotenie kvality zobrazenia a vyhodnotenie diagnostickej informácie na snímke je dosiahnuteľné len za predpokladu, že podmienky na prezeranie snímok vyhovujú stanoveným požiadavkám<sup>12</sup>.

### ***Analýza opakovania snímok***

Všetky zopakované snímky je potrebné uchovávať z dôvodov analýzy a korekcie príčin opakovania expozícií.

## **8. Ciele práce**

V súčasnej dobe žijeme vo veľmi hektickej dobe ktorej vplyvy na nás, spôsobujú v rôznych odvetviach našich činností zmätok, zhon a zbrklé jednanie. Stretávame sa s prehliadaním a nedodržiavaním pravidiel. Výsledky tohto spôsobu jednania sa v konečnom dôsledku prejavujú na každom poste a pri každej našej činnosti. Obzvlášť sa to však týka činností zameraných na oblasť poskytovania zdravotnej starostlivosti kde je vyššie spomínané jednanie obzvlášť nežiadúce a hraničiace s potenciálnou zdravotnou ujmom. Na základe vyššie spomínaných faktov som sa rozhodol o hlbšie preskúmanie a dôkaz, že vplyvom dodržiavania predpísaných odporúčaní pre zabezpečenie kvality a štandardizácií jednotlivých postupov pri skiografických vyšetreniach je možné dosiahnuť redukciiu radiačnej záťaže vyšetřovaného pacienta a tým samozrejme aj vyšetřujúceho personálu (rádiologického asistenta).

---

<sup>12</sup> European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images, ECSC-EC-EAEC, Brussel, Luxembourg 1996, SBN 92-827-7284-5

## 9. Popis metodiky

V priebehu roka 2006 som uskutočnil prieskum správnosti nastavenia expozičných parametrov spojený so zberom údajov o pacientoch podrobujúcich sa skiagrafickým výkonom. Prieskum som uskutočnil na dvoch pracoviskách využívajúcich metódy konvenčnej skiografie, RDG oddelení Nemocnice Valašské Meziříčí, a.s. a RDG oddelenie Nemocnice s poliklinikou v Žiline. Na RDG oddelení Nemocnice Valašské Meziříčí som prieskum vykonával na pracoviskách s prístrojovým vybavením fy PHILIPS a to skiaskopicko-skiagrafickom zariadení DuoDiagnost s možnosťou odčítať hodnotu DAP a prístroji pre konvenčnú skiagrafiu Bucky Diagnost Optimus bez možnosti odčítať hodnotu DAP.



*Obr. 16., sklopné skiaskopicko-skiagrafické zariadenie DuoDiagnost s pripojeným DAP metrom.*



*Obr.17., skiagrafické zariadenie Bucky Diagnost OPTIMUS bez možnosti odčítania hodnoty DAP.*

Na RDG oddelení krajskej nemocnice s poliklinikou v Žiline som prieskum uskutočnil na skiaskopicko-skiagrafickom zariadení SWISSRAY highliner GEN-X-2000 bez možnosti odčítať hodnotu DAP.



*Obr. 18., skiaskopicko-skiagrafické zariadenie SWISSRAY highliner GEN-X-2000 bez možnosti odčítania hodnotu DAP.*

Zhromaždil som údaje o expozíciách zo súboru 150 pacientov, podrobujúcich sa konvenčnému skiagrafickému vyšetreniu prevažne pľúc. Snažil som sa svoj prieskum orientovať na v súčasnosti najfrekvencovanejšie skiagrafické vyšetrenia a tak som sa zameriaval predovšetkým na údaje zo skiagrafických vyšetrení srdca a pľúc tvrdou snímkovacou technikou, ale zaznamenával som aj údaje z vyšetrení LS chrbtice, pánve, bedrových kĺbov v AP projekcii a natívných snímok brucha v AP projekcii. Zaznamenané údaje som rozdelil do dvoch základných skupín podľa toho či príslušné zariadenie umožňovalo odčítať hodnotu DAP alebo nie. Ďalej som príslušné skupiny rozčlenil na podskupiny na základe faktu či sa jednalo o vyšetrenia so striktným dodržaním vymedzenia primárneho zväzku žiarenia na príslušnú plochu receptoru alebo sa jednalo o vyšetrenie s maximálne otvorenými primárnymi clonami.

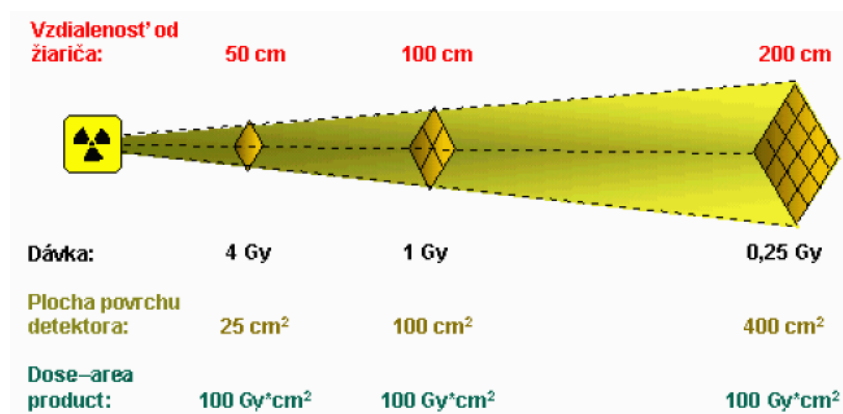
## 10. Plošná dávka

Vyjadruje množstvo žiarenia absorbované v tele pacienta (DAP). Meranie sa obyčajne uskutočňuje za výstupným okienkom kolimačného systému, na tej strane pacienta, na ktorej primárny zväzok žiarenia vstupuje do tela, prostredníctvom meracieho zariadenia umiestneného v prednej časti röntgenového žiariča ktorým prechádza zväzok žiarenia.



Obr.19., umiestnenie transparentnej ionizačnej komôrky DAP metra medzi žiarič a pacienta.

Hodnota DAP nezávisí od vzdialenosti medzi röntgenkou a meracím zariadením, lebo so zväčšujúcou sa plochou smerom od meracieho zariadenia dávka postupne klesá (vid'. obr.19.). DAP hodnota pri vzdialenosti 50 cm od röntgenky je taká veľká ako hodnota pri vzdialenosti 100 cm a 200 cm pretože veľkosť plochy detektora narastá so vzdialenosťou od röntgenky.



Obr.20., závislosť DAP, plochy povrchu detektora, dávky a vzdialenosti od röntgenového žiariča.

Na odčítanie hodnoty DAP vo svojom prieskume na RDG oddelení v Nemocnici Valašské Meziříčí som použil DAP meter „PTW DIAMENTOR M4“ schopný rozlíšiť hodnoty od 0,01  $\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$ .



*Obr. 21., DAP meter používaný na RDG pracovisku v nemocnici Valašské Meziříčí.*

## 11. Metodika výpočtu

Na základe vyššie spomínaného postupu pri zhromažďovaní údajov som získal údaje o expozíciách žiarením z ktorých som následne počítal vstupnú povrchovú dávku (ďalej ESD) podľa dvoch rôznych vzorcov. Prepočet ESD z parametrov expozícií zahŕňajúcich hodnotu DAP som počítal podľa vzťahu:

$$ESD_{(\mu\text{Gy})} = DAP_{(\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2)} / \text{plocha}_{(\text{m}^2)} / (*) \text{ koeficient spätného rozptylu}$$

*(\*) pre potreby výpočtov v mojej práci som použil koeficient spätného rozptylu 1,3.*

Na prepočet ESD z parametrov expozícií nezahrňujúcich hodnotu DAP som použil vzťah (A.Aroua)<sup>13</sup>:

$$ESD_{(\text{mGy})} = K_{(\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mAs})} \times [U_{(\text{kV})}/100]^2 \times [3/F_{(\text{Al mm})}] \times Q_{(\text{mAs})} \times 1/[FSD_{(\text{m})}]^2$$

<sup>13</sup> Dosimetric aspects of a national survey of diagnostic and interventional radiology in Switzerland, A.Aroua and I.Decka, Medical Physics, vol. 29, no. 10, October 2002

## 12. Výsledky prieskumu

Zanedbanie adjustácie primárneho zväzku manuálnym nastavením primárnych clôn alebo nekorektné nastavenie formátovej automatiky pri automatických systémoch môže mať za následok okrem zníženia kvality obrazovej dokumentácie aj vyššiu radiačnú záťaž pacienta.

Typ vyšetrenia	Nem. Valašské Meziříčí	NsP Žilina	EU	Česká republika	Slovensko
	$\phi$ ESD (mGy)	$\phi$ ESD (mGy)	ESD (mGy)	ESD (mGy)	ESD (mGy)
Hrudník - PA	0,0973	0,0844	0,3	0,4	0,4
LS - AP	0,1614	2,7527	10	10	10
LS - LAT	0,2079	1,8833	30	30	30
Panva - AP	-	2,7234	10	10	10
Bedrový kĺb - AP	-	2,0587	10	10	10

Tab.5., priemerné hodnoty ESD pre súbor vyšetrení na sledovaných pracoviskách pri dodržaní predpísaného vyclonenia primárneho zväzku v porovnaní s DRL.

V (tab.5.) uvádzame porovnanie zistených hodnôt ESD pri dodržaní predpísaného vymedzenia primárneho zväzku na príslušnú plochu receptora obrazu pri vybraných typoch skiagrafických vyšetrení v porovnaní so smernými hodnotami ESD platnými v EÚ, Českej republike a na Slovensku.

Typ vyšetrenia	Nem. Valašské Meziříčí	NsP Žilina	EU	Česká republika	Slovensko
	$\phi$ ESD (mGy)	$\phi$ ESD (mGy)	ESD (mGy)	ESD (mGy)	ESD (mGy)
Hrudník - PA	0,1120	0,6109	0,3	0,4	0,4
LS - AP	0,6941	3,0965	10	10	10
LS - LAT	1,6677	5,0166	30	30	30
Panva - AP	0,4897	-	10	10	10
Bedrový kĺb - AP	0,2514	-	10	10	10

Tab.6., priemerné hodnoty ESD pre súbor vyšetrení na sledovaných pracoviskách pri maximálne otvorených primárnych clonách v porovnaní s DRL.

V (tab.6.) uvádzame porovnanie zistených hodnôt ESD na sledovaných pracoviskách pri maximálne otvorených primárnych clonách v porovnaní s smernými hodnotami ESD platnými v EÚ, Českej republike a na Slovensku.

Typ vyšetrenia	Projekcia	EÚ DRL (mGy)	ČR		SR	
			DRL (mGy)	Nem. Val. Meziříčí ( $\phi$ ESD mGy)	DRL (mGy)	NsP Žilina ( $\phi$ ESD mGy)
Hrudník	PA	0,3	0,4	0,1047	0,4	0,1949
LS	AP	10,0	10,0	0,4277	10,0	1,6024
LS	LAT	30,0	30,0	0,9378	30,0	3,4499
Panva	AP	10,0	10,0	0,4897	10,0	2,7234
Abdomen	AP	10,0	10,0	0,3003	10,0	2,1159
Bedrový kĺb	AP	10,0	10,0	0,2514	10,0	2,0587

Tab.7., porovnanie priemerných hodnôt ESD zo všetkých vyšetrení na sledovaných pracoviskách s hodnotami DRL

Typ vyšetrenia	Projekcia	Vyšetrenia celkom		$\phi$ ESD (mGy)		$\phi$ ESD (mGy/mAs)	
		vyclonené	clony max.	vyclonené	clony max.	vyclonené	clony max.
Hrudník	PA	22	22	0,0932	0,1352	0,0399	0,0428
LS	AP	4	4	1,2087	2,3628	0,0377	0,0488
LS	LAT	4	4	1,7216	3,8144	0,0475	0,0772
Panva	AP	5	3	0,4896	2,7234	0,0641	0,0944
Abdomen	AP	-	3	-	0,9055	-	0,0374
Bedrový kĺb	AP	1	1	0,2514	2,0587	0,0079	0,0844

Tab.8., porovnanie priemerných hodnôt ESD jednotlivých typov vyšetrení pri dodržaní predpísaného vymedzenia primárneho zväzku a maximálne otvorenými clonami.

V (tab.č.8) uvádzame prehľad priemerných hodnôt ESD v mGy pri jednotlivých typoch vyšetrení na sledovaných pracoviskách. Z prehľadu údajov je zrejmé že pri dodržaní predpísanej adjustácie primárneho zväzku žiarenia je možné dosiahnuť zníženie ESD.



Typ vyšetrenia	Projekcia	DRL ČR- SR (mGy)	$\phi$ ESD vymedzenie PZ (mGy)	% z DRL	$\phi$ ESD clony max. (mGy)	% z DRL	% rozdiel
Hrudník	PA	0,4	0,0932	23,30	0,1352	33,80	10,50
LS	AP	10	1,2087	12,09	2,3628	23,63	11,54
LS	LAT	30	1,7216	5,74	3,8144	12,71	6,98
Pelvis	AP	10	0,4896	4,90	2,7234	27,23	22,34
Bedrový kĺb	AP	10	0,2514	2,51	2,0587	20,59	18,07

Tab.9., porovnanie percentuálnych hodnôt z priemeru ESD jednotlivých typov vyšetrení pri dodržaní predpísaného vymedzenia primárneho zväzku (PZ) a maximálne otvorených clonách s hodnotami DRL.

### 13. Diskusia a závery

Jedným zo základných princípov radiačnej ochrany v rádiodiagnostickej praxi je princíp odôvodnenia v zmysle ktorého žiadne RTG vyšetrenie pacienta sa nesmie vykonať bez odôvodnenej klinickej indikácie lekára. Okrem toho sa pri každom vyšetrení musí preukázať dostatočný čistý prínos pre pacienta v porovnaní so zdravotnou ujmou, ktorú ožiarenie môže pacientovi spôsobiť. Lekárske ožiarenie bez adekvátnej klinickej požiadavky sa nesmie vykonať. Vyšší pomer prínosu konkrétneho vyšetrenia oproti zdravotnej ujme je významnou funkciou kvalitného postupu každej diagnostickej procedúry, čo je základnou úlohou programu zabezpečenia a kontroly kvality v každodennej praxi rádiodiagnostického oddelenia.

#### ***Skiagrafické vyšetrenie hrudníka v PA projekcii***

V Českej republike a na Slovensku je pre vyšetrenie hrudníka v PA projekcii odporúčaná hodnota 0,4 mGy pri citlivosti zobrazovacieho systému film-fólia 400. To znamená že mnou nameraná hodnota 0,0932 mGy pri dodržaní vymedzenia primárneho zväzku predstavuje 23,3% z odporúčanej DRL. Pri nedodržaní vymedzenia primárneho zväzku na použitý formát receptoru obrazu som namerala hodnotu 0,1352 mGy čo predstavuje 33,8% z odporúčanej DRL je to o 10,5% z odporúčanej hodnoty viac, ako v predchádzajúcom prípade, inak povedané hodnota získaná pri dodržaní vymedzenia primárneho zväzku je rovná približne 2/3 hodnoty nameranej pri nedodržaní vymedzenia primárneho zväzku.

### ***Skiagrafické vyšetrenie bedrovej chrbtice v AP projekcii***

Pre vyšetrenie LS chrbtice v AP projekcii je odporúčaná hodnota DRL v rámci platnej legislatívy v Českej republike a na Slovensku 10,0 mGy pri citlivosti zobrazovacieho systému film-fólia 400. Mnou nameraná hodnota pri dodržaní vymedzenia primárneho zväzku je 1,2087 mGy čo predstavuje 12,09% z odporúčanej DRL. Pri nedodržaní vymedzenia primárneho zväzku som nameral hodnotu 2,3628 mGy čo predstavuje 23,63% z odporúčanej DRL čo je o 11,5% viac, ako v prípade dodržania vymedzenia primárneho zväzku žiarenia.

### ***Skiagrafické vyšetrenie bedrovej chrbtice v LAT projekcii***

Pre vyšetrenie LS chrbtice v LAT projekcii je podľa platnej legislatívy v Českej republike a na Slovensku odporúčaná hodnota 30 mGy pri citlivosti zobrazovacieho systému film-fólia 400. Mnou zistená hodnota pri dodržaní vymedzenia primárneho zväzku žiarenia je v tomto prípade 1,7216 mGy, čo predstavuje 5,74% z odporúčanej DRL. Pri nedodržaní vymedzenia primárneho zväzku som nameral hodnotu 3,8144 mGy, čo predstavuje 12,72% z odporúčanej DRL, čo je o 6,98% viac ako v prípade dodržania vymedzenia primárneho zväzku žiarenia.

### ***Skiagrafické vyšetrenie panvy v AP projekcii***

Pre vyšetrenie panvy v AP projekcii je odporúčaná hodnota podľa platnej legislatívy v Českej republike a na Slovensku 10 mGy pri citlivosti zobrazovacieho systému film-fólia 400. Pri dodržaní vymedzenia primárneho zväzku žiarenia som zistil hodnotu 0,4896 mGy, čo predstavuje 4,10% z odporúčanej DRL. Pri nedodržaní vymedzenia primárneho zväzku žiarenia som nameral hodnotu 2,7234 mGy, čo predstavuje 27,23% z odporúčanej DRL a je to o 23,13% viac, ako v prípade dodržania vymedzeného primárneho zväzku na príslušnú plochu.

### ***Skiagrafické vyšetrenie bedrového kĺbu v AP projekcii***

Pre vyšetrenie bedrového kĺbu v AP projekcii je na základe platnej legislatívy v Českej republike a na Slovensku odporúčaná hodnota 10 mGy pri citlivosti zobrazovacieho systému film-fólia 400. Mnou zistená hodnota pri dodržaní vymedzenia primárneho zväzku je 0,2514 mGy, čo predstavuje 2,51%. Pri nedodržaní vymedzenia primárneho zväzku som zistil, že príslušná hodnota je 2,0587 mGy, čo predstavuje 20,59% z predpísanej DRL a je to o 18,08% viac, ako pri dodržaní vymedzenia primárneho zväzku žiarenia.

Uvedená analýza údajov potvrdzuje mnou stanovenú hypotézu v plnom rozsahu pri všetkých typoch skúmaných vyšetrení. V priemere je možné znížiť vstupnú povrchovú dávku žiarenia o 13,89% pri dodržaní predpísaného vymedzenia primárneho zväzku žiarenia na príslušnú plochu receptora obrazu.