

Slovenská zdravotnícka univerzita

Fakulta verejného zdravotníctva

**Hodnotenie radiačnej záťaže pri vybraných traumatologicko-
ortopedických fluoroskopických vyšetreniach**

(Bakalárska práca)

Ročník: 3. Bc. denní

Školiteľ: doc. RNDr. Denisa Nikodemová, PhD.

Meno a priezvisko: Simona Brehovská

Rok: 2014



**SLOVENSKÁ ZDRAVOTNÍCKA UNIVERZITA
V BRATISLAVE**

FAKULTA VEREJNÉHO ZDRAVOTNÍCTVA

Oddelenie radiačnej hygieny

833 03 Bratislava, Limbová 12

el: 02/547920550, fax: 02/54793362, e-mail: dekanat.fvz@szu.sk, URL: http://www.szu.sk

ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

Meno a priezvisko študenta:	Simona Brehovská
Študijný program / odbor:	Verejné zdravotníctvo, 7.4.2. Verejné zdravotníctvo
Typ záverečnej práce:	BAKALÁRSKA PRÁCA
Názov práce:	HODNOTENIE RADIAČNEJ ZÁŤAŽE PRI VYBRANÝCH TRAUMATOLOGICKO- ORTOPEDICKÝCH FLUOROSKOPICKÝCH VYŠETRENIACH
Meno, priezvisko a tituly vedúceho záverečnej práce:	doc. RNDr. Denisa Nikodemová, PhD.
Školiace pracovisko:	Limbová14, 833 03 Bratislava
Meno, priezvisko a tituly vedúceho pracoviska:	doc. MUDr. Štefánia Moricová, PhD., MPH, mim. prof.
Anotácia záverečnej práce:	Bakalárska práca sa zaoberá hodnotením radiačnej záťaže špecialistov z odboru ortopédie, so zreteľom na možnosti znižovania efektívnej i ekvivalentnej dávky všetkými v súčasnosti dostupnými metódami. Metódy pozostáva z využívania takých postupov, ktoré využívajú základné princípy radiačnej ochrany a technické, organizačné i osobné opatrenia.
Jazyk, v ktorom sa práca vypracuje:	Slovenský jazyk
Schválené dňa:	23.9.2013

podpis študenta

podpis vedúceho
záverečnej práce

podpis vedúceho
školiaceho pracoviska

Prehlásenie

Čestne prehlasujem, že som bakalársku prácu vypracovala samostatne s použitím odbornej literatúry, ktorú uvádzam v zozname citovanej literatúry.

Bratislava 2014

.....

Simona Brehovská

Pod'akovanie

Moje úprimné pod'akovanie patrí školiteľke, doc. RNDr. D. Nikodmovej, PhD. za venovaný čas, odborné rady a usmernenia, ktorými mi pomohla pri vypracovaní bakalárskej práce.

Abstrakt

Brehovská, S.: Hodnotenie radiačnej záťaže pri vybraných traumatologicko-ortopedických fluoroskopických vyšetreniach. (Bakalárska práca). Slovenská zdravotnícka univerzita. Fakulta verejného zdravotníctva. Ústav pracovnej zdravotnej služby - Oddelenie radiačnej hygieny. Školiteľ: doc. RNDr. Denisa Nikodémová, CSc. Stupeň odbornej kvalifikácie: Bakalár verejného zdravotníctva. Bratislava: FVZ, 2014. 58 strán.

Témou bakalárskej práce je hodnotenie radiačnej záťaže zdravotníckych pracovníkov pri vybraných traumatologicko-ortopedických procedúrach s využitím fluoroskopie. Bakalárska práca je rozdelená do piatich kapitol. Ústrednou témou prvej kapitoly je súčasný stav danej problematiky so zameraním na princípy radiačnej ochrany a technických, organizačných, legislatívnych i osobných opatrení, ktoré slúžia na ochranu osôb v riziku ionizujúceho žiarenia. Druhá kapitola prináša čitateľovi hypotézu a ciele praktickej časti práce. Tretia kapitola charakterizuje a vyhodnocuje údaje zhromaždené na Klinike traumatológie, pričom z nich v nasledovnej kapitole analyzuje a vyvodzuje výsledky. V poslednej, piatej kapitole, sa nachádza diskusia k danej problematike, v ktorej sa práca odvoláva a porovnáva zhromaždené dáta s príslušnými svetovými štúdiami. Kapitola popisuje riešenie problémov radiačnej ochrany pre fluoroskopické vyšetrenia uskutočňované mimo rádiologických oddelení.

Kľúčové slová: skiaskopia, radiačná ochrana, efektívna dávka, optimalizácia

Abstrakt v anglickom jazyku

Brehovská, S.: Evaluation of radiation exposure in selected traumatology-orthopedic fluoroscopic examinations. (Bachelor's thesis). Slovak Medical University in Bratislava. Faculty of public health. Department of Preventive and Clinical Medicine. Supervisor: doc. RNDr. Denisa Nikodémová, CSc. Stupeň Qualification level: Bachelor's degree in public health. Bratislava: FVZ, 2014. 58 p.

The topic of the thesis is the evaluation of radiation load of medical staff during selected traumatology-orthopedic procedures using fluoroscopy. The thesis are divided into five chapters. The main theme of the first chapter is the current state of the issue focusing on the principle of radiation protection and technical, organizational, legislative and personal precautions which are designed to protect persons at risk of ionizing radiation, as well as to optimize the examinations and to reduce the radiation doses of the staff and that of patients. The second chapter provides the reader with a hypothesis and objectives of the practical part. The third chapter describes and evaluates the data collected at the Clinic of traumatology and are characteristic for the selected examinations. Following chapter analyzes and concludes the obtained results, taking into account the studied parameters, influencing the radiation exposures of medical staff. In the final, fifth chapter, there is discussed the subject by comparing the obtained data with the published results in the relevant world studies, describing solution of the problem of estimation and optimization of radiation protection measures for fluoroscopically guided procedures outside the imaging department.

Key words: fluoroscopy, radiation protection, effective dose, optimization of the exposure

OBSAH

Zoznam obrázkov a grafov.....	8
Zoznam tabuliek	9
Zoznam príloh.....	9
Zoznam skratiek	10
Úvod	11
1 Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí	13
1.1 Röntgenové žiarenie.....	13
1.2 Právna ochrana zdravotníckych pracovníkov.....	14
1.3 Veličiny a jednotky	16
1.4 Zobrazovacie metódy	20
1.4.1 Skiaskopia	20
1.5 Biologické účinky röntgenového žiarenia na ľudský organizmus	22
1.6 Možnosti znižovania absorbovanej dávky pre personál	24
1.6.1 Princípy radiačnej ochrany	24
1.6.2 Opatrenia na znižovanie absorbovanej dávky pre personál	28
1.7 Dozimetria, monitorovanie personálu.....	35
2 Ciele práce.....	40
3 Materiál a metodika práce.....	41
3.1 Používaný röntgenový prístroj.....	41
3.2 Zloženie sledovanej skupiny pacientov a lekárov.....	42
4 Výsledky práce	47
5 Diskusia	48
Záver	50
Použitá literatúra.....	51

Zoznam obrázkov a grafov

Obrázok 1	Percentuálny podiel ožiarenia obyvateľstva ionizujúcim žiarením	11
Obrázok 2	Dose Area Product a DAP meter	19
Obrázok 3	Záster a s ekvivalentom olova	30
Obrázok 4	Ochrana štítnej žľazy	30
Obrázok 5	Olovené rukavice	31
Obrázok 6	Ochranné okuliare	32
Obrázok 7	Olovený záves a clona	32
Obrázok 8	Termoluminiscenčný dozimeter	39
Obrázok 9	Termoluminiscenčný dozimeter v tvare prsteňa	39
Obrázok 10	Prístroj Philips BV Endura	41
Obrázok 11	Počet osôb v sledovanej skupine pacientov rozdelených podľa pohlavia	42
Obrázok 12	Počet osôb v sledovanej skupine pacientov v jednotlivých hmotnostných kategóriách	42
Obrázok 13	Zloženie sledovanej skupiny pacientov podľa vekových kategórií	43
Obrázok 14	Početnosť jednotlivých zákrokov v sledovanej skupine pacientov	44
Obrázok 15	Priemerná hodnota DAP (Gy cm^2) / zákrok, pacienti rozdelení do kategórií ortopedických zákrokov	45
Obrázok 16	Priemerná hodnota fluoroskopického času (min) počas výkonu ortopedických zákrokov rozdelených podľa kategórií zákrokov v sledovanej skupine pacientov rozdelených podľa pohlavia	45
Obrázok 17	Priemerná hodnota DAP (Gy cm^2) pacienta s prihliadnutím na lekára (1-6) rozdelená podľa kategórií zákrokov	46

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1 Počet skiaskopických vyšetrení vo vekovo-špecifických kategóriách pacientov za rok 2012 v jednotlivých oblastiach SR.....	12
Tabuľka 2 Hodnoty tkanivového váhového faktora pre vybrané orgány ľudského tela.....	19
Tabuľka 3 Prehľad negatívnych účinkov ionizujúceho žiarenia na ľudský organizmus	23
Tabuľka 4 Limity radiačného ožiarovania pracovníkov.....	27
Tabuľka 5 Prístrojové vybavenie odborných útvarov SVLZ - rádiológia.....	33
Tabuľka 6 Typy termoluminiscenčných dozimetrov používaných v SR	37
Tabuľka 7 Hodnoty efektívnej dávky TLD dozimetrov vo vybranej skupine lekárov (1-6) za obdobie 1 rok a 4. kvartál (rok 2013).....	43

Zoznam príloh

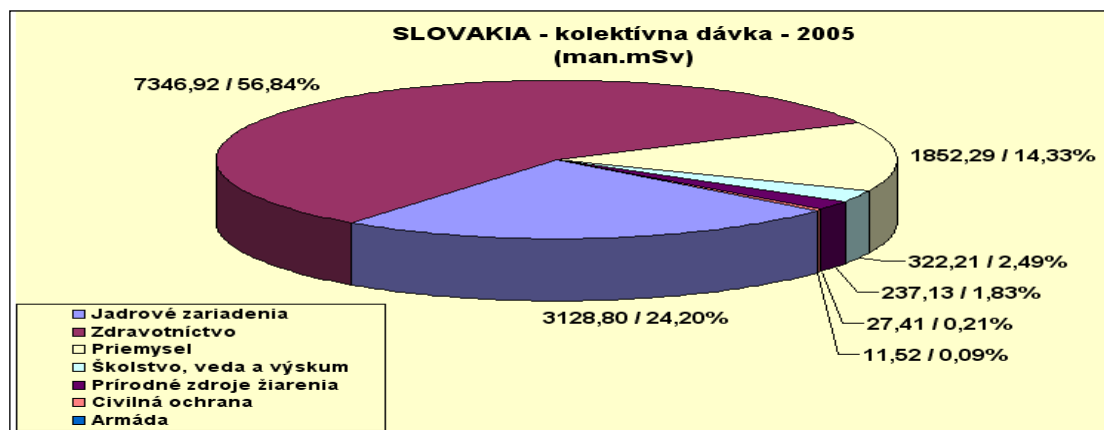
Príloha 1	Protokol z merania
-----------	--------------------

Zoznam skratiek

ALARA	As Low As Reasonably Achievable
DAP	Dose Area Product
EÚ	Európska únia
IAEA	International Atomic Energy Agency
ICRP	International Commission on Radiological Protection
ICRU	International Commission on Radiation Units and Measurements
MAAE	Medzinárodní agentura pro atomovou energii
NCZI	Národné centrum zdravotníckych informácií
ORIF	otvorená repozícia a vnútorná fixácia
OSL	Optically stimulated luminescence
RTG	röntgenové žiarenie
SR	Slovenská republika
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SVLZ	Spoločné vyšetrovacie a liečebné zložky
TLD	Thermoluminescent dosimeter
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
USA	The United States of America
ÚVZ SR	Úrad verejného zdravotníctva Slovenskej republiky
WHO	World Health Organization
Z.z.	Zbierka zákonov

Úvod

Bakalárska práca sa zaoberá závažnosťou a spôsobmi ochrany zdravotníckych pracovníkov pracujúcich v riziku ionizujúceho žiarenia z umelých zdrojov. K ožiareniu obyvateľstva dochádza dvomi spôsobmi, a to ožiarení z prírodných zdrojov a ožiarení z umelých zdrojov. K zdrojom umelého žiarenia možno zaradiť zdroje žiarenia používané v medicíne (lekárske ožiarenie), rádioaktívne látky z jadrovej energetiky, rádioaktívny spád z dôsledku výbuchov jadrových zbraní a rôzne zdroje žiarenia používané v hospodárstve.



Obrázok 1 Percentuálny podiel ožiarenia obyvateľstva ionizujúcim žiarením (Böhm, 2006)

Bakalárska práca je rozdelená na teoretickú a praktickú časť, kde témou teoretickej časti je oboznámenie sa s problematikou röntgenového žiarenia a radiačnou ochranou, pri ktorej nie je možné opomenúť legislatívny rámec slúžiaci na ochranu pracovníkov pracujúcich v riziku ionizujúceho žiarenia. V ďalších častiach rozoberá metódy zobrazovania v rádiológii, príslušné veličiny a jednotky potrebné k praktickej časti práce a faktory ovplyvňujúce radiačnú záťaž zdravotníckeho personálu pri skiaskopických vyšetreniach i všetkých doposiaľ známych, no nie vždy zaužívaných spôsobov znižovania radiačnej záťaže zdravotníckych pracovníkov.

Predmetom praktickej časti bakalárske práce bolo zoznámenie sa s paletou najčastejšie vykonávanými ortopedickými procedúrami v sledovanej skupine

pacientov na traumatologickom oddelení v Univerzitnej nemocnici v Bratislave akad. L. Dérera (TR1). Na uvedenom Oddelení boli študované pracovné návyky pri aplikácii ionizujúceho žiarenia, potrebný skiaskopický čas pre výkon jednotlivých procedúr, parametre jednotlivých vyšetrení (kV, mA, čas), ako aj pohlavie, hmotnosť a vek pacientov. Analýza zozbieraných údajov umožnila odhadnúť veľkosť ožiarenia zdravotníckeho personálu a jej porovnanie s príslušnými limitmi ožiarenia, ako aj načrtnúť procesy optimalizácie ožiarenia pre vyšetrované klinické postupy.

Daná problematika sa dostáva do popredia z dôvodu neustále sa zvyšujúceho dopytu po vyšetreniach a zákrokoch za pomoci fluoroskopického zariadenia, resp. dopyte po zdravotnej starostlivosti, starnutia obyvateľstva i dramatického rozvoja nových technológií zabezpečujúcich menej invazívnu liečbu zdravotných poškodení a traumatologických udalostí. Nárast zákrokov predstavuje i vzrastajúce riziko nežiaducich zdravotných účinkov röntgenového žiarenia, ktorými sú stochastické a deterministické účinky.

Vo svete sa podľa organizácie UNSCEAR ročne vykoná takmer 2 miliardy rádiologických vyšetrení, 32 miliónov vyšetrení nukleárnej medicíny a 5,5 milióna rádioterapeutických aplikácií, čo tvorí približne 95% celkového podielu ožiarenia obyvateľstva (Horváthová, 2005). Pre porovnanie v Slovenskej republike sa podľa správy NCZI z roku 2012 vykonalo celkovo 20 830 ambulantných a 53 145 hospitalizovaných skiaskopických vyšetrení. Tabuľka 1 predstavuje absolútne počty skiaskopických vyšetrení rozdelených podľa oblastí Slovenska:

Tabuľka 1 Počet skiaskopických vyšetrení vo vekovo-špecifických kategóriách pacientov za rok 2012 v jednotlivých oblastiach SR.

Oblasť	Počet skiaskopických vyšetrení u pacientov				Spolu
	ambulantných		hospitalizovaných		
	0 - 18	19 +	0 - 18	19 +	
Západné Slovensko ¹	929	7 606	2129	23 042	33 706
Stredné Slovensko ²	103	2 404	1 542	9 125	13 174
Východné Slovensko ³	707	9 081	940	16 367	27 095
Spolu	1 739	19 091	4611	48 534	73 975

¹ Západné Slovensko - Bratislavský, Trnavský, Nitriansky, Trenčiansky kraj;

² Stredné Slovensko - Žilinský, Banskobystrický kraj;

³ Východné Slovensko - Prešovský, Košický kraj.

Zdroj: NCZI, 2011

1 Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí

1.1 Röntgenové žiarenie

Za objavenie röntgenového žiarenia, datujúceho sa dňa 8.11.1895 sa zaslúžil Wilhelm Conrad Röntgen (27.3.1845 - 10.2.1923), ktorý pomenoval neviditeľné žiarenie neznámeho pôvodu so schopnosťou prenikať cez predmety žiarenie X (X-rays). Dňa 10.12.1901 za tento objav dostal ako prvý vedec na svete Nobelovu cenu za fyziku (Vaněrka, 1989).

Röntgenové žiarenie patrí medzi elektromagnetické žiarenie s vlnovou dĺžkou 10^{-9} - 10^{-12} m. Má hmotnostný charakter podobne ako korpuskulárne žiarenie - hmotnosť vo forme poľa. Röntgenové žiarenie je tvorené elektrickým a magnetickým poľom, ktorého intenzity sú na seba kolmé. Je schopné preniknúť do hĺbky tkanív a ionizovať ho nepriamo (Šajter, 2006).

Zdrojom röntgenového žiarenia je röntgenka. Je to malá valcovitá, vzduchoprázdna trubica, v ktorej sú dve elektródy: kladná anóda a záporná katóda. Katódová špirála je umiestnená v kovovom žliabku. Terčik (anóda) je tvorený z ťažko tavitelného materiálu - najčastejšie volfrámu (W), ale aj z molybdénu (Mo) a ródia (Rh). Röntgenové žiarenie vzniká interakciou urýchlených elektrónov s terčikom (anódou). Elektróny interagujú s vonkajšími a vnútornými obalmi a jadrom atómov volfrámu. Pri kontakte elektrónov s vonkajšími obalmi atómu terčika vzniká ionizácia a excitácia, najväčší podiel energie, až 99%, sa premení na teplo a len necelé 1% sa premení na využívané röntgenové žiarenie. Z toho dôvodu musí byť röntgenka dokonale chladená (napr. pri diagnostických röntgenových prístrojoch vzduchom, pri terapeutických vodou). Po vypnutí prístroja röntgenové žiarenie nevzniká - samotná lampka nie je zdrojom ionizujúceho žiarenia (Dendy, 1999; Šulcová, 2013).

1.2 Právna ochrana zdravotníckych pracovníkov

Riziko z expozície ionizujúceho žiarenia narastá z dôvodu zvyšujúceho sa dopytu po zdravotnej starostlivosti, starnutia obyvateľov i príchodu nových technológií. Preto je nevyhnutné zabezpečiť právnu ochranu všetkým pracovníkom pracujúcim v riziku expozície ionizujúceho žiarenia. Lekársku expozíciu upravuje na území SR platná a smerodajná legislatíva. Jej hlavnou úlohou je zabezpečiť a upraviť pracovné podmienky tak, aby nedochádzalo k prekročovaniu záväzných limitov ožiarenia pracovníkov, ktoré by mali za následok nepriaznivý účinok na zdravie zamestnancov pracujúcich v tomto riziku.

Podľa legislatívy sa pracovníci rozdeľujú do dvoch kategórií:

- ☞ kategória A - pracovník môže dostať 3/10 ročného limitu dávky za kalendárny rok, pričom všetci pracovníci kategórie A musia byť vybavení osobnými dozimetrami, absolvuje preventívne prehliadky, zúčastňuje sa školení. Môžu vstupovať do kontrolovaného pásma.
- ☞ kategória B - ostatní radiační pracovníci.

Prvou smernicou Európskej komisie zameranou osobitne na ochranu zdravia pred ionizujúcim žiarením z lekárskeho ožiarenia bola smernica č. 84/466/EURATOM, vydaná v roku 1984. Neskôr bola táto smernica zrušená a nahradená smernicou č. 97/43/EURATOM, ktorá platí v krajinách EÚ i v súčasnosti pre ožiarenie z lekárskej expozície (Šulcová, 2013).

Ministerstvo zdravotníctva Slovenskej republiky po dohode so zúčastnenými orgánmi tieto smernice preberá spolu so štandardmi MAAE vo Viedni a zahŕňa ich do nášho legislatívneho pôsobenia. V platnosti sú zákony a vyhlášky:

- ☞ Zákon č. 355/2007 Z.z o ochrane, rozvoji a podpore verejného zdravia,
- ☞ Vyhláška Ministerstva zdravotníctva SR č. 545/2007 o požiadavkách na zabezpečenie radiačnej ochrany pri činnostiach vedúcich k ožiareniu,

- ☒ Nariadenie vlády SR č. 340/2006 Z.z. o ochrane zdravia osôb pred nepriaznivými účinkami ionizujúceho žiarenia pri lekárskom ožiarení,
- ☒ Nariadenie vlády SR č. 345/2006 Z.z. o základných bezpečnostných požiadavkách na ochranu zdravia pracovníkov a obyvateľov pred ionizujúcim žiarením,
- ☒ Nariadenie vlády SR č. 35/2008 Z.z. ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách a postupoch posudzovania zhody na osobné ochranné prostriedky,
- ☒ Výnos Ministerstva zdravotníctva SR č. 09812/2008 – OL o minimálnych požiadavkách na personálne a materiálno-technické vybavenie zdravotníckych zariadení.

Právne predpisy a výnosy vytvárajú svetové a európske organizácie, zaoberajúce sa problematikou ionizujúceho žiarenia, medzi ktoré patrí: Medzinárodná komisia pre rádiologickú ochranu (ICRP) sídliaca v Kanade - Ottawa, ktorá vydáva publikácie a odporúčania zamerané na radiačnú ochranu v medicíne, z dôvodu neustále sa zvyšujúceho počtu vyšetrení vedúcich k expozícii ionizujúceho žiarenia. Medzinárodná komisia pre rádiologické jednotky a veličiny (ICRU) je organizácia sídliaca USA - Bethesda, je zameraná na vytváranie medzinárodne prijatých odporúčaní týkajúcich sa veličín, jednotiek žiarenia a rádioaktivity, postupov vhodných na meranie a aplikáciu diagnostických veličín v diagnostickej rádiológii. Medzi ďalšie organizácie so zameraním na sledovanie účinkov ionizujúceho žiarenia patrí Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu (IAEA) so sídlom vo Viedni i Svetová zdravotnícka organizácia (WHO) v Ženeve.

1.3 Veličiny a jednotky

Z dôvodu práce s veličinami vo svojej práci, uvádzam veličiny a jednotky zaužívané v ochrane zdravia pred ionizujúcim žiarením, ktoré je možno charakterizovať 2 základnými prvkami:

1. AKTIVITA – je počet rádioaktívnych premien v tejto látke za jednotku času. Jednotkou aktivity je 1 Becquerel (Bq) - túto aktivitu má také množstvo rádioaktívnej látky, v ktorej sa rozpadá 1 atóm za 1 s;
2. DÁVKA - sledovanými veličinami sú absorbovaná dávka D, dávkový ekvivalent H, ekvivalentná dávka H_T , efektívna dávka E a kolektívna dávka.

Kerma (Kinetic energy released in matter)

- je určená v danom bode ako podiel súčtu počiatočných kinetických energií všetkých elektricky nabitých častíc uvoľnených nepriamo ionizujúcim žiarením v hmote,

$$K = \frac{dE_k}{dm}$$

Absorbovaná dávka D

- je definovaná ako podiel strednej energie odovzdanej ionizujúcim žiarením látke d_ε a hmotnosti látky, ktorej bola energia odovzdaná d_m :

$$D = \frac{d_\varepsilon}{d_m}$$

- popisuje fyzikálne efekty v danej látke, nemožno ju oddeliť od látky, v ktorej je stanovovaná, preto pri jej popise musí byť uvedený aj materiál,
- jednotkou veličiny je Gray (Gy), čo je dávka, pri ktorej sa v hmote pohltí energia 1 Joulu (J).

Dávkový ekvivalent H

- je veličina daná súčinom absorbovanej dávky D v tkanive akostného faktora, distribučného faktora, prípadne aj ďalších faktorov:

$$H = D \cdot Q$$

- veličina bola zavedená na charakterizovanie rôznej biologickej účinnosti jednotlivých typov žiarenia,
- jednotkou dávkového ekvivalentu je Sievert (Sv). Pre röntgenové žiarenie sa Sv rovná Gy.

Ekvivalentná dávka H_T

- je definovaná ako súčin strednej absorbovanej dávky v tkanive alebo orgáne D_T a príslušného radiačného váhového faktora W_R , ktorý vyjadruje biologickú účinnosť jednotlivých druhov žiarenia:

$$H_T = W_R \cdot D_T$$

- hodnoty ekvivalentnej dávky H_T sa používajú v ochrane pred žiarením pri ožiarení jednotlivých tkanív alebo orgánov pred žiarením, na porovnávanie hodnôt H_T s príslušnými hodnotami limitov,
- jednotkou ekvivalentnej dávky je Sievert (Sv).

Efektívna dávka E

- je definovaná ako súčet stredných hodnôt ekvivalentných dávok v jednotlivých tkanivách alebo orgánoch H_T , vynásobených tkanivovým váhovým faktorom W_T :

$$E = \sum_T W_T \cdot H_T$$

- hodnoty slúžia na ochranu pred ionizujúcim žiarením pri celotelovom ožiarení. Ide o súčet stredných hodnôt ekvivalentných dávok v jednotlivých tkanivách alebo orgánoch H_T , vynásobených tkanivovým váhovým faktorom W_T ,
- jednotkou efektívnej dávky je Gray (m)Gy.

Kolektívna dávka

- je súčtom efektívnych alebo ekvivalentných dávok, ktoré jednotlivci utrpeli v danej skupine. Bola zadefinovaná z dôvodu optimalizácie a redukcie expozície pracovných skupín i verejnosti (Buchancová, 2003).

Radiačný váhový faktor W_R

- slúži na vyjadrenie rôznej biologickej účinnosti rôznych druhov žiarenia,
- využíva sa pri neskorých účinkoch ionizujúceho žiarenia, ktoré majú stochastický charakter.

Tabuľka 2 Hodnoty tkanivového váhového faktora pre vybrané orgány ľudského tela

Tkanivo/ orgán	Tkanivový váhový faktor W_T
gonády	0,20
červená kostná dreň	0,12
hrubé črevo	0,12
pľúca	0,12
žalúdok	0,12
močový mechúr	0,05
pažerák	0,05
pečeň	0,05
prsník	0,05
štítna žľaza	0,05
pokožka	0,01
povrch kostí	0,01
ostatné	0,05

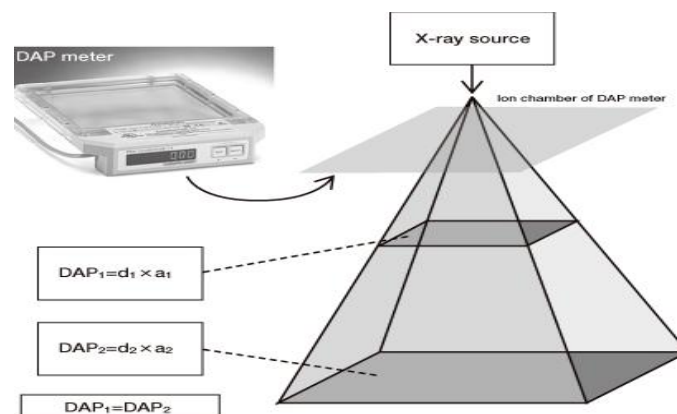
Zdroj: European Nuclear Society, 2010

Dose Area Product - DAP

- súčin dávky (D) a plochy (S) vytvára konštantu DAP. Táto hodnota sa nemení so zvyšujúcou, resp. znižujúcou sa vzdialenosťou od ohniska röntgenovej lampy
- vychádza zo stanovenia súčinu dávky a plochy:

$$DAP = D \cdot S$$

- slúži na výpočet veľkosti ožiarenia pacienta v rádiológii (Jeong, 2011).



Obrázok 2 Dose Area Product a DAP meter (Zdroj: Jeong, 2011)

1.4 Zobrazovacie metódy

Pre medicínu nezastupiteľným diagnostickým nástrojom sú zobrazovacie metódy využívajúce práve röntgenové žiarenie. Používajú sa pre zobrazovanie prakticky všetkých častí ľudského tela, či už ide o jednoduché snímkovanie, kontinuálne sledovanie určitého procesu v tele pacienta alebo dokonca o trojrozmerné zobrazovanie (EURADOS, 2012).

Pomocou moderných röntgenových zariadení je možné sledovať: kardiovaskulárny systém, gastrointestinálny trakt, urogenitálny trakt, nervový systém, drenáže abscesov, cýst a hematómov, punkčné biopsie a pohybový aparát.

Medzi používané zobrazovacie metódy využívajúce röntgenové žiarenie patria:

- ☞ skiagrafia;
- ☞ mamografia;
- ☞ tomografia;
- ☞ skiaskopia.

Z dôvodu zamerania pozornosti mojej nasledujúcej práce na fluoroskopické vyšetrenia, bude predmetom ďalšej kapitoly práve táto zobrazovacia metóda.

1.4.1 Skiaskopia

Skiaskopia je zobrazovacia metóda, pri ktorej sa pomocou röntgenového žiarenia presvieti časť organizmu, ktorá vytvorí obraz na štíte alebo televíznej obrazovke. Konkrétnu oblasť organizmu, najmä veľkosť, tvar, pohyb operovanej časti pacienta, tak možno sledovať v reálnom čase bez porušenia organizmu. Princíp skiaskopie spočíva v rozdielnej absorpcii a rozptyle röntgenového žiarenia v jednotlivých typoch tkaniva organizmu. Röntgenové žiarenie preniká tkanivom

pacienta, pričom prichádza k interakcii s elektrónmi v tkanive. Vzniknuté fotoelektróny vytvárajú obraz (UNSCEAR, 2008).

Špecialisti z oblasti ortopédie bežne využívajú röntgenové žiarenie ako diagnosticky nástroj a ako technickú podporu počas rôznych operatívnych zákrokov. Zákroky za pomoci fluoroskopického zariadenia slúžia najčastejšie na overenie správneho postavenia zlomenín a polohy implantátu, na určenie vstupov pri vnútrodreňovom klincovaní a cílení zaisťovacích skrutiek. Napriek širokým možnostiam využitia pri ortopedických operáciách, je riziku spojenému s užívaním röntgenového žiarenia venované primárne pozornosti v odbornej literatúre zameranej na ortopédiu a traumatológiu (ICRP, 2010). V súčasnosti, takmer všetky oblasti ortopédie si osvojili využívanie C-ramena vďaka svojej širokej využiteľnosti pri rozličných zákrokoch (ICRP, 2010).

Skioskopické vyšetrenia napriek mnohým výhodám všeobecne znamenajú vyššiu radiačnú záťaž pre pacienta, aj pre personál z dôvodu dlhého expozičného času vyšetrenia, kedy pri zložitejších výkonoch sa pri komplikáciách môže skioskopický čas zvýšiť až na 1-2 hodiny. Z tohto dôvodu sa odporúča používať tzv. pulzný režim, kedy röntgenové žiarenie nie je produkované kontinuálne, ale len v obmedzenom počte krátkych impulzoch žiarenia. Dĺžka impulzov závisí od zobrazovanej oblasti - pohybe orgánov (Dendy, 1999).

Najväčšou výhodou použitia fluroskopie je, že šetrnou metódou nahrádza invazívne chirurgické zákroky, pričom šetrí čas a peniaze. Vďaka pokrokom v medicíne a novým technológiám sa procedúry vykonávajú s čoraz menším poškodením mäkkých tkanív, čo predstavuje znižovanie pooperačných komplikácií a morbiditu pacientov. Výhodami používania moderného skioskopického prístroja taktiež patrí ich automatické sledovanie a počítanie celkovej dávky röntgenového žiarenia pri jednotlivých vyšetreniach a ich schopnosť varovať lekára, pri priblížení sa k dávke, ktorá by už mohla byť pre pacienta aj zdravotnícky personál nebezpečná. Schopnosťou zabrániť prekročeniu absorbovaných dávok pre pacienta sa znižuje aj absorbovaná dávka lekára (ICRP, 2010).

1.5 Biologické účinky röntgenového žiarenia na ľudský organizmus

Citlivosť tkanív ľudského organizmu na ionizujúce žiarenie možno rozlíšiť na tkanivá vysokosenzitívne a tkanivá pomerne s dobrou rezistenciou. K vysokosenzitívnym tkanivám sa radí zárodočné tkanivo, lymfatický aparát a hemopoetický aparát. Medzi rezistentnejšie tkanivá možno začleniť nervový systém, pečeneňové bunky a pohybový aparát - kosti, svaly, kĺby (Horváthová, 2005). Účinky po interakcii bunky s ionizujúcim žiarením možno stručne rozdeliť na:

Účinok deterministický

- efekt nastáva iba v prípade dosiahnutia určitej hodnoty dávky
- dochádza k zániku bunky
- dochádza k zániku veľkého počtu buniek (polycytický účinok)

Zaraďujeme sem:

- akútnu chorobu z ožiarenia, akútne poškodenie kože a chronickú radiačnú dermatitída.

Účinok stochastický

- dochádza k mutáciám malého počtu buniek (monocytický účinok)
- pravdepodobnosť poškodenia rastie so stúpajúcou dávkou

Zaraďujeme sem:

- nádorové ochorenia, génové mutácie

V prípade ožiarenia plodu môže dôjsť k obom typom účinkov, pričom ich výskyt závisí od absorbovanej dávky.

Tabuľka 3 Prehľad negatívnych účinkov ionizujúceho žiarenia na ľudský organizmus

TYP ÚČINKU		
smrť bunky	transformácia bunky	smrť bunky + transformácia bunky
<u>DETERMINISTICKÉ</u> somatické výskyt: klinický	<u>STOCHASTICKÉ</u> somatické a dedičné výskyt: epidemiologický	<u>PRENATÁLNE</u> somatické a dedičné prejav u plodu, dieťaťa

Zdroj: Horváthová, 2005; ÚVZ, 2009

Faktory ovplyvňujúce závažnosť a rozsah biologických účinkov:

- druh žiarenia (alfa, beta, gama žiarenia, neutróny)
- spôsob expozície
 - externá kontaminácia
 - interná kontaminácia
 - jednorazová expozícia
 - opakovaná expozícia
- veľkosť absorbovanej dávky
- veľkosť ožiarenej časti tela
- biologická variabilita konkrétneho ožiareného jedinca

Cieľom radiačnej ochrany s ohľadom na biologické účinky ionizujúceho žiarenia a jeho následkov v populácii je vylúčenie vzniku deterministických účinkov a zníženie pravdepodobnosti vzniku stochastických účinkov na prijateľnú úroveň (Horváthová, 2005).

1.6 Možnosti znižovania absorbovanej dávky pre personál

So zreteľom na známe, škodlivé účinky ionizujúceho žiarenia na ľudský organizmus, je nevyhnutné a etické využívanie všetkých možných a dostupných ochranných prostriedkov, ktorými by sa zabezpečila ochrana pacientov a zdravotníckych pracovníkov. Pri radiačnej ochrane personálu treba dbať aj na radiačnú dávku pacienta. Súvisí to s poznatkom, ktorý uvádza, že veľkosť ožiarenia personálu operačných sál je v priamej úmere s veľkosťou ožiarenia pacienta. Možno tvrdiť, že najväčší podiel ožiarenia personálu nevychádza z kontaktu priameho röntgenového žiarenia s personálom (najmä pri vložení rúk do primárneho zväzku) ale z rozptýleného žiarenia od pacienta, tzv. Comptonov rozptyl. Množstvo rozptýleného röntgenového žiarenia je priamo úmerné ožarovanej ploche, pričom medzi ovplyvňujúce faktory patrí výška pracovníka, poloha pracovníka, hmotnosť pacienta, poloha a napätie röntgenovej trubice, počet a charakteristika impulzov (IAEA, 2012).

1.6.1 Princípy radiačnej ochrany

Hlavnou úlohou radiačnej ochrany je stanovenie takých zásad, ktorými by sa docielilo, vylúčenie deterministických a obmedzenie stochastických účinkov na úroveň prijateľnú pre spoločnosť a jednotlivca. Tento stav je možné dosiahnuť znižovaním hodnôt diagnostickej referenčnej úrovne pacientov a tým pádom aj expozičných dávok personálu, ktoré sa zabezpečujú 3 princípmi radiačnej ochrany. Sú nimi:

- ☞ princíp odôvodnenia,
- ☞ princíp optimalizácie,
- ☞ princíp limitovania.

Princíp odôvodnenia

Každá činnosť, ktorá vedie k ožiareniu osôb musí byť zdôvodnená spoločenským prínosom, pričom musí prevyšovať zdravotnú ujmu a taktiež musí prevyšovať náklady spojené s touto činnosťou. Pred každým röntgenovým vyšetrením by si mal indikujúci lekár položiť otázku, akým spôsobom výsledok vyšetrenia ovplyvní rozhodnutie o liečbe pacienta. Pokiaľ by očakával novú informáciu z röntgenového vyšetrenia, ktorá by zmenila postup liečby, je takéto vyšetrenie odôvodnené. V prípade, že by prínos röntgenového vyšetrenia nevyvážil ujmu, neprinesol by nové informácie, ktoré by pomohli v lepšej, novej liečbe pacienta, tento zákrok by odôvodnený nebol. Pri neodôvodnenom zákroku by indikujúci lekár získal dávku ionizujúceho žiarenia, ktorá by bezdôvodne zvyšovala možnosť jeho zdravotného poškodenia. Najvhodnejším výsledkom zváženia princípu odôvodnenia je použitie dostupnej alternatívnej techniky, ktorá by nezahŕňala radiačnú expozíciu (IAEA, 2006).

Pri indikácii každého fluoroskopického vyšetrenia je potrebné zvážiť, či:

- je vyšetrenie potrebné a či je potrebné v tomto momente,
- existuje alternatívne vyšetrenie s nižšou/žiadnou radiačnou záťažou.

Princíp optimalizácie

Využívanie ionizujúceho žiarenia optimálnym spôsobom zahŕňa tri dôležité vzájomne sa ovplyvňujúce aspekty, ktoré je nevyhnutné dodržiavať: čo najvyššia výpovedná hodnota, čo najnižšia radiačná záťaž, správny výber techniky zobrazenia. Pri danej činnosti je potrebné udržiavať celkový rozsah ožiarenia na najnižšej možnej úrovni bez ujmy na kvalite vyšetrenia, tzv. princíp ALARA - as low as reasonably achievable. Optimalizácia je zameraná na dosiahnutie najlepšej možnej ochrany a to prostredníctvom zhodnotenia všetkých potenciálnych expozícií, identifikáciou všetkých možných alternatív ochrany, zvolením príslušnej hodnoty optimalizačnej medze a výberom a presadením najlepšej alternatívy (Dendy, 1999).

Princíp optimalizácie sa vzťahuje na úpravu organizačných postupov (úprav pracovných postupov), technických opatrení (používanie nových zariadení) a stavebných úprav v budovách, čo je ale všetko spojené s vysokými finančnými nákladmi (Horváthová, 2005).

Princíp limitovania

Cieľom limitovania je zabezpečiť, aby žiaden jednotlivec exponovaný ionizujúcemu žiareniu nebol vystavený neakceptovateľnému riziku počas celého života. Zatiaľ čo systém limitovania ožiarovania musí:

- byť založený na adekvátnom súbore limitov, ktorý obmedzí ožiarovanie osôb vystavených žiareniu,
- obsahovať súbor fyzikálnych a biofyzikálnych veličín, technických a organizačných prostriedkov a metód, ktoré by dovoľovali spoľahlivo kontrolovať napĺňanie princípu optimalizácie,
- byť zameraný predovšetkým na tie činnosti vedúce k ožiarovaniu, pri ktorých či už v dôsledku porušenia podmienok povolených činností alebo poruche zdroja ionizujúceho žiarenia môže dôjsť k ožiarovaniu osôb, ktoré by ohrozovalo ich zdravie alebo až životy,
- byť schopný zmerať ožiarovanie všetkých osôb, ktoré ožiarovanie získali všetkými expozičnými cestami, všetkými druhmi radiačných polí a pri všetkých stanovených činnostiach vedúcich k ožiarovaniu (SÚJB, 2007).

Limity sú záväzné kvantitatívne ukazovatele, ktoré nesmú byť prekročené v jednom, resp. v piatich kalendárnych rokoch nasledujúcich po sebe. Konkrétne limity zahŕňa Nariadenie vlády SR č. 345/2006 Z.z. o základných bezpečnostných požiadavkách na ochranu zdravia pracovníkov a obyvateľov pred ionizujúcim žiarením, § 11 Limity ožiarovania pracovníkov (Nariadenie vlády SR č. 345/2006 Z.z.).

Tabuľka 4 Limity radiačného ožiarovania pracovníkov

Pracovníci	Obdobie	
	1 rok	5 rokov
Efektívna dávka (mSv)	20	* 100
* pričom efektívna dávka v žiadnom kalendárnom roku nesmie prekročiť 50 mSv,		
Pracovníci	Obdobie	Poznámka
Ekvivalentná dávka (mSv)	(1 rok)	
očná šošovka	150	
koža	500	určuje sa ako priemerná dávka na ploche jedného cm ² najviac ožiarenej kože bez ohľadu na veľkosť ožiarenej plochy kože,
končatiny	500	v horných končatinách od prstov až po predlaktie a v nohách od chodidiel až po členky

Zdroj: IAEA, 2006

1.6.2 Opatrenia na znižovanie absorbovanej dávky pre personál

Pri skiaskopických vyšetreniach, kedy je potrebná prítomnosť personálu v tesnej blízkosti ožarovaného pacienta, znižovanie dávok spočíva jednak v znižovaní dávok pacienta, nakoľko ak znížime dávku pacientovi, znížime tak aj dávku personálu, jednak dodržiavaním troch základných princípov ochrany a dvoch nie menej dôležitých ochranných faktorov, ktorými sú:

- ∞ vzdialenosť,
- ∞ čas,
- ∞ tienenie,
- + technické nastavenie,
- + tréning personálu.

Vzdialenosť

Využitie vzdialenosti v ochrane pred vonkajším ožiarovaním vychádza z fyzikálnej zákonitosti, popisujúcej nepriamu úmernosť hustoty toku častíc alebo fotónov na m^2 od bodového zdroja. Pri šírení žiarenia látkou k tomu pristupuje interakcia žiarenia s danou látkou, prejavujúca sa rozptylom a pohltením častíc alebo fotónov. Pri ochrane pred žiarením je dôležité podstatné znižovanie (exponenciálne, pri bodových zdrojoch) alebo úplné zastavenie toku žiarenia (pri nabitých časticách) použitím vhodných materiálov použitých na tienenie a maximalizovanie vzdialenosti na najvyššiu prípustnú mieru. Táto metóda predstavuje účinný nástroj ochrany, je však uskutočniteľná iba v prípadoch, kedy sa personál môže vzdialiť od zdroja žiarenia. Je vhodné brať na zreteľ fakt, že pri dvojnásobnej vzdialenosti ohnisko-pacient sa dávka zníži na 1/4 dávky na kožu, no pri trojnásobnej vzdialenosti ohnisko-pacient je možné znížiť dávku na kožu na 1/9 (EURADOS, 2012).

Čas

Princíp ochrany časom vyjadruje skutočnosť, že ožiarenie je úmerné dĺžke expozície. Skrátenie dĺžky expozície je však závislé na zložitosti zákroku, komplikáciách, skúsenostiach vykonávajúceho personálu i technickom nastavení fluoroskopického zariadenia.

Tienenie

Pri fluoroskopických vyšetreniach, kedy lekár uskutočňujúci zákrok a pomocný personál sa nachádza v tesnej blízkosti pacienta, a kedy je expozičný čas dlhý, sa vyššie uvedené princípy dajú prakticky uplatniť iba čiastočne. Preto sa využíva možnosť ochrany použitím dodatočného tienenia. Účinnosť tienenia závisí od materiálu tieniacej sústavy (atómového čísla, hustoty a hrúbky materiálu), kde najčastejšie používaným materiálom je olovo a betón. Ak pevné tienenie nie je postačujúce, na rad prichádzajú osobné ochranné pracovné prostriedky pozostávajúce z využívania mobilných štítov, záster s ekvivalentom olova, olovených rukavíc, chráničov štítnej žľazy a ochranných okuliarov. Správne indikované tienenie poskytuje 85-99% ochranu pred rozptýleným röntgenovým žiarením (Klener, 2000; IAEA. 2012).

Osobné ochranné pracovné prostriedky musia spĺňať kritériá kvality, ktoré sa vykonávajú každé 2 roky. Kontrolou kvality sa zisťuje účinnosť tienenia ako adekvátneho prostriedku ochrany pred ionizujúcim žiarením. Ak tieto kritériá ochranný prostriedok spĺňa, technik vykonávajúci kontrolu kvality ho označí značkou s dátumom poslednej revízie. V prípade ak prostriedok kritérium nespĺňa, musí byť okamžite vyradený a nahradený novým (IAEA, 2006).

Záster s ekvivalentom olova a ochrana štítnej žľazy

Záster s ekvivalentom olova slúži na ochranu dôležitých orgánov pred ionizujúcim žiarením, pričom hlavnú úlohu zohráva najmä jej tvar. Záster má zakrývať prednú časť trupu od jugulárnej jamky po kolená. V prípade ak je zapnutá, tak čiastočne zakrýva telo aj zo strany a chrbta. Ekvivalent olova v ochranných zásterách závisí od využitia použitého tienenia. Pri zákrokoch s napätím do 100kV sa používajú zástery s ekvivalentom olova 0,25mm Pb, s napätím nad 100kV sú to zástery s ekvivalentom 0,35mm Pb a pre intervenčných rádiológov zástery s ekvivalentom olova 0,5mm Pb. Existuje viacero vyhotovení záster: jednoduchá záster, celotelová záster a dvojdielna záster, pri ktorej použitie poskytuje adekvátnu ochranu ekvivalent olova 0,25mm Pb. Druhým základným typom tienenia je ochrana štítnej žľazy. Pri nechránení štítnej žľazy je ekvivalentná dávka 415 krát vyššia ako pri adekvátnom použití osobných ochranných pracovných prostriedkov (Müller et al., 1998).



Obrázok 3 Záster s ekvivalentom olova

Zdroj: Universal Medical, 2010



Obrázok 4 Ochrana štítnej žľazy

Zdroj: Universal Medical, 2010

Olovené rukavice

Používanie olovených rukavíc poskytuje 15-30% ochranu rúk pred rozptýleným žiarením (IAEA, 2012). Optimálna hrúbka rukavíc, ktorá by zabezpečovala adekvátnu ochranu pred ionizujúcim žiarením, by mala obsahovať ekvivalent olova 0,3mm Pb. Rukavice s minimálnym ekvivalentom olova obsahujú 0,15 mm Pb, pri operáciách kojencov 0,10 mm Pb. Štúdia preukázala, že tienenie s ekvivalentom olova výrazne znižuje ožiarenie zdravotníckych pracovníkov, kde ožiarenie rúk pri správnom využití ochranných prostriedkov je možné znížiť o 33% (Rampersaud et al., 2000).

Dôvodom neadekvátneho využívania rukavíc ako osobného ochranného pracovného prostriedku sú najmä nepraktické používanie takýchto rukavíc. Rukavice sťažujú vykonávanie zákroku, čím ho zbytočne predlžujú a tým aj zvyšujú expozíciu radiačnému žiareniu. Druhým aspektom nepoužívania flexibilnejších typov olovených rukavíc je, že sú účinné iba pri zákrokoch s napätím do 60kV.



Obrázok 5 Olovené rukavice

Zdroj: Universal Medical, 2010

Ochranné okuliare

Existuje niekoľko druhov ochranných okuliarov, ktoré sa líšia ekvivalentom olova (0,5mm Pb - 1mm Pb, tvarom (okuliare - odľahčené, odľahčené s bočnou ochranou, hrubostenné ochraňujúce po všetkých stranách) a vyhotovením. Samotné použitie ochranných okuliarov (bez ochrany oloveného skla, štítu) dokáže znížiť ekvivalentnú dávku na šošovky o faktor 5-10 (Dauer, 2010).



Obrázok 6 Ochranné okuliare

Zdroj: Universal Medical, 2010

Olovený záves a štít

Ochranné clony a štíty slúžia ako veľmi efektívny prostriedok na znižovanie rozptýleného röntgenového žiarenia. Pri ich aplikovaní je ich efektivita viac ako 90%. Taktiež použitie oloveného skla je vhodným ochranným prostriedkom, ktorý slúži ako dodatočná ochrana očí a štítnej žľazy (IAEA. 2012).



Obrázok 7 Olovený záves a clona

Zdroj: Universal Medical, 2010

Technické nastavenie a stavebné riešenie

Účinným prostriedkom znižovania dávky personálu je taktiež voľba vhodnej geometrie a projekcie zobrazovania, kedy je röntgenka umiestnená pod stolom a zosilňovač obrazu čo najbližšie nad pacientom, čím sa zníži množstvo rozptýleného žiarenia od pacienta. Pre zníženie radiačnej záťaže personálu i pacienta je nevyhnutné používanie filtrovania a clonenia röntgenového zväzku.

Primárny filter slúži k pohltenu nízkoenergetických fotónov, umiestňuje sa v blízkosti röntgenovej lampy. Sekundárny (Buckyho) filter sa umiestňuje medzi pacienta a filmovú kazetu, kde pohlcuje rozptýlené röntgenové žiarenie (Dendy, 1999; Forshier, 2009).

Slovenská republika podľa správy NCZI z roku 2013 disponuje novšími i staršími modelmi röntgenových prístrojov, ktorých celkový počet je 850 kusov (NCZI, 2013).

Tabuľka 5 Prístrojové vybavenie odborných útvarov SVLZ - rádiológia

Prístroje	Počet	
	do 8 rokov včítane	od 9 rokov
Rádiologické	346	504

Zdroj: NCZI, 2013

V ochrane osôb pred ionizujúcim žiarením netreba opomenúť i celkové vybavenie a zariadenie miestnosti s fluoroskopickým prístrojom, ktorá musí spĺňať technické a organizačné ochranné opatrenia chrániace osoby v a mimo miestnosti:

- A. Tienenie musí byť umiestnené taktiež na ovládacej konzole na ochranu pracovníka, ktorí nenesú osobné ochranné pracovné prostriedky.
- B. Prístroj produkujúci röntgenové žiarenie nesmie byť namierený na časti miestnosti, ktoré nie sú žiadnym spôsobom tienené.
- C. Miestnosť musí byť navrhnutá tak, aby zabránila vzniku nehôd a náhodnej expozícii pri prechode rozptýleného röntgenového žiarenia cez dvere miestnosti. Z tohto dôvodu musia dvere miestnosti obsahovať ekvivalent olova, ktorými neprenikne röntgenové žiarenie mimo vyšetrovacej miestnosti.
- D. Pri zapnutom žiariči röntgenového prístroja musia byť dvere zatvorené.

- E. Vchod do miestnosti musí obsahovať označenie varujúce pred možnou expozíciou radiačnému žiareniu i svetelnou signalizáciou. Takéto označenie musí byť aj na miestach patriacich do kontrolovaného pásma.
- F. V miestnostiach, v ktorých prebiehajú fluoroskopické procedúry, pri ktorých je nevyhnutná prítomnosť pracovníkov v tesnej blízkosti pacienta, musí byť prístroj tienený clonami - sklo s ekvivalentom olova a ochranné clony stola (IAEA, 2006).

Tréning personálu

Mnoho operátorov využívajúcich fluoroskopické zariadenie má zvyčajne málo vedomostí z oblasti radiačnej ochrany, čoho dôsledkom je ich nízka uvedomelosť rizika, ktorého následkom môže byť dermatitída, strata ochlpenia, vážne popáleniny, či vznik rakovinového ochorenia (Archer, 2006).

Pritom každý zdravotnícky pracovník prichádzajúci do styku s ionizujúcim žiarením má podľa § 47 ods. 1 a 2 vyhlášky Ministerstva zdravotníctva SR č. 545/2007 Z.z. absolvovať povinné, cieleňé školenie slúžiace na vzdelávanie týchto pracovníkov. Odporúčaný rozsah školenia je 32 hodín, na ktorých by si zdravotnícki pracovníci mali osvojiť základné vedomosti z oblasti radiačnej ochrany, čím by pri vykonávaní svojej praxe obdržali nižšiu efektívnu dávku, a tým by aj dbali o svoje vlastné i pacientovo zdravie (Vyhláška MZ SR č. 545/2007 Z.z., Nariadenie vlády SR č. 340/2006 Z.z.).

Vzdelávanie zdravotníckych pracovníkov z oblasti radiačnej ochrany možno uskutočňovať spôsobom: samoštúdia (videonahrávky, prezentácie, knihy), prednášok a konfrontáciou expertov a lekárov, či názornými ukázkami (Archer, 2006).

1.7 Dozimetria, monitorovanie personálu

Hygiena žiarenia má medzi hygienickými odbormi zvláštne postavenie v tom, že dôsledky ožiarenia sú kvantifikovateľné, alebo že existujú fyzikálne veličiny ako dávkový ekvivalent, efektívna dávka, kolektívna dávka a pod., ktoré dovoľujú určiť, či predpovedať dôsledky ožiarenia.

Dozimetria je fyzikálny odbor, ktorý sa zaoberá stanovením dávky ako miery fyzikálnych účinkov žiarenia v ožiarenej látke (nie len v biologických objektoch) a stanovením distribúcie dávky v ožiarenom objekte. Využíva k tomu výsledky odborov, ako sú fyzika interakcie žiarenia s hmotným prostredím a šírením žiarenia prostredím, fyzika detekčných princípov a metód merania aktivít a dávok, technická a elektronická realizácia meracích metód, metrologia ionizujúceho žiarenia a pod. Je to teda rada teoretických a experimentálnych odborov, ktoré majú svoje ďalšie fyzikálne a technické nadväznosti (Forshier, 2009).

Z dôvodu vyššieho rizika expozície žiareniu musí byť personál monitorovaný, aby sa zabránilo prekročeniu limitov ročnej ekvivalentnej dávky žiarenia. Osobné monitorovanie personálu je povinné, ak pravdepodobnosť ročnej efektívnej ekvivalentnej dávky môže dosiahnuť 10% z limitov stanovených zákonom, resp. všetci pracovníci kategórie A musia byť vybavení osobnými dozimetrami. Ostatní radiační pracovníci sú zaradení do kategórie B (Klener, 2000).

MONITOROVANIE

Osobné monitorovanie slúži k určaniu osobných dávok sledovaním, meraním a hodnotením individuálneho vonkajšieho a vnútorného ožiarenia jednotlivých osôb pomocou osobného dozimetra (Forshier, 2009).

Systém osobného monitorovania slúži k sledovaniu osobných dávok a plneniu požiadaviek limitovania ožiarených osôb, preukazovaniu optimalizácie

radiačnej ochrany, sledovaniu odchýlok od normálnych hodnôt a kontrole bezpečného prevádzkovania pracovísk so zdrojmi ionizujúceho žiarenia. V prípade podozrenia, že došlo k neplánovanému významnému ožiareniu pracovníka, uskutočňuje sa okamžité vyhodnocovanie osobných dozimetrov a dozimetrické zhodnotenie danej udalosti (SÚJB, 2007).

Monitorovanie sa vykonáva:

- sústavne (kontinuálne) - je spojené s danou praxou, slúži na potvrdzovanie, že dané pracovné podmienky zostávajú bezpečné a v súlade s požiadavkami na prevádzku,
- pravidelne (periodicky) - v určených lehotách sa opakuje a jeho cieľom je taktiež potvrdzovanie, že dané pracovné podmienky zostávajú bezpečné a v súlade s požiadavkami na prevádzku,
- operatívne - vykonávajú sa pri určitej činnosti s cieľom zhodnotiť a zaistiť prijateľnosť činnosti pracoviska (SÚJB, 2007).

Medzi základné typy osobných dozimetrov používaných v diagnostickej rádiológii sú fotografické (filmové) dozimetre, termoluminiscenčné dozimetre (TLD) a dozimetre založené na princípe OSL (Optically stimulated luminescence). Zariadenie je pripnuté na odev zdravotníckeho pracovníka počas výkonu práce. Filmové dozimetre, dozimetre OSL a termoluminiscenčné dozimetre sú monitorované mesačne, alebo štvrťročne a výkazy sú zasielané príslušnému ústavu. Vo výkaze je možné vidieť mesačnú (alebo trojmesačnú) ekvivalentnú dávku, ktorou bola osoba ožiarená, ako aj vypočítaná príslušná efektívna dávka (Forshier, 2009; Kunz, 1990).

Na území Slovenskej republiky pracoviská s ionizujúcim žiarením používajú termoluminiscenčné dozimetre. Každý pracovník vlastní takýto dozimeter, ktorý je osobitným a jedinečným intergrálnym detektorom. Zariadenie nemožno vypnúť, neustále zaznamenáva informácie o dávke ionizujúceho žiarenia, aj o dávkach z

prírodného prostredia. Životnosť termoluminiscenčného dozimetra je viac ako 500 vyhodnocovacích cyklov (približne 80 rokov, pri dodržiavaní pokynov).

Tabuľka 6 Typy termoluminiscenčných dozimetrov používaných v SR

názov	doba expozície (mesiac)	zloženie
dvojelementný beta-gama dozimeter (BG2/M)	1	puzdro TLD typ 8814 a dvojelementná karta typ LBG 0110
dvojelementný beta-gama dozimeter (BG2/K)	3	puzdro TLD typ 8814 a dvojelementná karta typ LBG 0110
štvorelementný beta-gama dozimeter (BG4)	1	puzdro TLD typ 8805 a štvorelementná karta typ LBG 1111
nesymetrický neutrón-beta-gama dozimeter (NBG)	1	puzdro TLD typ 8805 a štvorelementná karta typ BGN 7776
prsteňový dozimeter (PD)		puzdro – prsteň a TLD čip (disk s 1 TL elementom typ TLD100) a vyhodnocovacia aplikačná karta na vyhodnocovanie čipov
náramkový dozimeter (NAD)		puzdro – náramok a TLD čip (disk s 1 TL elementom typ TLD100) a vyhodnocovacia aplikačná karta na vyhodnocovanie čipov

Osobný dozimeter sa podľa § 25 ods. 5 vyhlášky Ministerstva zdravotníctva SR č. 545/2007 Z.z. spravidla umiestňuje na reprezentatívnom mieste povrchu tela, ktorým je predná ľavá strana trupu. Pri použití ochrannej zástery s ekvivalentom olova, sa tento dozimeter umiestňuje pod zásteru, (vďaka čomu získame pravdivo stanovené dávky zakrytej časti tela). V zákone je uvedené

odporúčanie na použitie prídavného osobného dozimetra umiestneného na ochrannej zástere (MZ SR ZÁKON 545/2007).

V prípade zistenia možného prekročenia či prekročenia limitnej dávky 20mSv za rok pre osobný dozimeter umiestnený na povrchu zástery, musia sa použiť dva osobné dozimetre s umiestnením na ochrannej tieniacej zástere v oblasti krku a pod tieniacou ochrannou zásterou v oblasti brucha. Dôvody umiestnenia dozimetra na ochrannej zástere zahŕňajú zmeranie dávok častí tela, ktoré ostali počas expozície nezakryté zásterou (IAEA, 2006).

1.7.1 Termoluminiscenčný dozimeter (TLD)

V termoluminiscenčnom detektore (TLD) sa obdobne elektróny vzniknuté ionizáciou zachytávajú v poruchových centrách. Vyhodnotenie žiarenia je založené na emitácií vyžiareného svetla. Existuje priamy vzťah medzi intenzitou vyemitovaného svetla a dávkou žiarenia z kryštálov zabudovaných vo vnútri detektora (Šajter, 2006).

Výhody používania TLD:

- ☞ malé rozmery,
- ☞ povrch je pokrytý teflónom, aby sa minimalizovalo riziko poškodenia prístroja,
- ☞ vysoko citlivý 0,2mSv - 10Sv s odchýlkou $\pm 25\%$,
- ☞ umožňuje meranie tkanív (látka v TLD má vlastnosti podobné ľudskému tkanivu),
- ☞ vyššia odolnosť voči vysokej teplote ako filmový dozimeter (tepelná odolnosť od -10°C do $+40^{\circ}\text{C}$),
- ☞ vyhodnocovateľnosť 3 mesiace,
- ☞ rôzne vyhotovenie dozimetra,
- ☞ opakovateľná použiteľnosť.



Obrázok 8 Termoluminiscenčný dozimeter

Zdroj: Forshier, 2009



Obrázok 9 Termoluminiscenčný dozimeter v tvare prsteňa

Zdroj: Forshier, 2009

Nevýhody používania TLD:

- ☞ neposkytuje trvalý záznam;
- ☞ finančne náročnejší ako filmový dozimeter (SÚJB, 2007; Forshier, 2009).

2 Ciele práce

Ciele:

1. Oboznámenie sa s problematikou ionizujúceho žiarenia pri lekárskej expozícii a s možnosťami znižovania dávok žiarenia pre personál.
2. Zoznámenie sa s paletou najčastejšie vykonávaných fluoroskopických vyšetrení.
3. Získanie si prehľadu osobných dávok traumatologických pracovníkov.
4. Spracovanie a vyhodnotenie získaných údajov.
5. Závery pre praktické uplatnenie získaných poznatkov.

Údaje obsiahnuté v štúdiu boli získané v spolupráci s Klinikou úrazovej chirurgie v Univerzitnej nemocnici v Bratislave akad. L.Dérera (TR1). Práca vychádza z hypotézy, že pri výkone najčastejších traumatologických procedúr, ktorými sú: otvorená repozícia a vnútorná fixácia panvy a predkolenia, dochádza k bezdôvodnému nárastu expozičných dávok ionizujúceho žiarenia z dôvodu často neodborného či dokonca chýbajúceho užívania osobných ochranných pracovných prostriedkov a nedostatočných vedomostí o základných princípoch radiačnej ochrany zdravotníckych pracovníkov pracujúcich v riziku ionizujúceho žiarenia.

3 Materiál a metodika práce

3.1 Používaný röntgenový prístroj

Philips BV Endura - mobilné skiaskopické zariadenie na pohyblivom a otočnom C-ramene so schopnosťou pracovať s expozičnou automatikou a automatickým systémom riadenia dávkového príkonu. Poskytuje rozsah prúdu pri skiaskopii 0,1 – 20mA a rozsah napätia 40 - 110kV.

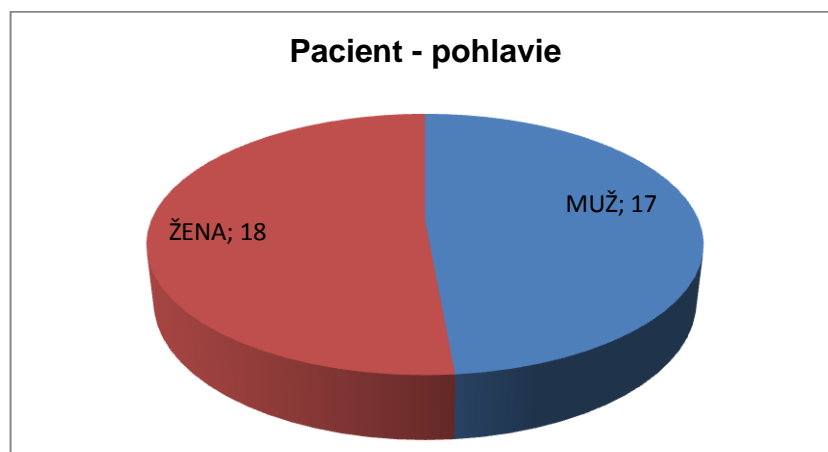


Obrázok 10 Prístroj Philips BV Endura

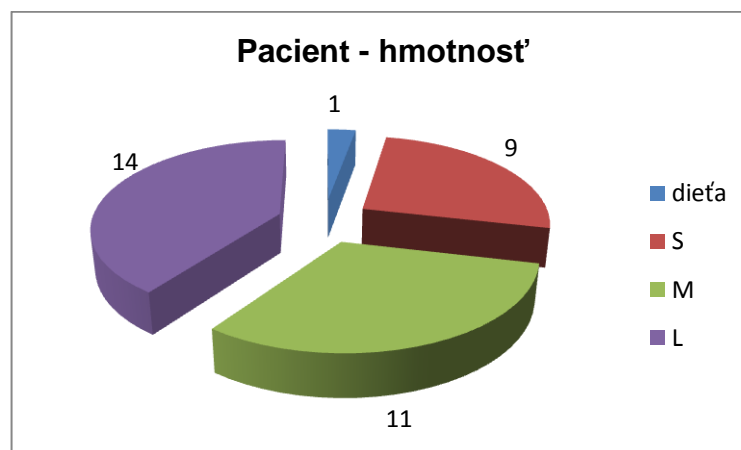
Zdroj: Koninklijke Philips Electronics, 2012

3.2 Zloženie sledovanej skupiny pacientov a lekárov

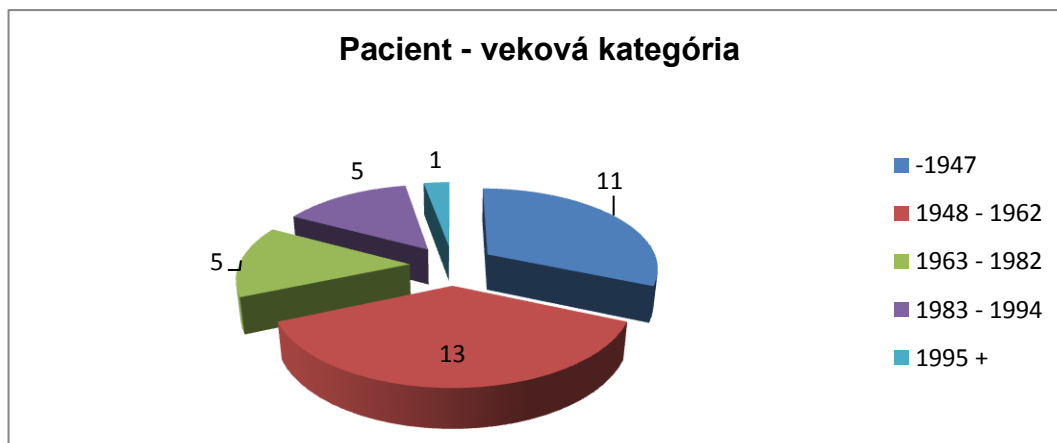
Štúdia obsahuje 35 vybraných pacientov hospitalizovaných v TR1 za obdobie január 2014 - február 2014, na ktorých bol vykonaný ortopedický zákrok. Obrázky 11-13 predstavujú zloženie sledovanej skupiny, pričom sledovanými parametrami bolo pohlavie, hmotnosť a vekovo-špecifické zloženie sledovanej skupiny pacientov. Z obrázkov je možné vyčítať, podiel žien a mužov podstupujúcich zákrok bol približne rovnaký, najčastejšími pacientmi boli muži a ženy narodení v rokoch 1948-1962 (51-65roční) a zákroky podstupovali častejšie pacienti v hmotnostnej kategórii L.



Obrázok 11 Počet osôb v sledovanej skupine pacientov rozdelených podľa pohlavia



Obrázok 12 Počet osôb v sledovanej skupine pacientov v jednotlivých hmotnostných kategóriách



¹ Rozmedzie rokov predstavuje rok narodenia pacienta

Obrázok 13 Zloženie sledovanej skupiny pacientov podľa vekových kategórií

V štúdiu korešponduje 6 vybraných operujúcich lekárov, ktorí vykonávali ortopedické zákroky. Sledovaným aspektom bola efektívna dávka, ktorá v priemere dosahovala hodnotu 2,48mSv/1rok, maximum 2,48mSv/1rok a minimum 0,72mSv/rok (Tabuľka 7).

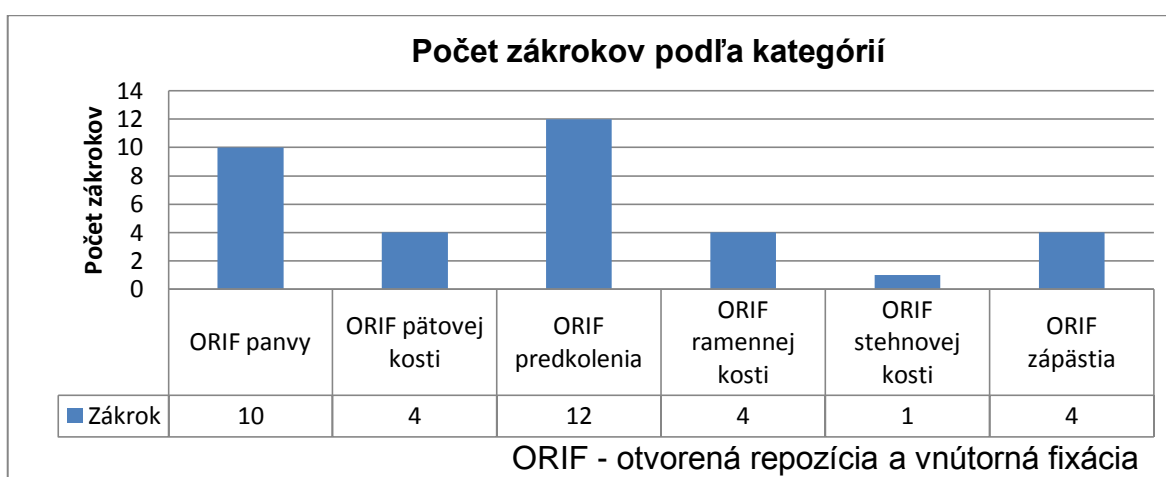
Tabuľka 7 Hodnoty efektívnej dávky TLD dozimetrom vo vybranej skupine lekárov (1-6) za obdobie 1 rok a 4. kvartál (rok 2013)

		Lekár					
		1	2	3	4	5	6
Obdobie	mSv/4.kvartál	0,23	0,18	0,34	0,24	0,62	0,41
	mSv/rok	0,92	0,72	1,36	0,96	2,48	1,64

Hodnoty efektívnej dávky sú v podstate porovnateľné so štatistickými údajmi ÚVZ SR pre zdravotníckych pracovníkov v kategórii chirurgické zákroky (Böhm, 2006).

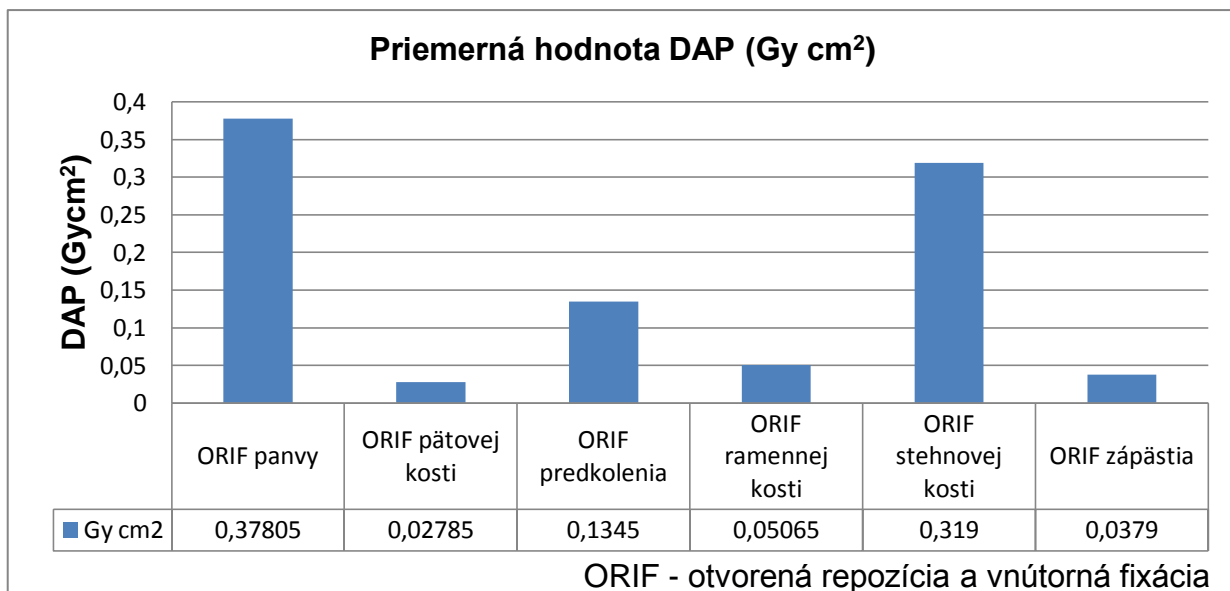
3.3 Zloženie vykonaných ortopedických zákrokov

Skupina 35 pacientov podstúpila na Klinike úrazovej chirurgie 35 zákrokov, ktoré bolo možné rozdeliť do nasledovných kategórií (Obrázok 14): otvorená repozícia a vnútorná fixácia (ORIF) panvy, ramennej kosti, zápästia, predkolenia, stehnovej kosti a pätovej kosti. Z grafu je možné vyčítať, že najčastejším zákrokom bola otvorená repozícia a vnútorná fixácia predkolenia - 12 zákrokov, po ktorej nasledovali zákroky panvy s počtom 10.



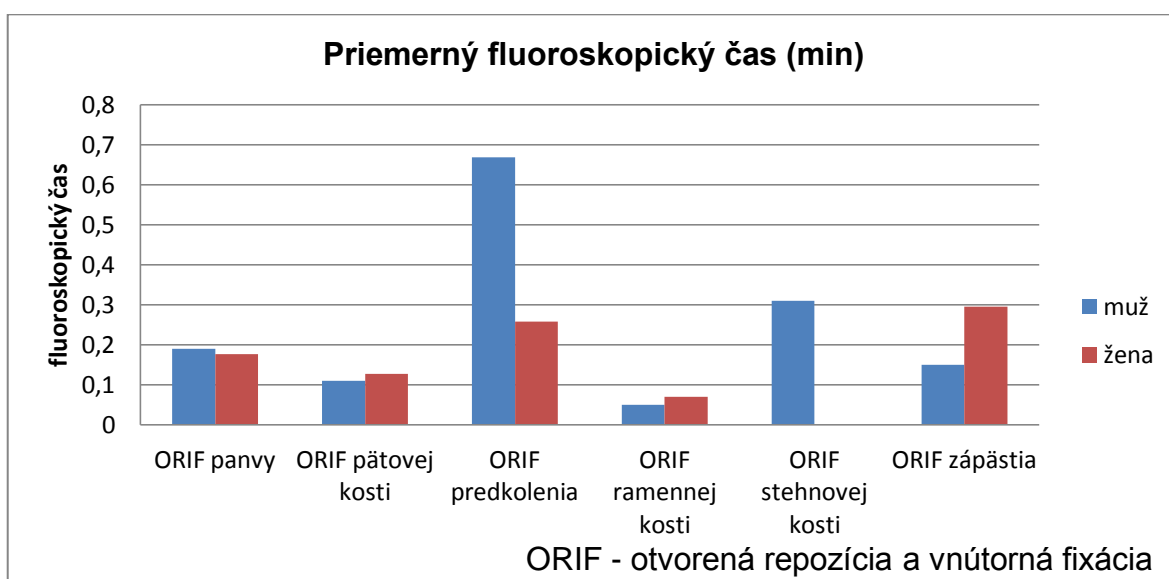
Obrázok 14 Početnosť jednotlivých zákrokov v sledovanej skupine pacientov

Jeden z hlavných sledovaných parametrov bola hodnota DAP, ktorá umožňuje odhadnúť veľkosť ožiarenia, pri absencii priamych údajov o vstupnej povrchovej Kerme. Priemerné hodnoty DAP sú uvedené v stĺpcovom grafe (Obrázok 15). Dá sa povedať, že ORIF panvy a ORIF stehnovej kosti patrí k zákrokom s vyššou priemernou dávkou DAP pre pacienta ako ostatné. Vo všeobecnosti, hodnoty DAP dosahovali v priemere $0,20375\text{Gy cm}^2$. Maximálna hodnota bola $1,5500\text{Gy cm}^2$ a minimálna $0,0102\text{Gy cm}^2$. Pričom nárast DAP je možné pripísať zručnosti lekára a zložitosti zákroku.



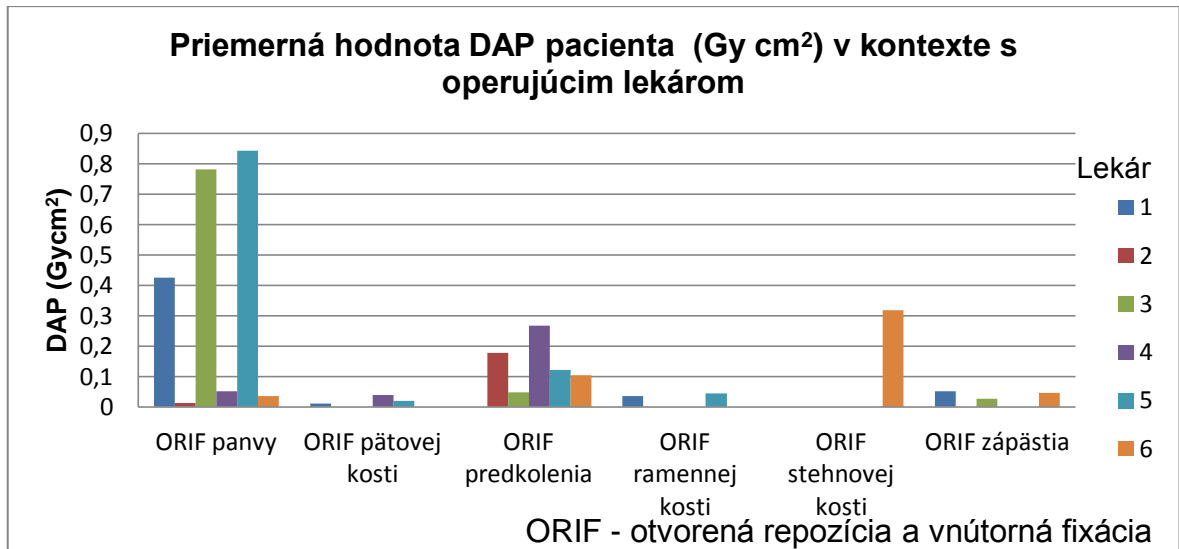
Obrázok 15 Priemerná hodnota DAP (Gy cm²) / zákrok, pacienti rozdelení do kategórií ortopedických zákrokov

Druhým hlavným sledovaným parametrom štúdie bol fluoroskopický čas, kde nárast času je v priamej úmere s hodnotou efektívnej dávky. Najvyššie hodnoty fluoroskopického času boli v kategórií zákrokov - ORIF predkolenia (Obrázok 16). Priemerný fluoroskopický čas bol 0,27min, maximum dosahoval hodnotu 2,06min a minimum 0,01min.



Obrázok 16 Priemerná hodnota fluoroskopického času (min) počas výkonu ortopedických zákrokov rozdelených podľa kategórií zákrokov v sledovanej skupine pacientov rozdelených podľa pohlavia

Nakoľko ožiarenie zdravotníckeho pracovníka je významnou funkciou ožiarenia pacienta, pokúsili sme sa korelovať priemerné hodnoty DAP so skiaskopickým časom a efektívnou dávkou lekára (Obrázok 17). Z čoho bolo možné predpovedať, že zákrok ORIF panvy patrí k náročnejším zákrokom, pri ktorom je nutné častejšie použitie fluoroskopického prístroja, čím sa zvyšuje i efektívna dávka zdravotníckeho personálu.



Obrázok 17 Priemerná hodnota DAP (Gy cm²) pacienta s prihliadnutím na lekára (1-6) rozdelená podľa kategórií zákrokov

4 Výsledky práce

V štúdiu bolo zahrnutých 6 špecialistov z odboru ortopédie na TR1. Lekári počas výkonu svojho povolania získajú nezanedbateľnú efektívnu dávku radiácie, ktorej priemerná hodnota bola 2,48mSv/1rok, maximálna hodnota 2,48mSv/1rok a minimálna hodnota 0,72mSv/rok. Efektívna dávka zdravotníckych pracovníkov pritom závisí od dávky pacienta, ktorú pri chýbaní hodnôt Kermy možno predpokladať z hodnoty DAP pacienta. Celková priemerná hodnota DAP pacienta dosahovala 0,20375Gy cm², maximum 1,5500Gy cm² a minimum 0,0102Gy cm².

Štúdia disponovala údajmi 35 pacientov, ktorí podstúpili ortopedický zákrok. Podiel žien a mužov bol takmer zhodný 18:17. Najčastejšie podstupovali zákrok pacienti vo vekovej kategórii 1948-1962 (51 – 65roční) a v hmotnostnej kategórii L (14 pacientov z celkového počtu 35), čo by sa dalo pripísať rednutiu kostí a prílišnému zaťažovaniu pohybového aparátu nadbytočnou váhou. Najpočetnejším zákrokom bola otvorená repozícia a vnútorná fixácia predkolenia - 12 zákrokov, po ktorej nasledovali zákroky panvy s počtom 9. Tieto časti pohybového aparátu sú najviac zaťažované.

5 Diskusia

V súčasnosti artrografia, ortopédia a snímkovanie kĺbov predstavuje 8,4% všetkých fluoroskopických postupov v USA, s priemernou efektívnou dávkou pre pacienta 0,2mSv/za procedúru, čo predstavuje 0,2% celkovej kolektívnej dávky (NCRP, 2009). Podobne je tomu aj vo Veľkej Británii, kde rôzne zobrazovacie postupy z oblasti ortopédie predstavujú efektívnu dávku od niekoľkých μSv po 1mSv/za procedúru, čo predstavuje menej ako 1% celkovej kolektívnej dávky celej populácie (Hart and Wall, 2002).

Ortopedickí pracovníci získajú väčšinu expozície vo forme rozptýleného žiarenia, ale i vo forme primárneho zväzku žiarenia, no v omnoho nižšej miere. (KESAVACHANDRAN, 2012). Typická úroveň z rozptýleného žiarenia pochádza z najčastejšej ortopedickej procedúry, ktorou je vnútro-dreňove klincovanie zlomeniny s priemernou dĺžkou expozície 1-10minút, kde pre ruky je 0,103mGy/min, hrud' 0,023mGy/min, štítna žľaza 0,013mGy/min, oči 0,012mGy/min, gonády 0,066mGy/min a nohy 0,045mGy/min. (Tsalafoutas et al., 2008). V prípade vloženia rúk do primárneho zväzku žiarenia dochádza až ku 100násobne vyššej expozícii ako z rozptýleného žiarenia pri vzdialenosti 15cm (Arnstein et al., 1994).

Preto sa v diskusii naskytá otázka možností ochrany zdravotníckych pracovníkov pred účinkami ionizujúceho žiarenia a ich účinnosti. Touto problematikou sa zaoberá mnoho vedcov a odborníkov, ktorí sa usilovali zohľadniť a overiť účinnosť dostupných foriem ochrany pred žiarením. Štúdiou vzdialenosti ako ochranného faktora sa zaoberala skupina odborníkov, ktorá poukázala na fakt, že pri vnútro-dreňovom klincovaní a vzdialenosti 15cm od zdroja žiarenia operatér získa 0,33mSv, pri vzdialenosti 30cm je to 0,081mSv a pri vzdialenosti 60cm len 0,021mSv. Tým štúdiu preukázala, že množstvo absorbovaného žiarenia klesá priamo úmerne so vzdialenosťou od zdroja žiarenia (Madan, 2002).

Dávky ožiarenia očí a štítnej žľazy ortopéda a pomocného personálu pri práci s mini C-ramenom je v rozmedzí 0,36 - 3,7 $\mu\text{Gy}/\text{min}$, pričom faktorom ovplyvňujúcim dávku je vzdialenosť od pacienta (Mesbahi and Rouhani, 2008). Pri

zvýšení vzdialenosti o 20-60cm od centrálného zväzku žiarenia, rozptýlené žiarenie klesne až 10násobne. Pri bežnej 5minutovej procedúre a 250 procedúrach za rok, by pri netienení očných šošoviek ekvivalentná dávka predstavovala <math> < 5\text{mSv}</math>.

Aspektu osobných ochranných pracovných prostriedkov sa venovala ku príkladu štúdia, ktorá preukázala, že pri riadnom využití ochrannej zástery a ochrany štítnej žľazy, predstavuje efektívna dávka iba malý zlomok - približne 10% (Tsalafoutas et al., 2008). Štúdia (Mechlenburg et al., 2009) zistila, že pravá ruka získa vyššiu ekvivalentnú dávku (0,045mSv) ako ruka ľavá (0,039mSv). Profesionálne mladší operatéri sú viacej ožiarení ako profesionálne starší, z dôvodu nižších nadobudnutých skúseností.

V súlade s programom zabezpečenia kvality a optimalizácie sme si v našej štúdií všimli dodržiavanie využívania osobných ochranných pracovných prostriedkov a uvedomenie si základných zásad radiačnej ochrany pre personál vykonávajúci skiaskopické vyšetrenia, ktoré mnohokrát nedosahovali štandard. Preto by si zdravotnícky personál mal pripomenúť tieto zásady, ktoré pri ich dodržiavaní dokážu efektívne chrániť zdravie personálu i pacienta:

- ☞ nosenie osobných ochranných pracovných prostriedkov,
- ☞ nosenie osobného dozimetra na zástere, nie pod zásterou,
- ☞ zväčšenie vzdialenosti,
- ☞ správna pozícia k zdroju žiarenia,
- ☞ využívanie prídavnej filtrácie,
- ☞ využívanie impulzovej skiaskopie,
- ☞ snímač žiarenia umiestniť čo najbližšie k pacientovi,
- ☞ v prípade ak nie je nutná prítomnosť personálu, nezdržiavať sa v miestnosti so žiarením.

Záver

Bakalárska práca priniesla pohľad na súčasný stav problematiky ionizujúceho žiarenia, so zreteľom na lekársku expozíciu a jej vplyv na zdravie špecialistov z oblasti traumatológie a ortopédie a iných zdravotníckych pracovníkov, ktorí na týchto vyšetreniach spolupracujú. Mnoho štúdií sa zaoberá intervenčnými a kardiologickými procedúrami a ich efektívnymi dávkami, ktoré sú podstatne väčšie s porovnaním s radiačnou záťažou traumatológov, no treba dbať i na zdravie týchto pracovníkov, ktorí taktiež získajú počas výkonu svojho povolania určitú, nezanedbateľnú dávku ionizujúceho žiarenia. Preto základom znižovania efektívnych dávok, by mal byť komplexný a fungujúci systém, pozostávajúci z technického, organizačného, legislatívneho zabezpečenia a kontinuálneho procesu vzdelávania.

Výsledky praktickej časti práce poukazujú na medzery v zákone, v ktorom chýbajú konkrétne diagnostické referenčné úrovne pre traumatológov. Princíp limitovania nie je nastavený adekvátne, pretože pri bežnej praxi a pri adekvátnom používaní osobných ochranných pracovných pomôcok traumatológovia dosahujú iba zlomok z limitu ročnej ekvivalentnej dávky, ktorá predstavuje 20mSv/rok.

Bakalárska práca slúži najmä ako významný podklad pre moju nasledujúcu magisterskú prácu, v ktorej sa chcem venovať i naďalej hodnoteniu radiačnej záťaže zdravotníckych pracovníkov z oblasti traumatológie. Táto téma nie je zďaleka vyčerpaná, ako je vidieť z najnovšieho Odporúčania ICRP (ICRP, 2010) a je možné z nej čerpať a získať stále nové a nové informácie a fakty, ktoré by korešpondovali so svetovými štúdiami venujúcimi sa práce tejto problematike.

Použitá literatúra

ARCHER, B. 2006. Radiation management and credentialing of fluoroscopy users. In *Pediatric Radiology*, ISSN 0301-0449, 2006, roc. 36, č. 2 , s. 182-184.

ARNSTEIN, P.M. - RICHARDS, A.M. - PUTNEY, R. 1994. The risk from radiation exposure during operative X-ray screening in hand surgery. In *Journal of hand surgery*, 1994, roč. 19, č. 3, s. 393-396.

BÖHM, K. 2006. Radiačná záťaž zdravotníckych pracovníkov v Slovenskej republike, XXVIII. Dny radiačnej ochrany, Luhačovice 2006, Sborník rozšírených abstraktů, Praha 2006, s. 23-27, ISBN 80-01-03575-1.

BUCHANCOVÁ, J. et al. 2003. *Pracovné lekárstvo a toxikológia*. Martin:Osveta, 2003. 1133 s. ISBN 80-8063-113-1.

DAUER et. al. 2010. Unprotected operator eye lens doses in oncologic interventional radiology are clinically significant: estimation from patient kerma-area-product data. In *J Vasc Interv Radiol*, ISSN 1051-0443, 2010, č. 21, s. 1859-1861.

DENDY, P. P., HEATON, B. 1999. *Physics for diagnostic radiology*. second edition, Bristol: CRC Press, 1999. 446 s. ISBN 0-7503-0590-8.

European Nuclear Society. 2010. Tissue weighting factor. [online]. [citované 2013.12.27.]. Dostupné na internete: <<https://www.euronuclear.org/info/encyclopedia/t/tissue-weight-factor.htm>>

EURADOS. 2012. *ORAMED: Optimization of radiation protection of medical staff*. Braunschweig: EURADOS, 2012. 184 s. ISBN: 978-3-943701-01-2.

FORSHIER, S. *Essentials of radiation biology and protection*. second edition, Delmar: Cengage Learning, 2009. 210 s. ISBN 978-1428312173.

HART, D., Wall, B.F., 2002. *Radiation Exposure of the UK Population from Medical and Dental X-ray Examinations*. NRPB-W4. National Radiological Protection Board, Chilton.

HORVÁTHOVÁ, M. 2005. Optimalizácia radiačnej záťaže pacientov pri rádiologických vyšetreniach. In Revue Medicíny v praxi, ISSN 1336-202X, 2005, roč. 3, č. 5, s.7-9.

IAEA. 2006. Safety reports No. 39 - Applying radiation safety standards in diagnostic radiology and interventional procedures using X rays. Vienna: IAEA, 2006. 96 s. ISBN: 92-0-111004-9.

IAEA. 2012. Staff radiation protection. [online]. [citované 2013.11.12.]. Dostupné na internete: <
https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/InformationFor/HealthProfessionals/4_InterventionalRadiology/fluoroscopy-operating-theatres/fluoroscopy-staff-protection.htm>

ICRP. 2010. Radiological protection in fluoroscopically guided procedures performed outside the imaging department. ICRP publication 117. ICRP: 102 s. ISBN 978-0-7020-5226-2

JEONG, W.K. 2011. Radiation exposure and its reduction in the fluoroscopic examination and fluoroscopy-guided interventional radiology. In Journal of the Korean Medical Association [online]. 2011, roč. 54, č. 12 [citované 2014.03.10.] Dostupné na internete: <
<http://synapse.koreamed.org/DOIx.php?id=10.5124/jkma.2011.54.12.1269>>

KESAVACHANDRAN et al. 2012. Radiation exposure of eyes, thyroid gland and hands in orthopedic staff. In European journal of medical research [online]. 2012, doi:10.1186/2047-783X-17-28 [citované 2014.03.03.]. Dostupné na internete: <
<http://www.eurjmedres.com/content/17/1/28>>

KLENER, V. 2000. Principy a praxe radiačnej ochrany. Praha: SUPJB, 2000. 619 s. ISBN 80-238-3703-6.

KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS. 2012. Philips BV Endura mobile C-arm. [online]. Netherlands: Philips. [citované 2014.03.09.] Dostupné na internete: <
<http://viewer.zmags.com/publication/a87cd72a#/a87cd72a/1>>

KUNZ, E. et al. 1990. Příručka lékaře o ochraně před zářením. Praha: Avicenum, 1990. 159 s. ISBN 80-85047-00-4.

MADAN, S., BLAKEWAY, C. 2002. Radiation exposure to surgeon and patient in intramedullary nailing of the lower limb. In *Injury*, 2002, roč. 33, č. 8, s. 723-727.

MECHLENBURG, I. - DAUGAARD, H. - SOBALLE, K. 2009. Radiation exposure to the orthopaedic surgeon during periacetabular osteotomy. In *International orthopaedics*, 2009, roč. 33, č. 6, s. 1747-1751.

MESBAHI, A., ROUHANI, A. 2008. A study on the radiation dose of the orthopaedic surgeon and staff from a mini C-arm fluoroscopy unit. In *Radiation Protection Dosimetry* [online]. 2008, roč. 132, č. 1, s. 98–101 [citované 2014.03.10.] Dostupné na internete: <<http://rpd.oxfordjournals.org/content/132/1/98.short>>

MÜLLER et al. 1998. Radiation exposure to the hands and the thyroid of the surgeon during intramedullary nailing. In *Injury*, 1998, roč. 29, č. 6, s. 461-468.

Nariadenie vlády SR č. 340/2006 Z.z. o ochrane zdravia osôb pred nepriaznivými účinkami ionizujúceho žiarenia pri lekárskom ožiarení.

Nariadenie vlády SR č. 345/2006 Z.z. o základných bezpečnostných požiadavkách na ochranu zdravia pracovníkov a obyvateľov pred ionizujúcim žiarením.

NCRP. 2009. Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States. NCRP Report 160. National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda, MD.

NCZI. 2006. Spoločné vyšetrovacie a liečebné zložky v SR 2005. [online]. Bratislava: NCZI, 2006. 61 s. [citované 2013.12.29.]. Dostupné na internete: <<http://www.nczisk.sk/Documents/publikacie/2005/zs0648.pdf>>

NCZI. 2011. Choroby z povolania alebo ohrozenia chorobou z povolania v SR 2010. [online]. Bratislava: NCZI, 2012. 68 s. [citované 2013.12.30.]. Dostupné na internete: <<http://www.nczisk.sk/Documents/publikacie/2010/zs1106.pdf>>

NCZI. 2013. Činnosť spoločných vyšetrovacích a liečebných zložiek v SR 2012. [online], Bratislava: NCZI, 2013. 39 s. [citované 2013.12.29.]. Dostupné na internete: <<http://www.nczisk.sk/Documents/publikacie/2012/zs1348.pdf>>

RAMPERSAUD et al. 2000. Radiation exposure to the spine surgeon during fluoroscopically assisted pedicle screw insertion. In Spine, 2000, roč. 25, č. 20, s. 2637-2645.

SÚJB. 2007. Zabezpečení osobního monitorování při činnostech vedoucích k ozáření. [online]. Praha: SÚJB, 2007. 42 s. [citované 2013.12.11] Dostupné na internete: <https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/28-dozimetrie_zevni_2007.pdf>

ŠAJTER, V. et al. 2006. Biofyzika, biochémia a rádiológia. Martin: Osveta, 2006. 272 s., ISBN: 80-8063-210-3.

ŠULCOVÁ, M. - ČIŽMÁR, I. - FABIANOVÁ, E. 2013. Verejné zdravotníctvo. Bratislava: Veda, 2013. 651 s. ISBN 978-80-224-1283-4.

THEOCHAROPOULOS et al. 2003. Occupational exposure from common fluoroscopic projections used in orthopaedic surgery. In The journal of bone and joint surgery, ISSN 1535-1386, 2003, roč. 85-A, č. 9, s. 1698-1703.

TSALAFOUTAS, I.A., TSAPAKI, V., KALIAKMANIS, A., et al. 2007. Estimation of radiation doses to patients and surgeons from various fluoroscopically guided orthopaedic surgeries. In Radiation Protection Dosimetry. [online]. 2007, roč. 128, č. 1, s.112–119 [citované 2014.02.05] Dostupné na internete: <<http://rpd.oxfordjournals.org/content/128/1/112.short> >

Universal Medical. 2010. Radiation protection. [online]. [citované 2014.03.11.]. Dostupné na internete: <<http://www.universalmedicalinc.com/Radiation-Protection-s/20.htm>>

UNSCEAR. 2008. Sources and effects of ionizing radiation. New York: United Nations Publication, 2010. 220 s. ISBN 978-92-1-142274-0.

ÚVZ. 2009. Zdroje ionizujúceho žiarenia a účinky ionizujúceho žiarenia na človeka. [online]. [citované 2013.12.30.]. Dostupné na internete:

<http://www.uvzsr.sk/index.php?option=com_content&view=article&id=1124%3Azdroje-ionizujuceho-iarenia-a-uinky-ionizujuceho-iarenia-na-loveka&catid=70&Itemid=101>

VANĚRKA, M., VYHNÁNEK, L. 1989. Wilhelm Conrad Röntgen. Praha: Horizont, 1989. 91 s. ISBN: 80-7012-024-X.

Vyhláška Ministerstva zdravotníctva SR č. 545/2007 o požiadavkách na zabezpečenie radiačnej ochrany pri činnostiach vedúcich k ožiareniu.

Zoznam príloh

Príloha 1

Poradové číslo:

PROTOKOL Z MERANIA

Dátum:

Nemocnica : _____

Prístroj : _____ Poloha RTG trubice: _____

Zákrok : _____

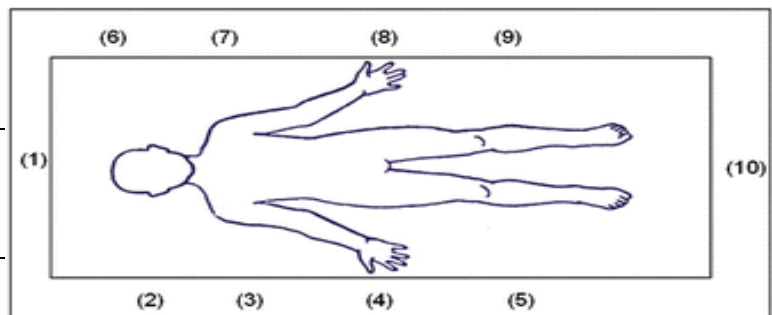
Lekár : _____

1. OCHRANNÉ PROSTRIEDKY

Ochranný prostriedok	Prítomnosť	mm Pb
Olovená zástera		
Ochrana štítnej žľazy		
Ochranné okuliare		
Olovené rukavice		
Stolná clona		
Ochrana pacienta		
Štít		
Podlaha		

2. POZÍCIA PERSONÁLU

Lekár A
 B
 C
RTG A
technik
 B
Sestra A
 B
 C
Iní A



3. FLUOROSKOPIA

kV		
mA		
Impulz/y		
Trvanie impulzov (ms)		
Filtrácia (mm Cu)		
Mód		

4. DAP HODNOTY (jednotka:)

FLUORO : _____ Fluoroskopický čas (.....): _____

5. INÉ PARAMETRE

Ožiarená časť tela : _____

Výška lekára (< 160cm / ± 170 cm / > 180 cm) : _____

Veľkosť pacienta (dieťa / S / M / L) : _____

Náročnosť zákroku (nízka / stredná / vysoká) : _____

Zručnosť lekára (nízka / stredná / vysoká) : _____

Dominantná ruka lekára (pravá / ľavá / oboje) : _____

POZNÁMKY : _____
