

UNIVERSITATEA “BABEȘ-BOLYAI” CLUJ-NAPOCA
FACULTATEA DE FIZICĂ
SPECIALIZAREA BIOFIZICĂ ȘI FIZICĂ MEDICALĂ

FACULTATEA DE FIZICĂ
Str. Mihail Kogălniceanu nr.1
Cluj-Napoca, RO-400084
Tel: +4(0)264-405300 | FAX: +4(0)264-591906
secretariat.phys@ubbcluj.ro
www.phys.ubbcluj.ro



LUCRARE DE DIZERTAȚIE

Coordonatori științifici:

Prof. Dr. Leontin David

Fiz. Med. Petru Mihance

Absolvent:

Andreea-Geanina Pîrvulețu

2022

UNIVERSITATEA “BABEȘ-BOLYAI” CLUJ-NAPOCA
FACULTATEA DE FIZICĂ
SPECIALIZAREA BIOFIZICĂ ȘI FIZICĂ MEDICALĂ

FACULTATEA DE FIZICĂ
Str. Mihail Kogălniceanu nr.1
Cluj-Napoca, RO-400084
Tel: +4(0)264-405300 | FAX: +4(0)264-591906
secretariat.phys@ubbcluj.ro
www.phys.ubbcluj.ro



LUCRARE DE DIZERTAȚIE

*IMPORTANȚA FUNCȚIONĂRII CORECTE
A DAP-METRULUI ÎN STABILIREA
NIVELURILOR DE REFERINȚĂ*

Coordonatori științifici:

Prof. Dr. Leontin David

Fiz. Med. Petru Mihance

Absolvent:

Andreea-Geanina Pîrvulețu

2022

Cuprins

Abstract	4
Introducere	5
1. Contorul de măsurare a produsului doză-arie	7
1.1 Cameră de ionizare	7
1.2 Instalația de radiodiagnostic.....	8
1.3 Verificarea liniarității DAP-metrului	9
2. Niveluri de referință în diagnostic	14
2.1 Valoarea DRL	14
2.2 Stabilirea DRL-urilor	15
2.3 Nivel de referință individual de diagnostic	17
3. Norme de securitate radiologică în practicile de radiologie de diagnostic	18
3.1 Necesitatea unei mai mari conștientizări a protecției radiologice.....	18
3.2 Personalul implicat în radioprotecția și securitatea instalațiilor radiologice.....	19
3.3 Asigurarea calității	19
4. Justificarea și optimizarea în practica de radiodiagnostic.....	21
4.1 Justificarea	21
4.2 Optimizarea.....	22
5. Stabilirea nivelurilor de referință	24
5.1 Principii pentru stabilirea nivelurilor de referință.....	24
5.2 Stabilirea nivelurilor de referință pentru procedura de diagnostic a toracelui	25
Concluzii	30
Bibliografie	34

Abstract

This paper aims to highlight the importance of the correct operation of the dap-meter in setting reference levels.

Effective radiation protection includes eliminating unnecessary or unproductive radiation exposure. In general terms, the main tools for achieving this goal are justifying practices and optimizing protection. Because dose limits do not apply to diagnostic medical exposures, justification and optimization are even more important than in other practices that use ionizing radiation. Diagnostic reference levels (DRLs) help optimize protection, helping to avoid unnecessarily high doses for the patient. The system for using DRLs includes estimating patient doses as part of the regular quality assurance program.

The paper is a general introduction that provides the basic information needed to establish reference levels, so the first part specifies the structure of a meter of measurement of the product dose-area (DAP-meter), its applicability and the method by which it is verified linearity. This section also highlights the procedures for establishing reference levels in diagnostic radiology. The second part of the paper includes a series of radiological safety rules in radiodiagnostic practices. These rules apply to diagnostic radiology practices and practices involving the risk of exposure to ionizing radiation from the use of radiological installations. At the same time, the justification and optimization for the practice of radiodiagnosis can be found here.

The most important part of the paper is the third part which deals with highlighting the importance of the correct operation of the devices, in this case, the DAP-meter in order to establish a reference level of the PA chest examination procedure, the intention is that a reference level should be a reasonable indication of the average dose at a PA chest screening exposure for a group of medium-sized patients and be a guide to what should be done or whether good medical practice is applied at the time of medical exposure. the purpose of comparing the average of the quarterly doses recorded for each diagnostic procedure. The medical specifications and technical conditions of exposure shall be established for each diagnostic procedure and for each radiological installation.

Introducere

Lucrarea de față își propune să pună în evidență importanța funcționării corecte a dap-metrului în stabilirea nivelelor de referință. Cele două principii de bază ale radioprotecției a pacientului, așa cum sunt recomandate de Comisia Internațională de Protecție Radiologică (ICRP) sunt justificarea practicii și optimizarea protecției, inclusiv luarea în considerare a nivelurilor de referință ale dozei. Datele care au fost luate în calcul, au fost obținute la Clinica Medicală 5 – Spitalul Municipal Cluj-Napoca (Clujana), cu îndrumarea domnului fizician medical Petru Mihance.

În general, protecția eficientă împotriva radiațiilor include eliminarea expunerii inutile sau neproductive la radiații. În termeni generali, principalele instrumente pentru atingerea acestui scop sunt justificarea practicilor și optimizarea protecției. Întrucât limitele de doză nu se aplică expunerilor medicale de diagnostic, justificarea și optimizarea sunt chiar mai importante decât în alte practici care utilizează radiații ionizante. Optimizarea înseamnă menținerea dozei cât mai mică posibil pentru expunerile medicale de diagnostic, aceasta este interpretată ca fiind o doză cât mai mică posibil, care este în concordanță cu calitatea imaginii și necesară pentru obținerea informațiilor de diagnosticare dorite.

Nivelele de referință în diagnostic (DRL) ajută la optimizarea protecției, ajutând la evitarea dozelor, inutil de mari, pentru pacient. Sistemul de utilizare a DRL-urilor include estimarea dozelor pacientului ca parte a programului obișnuit de asigurare a calității. Trebuie subliniat faptul că DRL-urile nu trebuie aplicate expunerilor individuale ale pacienților. Un nivel de referință de diagnostic este un nivel stabilit pentru proceduri standard, pentru grupuri de pacienți de dimensiuni standard sau o fantomă standard. Se recomandă insistent ca procedura și echipamentul să fie revizuite atunci când acest nivel este depășit constant în procedurile standard.

Această lucrare reprezintă o continuare a lucrării de licență, intitulată „Determinarea liniarității contorului de măsurare a produsului doză – arie” scrisă de mine, Pîrvulețu Andreea-Geanina, sub îndrumarea domnului profesor Dr. David Leontin și cu ajutorul domnului fizician medical Mihance Petru și este o introducere generală care oferă informații de bază necesare în stabilirea nivelelor de referință. Astfel în prima parte se specifică structura unui contor de măsurare a produsului doză-arie (DAP-metru), aplicabilitatea lui și metoda prin care se efectuează verificarea

liniarității acestuia. În această parte se pun în evidență și procedurile de stabilire a nivelurilor de referință în radiologie de diagnostic. A doua parte a lucrării cuprinde o serie de norme de securitate radiologică în practicile de radiodiagnostic. Aceste norme se aplică practicii de radiologie de diagnostic și practicilor care implică riscul expunerii la radiații ionizante provenite de la utilizarea instalațiilor radiologice. Totodată, aici se regăsc și justificarea și optimizarea pentru practica de radiodiagnostic.

Cea mai importantă parte a lucrării este partea a treia, care tratează punerea în evidență a importanței funcționării corecte a aparatelor, în cazul de față, a DAP-metrului, pentru a putea stabili un nivel de referință a procedurii de examinare a toracelui PA. Intenția este ca un nivel de referință să fie o indicație rezonabilă a dozelor medii la o expunere de examinare a toracelui PA pentru un grup de pacienți cu dimensiuni medii și să reprezinte un ghid pentru ceea ce ar trebui îndeplinit sau dacă în momentul expunerii medicale se aplică o bună practică cu scopul comparării mediei dozelor trimestriale înregistrate pentru fiecare procedură de diagnostic. Specificațiile medicale și condițiile tehnice de expunere se stabilesc pentru fiecare procedură de diagnostic și pentru fiecare instalație radiologică.

Mulțumesc domnului fizician medical Petru Mihance și domnului profesor Dr. Leontin David pentru ajutorul și îndrumarea acordată în elaborarea lucrării de dizertație.

1. Contorul de măsurare a produsului doză-arie

Contoarele DAP sunt instrumente valoroase de control al calității pentru monitorizarea schimbărilor în echipamente și proceduri, astfel pentru investigațiile medicale radiologice, este foarte importantă cunoșterea și raportarea dozei primite de către pacient, conform legislației în vigoare. Acele doze pe care pacientul le primește în urma unei proceduri radiologice este evaluată cu ajutorul așa numitului contor de măsurare a produsului doză-arie (DAP-metru). Aceste DAP-metre se găsesc în imediata apropiere a tubului radiogen al aparatului de radiodiagnostic.

Măsurile furnizate de aceste contoare nu sunt reprezentări absolute ale realității, astfel că estimarea valorilor reale necesită calibrarea acestuia. Calibrarea instrumentului permite utilizatorului să verifice funcționarea sa corectă și să furnizeze un coeficient de calibrare pentru estimarea valorii reale. [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7]

1.1 Cameră de ionizare

O cameră de ionizare constă într-o unitate închisă în interiorul căreia se găsește un volum de gaz aflat în condiții normale între doi electrozi plan-paraleli (cunoscut sub numele de catod și anod), conectați la o sursă de înaltă tensiune. În acest volum de gaz, radiația ionizantă creează perechi de ioni și se generează un curent de ionizare, care este apoi măsurat cu ajutorul unui electrometru.

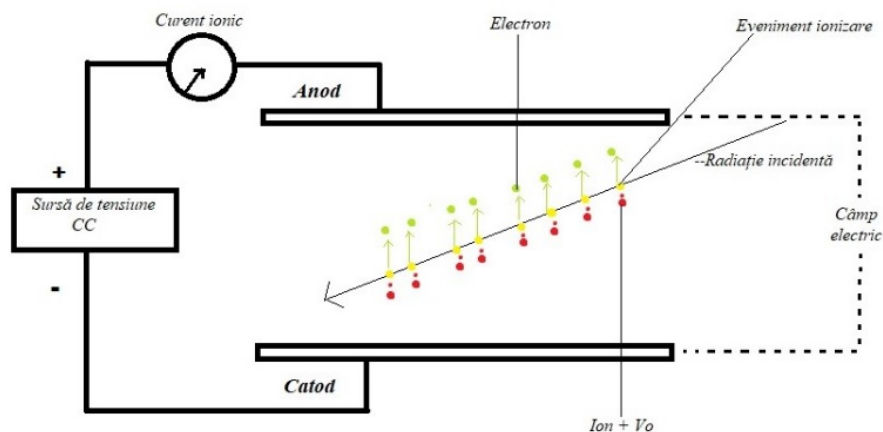


Figura 1.1 Cameră de ionizare

1.2 Instalația de radiodiagnostic

Acest subcapitol va cuprinde prezentarea generală a aparatului de radiodiagnostic. Descrierea se va face pe baza aparatului din dotarea spitatului, aparat pe care l-am avut la dispoziție pentru a putea asista, observa și analiza cum se desfășoară un examen radiologic. Acesta este un aparat modern din gama Siemens Medical - Luminous Fusion (Figura 1.2)

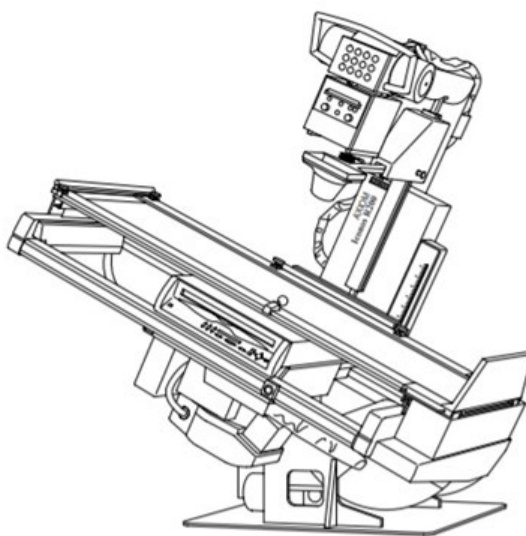


Figura 1.2 Luminous Fusion - Unitate de radiodiagnostic

Aparatul RX Siemens Luminos Fusion, este unul dintre cele mai performante aparate care folosește raze X în sistem digital. Radiografiile sunt produse prin transmiterea de raze X printr-un pacient către un dispozitiv de captare, apoi convertite într-o imagine pentru diagnostic. Acest aparat reprezintă un sistem complet digital de fluoroscopie și radiografie care are un detector plat dinamic pentru imagistică digitală (43 cm x 43 cm), de mare rezoluție, cu posibilitatea conectării la rețea. Masa de poziționare pacient, ușor accesibilă din toate părțile, poate fi înclinată până la +90°/-17°, iar blatul mesei de poziționare pacient (210 cm x 80 cm) are cursă longitudinală și transversală acționată prin motor, această masă dispune și de o tablă reglabilă cu puncte de fixare pentru poziționarea picioarelor la ambele capete pentru pacienți cu greutatea de până la 200 kg.

Există, de asemenea, un stativ telescopic rabatabil pentru cupolă, cu deplasare longitudinală, și o cupolă rotativă cu poziționare deasupra mesei, inclusiv un colimator automat cu lamele multiple.

Astfel, configurația instalației radiologice conține un generator de înaltă frecvență cu tub Rx; masă basculantă telecomandată (coloană port-tub pentru tubul Rx peste masă și detector digital cu suprafață considerabilă); sistem digital ultraperformant pentru achiziția imaginii; două monitoare (unul în camera de examinare pe suport mobil, și unul în camera de comandă), prefiltre din cupru pentru reducerea dozei pacientului.

1.3 Verificarea liniarității DAP-metrului

Pentru determinarea liniarității contorului de măsurare a produsului doză – arie s-a folosit dozimetrul de tip PTW-DIADOS care a fost plasat în câmpul de expunere colimat la dimensiunea de 10 x 10 cm pe masa instalației de radiodiagnostic, la o distanță de 1,15 m față de DAP-metru. Expunerea a fost efectuată cu un program de examinare radiografică pentru efectuarea radiografiilor la mână. Măsurătorile au fost de două tipuri, prima dată s-au efectuat măsurători cu tensiuni de tub variabile (40 – 125 KV) cu păstrarea parametrului mAs constant, apoi, măsurătorile s-au efectuat cu parametrul mAs variabil și cu o tensiune de accelerare a electronilor în tubul RX la 85 KV. După efectuarea măsurătorilor, datele obținute experimental au fost colectate și trecute în tabelele 1.1 și 1.2

Tabel 1.1 Parametru *mAs* constant; tensiunea de accelerare variabilă (40 - 125 KV)

Produsul Curentului prin tub x timp de expunere [<i>mAs</i>]-constant	Tensiunea de accelerare [kV]	A- Dimensiunea câmpului de expunere [m ²]	Valoarea DAP măsurată		Valoarea măsurată cu dozimetrul PTW-DIADOS [μGy]
			B [μGym ²]	B /A [μGy]	
5	40	0.01	0.38	38	42.12
5	45	0.01	0.57	57	62.8
5	50	0.01	0.78	78	76
5	55	0.01	1.01	101	100
5	60	0.01	1.25	125	128
5	66	0.01	1.56	156	164
5	70	0.01	1.75	175	188
5	75	0.01	2.01	201	216
5	81	0.01	2.31	231	256
5	85	0.01	2.52	252	284
5	90	0.01	2.78	278	320
5	96	0.01	3.09	309	364
5	100	0.01	3.29	329	392
5	105	0.01	3.56	356	436
5	109	0.01	3.76	376	464
5	117	0.01	4.17	417	536
5	121	0.01	4.37	437	564
5	125	0.01	4.59	459	596

S-au colectat datele din tabelul 1.1 și s-a reprezentat grafic dependența dozei în funcție de tensiunea de accelerare (Figura 1.3), se observă faptul că există o dependență liniară, de aici rezultă și faptul că odată cu creșterea kilovoltajului, crește și doza pe care pacientul o primește.

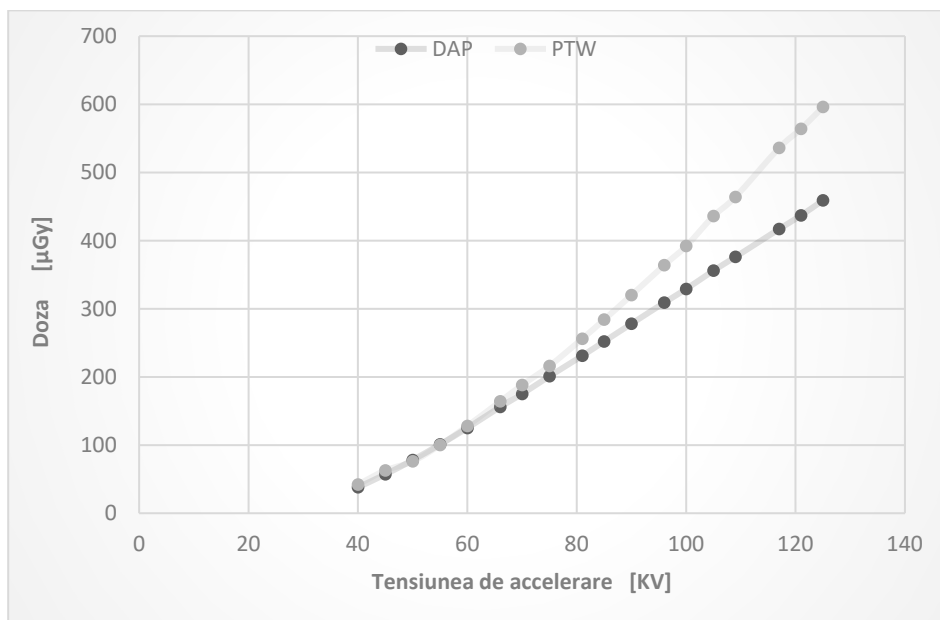
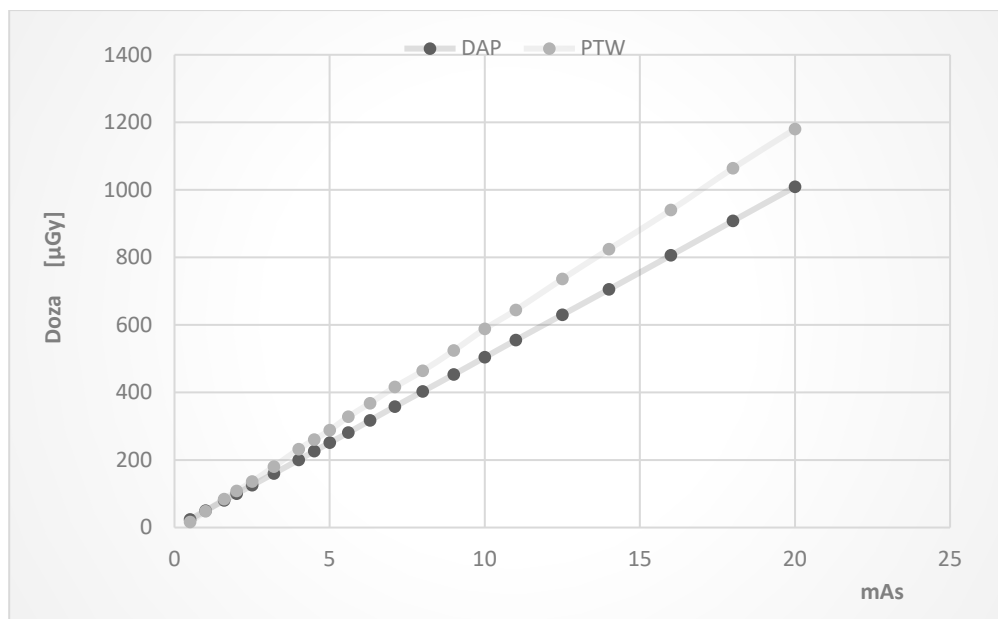


Figura 1.3 Dependența valorii măsurate cu DAP-metru în funcție de tensiunea de accelerare. (din tabelul 1.1)

Tabel 1.2 Tensiunea de accelerare constantă; parametrul *mAs* variabil

Tensiunea de accelerare constantă [KV]	Produsul Curentului prin tub x timp de expunere [mAs]	A- Dimensiunea câmpului de expunere [m ²]	Valoare DAP măsurată		Valoare măsurată dozimetru PTW- DIADOS [μGy]
			B [μGym ²]	B /A [μGy]	
85	0.5	0.01	0.24	24	16
85	1	0.01	0.5	50	48
85	1.6	0.01	0.8	80	84
85	2	0.01	1	100	108
85	2.5	0.01	1.25	125	136
85	3.2	0.01	1.6	160	180
85	4	0.01	2	200	232
85	4.5	0.01	2.26	226	260
85	5	0.01	2.51	251	288
85	5.6	0.01	2.81	281	328
85	6.3	0.01	3.17	317	368
85	7.1	0.01	3.58	358	416
85	8	0.01	4.03	403	464
85	9	0.01	4.53	453	524
85	10	0.01	5.04	504	588
85	11	0.01	5.55	555	644
85	12.5	0.01	6.3	630	736
85	14	0.01	7.05	705	824
85	16	0.01	8.06	806	940
85	18	0.01	9.08	908	1064
85	20	0.01	10.09	1009	1180

Din tabelul 1.2 se obține grafic dependența liniară a dozei în funcție de parametrul mAs:



*Figura 1.4 Dependența liniară în funcție de intensitatea curentului,
la tensiunea de 85 KV(din tabelul 1.2)*

Se analizează și se compara datele obținute în urma măsurărilor și se observă faptul că este mai accentuată creșterea dozei odată cu creșterea tensiunii de accelerare în tub - Kilovoltajului față de creșterea mAs, însă cu cât cresc aceste valori, cu atât cresc și valorile înregistrate de ambele contoare. Astfel că, în urma colectării datelor s-a obținut grafic dependența liniară a dozei, ceea ce înseamnă că doza pe care o primește pacientul crește odată cu creșterea kilovoltajului și a parametrului mAs. Obținerea unei liniarități denotă faptul că Dap-metrul funcționează în parametrii optimi.

2. Niveluri de referință în diagnostic

Termenul „nivel de referință în diagnostic” (DRL) a apărut pentru prima dată în Publicația ICRP din 1996, iar acest concept a fost dezvoltat mai târziu în ICRP din 2001.

După cum a afirmat Comisia în Publicația ICRP 103, în cazul expunerilor medicale, principiul optimizării protecției este implementat prin utilizarea DRL-urilor. Nivelurile de referință în diagnostic s-au dovedit a fi un instrument eficient care ajută la optimizarea protecției în expunerea medicală a pacienților pentru proceduri de diagnostic și intervenție. Principile justificării și optimizării protecției sunt esențiale pentru securitatea radiologică.

Aplicarea limitelor de doză la expunerile medicale ale pacienților nu este adecvată, deoarece de cele mai multe ori produce mai mult rău decât bine. În procesul radiodiagnostic accentul trebuie pus pe aplicarea primelor două principii ale protecției radiologice - justificarea procedurilor radiodiagnostice și optimizarea procesului, subiect dezvoltat în capitolul 4.

[8], [9], [10], [11], [12], [13], [14]

2.1 Valoarea DRL

O valoare DRL este un nivel selectat al unei cantități de doze de radiații (o „cantitate DRL”) pentru examinări tipice a unui grup de pacienți de dimensiuni standard sau, în anumite circumstanțe specifice, o fantomă standard. DRL-urile nu se aplică pacienților individuali, ele sunt derivate dintr-un prag arbitrar într-o distribuție a valorilor obținute la nivel local și colectate la nivel național sau regional. Un DRL este un supliment la raționamentul profesional și nu oferă o linie definitivă între practica medicală bună și cea mai puțin bună. Toți indivizii care au un rol în supunerea unui pacient la o expunere medicală ar trebui să fie familiarizați cu DRL-urile ca instrument de optimizare a protecției, însă, aplicarea DRL-urilor nu este suficientă, în sine, pentru optimizarea protecției.

Optimizarea se referă, în general, la menținerea calității informațiilor de diagnostic furnizate de examinare, proporțională cu scopul medical, adică, se încearcă reducerea expunerii pacientului la radiații la un nivel cât mai scăzut, posibil și rezonabil. Trebuie evaluată și calitatea imaginii sau, mai general, informațiile de diagnostic furnizate de examinare (inclusiv efectele post-procesării), așadar,

ar trebui implementate metode de optimizare care să cuprindă atât DRL-uri, cât și evaluarea calității imaginii. Despre optimizare se va discuta mai pe larg în capitolul 4.

2.2 Stabilirea DRL-urilor

În conformitate cu Directiva privind expunerea medicală (MED), DRL-urile ar trebui să fie stabilite atât pentru radiologia de diagnostic, cât și pentru medicina nucleară și, în cazul în care acestea sunt depășite în mod constant, ar trebui efectuate investigații și măsuri corective adecvate. Prin urmare, în radiologia diagnostică, acest nivel ar trebui să fie mai mare decât mediana sau valoarea medie a dozelor sau dozelor măsurate la pacient într-o fantomă.

DRL-urile pentru radiologia diagnostică ar trebui să se bazeze pe doze măsurate în diferite tipuri de spitale, clinici și cabinete și nu numai în spitale bine echipate. Exemple de DRL care au fost deja utilizate de câțiva ani în diferite state membre sunt prezentate în tabelul 2.1. Aceste valori reprezintă doze măsurate în studii efectuate în diferite state.

Tabel 2.1 Exemple de doze de referință pentru diagnosticare, exprimate în doza de intrare la suprafață, per expunere unică

<i>Radiografie</i>	<i>Doză de referință Doza de intrare la suprafață - [mGy]*</i>
Torace anterior/posterior (PA)	0.3
Torace lateral (LAT)	1.5
Coloană lombară anterior/posterior (PA)	10
Coloană lombară lateral (LAT)	30
Coloană lombosacrată (CL)	40
Pelvis anterior/posterior (PA)	10
Cranian anterior/posterior (PA)	5
Cranian posterior/anterior (AP)	3

**Criterii pentru doza de radiații: Doză de referință pentru pacienții de dimensiuni standard este exprimată ca doza absorbită în aer (mGy) în punctul de intersecție a fasciculului cu suprafața unui pacient de dimensiuni standard (corp de 70 kg).*

După cum s-a menționat anterior, deoarece pacienții și informațiile necesare diferă foarte mult, DRL-urile sunt aplicabile numai procedurilor standard, fantome standard sau grupuri de pacienți de dimensiuni standard și pentru grupuri specifice de copii, distinși prin vârstă, dimensiune și greutate.

DRL-urile pot fi evaluate folosind dozele de suprafață de intrare, măsurate cu un dozimetru fixat pe corpul pacientului sau DAP [Gy/cm^2].

DAP-metrul este mai practic pentru că:

- întreaga examinare este înregistrată;
- poziția pacientului este mai puțin importantă
- nu este nevoie să deranjați pacientul cu măsurători.

DRL-urile sunt deosebit de utile pentru examinări mai frecvente sau examinări care pot implica doze mari sau sunt efectuate frecvent, cum ar fi:

- toracic posterior/anterior (PA) și lateral (LAT), radiografia dentară, coloană lombară anterioară/ posterioară (AP), laterală (LAT) care dau doze relativ mari și care se efectuează frecvent;
- mamografia: sânul este, relativ vorbind, un organ foarte radiosensibil, iar în programele de screening, mamografia este utilizată la persoanele sănătoase;
- clisma cu bariu, este o examinare complexă care necesită mai multe vederi și fluoroscopie;

Astfel că, atunci când trebuie setate DRL-uri pentru procedurile efectuate cu sisteme digitale, este important să se rețină faptul că nivelul de calitate a imaginii poate fi selectat de utilizator sau setat automat de sistemul de raze X. În orice caz, nivelul selectat de calitate a imaginii trebuie să fie justificat de cerințele clinice, în caz contrar, doza pacientului va fi crescută fără justificare clinică; sistemul de raze X și software-ul de procesare a imaginilor trebuie optimizate. Dacă nu, doza pacientului va fi crescută fără un rezultat mai bun; deoarece imaginile digitale sunt foarte ușor de obținut, medicul trebuie să fie conștient de doza pacientului pe imagine și ar trebui să limiteze numărul de imagini la ceea ce este strict necesar pentru diagnosticul unui anumit pacient.

2.3 Nivel de referință individual de diagnostic

În radiodiagnostic, efectele cauzate de expunerea la radiații sunt ale aceluiași individ, pacientul. Este inadecvat ca doza la pacient, determinată de necesitățile medicale ale fiecărui pacient în parte, să fie supusă limitării sau constrângerii. Pentru procedurile de diagnostic și intervenționale este foarte importantă administrarea dozei la pacient, de aceea, aceasta poate fi optimizată prin stabilirea nivelurilor de referință pentru fiecare procedură specifică și fiecare instalație radiologică pentru diagnostic.

În cazul în care, pentru o anumită perioadă de timp, valorile medii ale mărimilor înregistrate observate în practică nu sunt în intervalele stabilite de nivelurile de referință se impune aplicarea unor măsuri corective corespunzătoare, acțiuni corective care fac parte din procesul de optimizare a protecției. Aceste acțiuni trebuie să includă:

- revizuirea instalațiilor radiologice utilizate,
- revizuirea procedurilor/protocoalelor de lucru,
- revizuirea cunoștințelor lucrătorilor expuși profesional – reinstruirea acestora în domeniul utilizării instalațiilor dacă este cazul,
- îmbunătățirea și aplicarea procedurilor și regulilor de protecție locale.

Pe de altă parte, este benefic să se facă o revizuire periodică, deoarece, acest proces, ajută la evitarea expunerilor inutile și în consecință a dozelor la țesut primite de pacienți în general și la evitarea riscului inutil de efecte stochastice pentru sănătate, asociate expunerii la radiații.

3. Norme de securitate radiologică în practicile de radiologie de diagnostic

Numărul de proceduri medicale de diagnostic și intervenție care utilizează radiații ionizante este în creștere constantă, iar procedurile care necesită doze mai mari pentru pacient sunt efectuate mai frecvent. Ca atare, necesitatea ca personalul medical și alți profesioniști din domeniul sănătății să fie educați în protecția radiologică (RP) este mai convingătoare. Cu toate acestea, în majoritatea țărilor, pregătirea în protecția radiologică, în special pentru profesioniștii medicali, este deficitară. [15], [16], [17].

3.1 Necesitatea unei mai mari conștientizări a protecției radiologice

Mulți oameni sunt expuși la radiații ionizante în urma procedurilor medicale de diagnostic și intervenție. Dozele de radiații la pacienți individuali pot fi printre cele mai mari din activitățile umane. În unele țări cu sisteme avansate de asistență medicală, numărul mediu de proceduri medicale de diagnosticare care utilizează radiații ionizante se apropie sau depășește unul pe an per membru al populației. În plus, dozele de radiații la pacienți în urma examinărilor cu raze X de diagnosticare diferă mult între centre, ceea ce sugerează că există o nevoie larg răspândită de optimizare a protecției radiologice.

Pentru a evita riscurile inutile, procedurile radiologice ar trebui aplicate numai atunci când se preconizează că vor influența pozitiv managementul pacientului. Pentru a se asigura că toate procedurile de radiații medicale sunt justificate, trebuie să fie conștientizate atât beneficiile, cât și riscurile acestor proceduri în rândul medicilor care le solicită. Creșterile recente ale numărului, varietății și complexității procedurilor intervenționale pot duce la dozele de radiații la pacienți să fie suficient de mari pentru a induce efecte deterministe, iar dozele pentru profesioniștii medicali care efectuează procedurile se pot apropia de limitele de doză profesională. Prin urmare, este importantă o atenție deosebită gestionării (reducerii) dozelor atât pentru pacienți, cât și pentru profesioniști în procedurile intervenționale. Optimizarea protecției radiologice pentru pacienți și personalul medical în procedurile medicale de diagnostic și intervenție necesită convingerea, implicarea și performanța competentă a personalului medical, radiografic, fizic și tehnic implicat.

Termenul „educație” se referă la transmiterea de cunoștințe și înțelegere a unor subiecte de bază, cum ar fi pericolele radiațiilor, cantitățile și unitățile de radiație, principiile protecției radiologice, legislația privind radiațiile și factorii protecției radiologice care afectează dozele pacientului și personalului. Formarea specifică în radioprotecție ar trebui să fie garantată în educația radiografilor. O educație mai aprofundată asupra acestor subiecte de bază, pentru alți specialiști, cum ar fi radiologi și fizicieni medicali, ar trebui oferită în timpul cursurilor universitare.

3.2 Personalul implicat în radioprotecția și securitatea instalațiilor radiologice

Tot personalul implicat în desfășurarea practicii radiologice de diagnostic, vorbim despre persoanele precum expertul în fizică medicală, fizicianul medical, expertul acreditat în protecția radiologică, practicienii medicali, și anume, cardiologi, chirurghi, urologi, ortopezi, tehnicienii radiologici, asistenți medicali, dar și personalul cu funcții speciale, de exemplu furnizorii sau comitetele etice, sunt responsabili în aplicarea normelor de protecție și securitate radiologică în luarea deciziilor, manipularea instalațiilor radiologice (instalarea, montarea, verificarea, intretinerea, service, repararea) sau efectuarea testelor de control al calității al instalațiilor radiologice.

Personalul implicat în radioprotecția și securitatea instalațiilor radiologice trebuie să fie un personal calificat corespunzător și bine pregătit, astfel încât îndeplinirea sarcinilor și a responsabilităților să fie efectuate corect, după procedurile prestabilite, așa cum s-a discutat mai sus.

3.3 Asigurarea calității

Pentru aplicarea unui program de asigurare a calității trebuie îndeplinite anumite sarcini și anume:

- îndeplinirea corectă a normelor de radioprotecție și securitate radiologică.
- verificarea și asigurarea echipamentelor și a aparatelor radiologice în funcționarea lor optimă
- efectuarea analizelor și evaluarea eficienței generale a practicii radiologice
- mecanisme de control al calității ale procedurilor de radiodiagnostic.

Un program de asigurare al calității trebuie să acopere un întreg proces, de la luarea primei decizii în a efectua o expunere radiologică și până la înregistrarea și interpretarea rezultatului pentru

a se stabili un diagnostic concret și eficient. Acest program trebuie să includă un algoritm de control sistematic, astfel încât să se asigure o îmbunătățire continuă a calității prin procedurile de utilizare a instalațiilor radiologice. Responsabilii cu realizarea și implementarea corectă a acestui program de control al calității sunt titularii de autorizație și conducerea laboratorului (departamentului) de radiologie.

Programul de asigurare al calității trebuie să cuprindă cel puțin: pregătirea și educarea personalului având în vedere protecția radiologică; optimizarea protocolului de expunere a pacientului și selectarea programului optim de expunere; testele de calibrare și controlul calității instalației radiologice (hardware și software); dozimetria clinică și informarea continuă a pacientului; interpretarea rezultatelor generale ale serviciului de radiologie.

4. Justificarea și optimizarea în practica de radiodiagnostic

Tot ceea ce înseamnă expunere medicală la radiații X trebuie să existe o justificare cântărind riscurile și beneficiile pe care această practică de diagnosticare le aduce cu detrimentul pe care radiațiile X le pot cauza. Astfel că, pentru o expunere medicală de diagnostic, prin expunerea pacientului la un minim necesar pentru realizarea unui diagnostic corect, se realizează optimizarea protecției. Pentru această optimizare a protecției se utilizează constrângeri de doză încă din stadiul de planificare pentru fiecare sursă de radiație X în parte. Constrângerile de doză trebuie realizate bazându-se pe presupuneri realiste, iar atunci când acestea se stabilesc pentru instalațiile radiologice de diagnostic trebuie să se conștientizeze faptul că personalul medical nu lucrează la o singură instalație radiologică. [18], [19], [20]

4.1 Justificarea

Justificarea unei expuneri medicale se face prin punerea în evidență a beneficiilor de diagnostic pe care aceasta le poate produce, în raport cu detrimentul pe care îl pot cauza, însă trebuie luat în considerare și faptul că există și tehnici alternative disponibile care nu implică expunerea pacientului la radiații ionizante, deci trebuie luate în evidență și beneficiile și riscurile acestor tehnici alternative în efectuarea unui diagnostic. Se consideră nejustificată o expunere medicală efectuată fără referință la indicații clinice.

În procesul de justificare se va ține cont de probabilitatea procedurii de a depista o afecțiune, de potențialul tratamentului asupra afecțiunii depistate, dar și avantajele/ dezavantajele aduc comunității prin controlul afecțiunii medicale.

Mai este considerată o expunere nejustificată a oamenilor în scopul realizării unei cercetări medicale în afară de cazul când această cercetare este:

a) în concordanță cu prevederile Declarației de la Helsinki și expunerea respectă ghidurile de aplicare elaborate de Consiliul Organizațiilor Internaționale de Științe Medicale și de Organizația Mondială a Sănătății (OMS).

b) este supusă avizului unui Comitet de Etică și este în concordanță cu reglementările OMS.

Există câteva excepții în justificarea expunerii radiațiilor ionizante a unei persoane, și anume, când se fac examinări de diagnostic la copii, iar acestea se efectuează cu ajutorul unei persoane care ajută la susținerea copilului (pacientului ce trebuie examinat). Persoana care ajută la sprijinul pacientului pediatric va fi iradiată, însă doza pe care aceasta o primește nu va depăși constrângerea de doză stabilită. Această persoană este obligată să poarte echipamentul de radioprotecție adecvat, iar titularul de autorizație va trebui să pună în balanță beneficiile și riscurile pe care le poate suporta persoana care ajută, înainte de efectuarea expunerii.

O atenție deosebită trebuie acordată procesului de justificare a expunerilor pediatrice, deoarece, la copii, riscul aparițiilor efectelor stocastice este mult mai mare, astfel, beneficiul unor examinări cu o doză mare de radiație ionizantă trebuie să fie analizat cu atenție față de riscul crescut al expunerii.

Justificarea expunerilor femeilor însărcinate necesită, deasemenea, o atenție sporită datorită radiosensibilității crescute a fătului. De aceea este foarte important să se stabilească dacă femeia este sau nu însărcinată înainte de efectuarea expunerii la radiații ionizante. Astfel că, în cazul în care, expunerea este necesară, trebuie să se estimeze doza fătului și riscul nominal al fătului, de către un expert în fizică medicală.

4.2 Optimizarea

Personalul medical care prescrie sau efectuează expunerile de radiodiagnostic trebuie să se asigure că expunerea pacientului să fie una minimă necesară pentru a obține un diagnostic corect și relevant, luând în considerare nivelurile de referință în diagnostic și calitatea acceptabilă a imaginii. Trebuie luată în considerare orice informație relevantă de la expunerile precedente în scopul de a evita expunerile suplimentare inutile și mai trebuie ținut cont și de utilizarea corectă a instalației radiologice.

Pentru o expunere minimă a pacientului, corespunzătoare cu o calitate utilă a imaginii și scopului clinic, personalul medical selectează o combinație a unor parametrii precum :

- Utilizarea echipamentului de radioprotecție.
- Colimarea fasciculului primar de radiație cu scopul minimizării volumului de țesut al pacientului și totodată pentru îmbunătățirea calității imaginii.
- Stabilirea valorilor adecvate pentru parametrii operaționali precum tensiunea tubului RX.

În timpul expunerii medicale a pacientului, tehnicianul radiologic trebuie să stea în camera de comandă, de unde v-a observa pacientul pe tot parcursul expunerii. Pacientul trebuie să fie foarte bine instruit în ceea ce privește procedura de expunere și de ceea ce trebuie el să facă sau să nu facă, de exemplu să evite a se mișca în timpul expunerii.

Nici o expunere nu trebuie repetată, doar în cazul în care tehnicianul medical decide ca acea expunere este compromisă.

5. Stabilirea nivelurilor de referință

În cadrul unei proceduri specifice, stabilirea nivelului de referință pentru doza la pacient înregistrată în radiodignostic, este o metodă de evaluare a posibilității ca doza administrată la pacient, privind efectele stochastice, să fie anormal de mare sau anormal de mică comparativ cu nivelul de referință stabilit.

5.1 Principii pentru stabilirea nivelurilor de referință

- Definierea obiectivului local, specificații medicale clinice și condiții tehnice pentru efectuarea examinării
- Valoarea selectată a nivelului de referință bazată pe date relevante locale
- Mărimea folosită pentru nivelul de referință poate fi obținută în mod practic
- Mărimea folosită pentru nivelul de referință este o măsură potrivită a modificărilor relative a dozelor la țesutul pacientului, deci și a riscului asociat
- Specificații ale modului în care va fi aplicat nivelul de referință.

Pentru stabilirea unui nivel de referință local și utilizarea acestuia în scopul optimizării și a controlului calității procesului de expunere, este necesar ca în componența instalației să existe un sistem de detecție a radiațiilor. În cazul studiat, instalația de radiodignostic de tip Luminos Fusion are în componența colimatorului o cameră de ionizare ce măsoară produsul doza -arie expusă, aceeași cameră de ionizare discutată anterior, în capitolul 1, pentru care s-a și realizat verificarea liniarității a acesteia.

În scopul optimizării protecției și controlului calității procesului de radiodiagnosticare, se face periodic, comparând dozele medii înregistrate local cu valorile DRL, prin următorii pași:

- identificarea aplicării necorespunzătoare a procedurilor de diagnostic
- verificarea desfășurării bunelor practici
- încurajarea aplicării măsurilor de protecție
- revizuirea procedurilor de lucru și protocoalelor de expunere
- efectuarea de intervenții service corective la instalațiile radiologice, dacă se constată că parametrii tehnici ce influențează dozele DAP nu se încadrează în limitele stabilite ca fiind acceptabile (altele decât cele periodice).

5.2 Stabilirea nivelurilor de referință pentru procedura de diagnostic a toracelui

Stabilirea DRL pentru procedura “Radiografia toracica AP” s-a efectuat utilizând instalația radiologică digitală tip Luminos Fusion, din cadrul laboratorului de radiodiagnostic al Spitalului Municipal „Clujana”. Aparatul este digital și dotat din construcție cu un sistem de măsurare și înregistrare (DAP-metru) a mărimii alese pentru stabilirea nivelurilor de referință. Valorile mărimilor DAP s-au obținut în mod practic aplicând protocolul și procedura specifică fiecărei examinări a toracelui la pacienți de dimensiuni standard. Valoarea selectată ca nivel de referință s-a obținut din date locale prin alegerea valorii mediane corespunzătoare la 75% din datele colectate (DAP) pentru pacienți standard, având masa de aproximativ 70 +/- 5 Kg

Instalația are ca an de fabricație, anul 2015 și este verificată tehnic periodic, astfel s-a asigurat:

- constanta parametrilor kV, mAs
- centrarea fascicului – corespondența fascicul Rx cu fascicul luminos
- liniaritatea răspunsului DAP și verificarea înregistrării dozei DAP cu dozimetrul în fascicul
- verificarea exactității măsurării distanței focar - detector
- verificarea funcționării corecte a sistemului automat al expunerii

Procedura de lucru s-a realizat în sala de expunere a aparatului de radiodiagnostic de tip Luminous Fusion (prezentat anterior), respectiv în camera de comandă. Expunerea efectivă s-a efectuat cu masa pacient în poziție verticală, pacientul în inspir profund cu restricționarea respirației

pacientului pe perioada expunerii. Distanța dintre sursă și detector (FDD) a fost de 150 cm și s-a menținut constantă. S-a ales un program de examinare radiografică pentru efectuarea radiografiilor pentru procedura „toracica AP”, apoi s-a stabilit formatul de colimare ca fiind de 35x35 cm, utilizând sistemul de control automat al expunerii cu camerele de ionizare laterale active și aplicând o tensiune de accelerare $U = 125$ kV, iar toate expunerile s-au executat cu grila antidifuzantă activă.

Utilizând parametrii enumerați anterior, calitatea imaginilor radiografice a fost apreciată de medici ca fiind bună pentru evaluarea diagnostică.

Nivelurile de referință în diagnostic sunt raportate de către persoanele autorizate în serviciile de radiologie și imagistică medicală, bazându-se pe valorile mărimilor de doză fiind în conformitate cu art. 12 din Normele privind înregistrarea, centralizarea și raportarea informațiilor privind expunerea medicală a populației la radiații ionizante, aprobate prin Ordinul Ministrului Sănătății nr. 1.255/2016. Acestea sunt stabilite ca 75% din curbele de distribuție a valorilor mărimilor de doză în cazul radiologiei de diagnostic și radiologiei intervenționale.

Datele au fost luate în calcul pentru stabilirea valorii DRL pentru 21 pacienți de sex masculin și 21 pacienți de sex feminin.

Tabel 5.1 Datele luate în calcul pentru stabilirea valorii DRL pentru 21 pacienți de sex masculin

Nr. Crt	Varsta	Sex	H (cm)	G (Kg)	DRL DAP - [$\mu\text{Gy} \times \text{m}^2$]
1	72	M	170	74	3.11
2	41	M	170	70	3.86
3	67	M	168	75	4.29
4	75	M	168	72	4.3
5	73	M	175	70	4.32
6	88	M	170	70	4.53
7	75	M	172	71	4.84
8	41	M	173	71	5.1
9	72	M	173	72	5.18
10	77	M	173	72	5.29
11	58	M	171	75	5.34
12	73	M	168	72	5.61
13	61	M	174	70	5.64
14	69	M	170	74	6.22
15	54	M	171	72	6.72
16	77	M	174	71	6.77
17	63	M	170	71	7.14
18	82	M	172	75	7.48
19	67	M	170	75	7.79
20	52	M	170	71	8.28
21	78	M	168	70	11.83

Din tabelul 5.1 se constată faptul că valoarea a 16-a reprezintă nivelul de referință calculat ca fiind valoarea mediană de 75% a valorii DAP, adică **6.77**, optînite pentru sex masculin.

Tabel 5.2 Datele luate în calcul pentru stabilirea valorii DRL pentru 21 pacienți de sex feminin

Nr. Crt	Varsta	Sex	H (cm)	G (Kg)	DRL DAP - [$\mu\text{Gy} \times \text{m}^2$]
1	18	F	160	65	2.56
2	58	F	160	60	2.86
3	65	F	162	60	2.91
4	57	F	160	60	2.92
5	45	F	162	60	3.03
6	52	F	160	60	3.07
7	44	F	160	60	3.13
8	46	F	160	63	3.21
9	88	F	165	62	3.46
10	84	F	160	60	3.49
11	51	F	162	60	3.57
12	61	F	160	65	3.79
13	64	F	158	59	4.13
14	44	F	159	62	4.14
15	24	F	162	60	4.34
16	49	F	162	62	4.62
17	87	F	160	60	4.9
18	70	F	160	61	4.92
19	51	F	162	64	5
20	73	F	160	60	5.11
21	82	F	160	60	6.71

La fel ca și în tabelul 5.1 putem observa din tabelul 5.2 că valoarea de pe poziția 16 reprezintă nivelul de referință calculat ca fiind valoarea mediană de 75% a valorii DAP și anume **4.62** obținute pentru sex feminin.

Astfel că, pentru a determina valoarea nivelului de referință pentru examinările toracice se face media celor două valori mediane ale dozei DAP obținute pentru sex masculin respectiv feminin, iar valoarea finală a nivelului de referință este valoric egală cu acea medie.

Tabel 5.3 Nivel de referință pentru examinările toracice

<i>DRL = mediana DAP/M</i>	6.77
<i>DRL = mediana DAP/F</i>	4.62
<i>DRL selectat = media DAP [$\mu\text{Gy} \times \text{m}^2$]</i>	5.70

Concluzii

Lucrarea de față a prezentat necesitatea efectuării verificărilor funcționării corecte a contoarelor de măsurare a produsului doză – arie, importanța acestora în stabilirea nivelurilor de referință locale pentru radiodiagnostic și a înregistrării corecte a dozelor individuale rezultate în urma aplicării unei proceduri medicale de expunere la radiații ionizante. Având în vedere eforturile care se fac la nivel european pentru cunoașterea unei referințe a dozelor rezultate din expunerea la radiații, atât în cazul expunerii profesionale cât și a expunerii populației și a expunerilor medicale, este important să ne asigurăm că aceste contoare funcționează corect în timpul utilizării, iar aspectele practice ale protecției radiologice, precum analiza risc-beneficiu și eficiența aparatelor utilizate, să conducă la un ansamblu de informații și reguli locale pentru înțelegerea și respectarea reglementărilor din domeniul radioprotecției.

În scopul stabilirii nivelului de referință pentru procedura de examinare a toracelui PA s-au folosit datele corelate de la un eșantion de 42 de pacienți standard, 21 de pacienți de sex masculin și 21 de pacienți de sex feminin. Datele obținute au fost trecute în tabelele 5.1 și 5.2, astfel, pe baza lor s-a determinat nivelul de referință calculat ca fiind o valoare mediană de 75% a valorii DAP pentru pacienții de sex masculin, respectiv de sex feminin: $DRL = \text{mediana } DAP/M \rightarrow 6.77$ și $DRL = \text{mediana } DAP/F \rightarrow 4.62$. Apoi s-a determinat nivelul de referință selectat pentru instalația Rx tip Luminos Fusion pentru procedura de examinare a toracelui PA ca fiind media celor două valori mediane ale dozei DAP rezultate pentru pacienții de sex masculin și pentru cei de sex feminin, iar valoarea finală a nivelului de referință este valoric egală cu acea medie care este reprezentată de produsul doza-arie: $DAP = 5.70[\mu Gy \times m^2]$.

Valoarea nivelului de referință obținută este o valoare care se încadrează în normele legislative propuse de ICRP 135 - Comisia Internațională de Radioprotecție (2017, 2019), NSR - Norme de Securitate Radiologică (CNCAN, București 2002), dar și de Directiva privind expunerea medicală (MED).

În cadrul protecției radiologice privind expunerile medicale trebuie să se țină cont de principiile de bază ale protecției la radiații respectiv justificarea expunerii, optimizarea și limitarea dozelor. În practicile medicale ce presupun administrarea unor doze de radiații pacientului, principiul limitării dozei sau aplicarea unor constrângeri de doză, nu se aplică deoarece prin limitarea dozelor

administrare poate fi limitată obținerea diagnosticului corect sau efectuării eficiente a unui tratament. Având în vedere faptul că în practicile medicale limitarea dozelor administrate nu se aplică, cu atât mai mult justificarea administrării dozelor de radiații și optimizarea acestora sunt esențiale în utilizarea medicală a radiațiilor ionizante. Conform recomandărilor ICRP este necesară stabilirea și aplicarea unor niveluri de referință ale dozelor naționale, zonale sau locale pentru doza administrată pacientului la aplicarea procedurilor medicale ce implică expunerea la radiații.

Nici o expunere medicală nu va fi efectuată fără o justificare prealabilă adecvată, astfel că, o justificare optimă înseamnă că orice practică trebuie să producă un beneficiu suficient de mare persoanelor expuse pentru a compensa daunele pe care radiația ionizantă le poate produce. Deci, dacă o expunere medicală nu are nici un beneficiu atunci acea expunere nu este justificată. Pentru a ajunge la o justificare adecvată trebuie luat în considerare și faptul că există și alți pași sau tehnici alternative pentru stabilirea sau confirmarea unui diagnostic sau pentru a pune în evidență unele afecțiuni medicale fără a fi necesară expunerea pacientului la radiații ionizante.

Pentru aplicarea și optimizarea procedurilor ce implică expuneri medicale trebuie să ținem cont și de factorii tehnici implicați cum ar fi: timpul de expunere, suprafața examinată, utilizarea fasciculelor colimate și filtrarea fasciculului primar, înalta tensiune aplicată tubului Rx, parametrii operaționali (KV, mA, mAs), procesarea imaginii, funcționarea corectă a dispozitivelor de înregistrare a dozelor, (DAP-metru) dar și utilizarea adecvată a echipamentului de radioprotecție pentru pacienți în timpul expunerilor medicale.

Scopul lucrării a fost să pună în evidență importanța funcționării corecte a dispozitivului de înregistrare a dozelor (produsul doză – suprafață expusă), DAP-metrului, pentru a putea stabili în mod corect un nivel de referință local al dozei aplicabilă procedurii de examinare a toracelui la instalația radiologică tip Luminos Fusion. În funcție de nivelul de referință stabilit pentru procedura de expunere a toracelui se face analiza dozelor medii trimestriale aplicate în procesul de radiodiagnostic. Variații mari ale dozei medii, obținute în urma aplicării unei proceduri de expunere, sub nivelul de referință stabilit (radiografii subexpuse) sau peste acesta (radiografii supraexpuse), implică luarea de măsuri corective aplicate procedurii de expunere și verificărilor tehnice ale instalației radiologice inclusiv a contorului de înregistrare a dozei. Spre exemplu o doză prea mică, administrată unui pacient la aplicarea unei proceduri de radiodiagnostic – aplicarea eronată a procedurii de expunere -, poate duce la o imagine slabă calitativ, neinterpretabilă din punct de vedere diagnostic,

medicul radiolog va solicita repetarea procedurii, adică reexpunerea pacientului la radiații ionizante, astfel că pacientului îi este administrată o doză mai mare.

Funcționarea corectă a contorului dozei (DAP-metrului) duce la stabilirea unui nivel de referință corect și aplicabil în procedurile de expunere și la înregistrarea de valori corecte ale dozelor individuale (doza pacient). Nivelul de referință stabilit reprezintă un ghid pentru ceea ce ar trebui îndeplinit în momentul expunerii medicale în sensul aplicării unei bune practici și a calității tehnice a instalației. Dacă răspunsul DAP-metrului este neliniar, și acest fapt nu este depistat la timp, valorile afișate și înregistrate sunt eronate, în consecință, poate conduce la stabilirea greșită a valorii nivelurilor de referință pentru procedurile medicale de radiodiagnostic, și a dozelor medii rezultate din înregistrarea dozelor individuale. Rezultă un proces de analiză comparativă a dozelor eronate ceea ce poate duce inclusiv la creșteri ale dozelor administrate în cadrul procedurilor medicale aplicate individual.

În cazul în care se dovedește că DAP-metrul instalației radiologice nu funcționează în parametrii normali, se suspendă activitatea medicală cu instalația, se solicită verificarea tehnică a instalației de către societatea de servicii autorizată CNCAN, societate ce va emite buletinul de verificare tehnică din care să rezulte încadrarea parametrilor tehnici în valorile stabilite de producător. Dacă se constată starea tehnică neconformă a sistemului de înregistrare al dozei se ajunge la înlocuirea acestuia.

Pentru stabilirea corectă a nivelurilor de referință în expunerile medicale de radiodiagnostic este obligatoriu să fie verificată starea tehnică a contorului de doză- DAP-metru. În vederea înregistrării de valori corecte ale dozelor pacienților, rezultate la aplicarea procedurilor medicale de expunere la radiații ionizante se verifică periodic (saptămânal) liniaritatea răspunsului contorului de doză.

Ca și o concluzie generală, pentru radioprotecția eficientă a pacientului, trebuie să se asigure respectarea celor două principii formulate, justificarea expunerii medicale a pacientului și optimizarea corectă a radioprotecției. În urma stabilirii nivelurilor de referință locale pentru dozele administrate la aplicarea procedurilor ce implică expunerea la radiații și a comparării dozelor medii trimestriale cu nivelurile de referință stabilite, ne asigurăm că se aplică o bună practică la administrarea dozei pacient și că aparatura utilizată în procesul radiodiagnostic funcționează în parametrii normali. Înregistrarea abaterilor dozelor medii/procedura față de nivelurile de referință stabilite conduce la aplicarea unor

măsuri corective cum ar fi: revizuirea procedurilor, verificarea aplicării procedurilor, instruirea/reinstruirea personalului, verificarea stării tehnice a instalației de radiodiagnostic. Procesul de comparare a dozelor medii/procedura calculată (lunar sau trimestrial) cu nivelurile de referință și luarea de măsuri corective, dacă este necesar, este unul periodic și se întinde pe toată durata de funcționare a instalației radiologice. Toate aceste criterii conduc la o stabilire justificată, optimă a dozelor administrate, ceea ce asigură un management eficient în ceea ce privește dozele administrate la pacienți în procesul radiodiagnostic.

Bibliografie

- [1] A.Pîrvulețu, Prof. Dr. Leontin David, Fiz. Med. Petru Mihance, *DETERMINAREA LINIARITĂȚII CONTORULUI DE MĂSURARE A PRODUSULUI DOZĂ – ARIE*, lucrare de licență, 2020
- [2] L. Bateman, P.A. Hiles, S.E. Brennen, J.R. Carfoot, s, S.E. Brennen, J.R. Carfoot, C.L. Price-Morris & P.J. Mould. C.L. Price-Morris & P.J. Mould , *Assessment Of An Instrument For Calibrating Assessment Of An Instrument For Calibrating Dose Area Product (DAP) Meters* -. North Wales Medical Physics, North Wales Medical Physics, Conwy & Denbighshire NHS, 2002
- [3] Jerrold T. Bushberg, J. Anthony Seibert, Edwin M. Leidholdt, Jr. Hohn M. Boon, *The essential physics of medical imaging, second edition*, Lippincott Williams & Wilkins, 2001
- [4] Jerrold T. Bushberg, J. Anthony Seibert, Edwin M. Leidholdt, Jr. Hohn M. Boon, *The essential physics of medical imaging - third edition*, Lippincott Williams & Wilkins, 2001
- [5] D.R. Dance, S. Christofides, A.D.A. Maidment, I.D. McLean, *Diagnostic Radiology Physics*, international atomic energy agency, Vienna, 2014
- [6] J. Radiat, *Application of dose-area product compared with three other dosimetric quantities used to estimate patient effective dose in diagnostic radiology*, 2006
- [7] Luminous Fusion - *Operating Manual* - 2002
- [8] E. Vano, D.L. Miller, C. J. Martin, M.M. Rehani, K. Kang, M. Rosenstein, P. Ortiz, S. Mattsson, R. Padovani, A. Rogers , *Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging - ICRP*, The International Commission on Radiological Protection, 2016
- [9] Institutul Național de C&D pentru Fizică și Inginerie Nucleară "Horia Hulubei" IFIN-HH Centrul de Pregătire și Specializare în Domeniul Nuclear , *Recomandările din anul 2007 ale Comisiei Internaționale de Protecție Radiologică – ICRP 103*, Anima București, 2010
- [10] Institutul Național de C&D pentru Fizică și Inginerie Nucleară "Horia Hulubei" IFIN-HH Centrul de Pregătire și Specializare în Domeniul Nuclear , *Protecția radiologică în medicină – ICRP 105*, Anima București, 2012
- [11] J. H. E. Carmichael, C. Maccia, B. M. Moores, J. W. Oestmann, H. Schibilla, D. Teunen, R. Van Tiggelen, B. Wall, *EUROPEAN GUIDELINES ON QUALITY CRITERIA FOR DIAGNOSTIC RADIOGRAPHIC IMAGES* , Official Publications of the European Communities, 1996
- [12] International Atomic Energy Agency and the Commission of the European Communities, *Radiation doses in diagnostic radiology and methods for dose reduction*, International atomic energy agency, 1995

- [13] E. Vano, D.L. Miller, C. J. Martin, M.M. Rehani, K. Kang, M. Rosenstein, P. Ortiz, S. Mattsson, R. Padovani, A. Rogers, *Managing patient dose in digital radiology – ICRP 93*, The International Commission on Radiological Protection, 2003
- [14] European Commission, *Medical Radiation Exposure of the European Population*, General for Energy Directorate D — Nuclear Safety & Fuel Cycle Unit D3 — Radiation Protection, 2014
- [15] European Commission, *Radiation protection*, Directorate-General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection, 1999
- [16] <http://www.cncan.ro/legislatie/norme/norme-de-securitate-radiologica/>
- [17] International Atomic Energy Agency, International Labour Office, Pan American Health Organization And World Health Organization, *Radiation Protection and Safety in Medical Uses of Ionizing Radiation*, International Atomic Energy Agency Vienna, 2018
- [18] Comisia Nationala Pentru Controlul Activitatilor Nucleare, *Norme De Securitate Radiologica In Practicile De Radiologie De Diagnostic Si Radiologie Interventionala*, Monitorul Oficial al Romaniei, 2003
- [19] Ministerul Sănătății – MS, *Normele privind înregistrarea, centralizarea și raportarea informațiilor privind expunerea medicală a populației la radiații ionizante*, Monitorul Oficial, 2016
- [20] https://www.sfatulmedicului.ro/Legislatia-pacientului/expunerea-medicala-in-radiologia-pediatria_3435#CAPITOLUL_V_Justificarea_si_optimizarea