

---

**IMPLEMENTING OPTIMISATION OF MEDICAL EXPOSURE IN CLINICAL PRACTICE AT THE INSTITUTE OF RADIOLOGY, SKOPJE, MACEDONIA**

---

**Sonja Nikolova**

Institute of Radiology, Skopje, Macedonia, sonikmk@gmail.com

**Abstract:** Radioactivity is a natural phenomenon and feature of the environment. Radiation and radioactive substances have many beneficial applications, ranging from power generation, to uses in medicine, industry and agriculture.

In recent years, new radiology technologies and devices using ionizing radiation, such as CT and PET- CT, have led to major improvements in the diagnosis and treatment of various diseases. However, inappropriate or unskilled use of such technologies and devices can lead to unnecessary or unintended man- made radiation exposures and potential health hazards to patients and staff.

According to the IAEA ( International Atomic Energy Agency), all medical exposures should be guided by the general principles of radiation protection which include- justification, optimization and dose limit. Regulation is essential to control radiation exposure in clinical practice.

Optimization of medical exposure means that all exposure should be kept as low as can be rationally achieved, taking economic and social factors into consideration. Optimization is considered from the viewpoints of image quality and exposure reduction which was the main purpose of our project- to possibly reduce the exposure in 100 CT scans and 100 chest x-rays without losing the diagnostic quality of the images that were acquired. We were collecting information about the total doses of exposition prior to, and after the optimization, and image quality estimation, in order to prove the benefit of optimization in medical exposure.

Although dose limits for medical exposure have not been established by law, it is necessary to confirm the potential benefit for the patient from medical exposure of radiation, balanced by the potential risks.

**Keywords:** Radioactivity, optimization, medical exposure.

**ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА НА ОПТИМИЗАЦИЈАТА НА МЕДИЦИНСКАТА ЕКСПОЗИЦИЈА ВО КЛИНИЧКАТА ПРАКСА НА ИНСТИТУТОТ ЗА РАДИОЛОГИЈА, СКОПЈЕ, МАКЕДОНИЈА****Соња Николова**

Институт за Радиологија, Скопје, Македонија, sonikmk@gmail.com

**Резиме:** Радиоактивноста е природен феномен и карактеристика на самата животна средина. Радиоактивноста и радиоактивните супстанции наоѓаат бројни и посакувани апликации, од генерирање на струја, до употреба во медицината, индустријата и агрикултурата.

Последниве години, зачестена употреба наоѓаат радиолошки техники и апаратура кои користат јонизациона енергија како КТ и ПЕТ- КТ, а кои доведоа до немерливи достигнувања и подобрување во дијагностиката и третманот на различни болести. Но и покрај бројните бенефити, неправилната употреба на овие методи и апаратура од неквалификувани лица, доведоа до тоа да експозицијата на радијација е потенцијален hazard како за пациентите, така и за вработените.

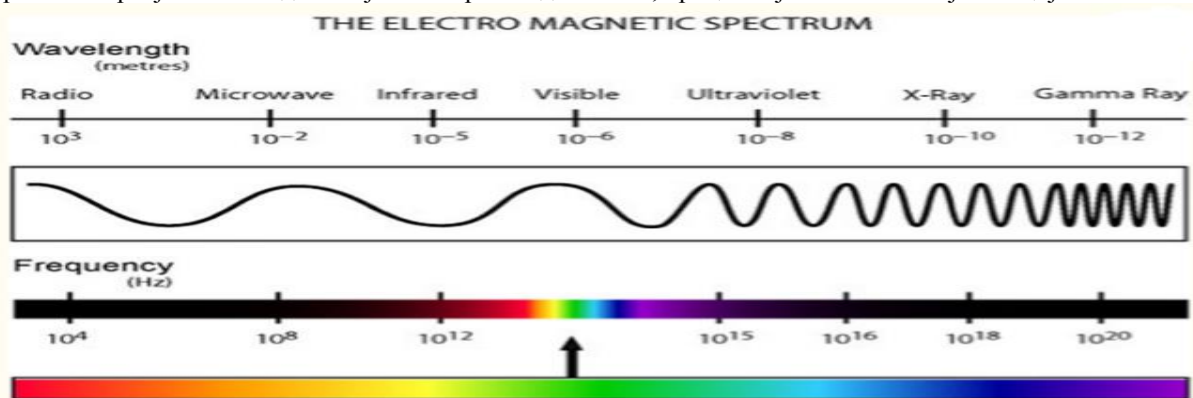
Според Интернационалната Агенција за Атомска Енергија, сите медицински експозиции треба да се раководат спрема општите принципи за заштита од радијација, а кои се- оправданост, оптимизација и лимитирана доза. Регулацијата е есенцијална во контролата на експозицијата на радијација во клиничка пракса.

Оптимизацијата на медицинската експозиција значи да сите експозиции бидат рационално и возможно најниски а притоа земајќи ги во предвид социјалните и економски фактори. Оптимизацијата подразбира квалитет на слика и редукција на експозиција, а токму тоа и беше целта на нашиот проект- да се редуцираат дозите на експозиција кај сите компјутеризирано томографски снимања и снимања на бели дробови, без да се изгуби дијагностичкиот квалитет на прегледите. Беа вршени мерења и пресметки на дозите на експозиција кај 100 компјутеризирано томографски снимања и 100 експозиции на бели дробови пред и после извршена оптимизација и беше направена проценка на квалитетот на снимања, со цел да се утврди бенефитот од оптимизација кај медицинските експозиции.

Иако граничните вредности за дозите на радијација кај медицинските експозиции не се утврдени со закон, неопходно е да се потврди benefitот на пациентот, балансирајќи ги потенцијалните ризици.

**Клучни зборови:** Радиоактивност, оптимизација, медицинска експозиција.

Радијацијата е форма на енергија која патува од даден извор во вид на бранови или енергетски партикли. Радиобрановите и микробрановите се наоѓаат на самиот крај на радијациониот спектар и се сметаат за безбавни. Сончевата светлина опфаќа цел спектар на радијациони енергии со различна бранова должина, почнувајќи од инфрацрвената, со долга бранова должина, па се до ултравиолетовата радијација, која е со кратка бранова должина. Надвор од ултравиолетовата, се наоѓаат такви типови на радијација кои имаат огромна енергија и можат да избријат електрони од атомите, процес кој е познат како јонизација.



Употребата на радијација во медицината, денес е первазивна и рутинска. Од скромните почетоци пред 100 години, дијагностичката радиологија, нуклеарната медицина и радијационата терапија еволуираа во напредни техники кои се неопходни алатки кај сите медицински гранки и специјалности.

Јонизационата радијација со своите карактеристики може да биде од голем benefit, но и да нанесе потенцијална штета. Нејзината употреба во медицинската пракса бара добра информираност и критичност во одредувањето на односот помеѓу ризикот и benefitот. Таа информираност не вклучува само медицински познавања туку познавања и за самата радијација.

Со откритието на рендген зраците од Вилхем Рендген во 1895 година, кое беше момент на трансформација во историјата на медицината, за прв пат внатрешноста на човековото тело беше видлива без да се користат инвазивни пристапи.

Радијацијата може да му наштети на вијабилното ткиво со промените на целуларната структура и оштетувањето на ДНК. Степенот на оштетување зависи од низа варијабли, вклучувајќи ги типот и количината на абсорбираната радијација и нејзината енергија. Бидејќи штетата предизвикана од радијација се случува на целуларно ниво, тешка е за детекција, и во најголем број случаи се репарира од самото тело. Но одреден тип клетки се посензитивни на радијациониот ефект и нивната саморепарација некогаш е невозможна, па истите може да се трансформираат во малигни. Радијацијата во големи дози не само што ја оштетува ДНК-та на клетките, туку истите и ги убива. Со тоа понекогаш се постигнува таргетирана смрт на оштетени клетки, која е посакувана кај бројни медицински интервенции, како што е радијационата терапија кај карциноми.

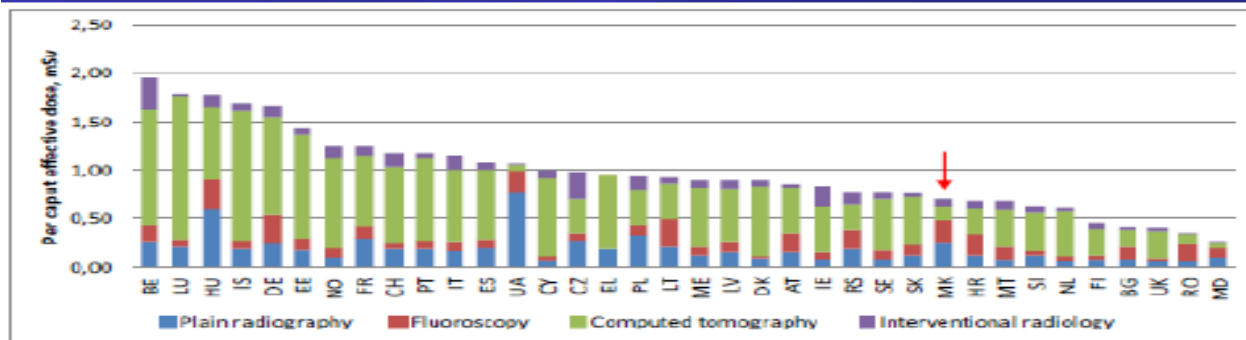
Постојат 4 индивидуални, но меѓусебно зависни единици за мерење на радијација;

- Радиоактивност, која се однесува на количината јонизациона енергија ослободена од даден материјал
- Експозиција, која ја мери количината на радиоактивност што се движи низ воздухот
- Абсорбирана доза, која е опис на количината јонизациона енергија апсорбирана од даден објект или личност
- Ефективна доза, која ги комбинира абсорбираната доза и медицинскиот ефект за тој тип на радијација.

Абсорбираната доза може да се калкулира на база на тоталната радијациона енергија абсорбирана од единица маса во афектирана зона на ткиво или орган, Ц/кг. Најчесто употребувана единица мерка е Греј каде 1 Греј е еквивалентен на Ц/кг.

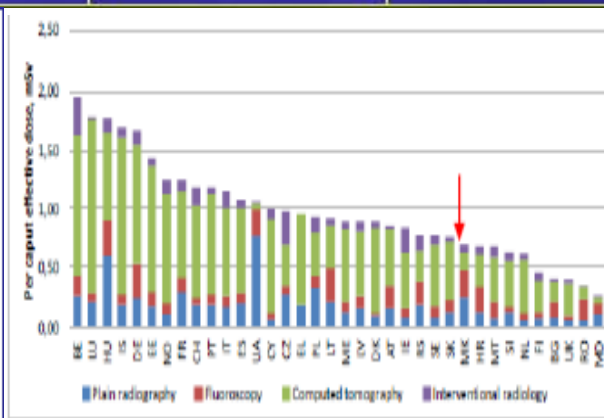
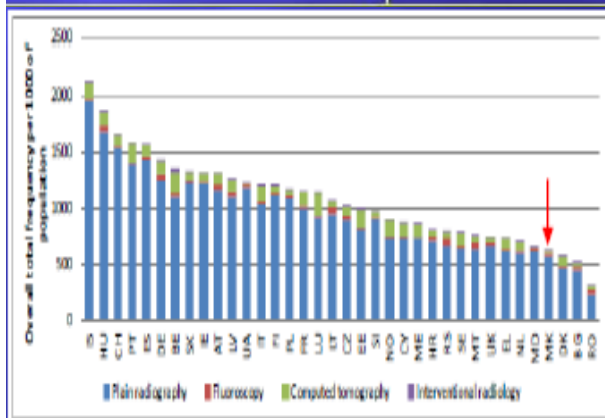
Биолошките ефекти кај ирадирани пациенти се класифицираат во две категории- детерминистички и стохастични. Детерминистичките, како што се некроза на кожа и катаракта, имаат ефект на убивање на клетки што се зголемува со радијационата доза, додека стохастичните покажуваат одложени ефекти како што се карциномите и вродените мутации и кај нив односот со радијационата доза е послаб. Стохастичниот ризик е доста тежок за адресирање како резултат на одложениот и кумулативен ефект, недостаток на “безбедна” радијациона доза и недостатокот на биомаркер кои би сугерирал дека настанале мутации како резултат на ирадијација.

Бројот на медицински процедури кои користат јонизациона енергија рапидно се зголемува, а посебно процедури кои користат високи дози на радијација. Просечна доза по глава во Европска Унија е некаде околу 1. 05+ 0. 005 мСв, додека во Македонија 0. 70 + 0. 1 мСв.



Број на процедури на 1000 жители годишно и годишно по глава:

	No. of proc.	Annual dose per capita [mSv]	
	MK	MK	EU (mean)
<b>Total</b>	<b>625</b>	<b>0,70</b>	<b>0,98</b>
<b>Plain radiography*</b>	<b>573 (92%)</b>	<b>0,25 (36%)</b>	<b>0,18</b>
<b>Fluoroscopy</b>	<b>27 (4%)</b>	<b>0,24 (35%)</b>	<b>0,13</b>
<b>CT</b>	<b>20 (3%)</b>	<b>0,13 (19%)</b>	<b>0,58</b>
<b>Interventional</b>	<b>5,0 (1%)</b>	<b>0,07 (10%)</b>	<b>0,09</b>



Експозицијата на популација од медицински процедури зависи од два главни фактори- бројот на процедури и средната доза по процедура.

Сите медицински експозиции треба да бидат предмет на Принципите на Оправданост и Оптимизација на Радиолошката заштита, а се чести кај оние практики кои вршат потенцијална експозиција на луѓе со јонизациона радијација. Оправданоста на медицинската експозиција значи да се покаже доволен нет бенефит балансиран со потенцијалните штети кои можат да се предизвикаат.

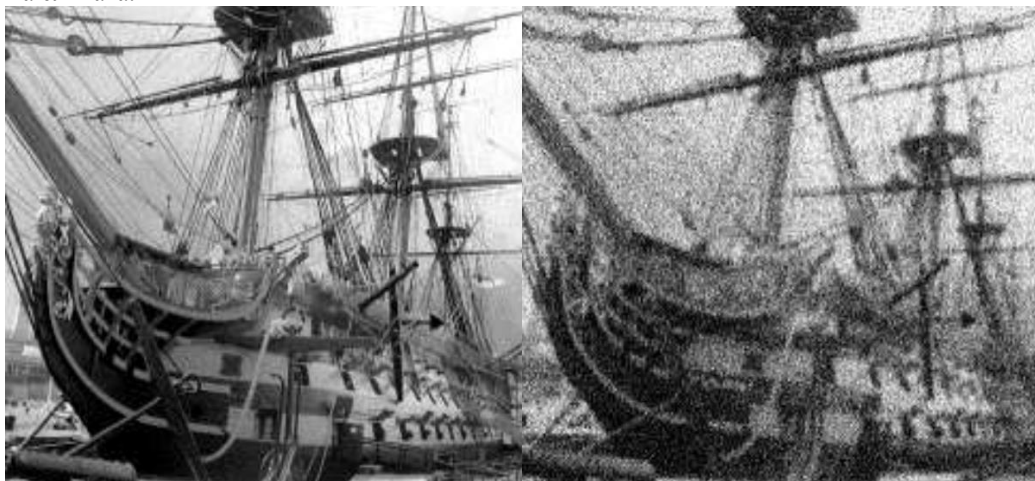
Постојат повеќе нивоа на оправданост на експозиција на јонизациона радијација во медицинската пракса-

1. Употребата на радијација за дијагностика во медицината е општо прифатена.
2. Употребата на радијација кај одредени процедури со специфична цел е оправдана.
3. Употребата на радијација кај индивидуален пациент треба да биде оправдана пред самото испитување ( да се земат во предвид специфични причини за експозицијата како и експлицитна состојба на пациентот.

Најчести причини за непотребна инвестиција се:

1. Повторување на испитувањето кога релевантна информација постоела а не била земена во предвид.
2. Извршување на непотребна и ирелевантна инвестиција.
3. Пречеста употреба и повторување на одредено испитување.
4. Неадекватна клиничка информација која не дава одговор на важни клинички прашања.

Точните мерења на клиничкиот квалитет на сликата како и проценката на радијациониот ризик за пациентот се есенцијални во успешната оптимизација на имиџинг методите кои користат јонизациона радијација. Оптимизацијата во дијагностичката радиологија е еквивалентна на наоѓање аквизициона имиџинг техника која ја максимизира содржината на добиената информација, а го минимизира ризикот од радијација и го држи на прифатливо ниско ниво. Сите промени во протоколите на снимање треба да се аплицираат само откако ќе биде потврдено дека ревидираните подесувања на експозиција не го деградираат дијагностичкиот квалитет на сликата.



Оптимизацијата е мултидисциплинарна задача која ги вклучува медицинскиот физичар, радиолог, радиолошки технолог, машински инженер и менаџментот на болницата или одделот. Тоа е цикличен процес кој опфаќа-

- Евалуација на квалитетот на клиничката слика и дозата на пациентот за да се идентификува потребата од соодветна акција.
- Идентификација на можни алтернативи за да се сочува потребниот квалитет на слика и минимизира абсорбираната доза на пациентот.
- Селекција на најдобрата имиџинг опција под дадените околности.
- Имплементација на селектираната опција.
- Редовна контрола на квалитет на слика и дозата на пациентот за да се утврди дали е потребна понатамошна акција.

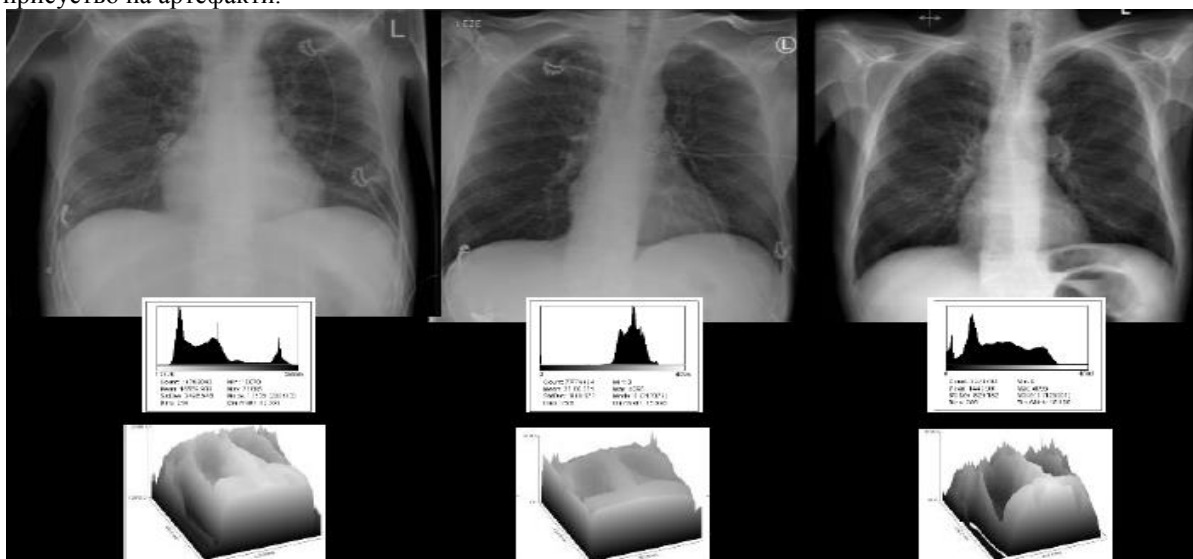
Неопходен е избор на соодветна стратегија за да се изврши ефикасна оптимизација. Може да се пристапи од аспект на првична оптимизација на дијагностички методи кои резултираат со највисоки дози или методи каде квалитетот на слика е незадоволителен. На Клиниката за Радиологија беа земени во предвид двата пристапи и првична оптимизација се изврши на дигиталниот ртг апарат за снимање бели дробови и апаратот за КТ ангиографија.

Оптимизацијата ги имплементира радијационата доза и квалитетот на слика. Бидејќи за повеќето радиолошки процедури од интерес е стохастичниот ризик од радијација, се користеа мерења на доза кои можат да го предвидат ризикот, а тоа е ЕФЕКТИВНА ДОЗА за група пациенти и за споредба на-

1. Релативниот ризик помеѓу различни радиолошки процедури.
2. Дозите пред и после промена на имиџинг кондициите.
3. Возраста и полот, како и телесната тежина на пациентите беа земени во предвид за соодветна евалуација на ризикот.

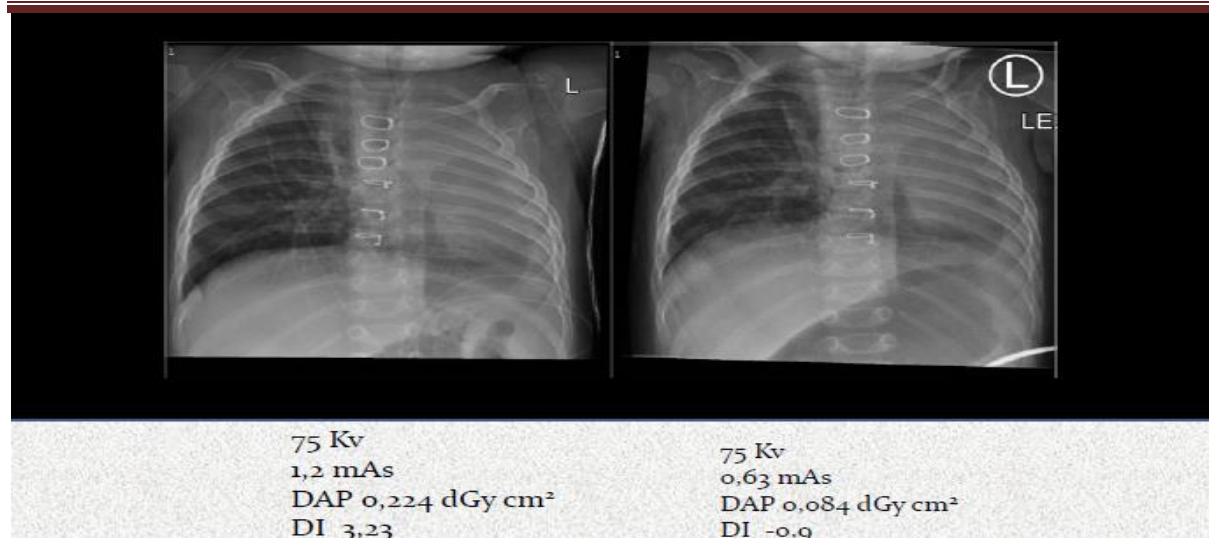
Додека пак визуелното градирање на квалитетот на слика е практична методологија во оптимизацијата и подлежи на субјективност и склоност кон биас. Радиологот се потпира на субјективната импресија во секојдневната радиолошка пракса и е тешко да се отстрани оваа лимитација без да се отстрани радиологот од проценката на квалитетот на слика. Но, проблемот со квалитетот на сликата во медицинската дијагностика е одлучувачки за тоа дали дозата на радијација ќе се редуцира. Битен е квалитетот на финалната слика и дали тој е доволен да ја задоволи клиничката цел која е да се детектира болест или повреда, да се детерминира природата и екстензијата, како и причината за истите.

Објективно, квалитетот на слика може да се евалуира од аспект на контрастност, просторна резолуција, шум и присуство на артефакти.



**Сл.1. Редуција на јачината на струјата кај ист пациент, доведува до редуција на експозиција а квалитетот на слика беше дијагностички оптимален.**

Кај дигиталното снимање на бели дробови кај 100 пациенти на Институтот за Радиологија, во предвид беа земани бројот на проекции на снимање, возраста, полот и телесната тежина на пациентите, а ДАП (апсорбирана доза на одредена површина ткиво) беше деривирани од редовни мерења на параметри како напон и јачина на струјата. ДАП е одличен индикатор на вкупниот ризик да се предизвика штета кај пациент, кој ги покажува и радијационата доза во самото поле а ја демонстрира и површината на ткивото кое е иридирано. (mGy.cm<sup>2</sup>). Кај КТ ангиографијата исто беа земени во предвид возраста, полот и телесната тежина на 100 пациенти како и бројот на фази на снимање. Направена беше корелација на дигиталните прегледи на бели дробови кај 50 пациенти пред и 50 пациенти после вршење на оптимизација и се вршеше визуелна градација на квалитетот на слика. 50 пациенти беа снимани на дигитален апарат за бели дробови и КТ ангиографија со рутинските параметри со кои ги вршевме снимањата пред оптимизација, и се аквирираа податоци за ДАП вредностите кај секое снимање. Другите 50 пациенти беа снимани после извршена оптимизација и редуција на јачината на струјата со кои рутински ги вршевме прегледите, се аквирираа податоци за ДАП и се направи компарација и визуелна градација на добиените снимки со цел да се утврди дали оптимизацијата кај наведените методи доведе до добри дијагностички резултати. Наша цел беше да се добие прифатлив дијагностички квалитет на слика по пат на визуелно градирање, кој е константен и со најниски можни дози на експозиција како и да се етаблираат стандарди за прифатлив квалитет на слика.



*Сл. 2. Редукација на јачина на струјата за половина кај ист пациент не го нарушува квалитетот на слика а ја редуцира експозицијата.*

Наша примарна задача беше да се избере соодветна експозиција. Процесот на оптимизација на нашиот Институт се состоеше од избор на оптимален квалитет на зрак ( преку напон на струја и со филтрација) и јачина на струјата кои ќе одговараат на сензитивноста на детекторите од дигиталните апарати, но притоа имајќи ги во предвид возраста, тежината и клиничката состојба на пациентите на кои беа вршени рутински прегледи во нашата институција. Најбитно беше да се добие коректна доза на детекторите со цел подобра оптичка густина и соодветна јачина на рендген зракот преку варијации во јачината на струја, а притоа водејќи сметка да се редуцира шумот на добиената слика. Формирањето на слика инволвира интеракција помеѓу повеќе фактори. За да се постигне адекватен баланс помеѓу апсорбираната доза и квалитет на слика и да се одберат соодветни опции, потребно е да се разбере начинот на кој се формира сликата, факторите кои влијаат на квалитетот на слика и радијационата доза примена од пациентот.

Едукација за техниките на редукација на дозата кај пациентот, во комбинација со периодични анализи на дозите во индивидуални центри е најдобар начин да се постигне оптимизација. Доколку апсорбираните дози се високи, потребно е да се пронајдат причините и детално да се анализира опремата, па проблемите да се адресираат и пријават. Редукација на дозата без да се води сметка за квалитетот на слика треба да се избегнува затоа што доведува до дијагностички инадекватни прегледи. Може да се употребуваат и алтернативни опции за оптимизација како што се антропоморфни фантоми или фантоми дизајнирани да симулираат детали во вода, Перспекс или друг атенуирачки материјал и да симулираат клинички имидинг ситуации.

Достапни се многу опции за мониторирање на оптимизацијата на ниво на пациент, рендген единица, или институционално ниво, но тоа е цикличен процес за подобрување и понатамошно утврдување на дијагностичкиот квалитет на снимањата со најниски можни дози на радијација. Оптимизацијата е неопходна, круцијална, но и комплексна да се интегрира и постигне на ниво на пациент, но и на општо институционално ниво.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Conferences of Radiation Control Programme Directors. Nationwide Evaluation of X-ray Trends. Twenty-five years of NEXT [Web Page] 2003. Available at <http://www.crcpd.org/NEXT.asp>.
- [2] European Commission. European guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images. Luxembourg: European Commission; 1996. EUR 16260 EN.
- [3] George J, Eatough JP, Mountford PJ, et al. Patient dose optimization in plain radiography based on standard exposure factors. Br J Radiol. 2004;77(922):858–63. [PubMed]
- [4] Institute of Physical Science Medicine. National Protocol for patient dose measurements in diagnostic radiology. Chilton: National Radiological Protection Board; 1992.

- [5] Martin CJ, Darragh CL, McKenzie GA, et al. Implementation of a programme for reduction of radiographic doses and results achieved through increases in tube potential. *Br J Radiol.* 1993;66(783):228–33. [[PubMed](#)]
- [6] National Radiological Protection Board. Patient dose reduction in diagnostic radiology. Chilton: National Radiological Protection Board; 1990. (Documents of the NRPB; 1)
- [7] Shrimpton PC, Wall BF, Jones DG, et al. National survey of doses to patients undergoing a selection of routine X-ray examinations in English hospitals. London: HMSO; 1986. National Radiological Protection Board Report R200.
- [8] Shrimpton PC, Wall BF, Hillier MC. Suggested guideline doses for medical X-ray examinations; Proceedings of the 25th Anniversary Symposium of SRP: Radiation Protection - Theory and Practice; 1989. pp. 85–8.