

Цифрлық және аналогтық рентген-маммографиялық аппараттарды қолдану кезіндегі сәулелік жүктемені салыстырмалы бағалау

Аңдатпа. Медициналық тәжірибеде рентгенологиялық зерттеулер нақты диагноз қоюда және емдеудің сапасын бақылауда маңызды рөл атқарады. Рентгенологиялық зерттеу бір немесе бірнеше рентгенологиялық процедуралардан тұратын ауруларды диагностикалау және алдын алу мақсатында пациентті тексеру үшін рентген сәулесін пайдалану болып табылады. Мақсатты рентгенография – зерттелетін органның шектеулі бөлігінің жалпақ бейнесін алуға мүмкіндік беретін рентгендік зерттеу әдісі.

Маммография – сүт безі қатерлі ісігін диагностикалаудың ең ауқымды әдісі. Оның көмегімен тіндер мен түзілімдердегі кез келген сатыдағы патологиялық өзгерістерді анықтауға болады.

Сүт безі қатерлі ісігі анықталған науқастардың орташа жасы 61,5 жасты құрайды. Сүт безі қатерлі ісігін емдеудің нәтижесі ісіктің анықталған сатысына тікелей байланысты, сондықтан сүт безі қатерлі ісігін ерте диагностикалау мәселесі өзекті мәселелердің біріне айналды. 40 жасқа дейін маммография скриннинг ретінде ұсынылмайды, себебі бұл жаста сүт безі қатерлі ісігінің пайда болуы сирек кездеседі. Маммография профилактикалық мақсатта 40 жастан бастап 2 жылда 1 рет, ал 50 жастан 60 жасқа дейін жыл сайын, содан кейін 2 жылда 1 рет жүргізіледі. Бұл мақаланың мақсаты – цифрлық және аналогтық рентген-маммографиялық аппараттарды пайдалану кезіндегі сәулелік жүктемеге салыстырмалы бағалау жүргізу.

Мақалада аналогтық және цифрлық рентген-маммографияны жүргізу кезіндегі сәулелік жүктемені азайту мүмкіндігі салыстырылды және бағаланды.

Түйін сөздер: рентген, рентген-маммография, цифрлық, аналогтық, спектр.

DOI: doi.org/10.32523/2616-6836-2023-142-1-33-40

1. Кіріспе

Маммография – сүт безі қатерлі ісігін ерте сатысында анықтау әдісі. Маммографияның мақсаты сүт бездерінің тіндеріне әсер ететін ауруларды диагностикалау және зерттеу.

Қазіргі уақытта маммография қарқынды дамуда: жаңа технологиялар енгізілуде, диагностикалық мүмкіндіктердің ауқымы кеңейуде, денеге минималды радиациялық жүктемелері бар аппараттар қолданылуда.

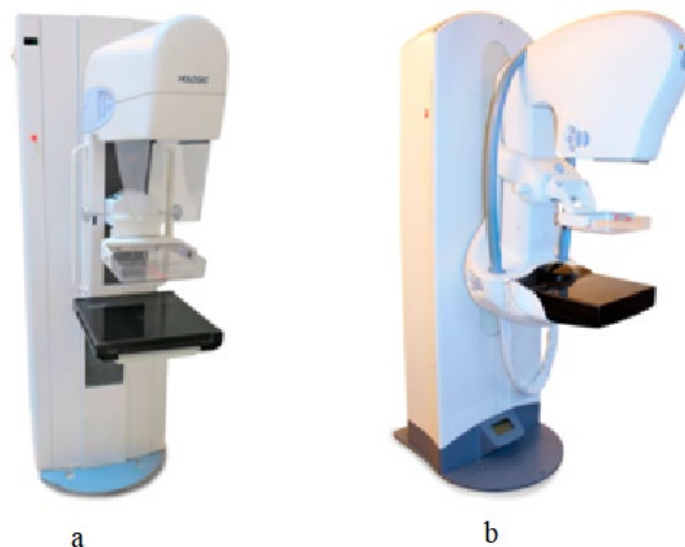
Маммографияның мүмкіндіктері соңғы жылдары зерттерудің жаңа түрлерінің пайда болуына байланысты айтарлықтай кеңейді: цифрлық, оптикалық, магниттік – резонанстық әдістер[1].

Қазіргі кезде аналогтық (пенкалық) және цифрлық маммографтар қолданылады:

Аналогтық маммография 1-2 мм тіндердің өзгеруін анықтай алатын жоғары сапалы рентген суреттерін шығаратын төмен дозалы сәулеленуді пайдаланады. Бұл маммограф пенкалы кассеталарды пайдаланады, нәтиже кеудені әртүрлі бұрыштарда көрсететін пленкадағы сурет болып табылады.

Цифрлық маммография рентген сәулелерін цифрлық детекторға түсіреді. Содан кейін бұл

детектор рентген сәулелерін компьютерге жіберілетін электрондық сигналдарға түрлендіреді. Нәтижесінде компьютерлік кескіндерді жоғары ажыратылымдықтағы мамандырылған мониторда көруге болады.



Сурет 1. Маммографиялық аппараттар: а) аналогтық, б) цифрлық

Маммографияға қойылатын рентгенологиялық талаптар:

- Жеткілікті кеңістіктік ажыратылымдылық
- 50 мкм-ге дейінгі бөлшектерді визуализациялау керек
- Кескіндегі жеткілікті контраст
- Төмен энергиялы рентген спектрлері қажет
- Кең динамикалық диапазон
- Жасқа байланысты кеудедегі өзгерістерге байланысты қажет
- Диагностикалық кескін сапасына сәйкес келетін ең төмен доза.

2. Әдістер

Кесте 1. Аналогтық және цифрлық маммография: техникалық айырмашылықтар [2]

Компоненттер	Аналогтық	Цифрлық
Рентген түтігі (нысана)	молибден немесе родий	молибден немесе родий, вольфрам
Тор	қозғалатын немесе қозғалмайтын	қосымша
Экспозиция уақыты	2-3 секунд	1-6 секунд
Орташа алынатын доза	3 мГр-ден аз	аналогпен салыстырмалы түрде аз
Детектор түрі	экран пленкасы бар кассета	қатты күйдегі құрылғы (сызықтық немесе 2D)
Детектордың өлшемі	18x24 см немесе 24x30 см	18x23 см немесе 19x25 см
Кеңістіктік ажыратылымдылық	25-33 мкм	40-100 мкм

Кескін контрастының ажыратылымдылығы	шамамен 0,04	аналогпен салыстырмалы жоғары
Динамикалық диапазон (ендік)	25-100	5000 - 10000
Шу	кванттық және пленкалық детальдар	кванттық және электронды
Кескіндерді әзірлеу	ылғал өңдеу	ылғал немесе құрғақ лазерлік принтерлер немесе цифрлық
Кескіндерді көрсету	жарық қорабы	катодты сәулелік түтік немесе жарық қорабы
Кескіндерді өңдеу	пленканы өңдеу	автоматтандырылған жобалау (CAD) немес кейінгі өңдеу

Без тіндердегі бір реттік экспозиция кезіндегі орташа доза Монте – Карло модельдеу негізінде бағаланады[3]:

$$MGD = K g c s \quad (1)$$

Мұндағы K – кері шашырау кезіндегі кіріс беткі ауа кермасы, ал g, c, s – рентгендік сипаттамаларды, сүт безінің құрамын (май мен безді тіндердің әртүрлі пайыздары) ескеретін қайта есептеу коэффициенттері. S коэффициенттері Mo/Mo , Mo/Rh , Rh/Rh үшін қолданылады.

Рентген спектрі 3 фактордың жиынтығымен анықталады:

1. Рентген түтігінің анод материалы
2. Рентген сәулесін фильтрлеу үшін қолданылатын материал
3. Кернеу (кВ)

Анод: маммографиялық жабдықтардың көбінде молибден анодтары қолданылады. Кейбір жүйелерде операторға немесе автоматты басқару жүйесіне молибден немесе родий арасында таңдауға мүмкіндік беретін қос жолды анод бар[4].

Фильтр: молибден кәдімгі фильтр материалы болып табылады, бірақ кейбір жүйелерде таңдауға болатын балама родий фильтрі бар. Молибден фильтрін тек молибден анодымен қолдану керек, ал родий фильтрін молибден және родий анодтарымен қолдануға болады. Рентгенографияның басқа барлық түрлерінде қолданылатын вольфрам аноды бар алюминий фильтрлері маммография үшін қолданылмайды.

3. Нәтиже және талдау

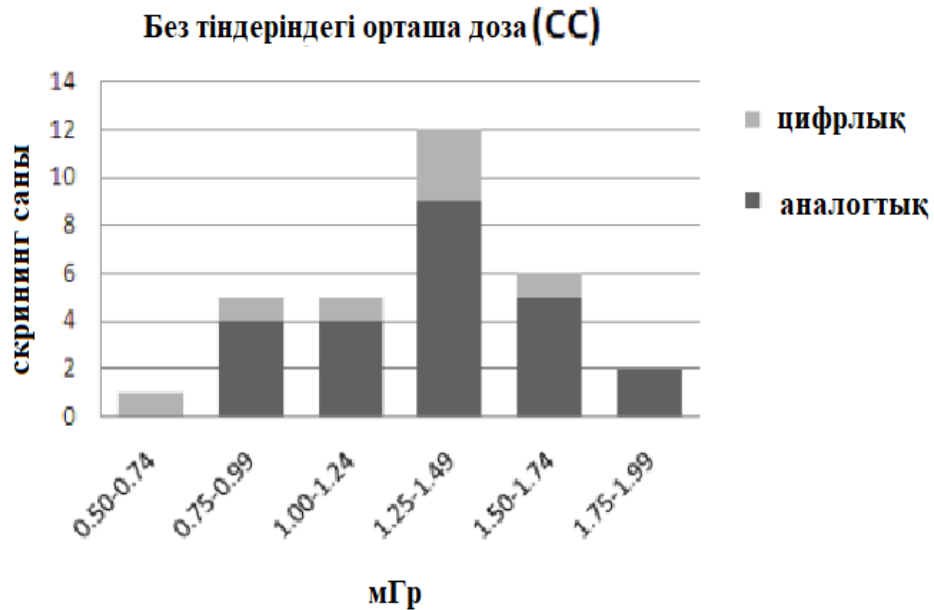
Бұл зерттеу 31 скринингтік бөлімде қаралған 1567 әйелден жиналған техникалық параметрлерге негізделген: 24 аналогтық және 7 цифрлық маммография аппараты. Әрбір бөлімнен шамамен 50-ге жуық зерттеу параметрлері жинақталған. Тексерілген әйелдердің орташа жасы – 58 жас (диапазон: 48-70 жас). Осы зерттеу нәтижесіне сүйене отырып скрининг кезінде алынатын доза мөлшерін салыстырамыз[5].

Маммографиялық скринингтік тексеру екі проекцияда жүргізіледі[6]:

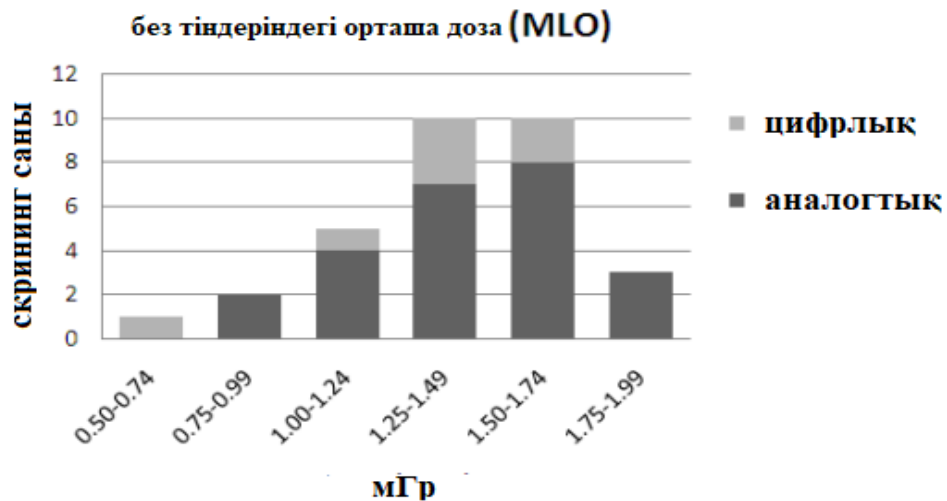
- Кранио – каудальды (CC)
- Медиальды - бүйірлі қиғаш (MLO)

Без тіндеріндегі орташа доза скрининг бірліктеріне байланысты айтарлықтай өзгерді (диапазон: 1,27 мГр (CC), 1,44 мГр (MLO)) (сурет 2)[7].

а)



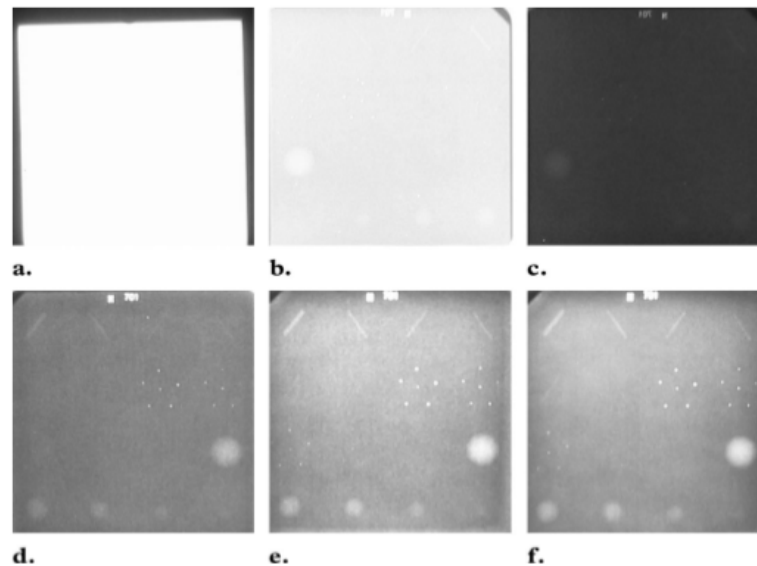
б)



Сурет 2. Скринингтік қондырғылар үшін без тіндеріндегі бір реттік әсер үшін орташа доза а) кранио – каудальды (CC), б) медиальды – бүйірлі қиғаш (MLO)

Зерттеу нәтижесінен алынған диаграммада көрсетілгендей цифрлық маммография аз сәулелену дозасын көрсетті. 1.а-суретте көрсетілгендей CC проекцияда аналогтық маммография жоғары дозаны (1,99 мГр) екі реттік скринингтік тексеруде, ал 1.б – суретте MLO проекцияда үш реттік скринингтік тексеруде көрсетті. Без тіндеріндегі орташа доза аналогтық маммографиямен салыстырғанда цифрлық маммографияда CC проекциясы кезінде 11,5 %-ға, MLO проекциясы кезінде 12,4% - ға төмен болды[8].

Аналогтық маммографияның динамикалық диапазоны шектеулі, ал цифрлық маммографияның динамикалық диапазоны кең. Аналогтық маммографиямен салыстырғандағы цифрлық маммографияның потенциалды артықшылықтары 3-суретте көрсетілген, онда экспозицияны автоматты басқарудың жарты және екі есе режиміндегі екі экспозициясы бар, аналогтық маммография жүйесімен алынған сүт безі фантомы бейнеленген [9].



Сурет 3. (a-c) Аналогтық маммография жүйесінің экспозицияны автоматты басқаруы арқылы (a), жарты миллиампер-секунд (b) мәнін және қос миллиампер-секунд мәнін (c) пайдалану арқылы алынған сүт безі фантомының кескіндері.

Кескіндер жоғары жарықтылығы бар қарау терезесінде көрсетіледі. (d-f) аралықта толық өрісті цифрлық маммография жүйесі арқылы алынған кескіндер. Экспозицияның жеткіліксіздігінің кескін сапасына әсері шуды жоғарылату болып табылады, ал шамадан тыс ұзақ экспозиция және кеуде сәулесінің жоғары дозасы арқылы шуды азайтады. Цифрлық маммографияларда (d-f) аралықта жеткіліксіз экспозиция және шамадан тыс экспозиция кескіннің контрастына әсер етпейді.

Аналогтық маммографиямен салыстырғанда цифрлық маммографияның негізгі артықшылықтары 3-суретте көрсетілген, онда автоматты экспозицияны реттеу (АЕС) параметрлері бар аналогтық маммография жүйесі арқылы алынған сүт безі фантомы, содан кейін АЕС техникасының жартысы мен екі еселенген екі экспозициясы көрсетілген. Содан кейін фантом аналогтық маммография көрсеткіштерімен бірдей техникалық сипаттамалары бар цифрлық маммографиялық жүйеде көрсетілді. Терезе мен деңгейлер құрғақ лазерлік принтерге басып шығарар алдында цифрлық кескіндерге түзетілді. Аналогтық маммографиялық және цифрлық маммографиялық кескіндер де жоғары жарықтығы бар дисплейде көрсетілді. Кең динамикалық диапазон және кескінді өңдеу мүмкіндіктері цифрлық маммографиялық кескіндерді, тіпті экспозициясы аз әдісті қолдану арқылы алынған кескін шулы болса да, үш әдіспен визуализациялауға мүмкіндік береді. Екінші жағынан, аналогтық маммографияның кескіндері жеткіліксіз немесе қалыпты жағдайдан екі есе аз болады. Бұл пленканың шектеулі динамикалық диапазонына байланысты және қайта түсірудің ықтимал қажеттілігін көрсетеді [10].

4. Қорытынды

Мақалада аналогтық маммография мен цифрлық маммография мүмкіндіктері мен артықшылықтары салыстырылды. Осы екі әдіс арасында сүт безі қатерлі ісігін анықтауда айтарлықтай айырмашылықтардың жоқтығын көрсететін ерте клиникалық зерттеулердің нәтижесіне қарамастан, еске түсіру жиілігі мен биопсия жиілігінің айтарлықтай төмендеуі сияқты нәтижелер клиникалық күтімдегі цифрлық маммографияның артықшылықтарын көрсетеді. Цифрлық маммография артықшылықтарына кең динамикалық диапазон, қайталап көру мүмкіндігін азайту, сәулелену дозасын азайту мүмкіндігі, науқастың өткізу қабілетін арттыру және цифрлық деректерді жинау жатады. Бұл артықшылықтар сүт безінің жағдайын бағалау үшін негіз

ретінде толық функционалды цифрлық маммографиялық жүйелерді құруға көмектеседі.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Jemal A, Tiwari RC, Murray T, et al. Cancer statics//. CA Cancer J Clin 2004 – 54:8. – p.29.
2. Hendrick, R.E., et al., Comparison of acquisition parameters and breast dose in digital mammography and screen-film mammography in the American College of Radiology Imaging Network digital mammographic imaging screening trial// AJR Am J Roentgenol, 2010. – 194(2). – p. 3629-3623.
3. Obenauer, S., K.P. Hermann and E. Grabbe, Dose reduction in full – field digital mammography: an anthropomorphic breast phantom study//Br J Radiol, 2003. – 76(907). p.478-482.
4. Hermann, K.P., et al., Average glandular dose with amorphous silicon full – field digital mammography// Clinical results. Rofo, 2002. – 174(6). – p. 696-699.
5. Moran, P., et al., A survey of patient dose and clinical factors in a full – field digital mammography system// Radiat Prot Dosimetry, 2005. – 114(1-3). – p. 375 – 379.
6. Gennero, G. and C. di Maggio, Dose comparison between screen/film and full – field digital mammography// Eur Radiol, 2006. – 16(11). – p. 2559-2566.
7. ICRP, 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (Users Edition)// Ann. ICRP 37 (2-4). – 2007.
8. Monnin, P., et al., A comparison of the performance of modern screen-film and digital mammography systems// Phys Med Biol, 2005. – 50(11). – p. 2617-2631
9. Sarno A, Mettivier G, Di Lillo F, Bliznakova K, Sechopoulos I, Russo P. Homogeneous vs. patient specific breast models for Monte Carlo evaluation of mean glandular dose in mammography//Phys Med 2018. – 51. – p.56–63.
10. Sarno A, Mettivier G, Di Lillo F, Russo P. A Monte Carlo study of monoenergetic and polyenergetic normalized glandular dose (DgN) coefficients in mammography//Phys Med Biol 2016. – 62. – p. 306–325.

Г. Сайранбек¹, Т.Б. Даутов²

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

²Национальный кардиохирургический центр, Астана, Казахстан

Сравнительная оценка лучевой нагрузки при использовании цифровых и аналоговых рентген–маммографических аппаратов

Аннотация. В медицинской практике рентгенологические исследования играют важную роль в постановке точного диагноза и контроле качества лечения. Рентгенологическое исследование заключается в использовании рентгеновского излучения для обследования пациента с целью диагностики и профилактики заболеваний, состоящих из одной или нескольких радиологических процедур. Целевая рентгенография - это метод рентгенологического исследования, который позволяет получить плоское изображение ограниченной части исследуемого органа.

Маммография - самый обширный метод диагностики рака молочной железы. С его помощью можно выявить патологические изменения в тканях и образованиях на любой стадии.

Средний возраст пациентов, у которых диагностирован рак молочной железы, составляет 61,5 года. Исход лечения рака молочной железы напрямую зависит от выявленной стадии опухоли, поэтому проблема ранней диагностики рака молочной железы стала одной из актуальных. До 40 лет маммография не рекомендуется в качестве скрининга, потому что в этом возрасте рак молочной железы встречается редко. Маммография проводится в профилактических целях с 40 лет 1 раз в 2 года, а с 50 до 60 лет – ежегодно, затем 1 раз в 2 года.

Цель данной статьи – провести сравнительную оценку лучевой нагрузки при

использовании цифровых и аналоговых рентген-маммографических аппаратов.

В статье сравнивалась и оценивалась возможность снижения лучевой нагрузки при проведении аналоговой и цифровой маммографии.

Ключевые слова: рентген, рентген-маммография, цифровой, аналоговый, спектр.

G. Sairanbek¹, T. Dautov²

¹*L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

²*National Scientific Cardiac Surgery Center, Astana, Kazakhstan*

Comparative assessment of radiation load when using digital and analog X-ray mammography devices

Abstract. In medical practice, X-ray examinations play an important role in making an accurate diagnosis and monitoring the treatment quality. X-ray examination is the use of X-ray radiation to examine a patient in order to diagnose and prevent diseases consisting of one or more radiological procedures. Target radiography is a method of X-ray examination that allows obtaining a flat image of a limited part of the organ under study.

Mammography is the most extensive method to diagnose breast cancer. With its help, it is possible to identify pathological changes in tissues and formations at any stage.

The average age of patients diagnosed with breast cancer is 61.5 years. The outcome of breast cancer treatment directly depends on the identified stage of tumor, therefore early diagnosis of breast cancer has become one of the most urgent problems. Before the age of 40, mammography is not recommended as a screening, because breast cancer happens rarely at this age. Mammography is carried out for preventive purposes once in 2 years starting from the age of 40, and annually between the age of 50 to 60, and after that – once in 2 years.

The purpose of this article is to make a comparative assessment of radiation load when using digital and analog X-ray mammography devices.

The article compared and evaluated the possibility of reducing radiation exposure during analog and digital mammography.

Keywords: X-ray, X-ray mammography, digital, analog, spectrum.

References

1. Jemal A, Tiwari RC, Murray T, et al. Cancer statics, 2004. *CA Cancer J Clin* 2004, 54:8-29.
2. Hendrick, R.E., et al., Comparison of acquisition parameters and breast dose in digital mammography and screen-film mammography in the American College of Radiology Imaging Network digital mammographic imaging screening trial. *AJR Am J Roentgenol*, 2010. 194(2): p. 3629. 23
3. Obenauer, S., K.P. Hermann and E. Grabbe, Dose reduction in full – field digital mammography: an anthropomorphic breast phantom study. *Br J Radiol*, 2003. 76(907): p.478-82.
4. Hermann, K.P., et al., Average glandular dose with amorphous silicon full – field digital mammography – Clinical results. *Rofo*, 2002. 174(6): p. 696-9.
5. Moran, P., et al., A survey of patient dose and clinical factors in a full – field digital mammography system. *Radiat Prot Dosimetry*, 2005. 114(1-3): p. 375 – 9.
6. Gennero, G. and C. di Maggio, Dose comparison between screen/film and full – field digital mammography. *Eur Radiol*, 2006. 16(11): p. 2559-66.
7. ICRP, 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (Users Edition). *Ann. ICRP* 37 (2-4). 2007.
8. Monnin, P., et al., A comparison of the performance of modern screen-film and digital mammography systems. *Phys Med Biol*, 2005. 50(11): p. 2617-31

9. Sarno A, Mettivier G, Di Lillo F, Bliznakova K, Sechopoulos I, Russo P. Homogeneous vs. patient specific breast models for Monte Carlo evaluation of mean glandular dose in mammography. *Phys Med* 2018;51:56–63.
10. Sarno A, Mettivier G, Di Lillo F, Russo P. A Monte Carlo study of monoenergetic and polyenergetic normalized glandular dose (DgN) coefficients in mammography. *Phys Med Biol* 2016;62:306–25.

Авторлар туралы мәліметтер:

Г. Сайранбек – ядролық физика, жаңа материалдар және технологиялар халықаралық кафедрасының 2 курс магистранты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтбаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

Т.Б. Даутов – медицина ғылымдарының докторы, профессор, радиология бөлімінің меңгерушісі, ұлттық ғылыми кардиохирургиялық орталық, академик Хамзабаева Ж.Х. атындағы радиология кафедрасы, Астана медицина университеті, Бейбітшілік көш., 49а, Астана, Қазақстан.

Г. Сайранбек – магистрант 2 курса международной кафедры ядерной физики, новых материалов и технологий, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

Т.Б. Даутов - доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделения радиологии, Национальный научный кардиохирургический центр, кафедра радиологии им. академика Хамзабаева Ж.Х., Медицинский университет Астана, ул. Бейбитшилик, 49а, Астана, Казахстан.

G. Sairanbek – a 2nd year master`s student of International Department of Nuclear Physics, New Materials and Technologies, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

T. Dautov – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of Radiology Department, National Research Cardiac Surgery Center, Department of Radiology named after Academician Zh.Kh. Khamzabaev, Astana Medical University, 49a Beibitshilik str., Astana, Kazakhstan.