



ХҒТАР 29.15.01  
Ғылыми мақала

<https://doi.org/10.32523/2616-6836-2024-149-4-8-21>

## Қазақстандағы ядролық медицина үшін 2024 жылғы ұлттық диагностикалық анықтамалық деңгейлер негізінде 18F-FDG ПЭТ/КТ инъекциялық дозасын оңтайландыру

Б.Б. Абдуалиев<sup>1</sup> , Б.М. Сатанова\*<sup>1</sup> , Ф.У. Абуова<sup>1</sup> , А.У. Абуова<sup>1</sup> , Г.Д. Кабдрахимова<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

(E-mail: [clever\\_s.balzhan@mail.ru](mailto:clever_s.balzhan@mail.ru))

**Аңдатпа.** 18F-фтор-2-дезоксид-глюкозаны (18 F-FDG) қолданатын (ПЭТ/КТ) неопластикалық зақымдануларды функционалды диагностикалау, қатерлі ісіктердің сатысын анықтау және метастаздарды анықтау үшін пайдалы. Жақында ПЭТ/КТ процедураларының көбеюіне байланысты сурет сапасының нашарлауынсыз пациентке тиімді сәулелік әсерді бақылау маңызды бола бастады. Бүгінгі таңда қазіргі заманғы медициналық радиациялық технологиялар, соның ішінде радиофармпрепаратты қолдана отырып, кеңінен қолданылуда. Айта кету керек, бұл технологиялардың өздері радиациялық қауіпсіздікті арттыру бағытында айтарлықтай эволюцияға ұшырады. Бірақ егер радиациялық технологиялар тұрақты түрде жетілдірілсе, онда иондаушы сәулелену көздерімен қызметті бақылау және реттеу саласындағы тәсілдер консерватизмнің жоғары дәрежесін сақтайды. Бұл жұмыста иондаушы сәулелену көздерін пайдалану кезінде қызметті нормалау және реттеу мәселелерін жетілдіру жолдары негізделген. Зерттеудің мақсаты-ПЭТ-орталықтардағы еңбек жағдайларына радиациялық-гигиеналық бағалау жүргізу және қазіргі заманғы технологиялардың ерекшеліктерін ескере отырып, реттеуші талаптарды жетілдіру бойынша ұсыныстар әзірлеу.

**Түйін сөздер:** радиациялық технологиялар, иондаушы сәулелену көзі, ПЭТ-КТ, изотоптық зертхана, тиімді доза, эквивалентті доза, радиофармпрепарат.

Жіберілді 31.10.2024. Өзгертілді 26.11.2024. Қабылданды 26.11.2024. Онлайн қол жетімді 25.12.2024

<sup>1</sup>\* хат-хабар авторы

## Кіріспе

(ПЭТ/КТ) 18F-2-фтор-2-дезоксид-глюкозаны (18F-FDG) қолдана отырып, неопластикалық зақымдануларды функционалды диагностикалау, қатерлі ісіктерді анықтау, метастаздар мен қайталануларды анықтау үшін қолданылады. Жақында ПЭТ / КТ процедураларының көбеюімен пациенттің тиімді сәулеленуін кескін сапасының нашарлауынсыз бақылау маңызды бола бастады [1]. Диагностикалық анықтамалық деңгейлер (Drl) америка құрама штаттарында және Еуропа елдерінде ядролық медицина процедураларында радиациялық әсерді оңтайландырудың маңызды құралы ретінде ұсынылды [2]. Жапонияда алғашқы Drl 2015 жылы ұсынылды және ПЭТ/КТ ісіктерін 18F-FDG бағалау үшін инъекция дозасы 240 Мбк тұрақты радиоактивтілікке орнатылды. Дегенмен, Жапондық Ядролық Медицина Қоғамы шығарған FDG ПЭТ бейнелеуіне арналған клиникалық нұсқаулар инъекция дозасын дене салмағы сияқты кескін сапасына әсер ететін факторларды ескере отырып оңтайландыру керек екенін және дене салмағына негізделген инъекцияның түзетілген дозасын DRLs 2020, жаңартылған DRLs [3] ұсынды. Инъекция дозасын бұл оңтайландыру пациент пен қызметкерлерге сәулеленудің тиімді әсеріне ықпал етуі мүмкін, сонымен бірге ПЭТ/КТ процедурасында алынған санау санын өзгертуі мүмкін, Бұл ПЭТ/КТ кескінінің сапасына қатысты жаңа мәселелерді тудыруы мүмкін. [4].

Алдыңғы зерттеуде инъекция дозасы мен кескін сапасы арасындағы байланыс кескін сапасының сандық индексі ретінде бауыр сигналының шуылға қатынасы (SNR<sub>liver</sub>) арқылы зерттелді. SNR<sub>liver</sub>-ді оңай есептеуге болатынына қарамастан, бұл көрсеткіш кескінді қалпына келтіру әдісіне және тексеру кезінде қолдың орналасуына байланысты екені хабарланды [5]. Шу эквивалентінің саны (NEC) - бұл кескін сапасының тағы бір индексі, ол кескінді қалпына келтіру шарттарына тәуелді емес, дегенмен оның формуласы SNR<sub>liver</sub> формуласына қарағанда күрделірек. Шудың эквивалентті санау тығыздығы (NEC<sub>density</sub>) 2 пациенттің дене өлшемі ескерілетін өзгертілген NEC. Сондай-ақ, қажеттілік қолдың орналасуына байланысты және есепте бұл көрсеткіштің визуалды көрсеткіштермен жоғары корреляциясы бар екендігі көрсетілген. Нәтижесінде NEC<sub>density</sub> кескін сапасын бағалау үшін танымал бола бастады.

## Материалдар мен әдістер

Бұл зерттеу жұмысы 8 пациент арасында жүргізілді. Салмағына байланысты дозаны қабылдаған пациенттерді 4 топқа бөліп қарастырдық 1-топ (< 49 кг), 2-топ (50-59 кг), 3-топ (60-69 кг) және 4-топ (≥ 70 кг). ПЭТ ФДГ сәулеленуінің тиімді дозасы № 106 радиологиялық қорғау жөніндегі халықаралық комиссияның жарияланымына сәйкес 0,019 мЗв/Мбк қайта есептеу коэффициентін пайдалана отырып есептелді. Кескін сапасы ми мен қуық есептегіштерін алып тастау арқылы есептелген эквивалентті санау шу тығыздығы (NEC тығыздығы) арқылы бағаланды. Сәулелену дозасы мен кескін сапасы тұрғысынан инъекция дозасын оңтайландырудың пайдалылығы талданды.

Бұл зерттеуге пациенттердің екі тобы енгізілді: 4 пациент 2024 жылдың сәуірінен 2024 жылдың шілдесіне дейінгі төрт айлық кезең ішінде 240 МБк ФДГ тұрақты дозасы бар ПЭТ/КТ-дан өтті және 4 пациент оңтайландырылған ФДГ инъекциялық дозасы бар ПЭТ/КТ-дан өтті. 2023 жылдың желтоқсанынан 2024 жылдың сәуіріне дейінгі төрт айлық кезеңде дене салмағының 3,7 МБк/кг екі топтың өлшенген инъекциялық дозалары және олардың стандартты ауытқулары кестеде көрсетілген.

Кесте 1 – Дозаны оңтайландыруға дейінгі және кейінгі зерттеу субъектілерінің сипаттамалары

	Дейін	Кейін
	( n =8)	( n = 3)
Жасы	64,9 ± 13,2 (18-89)	66,7 ± 12,5 (18-90)
Биіктігі (м)	1,63 ± 0,09 (1,37-1,87)	1,62 ± 0,08 (1,35-1,85)
Денесалмағы (кг)	60,3 ± 9,8 (33-87)	58,8 ± 10,7 (34-88)
ВМІ (кг / м2 )	22,6 ± 3,1 (14,7-36,5)	22,4 ± 3,3 (14,7-36,8)
Инъекцияға арналған Доза (МБк)*	239,0 ± 6,3 (220,5-261,6)	213,2 ± 40,4 (118,9-329,5)
Доза / салмақ (МБк / кг)*	4,08 ± 0,73 (2,70-7,38)	3,62 ± 0,08 (3,34-4,06)
Қандағы қант деңгейі(мг / дл)	102,0 ± 14,9 (45-147)	99,3 ± 15,0 (61-149)
Ассимиляция уақыты (мин)	72,1 ± 9,7 (54-102)	63,4 ± 8,2 (50-115)
Қармау уақыты	120	120

ВМІ, дене салмағының индексі

Жұлдызшалар ( \* ) нақты өлшенген мәндерді білдіреді. Орташа мәндер және олардың стандартты ауытқулары көрсетіледі.

Бұл зерттеуде біз Discovery IQ-бұл бүкіл денені зерттеуге арналған ПЭТ/КТ жүйесінің жаңа нұсқасы, ол эволюциялық платформаның клиникалық маңызды инновациялық шешімдерін қамтиды, ол жаңа және инвазивті емес диагностикалық бейнелеу мүмкіндіктерін кеңейтуге арналған[6].

Ішкі жүйелердің көпшілігі ПЭТ көмегімен сандық бейнелеуді жүзеге асыруда, пациенттің тыныс алу функциясы мен жүрегінің жұмысын бақылауды жүзеге асыруда, ПЭТ пен КТ қайталанатын қайта құру технологияларын енгізуде және жұмыс процесінің тиімділігін арттыруда қосымша мүмкіндіктерді қамтамасыз ету үшін жетілдірілді.

ПЭТ / КТ жүйесі (КТ 16 немесе 32 кесу)

Ашылу IQ платформасы жарық жарылуы жетілдірілген ПЭТ детекторымен жабдықталған, оның сезімталдығы мен шу-эквивалентті санау жылдамдығының (NECR) параметрлері төмен және жоғары белсенділікпен жұмыс істегенде ПЭТ/КТ жүргізу үшін оңтайландырылған, бұл сканерлеу уақытын және сәулелену дозасын қысқартуға мүмкіндік береді.

Жарық жарылуы екі арналы технологияға ие, ол санау дәлдігін айтарлықтай арттырады, бұл барлық изотоптар үшін, соның ішінде 18F, 11C, 68Ga, 82Rb үшін ПЭТ-тің дәлірек сандық өлшемдерін жасауға мүмкіндік береді.

IQашылуы платформасын Optima ct540 дербес КТ сканері ретінде де қолдануға болады, оның клиникалық қосымшалары кең (гентри көлбеуі жоқ). Ол ерекше мүмкіндіктерді қамтамасыз етеді: жоғары жылдамдық, төмен сәулелену дозасында жоғары сурет сапасы және диагностикалық функциялардың толық көлемі.

Ашылу IQ қозғалысты бақылау құралдары сканерлеу кезінде қозғалыс туралы ақпаратты жинау және ПЭТ/КТ кескіндерін өңдеу кезінде осы деректерді пайдалану арқылы тыныс алу мен жүрек соғуына байланысты артефактілердің санын азайтуға мүмкіндік береді.

IQ ашылуы үшін тиімді және жылдам күнделікті сапаны бақылау сканерлеудің басында жасалады. Күнделікті сапаны бақылау процедурасы қарапайым хаттаманы орындау кезінде басталады, 10 минуттан азуақытты алады, есеп жасалады. Қуатты үнемдеу модулі басқару консолін, компьютерлерді және гентриді күту режиміне қояды, бұл энергияны тұтынуды және қосалқы құрылғылардың жылу шығаруын азайтады. Бұл өзгерістерді анықтаудың оңтайлы тиімділігі мен клиникалық икемділікке қол жеткізуге арналған жағдайы – жетілдірілген ПЭТ детекторы бар. Жаңа жарық жарылуы ПЭТ детекторының сезімталдығы және шу эквивалентті санау жылдамдығының (NECR) параметрлері төмен және жоғары санау жылдамдығында ПЭТ/КТ жүргізу үшін оңтайландырылған, бұл ПЭТ сканерлеу уақытын және/немесе сәулелену дозасын қысқартады [7-9].

Шудың эквивалентті санау тығыздығын есептеу (NECтығыздығы)

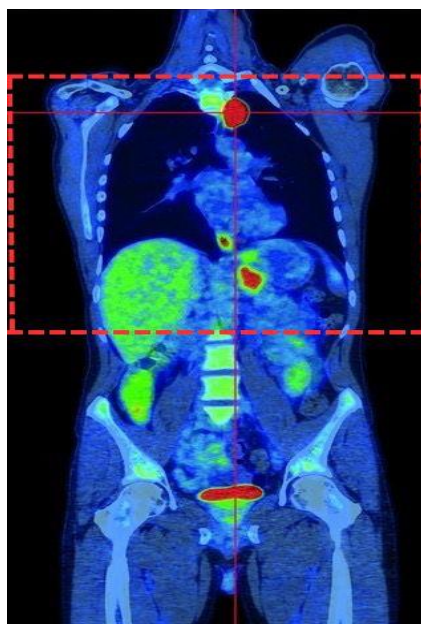
PET/CT қатерлі ісігін бейнелеу әдісі бойынша ұсыныстарға сәйкес әр кереует позициясы үшін NEC өрнек арқылы анықталады:

$$NEC_i = (1 - SF)^2 \frac{(P_i - R_i)^2}{(P_i - P_i) + (1 + K)R_i}$$

Мұндағы,  $NEC_i$  – шудың эквивалентті,  $SF$  – шашырау үлесі,  $P_i$  – қабат позициясындағы лездік сәйкестіктер саны,  $R_i$  – қабат позициясындағы кездейсоқ сәйкестіктер саны.

Шашырау фракциясының фантомы ( $SF$  фантомы) ұлттық электр өндірушілері қауымдастығының (NEMA) стандартына сәйкес 0,37 құрады [ 15 ]. Әр сәйкестік нөмірі DICOM тегінен алынды. NEC тығыздығы өрнек арқылы анықталды:

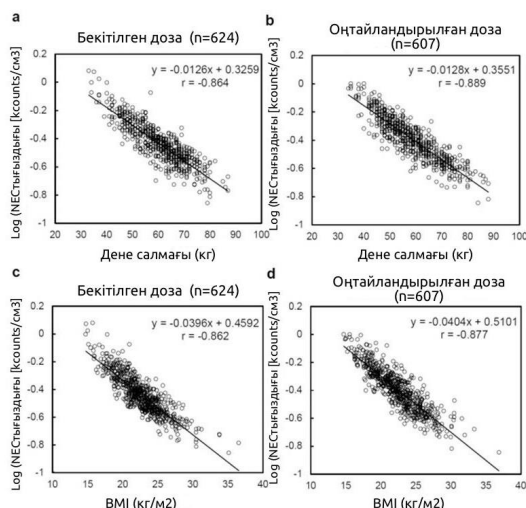
$$NEC_{\text{тығыздығы}} = \frac{\sum_{i=1}^n NEC_i}{V_{\text{науқас}}}$$



Сурет 1. Пациент тіңшуының эквивалентті санын бағалауға арналған аймақтар

### Алынған нәтижелер

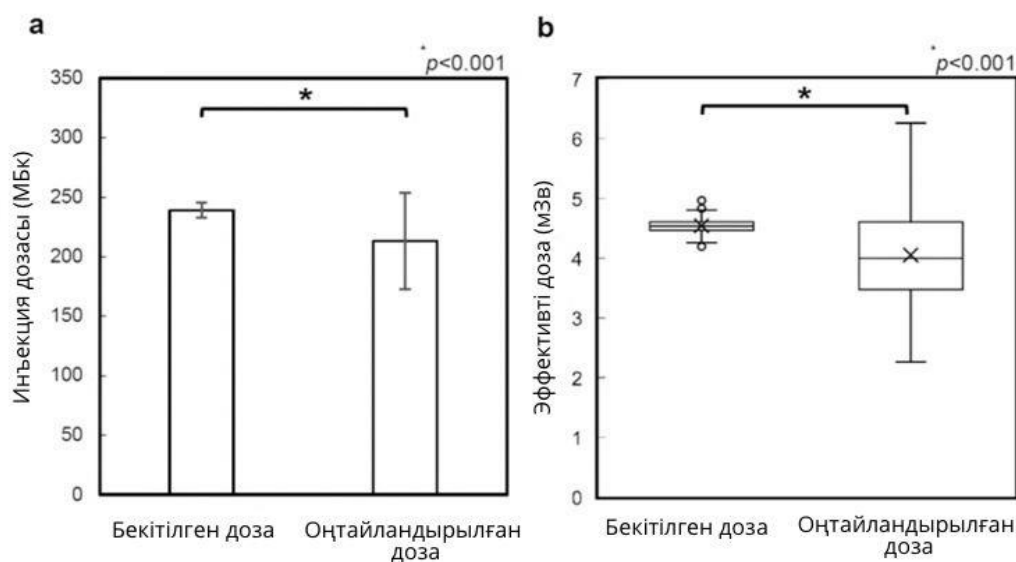
Инъекция дозасын оңтайландырған және онсыз пациенттердің сипаттамалары 1 кестеде келтірілген. Науқастардың корреляция коэффициенттерін есептеу кезінде дене салмағы мен  $NEC_{\text{тығыздығының}}$  логарифмі арасында тұрақты дозада ( $r = -0,864$ ,  $p < 0,001$ ) және оңтайландырылған дозада ( $r = -0,889$ ,  $p < 0,001$ ) статистикалық күшті теріс корреляция байқалды. BMI мен  $NEC_{\text{тығыздығының}}$  логарифмі арасында тұрақты дозада ( $r = -0,862$ ,  $p < 0,001$ ) және оңтайландырылған дозада ( $r = -0,877$ ,  $p < 0,001$ ) ұқсас корреляция байқалды.



Сурет 2. Дене салмағының және дене салмағының индексінің санаудың шу эквивалентті тығыздығымен корреляциясы

Дене салмағы, дене салмағының индексі (BMI) және эквивалентті шу санының тығыздығының логарифмі ( $NEC_{\text{тығыздық}}$ ) арасындағы байланыс науқастың корреляция коэффициенті арқылы бағаланды. а инъекция дозасын оңтайландырусыз дене салмағы мен  $NEC_{\text{тығыздығының}}$  логарифмі арасындағы корреляция; б Инъекция дозасын оңтайландыру кезінде дене салмағы мен  $NEC_{\text{тығыздығының}}$  логарифмі арасындағы корреляция; сBMI мен  $NEC_{\text{тығыздығының}}$  логарифмі арасындағы корреляция инъекция дозасын оңтайландырусыз; d инъекция дозасын оңтайландыру кезінде BMI мен  $NEC_{\text{тығыздығының}}$  логарифмі арасындағы корреляция.

Инъекция дозасы және дене салмағына байланысты дозаны оңтайландыратын және онсыз тиімді доза суретте көрсетілген. 3. Дене салмағына байланысты инъекция дозасын оңтайландыру тиімді дозаны 11%-ға,  $4,54 \pm 0,1$ -ден  $4,05 \pm 0,8$  мЗв-ға дейін айтарлықтай төмендетті. Статистикалық маңызды айырмашылық Манн-Уитнидің U сынағы арқылы көрсетілді ( $p < 0,001$ ).  $NEC_{\text{тығыздығы}}$  бойынша бағаланған кескін сапасы 10%-ға айтарлықтай жақсарды,  $0,39 \pm 0,1$ -ден  $0,43 \pm 0,2$ -ге дейін ( $p < 0,001$ )[10-11].



Сурет 3. Инъекция дозасы және дене салмағына негізделген дозаны оңтайландырумен және онсыз тиімді доза. Манн-Уитнидің U-сынағы жүргізілді, статистикалық маңыздылығы  $p < 0,05$  деңгейінде белгіленді. а инъекцияға арналған доза; б тиімді доза

2-ші кестеде дене салмағының төрт тобындағы науқастардың сипаттамаларын көрсетеді. Әр топқа келетін болсақ, пациенттердің орташа дене салмағы мен BMI дозаны оңтайландырумен және онсыз айтарлықтай ерекшеленбеді. Инъекциялық дозаға келетін болсақ, Манн-Уитни U критерийі бойынша 1, 2 және 3 топтарда оңтайландыру статистикалық маңызды төмендеуді көрсетті ( $p < 0,001$ ). Алайда статистикалық маңызды өсім 4-ші топта көрсетілді ( $p < 0,001$ ).

Кесте 2 – Дозаны оңтайландыруға дейінгі және кейінгі 1,2,3,4-топтағы науқастардың сипаттамалары

1-топ ( $\leq 49$ кг)	Дейін	Кейін	статистикалықталдау
	( $n = 100$ )	( $n = 130$ )	$p$ -белгі
Денесалмағы (кг)	44,8 ± 3,9	45,0 ± 3,6	НС
		(34–49)	
BMI (кг/м <sup>2</sup> )	18,9 ± 1,9	18,7 ± 2,0	НС
		(14,7–23,8)	
Инъекциялық доза (МВq)	239,3 ± 7,0	160,9 ± 13,5	< 0,001
	(223,5–252,3)	(118,9–182,3)	
Доза/салмағы (МБк/кг)	5,36 ± 0,54	3,58 ± 0,07	< 0,001
	(4,61–7,38)	(3,41–4,00)	
Тиімді доза(мЗв)	4,52 ± 0,1	3,06 ± 0,3	< 0,001
	(4,25–4,79)	(3,06–3,47)	
2-топ (50–59 кг)	Дейін	Кейін	Статистикалықталдау
	( $n=174$ )	( $n=208$ )	$p$ -белгі
Денесалмағы (кг)	55.0±2.8	54.5±2.9	NS
	(50–59)	(50–59)	NS
	21.2±2.0	21.4±2.1	
BMI (кг/м <sup>2</sup> )	(16.4–27.2)	(16.7–27.6)	
	238.8±5.9	197.7±12.0	<0.001
Инъекциялық доза (МВq)	(220.5–260.6)	(174.1–235.3)	
	4.35±0.25	3.62±0.08	<0.001
Доза/салмағы (МБк/кг)	(3.88–5.11)	(3.34–4.06)	
Тиімді доза(мЗв)	4.54±0.1	3.76±0.2	<0.001
	(4.19–4.95)	(3.31–4.47)	
3-топ (60–69 кг)	Дейін	Кейін	статистикалықталдау
	( $n=240$ )	( $n=148$ )	$p$ -белгі
Дене салмағы (кг)	64.4±2.9	63.9±2.7	
	(60–69)	(60–69)	NS
	23.6±2.0	23.9±2.0	
BMI (кг/м <sup>2</sup> )	(18.9–29.8)	(18.9–30.5)	
	239.3±7.0	232.2±10.5	<0.001

Инъекциялық доза (МВq)	(222.5–261.6)	(212.6–259.1)	
	3.73±0.19	3.64±0.07	<0.001
Доза/салмағы (МБк/кг)	(3.29–4.16)	(3.39–3.93)	
Тиімді доза(мЗв)	4.55±0.1	4.41±0.2	<0.001
	(4.23–4.97)	(4.04–4.92)	
4-топ (≥ 70 кг)	Дейін	Кейін	статистикалық талдау
	(n=110)	(n=121)	p-белгі
Дене салмағы (кг)	74.1±3.9	74.6±4.4	NS
	(70–87) 26.0±2.7	(70–88) 26.3±2.4	NS
BMI (кг/м <sup>2</sup> )	(20.9–36.5)	(22.3–36.8)	
	239.6±6.0	272.5±17.6	<0.001
Инъекциялық доза (МВq)	(223.5–261.3)	(242.0–329.5)	
	3.24±0.17	3.65±0.06	<0.001
Доза/салмағы (МБк/кг)	(2.70–3.60)	(3.43–3.80)	
Тиімді доза(мЗв)	4.55±0.1	5.18±0.3	<0.001
	(4.25–4.96)	(4.60–6.26)	

Sfphantom қажеттілікті есептеу үшін пайдаланылған кезде, төмен салмақ тобында қажеттілікті жете бағаламау және жоғары салмақ тобында асыра бағалау ықтималдығы жоғары. Сондықтан қажеттілікті есептеу үшін SFpatient қолданылуы керек. Бұл нәтижелерді Хосокава және басқалар ұсынды, фантомды қолдану арқылы алынған және Монте-Карлодағы модельдеу арқылы әр пәннен алынған SF арасындағы сәйкессіздікті күтті [12].

Біз DRLs 2020 тұжырымдамасына негізделген сәулелену дозасын төмендетумен қатар, дозаны оңтайландырудың кескін сапасын жақсартуға әсерін зерттедік. Нәтижелер дозаны дене салмағына қарай реттеу сәулелену дозасының 11%-ға төмендеуіне және кескін сапасының 10%-ға жақсаруына ықпал еткенін көрсетті. Дене салмағына негізделген инъекция дозасын оңтайландыру жағдайлардың 74%. дозаны азайтты және қажеттілік 0,2-ден төмен деңгейге дейін төмендеген жағдайлар болған жоқ, бұл нұсқаулықта қарастырылған төменгі шек. Сондықтан Жапониядағы DRLs 2020 көрмесінде ұсынылған дене салмағына негізделген инъекция дозасын оңтайландыру кескін сапасы тұрғысынан пайдалы деп айта аламыз.

Бекітілген және оңтайландырылған топтар үшін инъекцияның нақты дозалары кейбір ауытқулармен бөлінді. Белгіленген дозалар тобы үшін инъекция дозаларының стандартты ауытқуы 6,3 Мбк, жоспарланған 240 Мбк инъекция дозасының 2,6%.



Керісінше, оңтайландырылған дозалар тобы үшін инъекция дозаларының стандартты ауытқуы 0,08 Мбк/кг құрады, бұл дене салмағына шаққанда 3,7 Мбк/кг шед - улед инъекция дозаларының 2,2% құрады. Тиімді доза мен қажеттілік әр жағдай үшін инъекцияның нақты дозасын қолдану арқылы есептелгендіктен, инъекциялық дозалардың ауытқуы тиімді доза мен қажеттілік нәтижелеріне әсер етпейді [13-16].

Бұл зерттеуде біз инъекция дозасын оңтайландыру үшін дене салмағының 3,7 Мбк/кг қолдандық. Бұл мән Жапонияда DRLs 2020-да ұсынылған қол жеткізуге болатын доза (AD) болып табылады. 50-ші процентильді құрайтын AD Америка құрама штаттарындағы Drl-де эталондық деңгейге жеткен нысандар үшін ұсынылатын мақсатты мән болып табылады. Біздің *sur-gent* зерттеуіміздің нәтижелері Жапониядағы Drl-ді болашақта қайта қарауға ықпал етуі мүмкін.

Қазіргі зерттеудің кейбір шектеулері бар. Инъекция дозасын оңтайландыру кескін сапасы мен сәулелену дозасы бойынша 4-топқа жіктелген субъектілер үшін пайдалы болмады. Дене салмағы жоғары емделушілерге инъекция дозасын түзетудің орнына сатып алу уақытын ұзарту арқылы кескін сапасы жақсарады деп күтілуде. Сонымен қатар, біз дозаны оңтайландырудың үй жануарларының суреттерін визуалды бағалауға әсерін зерттеген жоқпыз. Дәрігерлердің суреттерді түсіндіруін болашақта зерттеу керек [18].

## Қорытынды

Дене салмағына байланысты инъекция дозасын оңтайландыру алғаш рет Жапонияда DRLs 2020 көрмесінде ұсынылды. Біздің етроспективті зерттеуіміз үй жануарларының FDG кескін сапасының индексі ретінде қажеттілікті пайдалана отырып, дозаны оңтайландырудың бұл әдісі, әсіресе салмағы 50-ден 69 кг-ға дейінгі пациенттер үшін кескін сапасын жақсартуға және сәулеленуді азайтуға мүмкіндік беретінін көрсетті. Бұл жағдайларда дене салмағына негізделген инъекцияның оңтайландырылған дозасы FDG ПЭТ-тағы белгіленген дозадан жоғары болады.

## Авторлардың қосқан үлесі

**Абдуалиев Б.Б.** – мәтін жазу және оның мазмұнын сыни тұрғыдан қарау, зерттеу нәтижелерін жинау, талдау, зерттеу жұмысын жүргізу.

**Абуова Ф.У.** – деректердің дұрыстығына, мақаланың барлық бөліктерінің тұтастығына байланысты мәселелерді реттеу, жариялау үшін мақаланың соңғы нұсқасын бекіту.

**Сатанова Б.М.** – идея қалыптастыру, негізгі мақсаттар мен идеяларды дамыту, мақаланың рәсімделуіне үлес.

**Абуова А.У.** – зерттеулер жүргізу, деректерді және дәлелдемелерді жинау талдау және алынған деректерді түсіндіру.

**Кабдрахимова Г.Д.** – зерттеу нәтижелеріне статистикалық талдау жүргізу.

### Әдебиеттер тізімі

1. Ильин Л.А., Коренков И.П., Наркевич Б.Я. Радиационная гигиена. – Москва: ГЕОТАР-Медиа, 2019 – **кітап**
2. Ильин Л.А. Радиационная медицина. Руководство для врачей-исследователей, организаторов здравоохранения и специалистов по радиационной гигиене. Том I. Теоретические основы радиационной медицины. – Москва: ИздаТ, 2004 – **кітап**
3. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных. – Москва: Высшая школа, 2004 – **кітап**
4. Ильин Л.А., ред. Глобальные и аварийные выпадения  $^{137}\text{Cs}$   $^{90}\text{Sr}$ . – Москва: Медицина, 2008 – **кітап**
5. Коренков И.П., Лашенцова Т.Н., Шандала Н.К., Соболев А.И. Защита окружающей среды при эксплуатации и выводе из эксплуатации радиационно опасных объектов. – Москва: Бином, 2014 – **кітап**
6. Шандала Н.К., Исаев Д.В., Титов А.В., Шалыгин В.В., Бельских Ю.С., Старинский В.Г. Радиационное обследование судостроительных предприятий, участвующих в выводе из эксплуатации и демонтаже атомных судов//Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2019. - № 5. – С. 9–14. <https://doi.org/10.12737/1024-2019-64-5-9-14> - **журнал мақаласы**
7. Ильин Л.А., Губанов В.А., ред. Радиационные аварии. – Москва, 2001 – **кітап**
8. Чипига Л.А. Оптимизация радиационной защиты пациентов при диагностических исследованиях с использованием позитронно-эмиссионной томографии: – Санкт-Петербург, 2018 – **кітап**
9. Балонов М.И. Научные основы радиационной защиты в современной медицине. – Санкт-Петербург, 2019 – **кітап**
10. Balonov M.I., Golikov V.Yu., Kalnitsky S.A., Chipiga L.A., Sarycheva S.S., Shatskiy I.G., et al. Russian practical guidance on radiological support for justification of X-ray and nuclear medicine examinations. Rad. Prot. Dosim. 2015; 165(1–4): 39–42. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncv127> - ағылшын тіліндегі журнал мақаласы
11. Zvonova I., Chipiga L., Balonov M., Ermolina E. Nuclear Medicine Examinations of Children in Russia. Rad. Prot. Dosim. 2015; 165(1-4): 216–9. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncv101>
12. Балонов М.И., Голиков В.Ю., Звонова И.А., Калницкий С.А., Репин В.С., Сарычева С.С. и др. Современные уровни медицинского радиационного воздействия в России//Радиационная гигиена – 2015. -№8(3). - С. 67–79. - **орыс тіліндегі журнал мақаласы**
13. Звонова И.А., Чипига Л.А., Балонов М.И., Сухов В.Ю. Радионуклидная диагностика в Санкт-Петербурге: современное состояние и проблемы развития// Радиационная гигиена – 2015. - №8(4). – С. 32–41. - **орыс тіліндегі журнал мақаласы**
14. Chipiga L., Bernhardsson C. Patient doses in computed tomography examinations in two regions of the Russian Federation. Rad. Prot. Dosim. 2016; 169(1–4): 240–4. **ағылшын тіліндегі журнал мақаласы**
15. Chipiga L., Sydoff M., Zvonova I., Bernhardsson C. Investigation of partial volume effect in different PET/CT systems: a comparison of results using the MADEIRA phantom and the NEMA NU-2 2001 phantom. Rad. Prot. Dosim. 2016; 169(1-4): 365–70. **-ағылшын тіліндегі журнал мақаласы**
16. Чипига Л.А., Голиков В.Ю., Шлеенкова Е.Н., Поздняков А.В. Оценка коэффициентов перехода от произведения дозы на длину сканирования к эффективной дозе для КТ всего тела с использованием фантомов//Медицинская физика -2016. - №72(3).- С. 55–62. - **орыс тіліндегі журнал мақаласы**

17. Водоватов А.В., Голиков В.Ю., Калницкий С.А., Шацкий И.Г., Чипига Л.А. Анализ уровней радиационного воздействия на взрослых пациентов при наиболее распространенных рентгенологических исследованиях в Российской Федерации в 2009–2014 гг.//Радиационная гигиена- 2017. - №10(3). С. 66–75. <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2017-10-3-66-75> - **орыс тіліндегі журнал мақаласы**

18. Kassym Zhumadilov, Alima Amangeldina, Valerii Stepanenko, Masaharu Hoshi , Comparative study of dose for different fluence of neutron , BULLETIN OF THE L.N. GUMILYOV EURASIAN NATIONAL UNIVERSITY. PHYSICS. ASTRONOMY SERIES: Vol. 146 No. 1 (2024) – **ағылшын тіліндегі журнал мақаласы**

**Б.Б.Абдуалиев<sup>1</sup>, Б.М.Сатанова\*<sup>1</sup>, Ф.У.Абуова<sup>1</sup>, А.У.Абуова<sup>1</sup>, Г.Д.Кабдрахимова<sup>1</sup>**  
<sup>1</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

### **Оптимизация инъекционной дозы пэт/кт 18f-fdg для ядерной медицины в Казахстане на основе национальных диагностических эталонных уровней 2024 года**

**Аннотация.** Использование 18F-2-фтор-2-дезоксид-глюкозы (18F-FDG) (ПЭТ/КТ) полезно для функциональной диагностики неопластических поражений, определения стадии рака и выявления метастазов. В последнее время становится все более важным контролировать эффективное лучевое воздействие на пациента без ухудшения качества изображения из-за увеличения количества процедур ПЭТ/КТ. Сегодня широко применяются современные медицинские радиационные технологии, в том числе с применением радиофармпрепаратов. Следует отметить, что сами эти технологии претерпели значительную эволюцию в направлении повышения радиационной безопасности. Но если радиационные технологии постоянно совершенствуются, то подходы в области контроля и регулирования деятельности источниками ионизирующего излучения сохраняют высокую степень консерватизма. В данной работе обоснованы пути совершенствования вопросов нормирования и регулирования деятельности при использовании источников ионизирующего излучения. Цель исследования - проведение радиационно-гигиенической оценки условий труда в ПЭТ-центрах и выработка предложений по совершенствованию регуляторных требований с учетом особенностей современных технологий.

**Ключевые слова:** радиационные технологии; источник ионизирующего излучения; ПЭТ-КТ; изотопная лаборатория; эффективная доза; эквивалентная доза; радиофармпрепарат.

**В.В.Абдуалиев<sup>1</sup>, В.М.Сатанова\*<sup>1</sup>, Ф.У.Абуова<sup>1</sup>, А.У.Абуова<sup>1</sup>, Г.Д.Кабдрахимова<sup>1</sup>**  
<sup>1</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

### **Optimization of the injection dose of PET/CT 18F-FDG for nuclear medicine in Kazakhstan based on the national diagnostic reference levels of 2024**

**Annotation.** The use of 18F-2-fluoro-2-deoxy-D-glucose (18 F-FDG) (PET/CT) is useful for the functional diagnosis of neoplastic lesions, determining the stage of cancer and detecting metastases. Recently, it has become increasingly important to monitor effective radiation exposure to the patient

without compromising image quality due to an increase in the number of PET/CT procedures. Modern medical radiation technologies, including the use of radiopharmaceuticals, are widely used today. It should be noted that these technologies themselves have undergone significant evolution in the direction of improving radiation safety. But if radiation technologies are constantly being improved, the approaches in the field of control and regulation of activities with ionizing radiation sources retain a high degree of conservatism. In this paper, the ways to improve the issues of standardization and regulation of activities in the use of ionizing radiation sources are substantiated. The purpose of the study is to conduct a radiation-hygienic assessment of working conditions in PET centers and develop proposals for improving regulatory requirements, taking into account the features of modern technologies.

**Keywords:** radiation technologies; ionizing radiation source; PET-CT; isotope laboratory; effective dose; equivalent dose; radiopharmaceutical.

## References

1. Il'in L.A., Korenkov I.P., Narkevich B.Ya. Radiation Hygiene [Radiatsionnaya gigiena]. Moscow: GEOTAR-Media; 2019. [in Russian]
2. Il'in L.A., ed. Radiation Medicine. A Guide for Physicians, Researchers and Healthcare Professionals and Specialists in Radiation Hygiene. Volume I. Theoretical Foundations of Radiation Medicine [Radiatsionnaya meditsina. Rukovodstvo dlya vrachey-issledovateley organizatorov zdravookhraneniya i spetsialistov po radiatsionnoy gigiene. Tom I. Teoreticheskie osnovy radiatsionnoy meditsiny]. Moscow: IZdaT; 2004. [in Russian]
3. Yarmonenko S.P., Vaynson A.A. Radiobiology of Man and Animals [Radiobiologiya cheloveka i zhivotnykh]. Moscow: Vysshaya shkola; 2004. [in Russian]
4. Il'in L.A., ed. Global and Emergency Fallout 137Cs 90Sr [Global'nye i avariynye vypadeniya 137Cs 90Sr]. Moscow: Meditsina; 2008. [in Russian]
5. Korenkov I.P., Lashchenova T.N., Shandala N.K., Sobolev A.I. Environmental Protection During Operation and Decommissioning of Radiation Hazardous Facilities [Zashchita okruzhayushchey sredy pri ekspluatatsii i vyvode iz ekspluatatsii radiatsionno opasnykh ob'ektov]. Moscow: Binom; 2014. [in Russian]
6. Shandala N.K., Isaev D.V., Titov A.V., Shalygin V.V., Bel'skikh Yu.S., Starinskiy V.G. Radiobiological Survey of the Shipyards Involved in Decommissioning and Dismantlement of Nuclear Ships. Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost'. 2019; (5): 9–14. <https://doi.org/10.12737/1024-2019-64-5-9-14> [in Russian]
7. Il'in L.A., Gubanov V.A., eds. Radiation Accidents [Radiatsionnye avarii]. Moscow: 2001. [in Russian]
8. Chipiga L.A. Optimization of radiation protection of patients during diagnostic studies using positron emission tomography: Diss. St. Petersburg; 2018. [in Russian]
9. Balonov M.I., ed. Scientific bases of radiation protection in modern medicine. St. Petersburg; 2019. [in Russian]
10. Balonov M.I., Golikov V.Yu., Kalnitsky S.A., Chipiga L.A., Sarycheva S.S., Shatskiy I.G., et al. Russian practical guidance on radiological support for justification of X-ray and nuclear medicine examinations. Rad. Prot. Dosim. 2015; 165(1–4): 39–42. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncv127>
11. Zvonova I., Chipiga L., Balonov M., Ermolina E. Nuclear Medicine Examinations of Children in Russia. Rad. Prot. Dosim. 2015; 165(1–4): 216–9. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncv101>

12. Balonov M.I., Golikov V.Yu., Zvonova I.A., Kal'nitskiy S.A., Repin V.S., Sarycheva S.S., et al. Modern levels of medical radiation exposure in Russia. *Radiatsionnaya gigiena*. 2015; 8(3): 67–79. [in Russian]
13. Zvonova I.A., Chipiga L.A., Balonov M.I., Sukhov V.Yu. Radionuclide diagnostics in Saint Petersburg: current state and development problems. *Radiatsionnaya gigiena*. 2015; 8(4): 32–41. ([in Russian]
14. Chipiga L., Bernhardsson C. Patient doses in computed tomography examinations in two regions of the Russian Federation. *Rad. Prot. Dosim.* 2016; 169(1–4): 240–4.
15. Chipiga L., Sydoff M., Zvonova I., Bernhardsson C. Investigation of partial volume effect in different PET/CT systems: a comparison of results using the MADEIRA phantom and the NEMA NU-2 2001 phantom. *Rad. Prot. Dosim.* 2016; 169(1-4): 365–70.
16. Chipiga L.A., Golikov V.Yu., Shleenkova E.N., Pozdnyakov A.V. Estimation of transition coefficients from the product of the dose per scan length to the effective dose for whole-body CT by phantom experiments. *Meditinskaya fizika*. 2016; 72(3): 55–62. [in Russian]
17. Vodovatov A.V., Golikov V.Yu., Kal'nitskiy S.A., Shatskiy I.G., Chipiga L.A. Analysis of radiation levels of adult patients during the most common radiographic studies in the Russian Federation in 2009–2014. *Radiatsionnaya gigiena*. 2017; 10(3): 66–75. <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2017-10-3-66-75> [in Russian]
18. Kassym Zhumadilov, Alima Amangeldina, Valerii Stepanenko, Masaharu Hoshi, Comparative study of dose for different fluence of neutron, *BULLETIN OF THE L.N. GUMILYOV EURASIAN NATIONAL UNIVERSITY. PHYSICS. ASTRONOMY SERIES: Vol. 146 No. 1 (2024)*

#### **Авторлар туралы мәліметтер:**

**Абдуалиев Б.Б.** – 2 курс магистранты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан көш., 13, Астана, Қазақстан.

**Сатанова Б.М.** – хат-хабар авторы, PhD, оқытушы Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан көш., 13, Астана, Қазақстан

**Абуова Ф.У.** – PhD, доцент, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан көш., 13, Астана, Қазақстан

**Абуова А.У.** – PhD, доцент, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан көш., 13, Астана, Қазақстан

**Кабдрахимова Г.Д.** – PhD, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің доцент м.а., Қажымұқан көш., 13, Астана, Қазақстан

#### **Information about authors:**

**Abdualiyev B.** – Master's student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 13 Kazhymukan str., Astana, Kazakhstan.

**Satanova B.** – corresponding author, PhD, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 13 Kazhymukan str., Astana, Kazakhstan

**Abuova F.** – PhD, Associate Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 13 Kazhymukan str., Astana, Kazakhstan

**Abuova A.** – PhD, Associate Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 13 Kazhymukan str., Astana, Kazakhstan

**Kabdrakhimova G.D.** – PhD, acting associate professor, L. N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan

#### **Сведения об авторах:**

**Абдуалиев Б.Б.** – магистрант, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Астана, Казахстан.

**Сатанова Б.М.** – автор для корреспонденции, PhD, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Астана, Казахстан.

**Абуова Ф.У.** – PhD, доцент, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Астана, Казахстан.

**Абуова А.У.** – PhD, доцент, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Астана, Казахстан.

**Кабдрахимова Г.Д.** – PhD, и.о. доцента, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Астана, Казахстан.



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).