ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ РАДИОНУКЛИДНЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОСТЕОСЦИНТИГРАФИИ

Н.А.Максимова*, В.Г.Карпун, М.А.Арзамасцева, М.Г.Ильченко, О.С.Шлык

ФГБУ «НМИЦ онкологии» Минздрава России, 344037, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, ул. 14-я линия, д. 63

РЕЗЮМЕ

Цель исследования. Определение максимально возможного числа качественных радионуклидных исследований по дням срока эксплуатации генератора.

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели изучались факторы, влияющие на пропускную способность радионуклидных диагностических исследований остеосцинтиграфии (ОСГ) по дням срока эксплуатации генератора ^{99m}Tc типа ГТ-4К (генератор). Рассчитывалась пропускная способность ОСГ, необходимый ресурс ^{99m}Tc и эффективность его использования при проведении ОСГ. Определялись оптимальные дни поставки генератора. Для проведения ОСГ применялся радиофармацевтический препарат «Пирфотех, ^{99m}Tc » (РФП), приготовление которого обеспечивалось с помощью генератора.

Сканирование, получение данных и обработка результатов осуществлялась на гамма-камерах систем e.cam Signature Series, Symbia T16 "Siemens, syngo M1 Applications VB10 "Siemens".

Обработка показателей параметров радиоактивности ^{99m}Tc осуществлялась математическими методами с помощью программы Excel.

Результаты. Выделены специфические факторы, влияющие на пропускную способность ОСГ: 1) трехчасовое накопление РФП после введения его пациенту; 2) активность генератора по дням эксплуатации генератора; 3) день недели поставки генератора. Рассчитаны количественные показатели максимально возможной пропускной способности ОСГ в период эксплуатации генератора (максимальное число ОСГ по дням эксплуатации, суммарная пропускная способность, предпочтительный день недели поставки генератора).

Закключение. Наиболее значимыми факторами оптимального планирования ОСГ по дням срока эксплуатации генератора являются технические характеристики генератора, количество и периодичность поставки генератора, обеспеченность гамма-камерами.

Таким образом, описанная нами методика планирования проведения диагностических процедур может быть полезной для эффективного использования генераторной системы, что обеспечивает получение максимального количества качественных РФП из элюата генератора и способствует объективизации онкологического процесса с целью выбора тактики лечения.

Ключевые слова:

радионуклидные исследования, остеосцинтиграфия, генератор ^{99m}Tc , радиофармпрепарат, планирование ОСГ, пирфотех, пропускная способность.

Для корреспонденции:

Максимова Наталья Александровна – д.м.н., профессор, заведующая радиоизотопной лабораторией с группой УЗИ диагностики ФГБУ «НМИЦ онкологии» Минздрава России, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация.

Адрес: 344037, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, ул. 14-я линия, д. 63

E-mail: maximovanataly@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0400-0302>

SPIN: 1785-9046, AuthorID: 375005

ResearcherID: AAT-9775-2020

Scopus Author ID: 57211495326

Информация о финансировании: финансирование данной работы не проводилось.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования:

Максимова Н.А., Карпун В.Г., Арзамасцева М.А., Ильченко М.Г., Шлык О.С. Оптимизация планирования радионуклидных диагностических исследований при проведении остеосцинтиграфии. Южно-Российский онкологический журнал. 2021; 2(1): 6-13.
<https://doi.org/10.37748/2686-9039-2021-2-1-1>

Получено 16.11.2020, Рецензия (1) 23.12.2020, Рецензия (2) 19.01.2021, Опубликовано 29.03.2021

OPTIMIZATION OF PLANNING RADIONUCLIDE DIAGNOSTIC TESTS IN OSTEOSCINTIGRAPHY

N.A.Maksimova*, V.G.Karpun, M.A.Arzamastseva, M.G.Ilchenko, O.S.Shlyk

National Medical Research Centre for Oncology of the Ministry of Health of Russia, 63 14 line str., Rostov-on-Don 344037, Russian Federation

ABSTRACT

Purpose of the study. Determining maximum possible number of high-quality radionuclide studies by days of the generator operation.

Materials and methods. We studied the factors influencing the capacity of radionuclide diagnostic tests in osteoscintigraphy (OSG) by days of service life of a ^{99m}Tc generator GT-4K. The OSG capacity, the required resource of ^{99m}Tc and its efficiency in OSG were calculated. The optimal days for the generator delivery were determined.

The Pirfotech ^{99m}Tc radiopharmaceutical (RFP) prepared with the generator was used for OSG.

Scanning, data collection and processing of results were carried out on gamma-cameras of the systems Signature Series, Symbia T16 Siemens, and syngo M1 Applications VB10 Siemens.

Parameters of the radioactivity of ^{99m}Tc were processed by mathematical methods using the Excel program.

Results. We revealed specific factors influencing the OSG capacity: 1) three-hour accumulation of RFP after its administration to the patient; 2) generator activity by days of its operation; 3) the day of the week of the generator delivery. We calculated quantitative indicators of the maximum possible OSG capacity during the generator operation (maximum number of OSG procedures by days of operation, total capacity, preferred day of the week for the generator delivery).

Conclusion. The most significant factors in optimal OSG planning by days of the generator operation are the generator specifications, quantity and frequency of generator supply, provision of gamma-cameras.

The described technique for scheduling diagnostic procedures can be useful for the efficient use of the generator system which ensures the maximum amount of high-quality RFP from the generator eluate and contributes to the objectification of the cancer process in order to choose the treatment tactics.

Keywords:

radionuclide research, osteoscintigraphy, generator ^{99m}Tc , radiopharmaceutical, OSG planning, pirfotech, capacity.

For correspondence:

Natalya A. Maksimova – Dr. Sci. (Med.), professor, head of the radioisotope laboratory with the ultrasound diagnostics group National Medical Research Centre for Oncology of the Ministry of Health of Russia.

Address: 63 14 line str., Rostov-on-Don 344037, Russian Federation

E-mail: maximovanatalya@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0400-0302>

SPIN: 1785-9046, AuthorID: 375005

ResearcherID: AAT-9775-2020

Scopus Author ID: 57211495326

Information about funding: no funding of this work has been held.

Conflict of interest: authors report no conflict of interest.

For citation:

Maksimova N.A., Karpun V.G., Arzamastseva M.A., Ilchenko M.G., Shlyk O.S. Optimization of planning radionuclide diagnostic tests in osteoscintigraphy. South Russian Journal of Cancer. 2021; 2(1): 6-13. <https://doi.org/10.37748/2686-9039-2021-2-1-1>

АКТУАЛЬНОСТЬ

Обследование онкологических больных носит исключительно комплексный характер, включающий в себя лучевые, эндоскопические и различные лабораторные методы исследования [1]. Современная диагностика метастатического поражения костей скелета имеет большое значение для выбора метода лечения и прогноза при многих злокачественных новообразованиях, таких локализаций как: молочной железы, предстательной железы, щитовидной железы, легких, почек, желудка, пищевода, кишечника [2–5]. Среди существующих методов лучевой диагностики костных метастазов приоритетное положение занимает остеосцинтиграфия (ОСГ) [6].

ОСГ — метод радионуклидной диагностики, основанный на введении в организм пациента тропного к костной ткани радиофармпрепарата (РФП) и последующей регистрации его распределения

Рис. 1. На остеосцинтиграмме определяются множественные очаги патологической гиперфиксации РФП (остеобластное метастатическое поражение костей скелета при раке предстательной железы).

и накопления в скелете с помощью гамма-камер. ОСГ не только характеризуется высокой чувствительностью, но и позволяет сканировать весь скелет, что невозможно при использовании других более специфичных методов исследования (рис. 1).

Спиральная компьютерная томография также используется для диагностики метастазов в кости. Обладая высокой специфичностью, она, однако, не обеспечивает ранней диагностики поражения [7].

Эмиссионная томография (остеосцинтиграфия) всего тела остается одним из наиболее востребованных методов радионуклидной диагностики. По нашим данным ОСГ стабильно составляет более 80% от общего количества радиоизотопных исследований. Так, в 2017 году в радиоизотопной лаборатории с группой ультразвуковой диагностики на базе ФГБУ «Национального медицинского исследовательского центра онкологии» было выполнено 2057 радионуклидных исследований, из них 89% (1837) составляет эмиссионная томография скелета, в 2018 г. было проведено 2255, из них 86% (1928) — эмиссионная томография скелета, в 2019 г. было проведено 2394, из них ОСГ 88% (2110). На качество получаемой информации и пропускную способность влияет активность РФП: повышение активности, с целью уменьшения времени сканирования для увеличения пропускной способности, увеличивает дозовую нагрузку пациента [6]. Уменьшение активности, с целью увеличения числа ОСГ (РФП распределяется на большее число пациентов), уменьшает качество изображения, влияет на достоверность заключения. Показатель времени сканирования влияет на качество получаемой информации, пропускную способность, а также зависит от состояния пациента. Фактор радиоактивности РФП неизбежно влияет на планирование ОСГ. При наличии низкой активности РФП, невозможно планировать большое число ОСГ, т. к. в таких случаях не будут соблюдаться технологические возможности и, получаемая информация при сканировании будет низкого качества; увеличение времени сканирования снижает пропускную способность.

Высокая потребность в ОСГ требует оптимизации планирования исследований с максимальным использованием ресурса генератора по дням эксплуатации с учетом показателя активности РФП, времени сканирования.

Цель исследования. Определение максимально возможного числа качественных радионуклидных исследований по дням срока эксплуатации генератора.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения ОСГ применялся РФП «Пирфотех, ^{99m}Tc », приготовление которого обеспечивалось с помощью генератора ^{99m}Tc типа ГТ-4К.

Генератор технеция-99м типа ГТ-4К представляет собой устройство, содержащее сорбент молибдена-99 с периодом полураспада 66,02 часа в форме молибдена аммония $(\text{NH}_4)_2(\text{MoO}_4)$ и предназначен для многократного получения стерильного раствора пертехнитата натрия с технецием-99м (элюата) [9].

Расчет общей активности элюата (ресурс генератора) на дату проведения проводился по формуле радиоактивного распада материнского изотопа ^{99}Mo :

$$A = A_0 \cdot 2^{-(t/T_{1/2})},$$

где A — общая активность элюата на день t , ГБк;

A_0 — активность начальная на день поставки по паспорту на генератор и время (8:00 ч) начала эксплуатации генератора, ГБк;

t — время, прошедшее после начала эксплуатации генератора на день и время начала смены, час.;

$T_{1/2}$ — период полураспада молибдена-99, равен 66,02 часа.

Схема радиоактивных превращений описывается следующей схемой:

^{99}Mo ($T_{1/2}=66,02$ ч) $\rightarrow \beta$ -(86,3%) $\rightarrow ^{99m}\text{Tc}$ ($T_{1/2}=6,01$ ч) $\rightarrow \gamma$ (140 кэВ, 89,6%) $\rightarrow \dots$

В результате бета-минус распада образуется новый изотоп — ^{99m}Tc с периодом полураспада 6,01 ч. Максимальная активность ^{99m}Tc достигается через 23 часа, что обеспечивает возможность ежесуточного получения изотопа ^{99m}Tc .

Активность радионуклида (радиоактивного вещества) ^{99m}Tc оценивалась производной единицей

СИ — Беккерель. В расчетах для удобства пользовались кратной единицей гигабеккерель — ГБк (1 ГБк = 10^9 Бк) [11].

Обработка показателей процесса ОСГ осуществлялась математическими методами с помощью программы Excel.

ОСГ проводились на гамма-камерах систем e.cam Signature Series, Symbia T16 “Siemens, syngo M1 Applications VB10 “Siemens” в несколько этапов.

Первым этапом пациенту внутривенно вводят РФП, далее, через 3 часа после введения РФП, проводится планарное сканирование всего тела, исследование в среднем занимает 20 минут.

Завершающим этапом проводится архивирование и компьютерная обработка полученных результатов [10].

В расчетах и последующем анализе процесса ОСГ нами были систематизированы следующие факторы, влияющие на эффективность планирования, время проведения ОСГ и пропускную способность процесса:

1) ресурс генератора (объемная активность получаемого элюата 5–10 мл) первого дня эксплуатации составляет 11,59 ГБк. Рассчитывается на время начала работы 8:00 от паспортного значения равного 11,00 ГБк на дату и время поставки 13:00;

2) общее время на проведение всех ОСГ в смену составляет 180 мин. Получается путем вычитания из времени продолжительности смены (420 мин) времени подготовки к проведению ОСГ 30 мин, времени накопления, введенного РФП пациенту 180 мин и времени завершения выполнения работ на гамма-камерах в смену 30 мин. 30 минутная подготовка и завершение работы основаны на технических и организационных мероприятиях работы изотопного блока;

Рис. 2. Максимальная пропускная способность при проведении ОСГ на одной гамма-камере и наличии одного генератора.

Рис. 3. Ресурс генератора, в активности (ГБк) получаемого элюата, по дням срока эксплуатации и его расход с учетом технологических возможностей при работе на одной гамма-камере.

Рис. 4. Ресурс генератора, в активности получаемого элюата, по дням срока эксплуатации и его расход с учетом технологических возможностей при работе на двух гамма-камерах с одним генератором.

Рис. 5. Ресурс генератора и его расход при выполнении ОСГ на двух гамма-камерах и одновременной поставке трех генераторов.

3) максимальное число ОСГ в смену равно восьми. Получается делением общего времени ОСГ в смену 180 мин на среднее время сбора данных на одно исследование — 22 мин (складывается из времени укладки/снятия пациента и времени сканирования (время сканирования при росте 170 см и скорости сканирования, обеспечивающей оптимальную экспозицию, составляет около 17,5 мин));

4) необходимая потребность элюата для обеспечения максимальной пропускной способности за смену — 3,2 ГБк. Получается умножением максимального числа ОСГ в смену (8) на активность элюата на одно исследование — 0,4 ГБк (в соответствии с инструкцией по медицинскому применению «препарата Пирфотех, ^{99m}Tc », — 3–6 МБк на 1 кг веса, для взрослого пациента с весом 75 кг принималась равной 0,4 ГБк);

Расчет максимального числа ОСГ в смену производили по следующему алгоритму.

Сначала определяли возможное максимальное число ОСГ на планируемый день путем деления значения ресурса генератора на этот день и время начала работы на значение активности элюата для проведения одного ОСГ (0,4 ГБк). Затем, сравнивали это значение с максимальным числом ОСГ в смену. Если расчетное значение ОСГ больше или равно 8, то за планируемое значение принимали 8, если меньше 8, то расчетное значение округляли вниз и полученную величину принимали за планируемое число ОСГ. Расчет выполняли по всем дням срока эксплуатации генератора. На рис. 2 показаны результаты расчета фактической пропускной способности ОСГ с учетом технологических возможностей в сравнении с максимальной пропускной способностью при использовании всего ресурса генератора, по дням срока эксплуатации генератора при выполнении ОСГ на одной гамма-камере с одним генератором.

Результаты расчетов сводились в таблицу, строились графики показателей процесса ОСГ. Анализировались числовые значения и графическое построение. Пропускная способность возможных ОСГ за все дни гарантированного срока эксплуатации генератора определялась как сумма всех расчетных значений за указанный период.

Зависимость суммарной пропускной способности от дня недели поставки генератора за эксплуатационный период рассчитывалась аналогично описанному выше алгоритму.

Рассматривали следующие варианты процесса проведения ОСГ при заданных условиях:

1. Одна гамма-камера и один генератор;
2. Две гамма-камеры и один генератор;
3. Две гамма-камеры и три одновременно поставленных генератора.

Все пациенты перед исследованием подписывали информированное согласие на проведение исследования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 3–5 показаны результаты расчета ресурса генератора и необходимой потребности элюата для обеспечения максимальной пропускной спо-

собности за смену, в зависимости от количества используемых генераторов и гамма-камер.

Мы видим, что на первой неделе эксплуатации генератора ресурс генератора значительно превосходит необходимую потребность в элюате для обеспечения максимальной пропускной способности при проведении ОСГ, количество которых ограничено технологическими возможностями процесса исследования.

На второй недели срока эксплуатации генератора максимально возможная пропускная способность ограничена только активностью генератора на день проведения исследования, которая нелинейно уменьшается с каждым последующим днем.

В таблице 1 приведены количественные показатели ресурса генератора по дням срока эксплуата-

Таблица 1. Показатели эффективности использования генератора при проведении ОСГ				
Показатель	Единица измерения	1 гамма-камера 1 генератор	2 гамма-камеры 1 генератор	2 гамма-камеры 3 генератора
Ресурс генератора в активности получаемого элюата				
Ресурс генератора за все дни срока эксплуатации	ГБк	50,86	50,86	152,58
Ресурс генератора в первые рабочие пять дней срока эксплуатации	ГБк	37,28	37,28	111,85
Ресурс генератора с 8 по 15 день эксплуатации (только за рабочие дни)	ГБк	6,73	6,73	20,19
Потребности элюата для обеспечения максимально возможной пропускной способности при проведении ОСГ				
Потребность элюата для проведения ОСГ на все дни срока эксплуатации	ГБк	21,20	33,60	50,80
Максимальная потребность элюата для проведения ОСГ в первые рабочие пять дней	ГБк	16,00	28,40	32,00
Потребность элюата для проведения ОСГ с 8 по 15 день эксплуатации (только за рабочие дни)	ГБк	5,2	5,20	18,80
Пропускная способность при проведении ОСГ с учетом технологических возможностей				
Максимально возможное число ОСГ за все рабочие дни срока эксплуатации генератора	единица	53	84	127
Максимально возможное число ОСГ за первые рабочие пять дней	единица	40	71	80
Максимально возможное число ОСГ с 8 по 15 день эксплуатации (только за рабочие дни)	единица	13	13	47
Показатели эффективности использования элюата				
Доля элюата для обеспечения максимальной пропускной способности за все дни срока эксплуатации от ресурса генератора за тот же период	%	41,68	66,07	33,27
Доля элюата для обеспечения максимальной пропускной способности за первые пять дней срока эксплуатации от ресурса генератора за тот же период	%	42,92	76,18	28,61
Доля элюата для обеспечения максимальной пропускной способности с 8 по 15 день срока эксплуатации от ресурса генератора за тот же период	%	77,26	77,26	93,11

Рис. 6. Суммарная пропускная способность при проведении ОСГ на одной гамма-камере в зависимости от дня недели поставки одного генератора при пятидневной рабочей недели.

ции, пропускная способность ОСГ с учетом технологических возможностей и потребности элюата для обеспечения максимально возможной пропускной способности при проведении ОСГ при различных комбинациях поставок генератора.

Таким образом, весь срок эксплуатации генератора имеет два периода:

- период с максимально возможной пропускной способностью;
- период ограниченной возможности проведения ОСГ.

Нами было установлено, что максимальное число возможных ОСГ (127) выполняется при наличии двух гамма-камер и трех генераторов, а по схеме 1 гамма-камера 1 генератор минимально возможное (53), но в тоже время эффективность использования возможностей генератора (-ов) различна:

- Максимальная эффективность использования элюата (ресурса генератора) проявляется при работе по схеме 2 гамма-камеры — 1 генератор (66,07%); минимальная — по схеме 2 гамма-камеры — 3 генератора (33,27%);
- Максимальная пропускная способность может быть обеспечена при работе по схеме 2 гамма-камеры — 3 генератора (127); минимальная — по схеме 1 гамма-камера — 1 генератор (53);

Суммарная расчетная пропускная способность одного генератора за период эксплуатации (с учетом выходных дней) составила 119 ОСГ; суммарное число ОСГ с учетом технологических возможностей — 53 ОСГ. Ресурс одного генератора достаточен, чтобы обеспечить в 2,2 больше исследований ОСГ, чем реальные возможности пропускной способности одной гамма-камеры.

Анализ показывает, что на первой неделе ресурс генератора в активности элюата значительно превосходит потребности одной гамма-камеры при работе с одним генератором: суммарный ресурс генератора за весь период эксплуатации (с учетом выходных дней) составляет 50,58 ГБк, а потребность в элюате — 21,20 ГБк, что составляет 41,68% от суммарного ресурса генератора.

На всех рисунках видно, что на второй рабочей неделе ресурс генератора используется наиболее эффективно.

Пропускная зависимость при проведении ОСГ зависит от дня недели поставки. Оптимальный день поставки генератора и день начала проведения ОСГ — понедельник. На рисунке 6 представлен анализ пропускной способности за период гарантийного срока эксплуатации генератора (15 дней) при поставке в разные дни недели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наиболее значимыми факторами оптимального планирования ОСГ по дням срока эксплуатации генератора являются технические характеристики генератора, количество и периодичность поставки генератора, обеспеченность гамма-камерами.

Таким образом, описанная нами методика планирования проведения диагностических процедур может быть полезной для эффективного использования генераторной системы, что обеспечивает получение максимального количества качественных РФП из элюата генератора и способствует объективизации онкологического процесса с целью выбора тактики лечения.

Участие авторов:

Максимова Н.А. — научное редактирование, общее руководство, концепция исследования.

Карпун В.Г. — сбор, анализ и интерпретация данных, техническое редактирование статьи.

Арзамасцева М.А. — набор материала при проведении ОСГ, подготовка иллюстраций.

Ильченко М.Г. — набор материала при проведении ОСГ, техническое редактирование, подготовка статьи.

Шлык О.С. — набор материала при проведении ОСГ, оформление библиографии.

Список литературы

1. Стандарты УЗИ, РКТ, МРТ, ОФЭКТ, ПЭТ/КТ и АГ исследований в онкологии. Под редакцией Б.И.Долгушина, И.Е.Тюрина. М.: 2018, 116 с.
2. Кит О.И. Нейроэндокринные, клинические и морфологические аспекты рака желудка. ФГБУ «НМИЦ онкологии» Минздрава России. Новочеркасск: 2014, 224 с.
3. Гарданова Ж.Р., Абдуллин И.И., Чернов Д.Н., Чернов А.В., Кектеева Ю.И. Копинг-стратегии у больных раком простаты. Исследования и практика в медицине. 2015;2(4):66–69.
<https://doi.org/10.17709/2409-2231-2015-2-4-66-69>
4. Сидоров Д.В., Рубцова Н.А., Леонтьев А.В., Ложкин М.В., Петров Л.О., Лазутина Т.Н. и др. Методы оценки функционального статуса печени при планировании анатомических резекций по поводу первичных и метастатических опухолей: современное состояние проблемы, собственный опыт и перспективы. Исследования и практика в медицине. 2015;2(1):13–20.
<https://doi.org/10.17709/2409-2231-2015-2-1-13-20>
5. Каприн А.Д., Костин А.А., Кульченко Н.Г., Фомин Д.К., Попов С.В., Круглов Д.П. и др. Диагностические возможности фаллосцинтиграфии при васкулогенной эректильной дисфункции. Экспериментальная и клиническая урология. 2017;(1):68–73.
6. Рыжков А.Д., Крылов А.С., Блудов А.Б., Ширяев С.В. Остеосцинтиграфия и ОФЭКТ/КТ в диагностике различных вариантов метастатического поражения костей. Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2018;63(2):41–46.
7. Неледов Д.В., Шавладзе Н.З. Диагностика метастазов в кости: возможности методики магнитно-резонансной томографии всего тела. Сибирский онкологический журнал. 2009;(S1):142–143.
8. Методические указания 2.6.1.3151-13 «Оценка и учет эффективных доз у пациентов при проведении радионуклидных диагностических исследований». Доступно по: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293766/4293766471.pdf>
9. Радионуклидная диагностика. Под ред. Ф.М. Лясса. М.: Медицина, 1983, 304 с.
10. Максимова Н.А., Арзамасцева М.А., Агаркова Е.И. Возможности применения гибридных технологий однофотонной эмиссионной и рентгеновской компьютерной томографии в диагностике остеодеструктивных метастатических процессов. Исследования и практика в медицине. 2019;6(S):182.
11. Иванов В.И., Машкович В.П., Центр Э.М. Международная система единиц (СИ) в атомной науке и технике: Справочное руководство. М.: Энергоиздат, 1981, 200 с.

Информация об авторах:

Максимова Наталья Александровна* – д.м.н., профессор, заведующая радиоизотопной лабораторией с группой УЗИ диагностики ФГБУ «НМИЦ онкологии» Минздрава России, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0400-0302>, SPIN: 1785-9046, AuthorID: 375005, ResearcherID: AAT-9775-2020, Scopus Author ID: 57211495326

Карпун Владимир Георгиевич – инженер-физик радиоизотопной лаборатории с группой УЗИ диагностики ФГБУ «НМИЦ онкологии» Минздрава России, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2529-5784>

Арзамасцева Марина Анатольевна – к.м.н., врач-радиолог радиоизотопной лаборатории с группой УЗИ диагностики ФГБУ «НМИЦ онкологии» Минздрава России, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1926-3463>

Ильченко Мария Геннадьевна – к.м.н., врач-радиолог радиоизотопной лаборатории с группой УЗИ диагностики ФГБУ «НМИЦ онкологии» Минздрава России, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9126-0646>, SPIN: 2856-7946, AuthorID: 734046, ResearcherID: AAT-9807-2020

Шлык Ольга Сергеевна – врач-эндокринолог консультативно-диагностического отделения, аспирант ФГБУ «НМИЦ онкологии» Минздрава России, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5891-4898>