Радиоэмболизация печени: новая глава в отечественной онкологии

А.Д. Каприн, С.А. Иванов, В.В. Кучеров, А.П. Петросян*, К.В. Майоров,
Н.В. Марков, Л.О. Петров, Г.А. Давыдов, М.А. Сигов, Н.К. Силантьева,
Т.П. Березовская, А.Ю. Усачева, Д.Б. Санин

*Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба —
филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Обнинск, Российская Федерация*

В последние годы наблюдается увеличение количества больных со злокачественными опухолями печени. На этом фоне происходит активное внедрение в практику новых методов лечения, одним из которых является радиоэмболизация печени микросферами, содержащими иттрий-90 (^{90}Y).

Цель настоящего обзора — осветить данные литературы об истории развития радиоэмболизации и применении метода при опухолях печени.

Основные положения. В мире ежегодно регистрируется более 200 тыс. пациентов с неоперабельным первичным раком печени и свыше 270 тыс. пациентов с неоперабельным метастатическим раком печени, для которых радиоэмболизация является наиболее подходящей методикой лечения.

^{90}Y является чистым бета-излучателем, без собственной гамма-линии, имеет небольшой средний пробег частиц в ткани (2,5 мм при максимальном в 11 мм), максимальную энергию бета-частиц 2,27 МэВ (средняя энергия 0,937 МэВ) и период полураспада 64,1 часа. Начиная с 1977 года в мире активно шли клинические испытания микросфер, содержащих ^{90}Y . И лишь в 2004 году FDA США санкционировала клиническое использование стеклянных микросфер, содержащих ^{90}Y , для лечения гепатоцеллюлярного рака и метастазов колоректального рака в печень.

В России до недавнего времени радиоэмболизация не применялась. В 2018 году совместными усилиями МРНЦ им. А.Ф. Цыба — филиала ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России и ООО «БЕБИГ» было начато производство отечественных микросфер, содержащих радионуклид иттрий-90 и начата работа по внедрению их в рутинную клиническую практику. Первую в России радиоэмболизацию печени с использованием микросфер, содержащих радионуклид иттрий-90 отечественного производства (ООО «БЕБИГ»), больному с гепатоцеллюлярным раком 25.04.2019 в отделении РХМДЛ МРНЦ им. А.Ф. Цыба выполнили Кучеров В.В. и Петросян А.П..

Заключение. Производство микросфер, содержащих ^{90}Y в России, а также техническое совершенствование процедуры позволит внедрить радиоэмболизацию печени в рутинную практику ведения пациентов.

Ключевые слова: рак печени, радиоэмболизация, иттрий-90

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Каприн А.Д., Иванов С.А., Кучеров В.В., Петросян А.П., Майоров К.В., Марков Н.В., Петров Л.О., Давыдов Г.А., Сигов М.А., Силантьева Н.К., Березовская Т.П., Усачева А.Ю., Санин Д.Б. Радиоэмболизация печени: новая глава в отечественной онкологии. Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. 2019;29(5):7–12. <https://doi.org/10.22416/1382-4376-2019-29-5-7-12>

Liver Radioembolization: a New Chapter in Russian Oncology

Andrey D. Kaprin, Sergey A. Ivanov, Valery V. Kucherov, Artur P. Petrosyan*, Kirill V. Mayorov, Nikolay V. Markov, Leonid O. Petrov, German A. Davydov, Mikhail A. Sigov, Natalia K. Silantjeva, Tatyana P. Berezovskaya, Anna Yu. Usacheva, Dmitry B. Sanin

A. Tsyb Medical Radiological Research Center — branch of the National Medical Research Radiological Center, Obninsk, Russian Federation

Recent years have seen an increase in the number of patients with malignant tumours of the liver. In this context, new treatment methods are being actively introduced into practice, one of which is liver radioembolization utilizing microspheres embedded with yttrium-90 (^{90}Y).

Aim. To review literature data on the history of radioembolization and its application for liver tumours.

Key findings. Annually, over 200 thousand patients with inoperable primary liver cancer and over 270 thousand patients with inoperable metastatic liver cancer are registered globally, for whom radioembolization is considered as the most suitable treatment method.

^{90}Y is a pure beta emitter without its own gamma line, which is characterized by a small average particle path in the tissue of 2.5 mm (the maximum level is 11 mm), a maximum beta particle energy of 2.27 MeV (average energy of 0.937 MeV) and a half-life of 64.1 hours. Clinical research into microspheres containing ^{90}Y has been actively conducted since 1977 all over the world. However, it was only in 2004 that the US FDA authorized the clinical use of glass microspheres containing ^{90}Y for the treatment of hepatocellular cancer and liver colorectal cancer metastases. Until recently, radioembolization has not been applied in Russia. In 2018, the joint efforts of the A. Tsyb Medical Radiological Research Centre (MRRC) — branch of the National Medical Research Radiological Centre and BEBIG LLC resulted in the production of Russian microspheres containing yttrium-90, which were subsequently introduced into routine clinical practice. The first liver embolization in Russia using microspheres containing domestic yttrium-90 (BEBIG LLC) to a patient with hepatocellular cancer was carried out by V.V. Kucherov and A.P. Petrosyan at the A. Tsyb RMMC on April, 25 in 2019.

Conclusion. The production of microspheres containing ^{90}Y in Russia, as well as a technical improvement of the procedure, will facilitate the introduction of liver radioembolization into the routine management of patients with malignant liver tumours.

Keywords: liver cancer, radioembolization, yttrium-90

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Kaprin A.D., Ivanov S.A., Kucherov V.V., Petrosyan A.P., Mayorov K.V., Markov N.V., Petrov L.O., Davydov G.A., Sigov M.A., Silantieva N.K., Berezovskaya T.P., Usacheva A.Yu., Sanin D.B. Liver Radioembolization: a New Chapter in Russian Oncology. Russian Journal of Gastroenterology, Hepatology, Coloproctology. 2019;29(5):7–12. <https://doi.org/10.22416/1382-4376-2019-29-5-7-12>

Злокачественные опухоли печени — это актуальная проблема современной онкологии. Основным методом лечения, позволяющим добиться наиболее длительной выживаемости, является хирургическое. Однако резекция печени у больных с опухолевым поражением печени возможно лишь в 20 % случаев [1]. Тем больным, которым операция не показана, могут быть рекомендованы различные методы локального воздействия (радиочастотная абляция, химиоэмболизация, брахитерапия и т.д.) и/или химиотерапевтическое лечение [2].

В последние годы в практику активно внедряется новый метод лечения злокачественных опухолей печени — радиоэмболизация печени. В основе метода лежит селективное внутриартериальное введение стеклянных или резиновых микросфер, содержащих радионуклид, в результате чего происходит местное лучевое воздействие на опухолевую ткань [3, 4].

Цель настоящего обзора — осветить данные литературы об истории развития радиоэмболизации и применении метода при опухолях печени.

Лучевая терапия при злокачественных опухолях печени применяется с 1960-х годов. Однако использование внешнего облучения приводит к высокому риску поражения здоровой ткани печени. Тем не менее лучевая терапия показала высокую эффективность при различных опухолевых процессах в печени, что послужило стимулом к попыткам разработать способ локального лучевого воздействия [5].

Первая публикация по радиоэмболизации печени была сделана в 1964 году Н. Asakura. Японские авторы использовали Липиодол, меченный йодом-131 (^{131}I) [6]. На основе их разработок было проведено два рандомизированных исследования. В первом исследовании сравнивали Липиодол, меченный ^{131}I , с поддерживающей лекарственной те-

рапией у 27 пациентов с многоузловыми или диффузными опухолями и тромбозом воротной вены. Медиана выживаемости была значительно выше у больных, которым выполнялась радиоэмболизация (24 недели против 8, $p < 0,01$) [7]. Во втором исследовании сравнивали радиоэмболизацию Липиодолом, меченным ^{131}I , с химиоэмболизацией печени Цисплатином. Всего было обследовано 142 пациента и были получены следующие данные: объективный ответ 57 % против 64 % и двухлетняя выживаемость 42 % против 38 % [8]. Однако клиническое применение радиоэмболизации с использованием Липиодола и ^{131}I затрудняется рядом обстоятельств, главное из которых — необходимость радиопротекции, требующей, чтобы пациент оставался изолированным в течение первых 7–10 дней после терапии.

Первую работу о внутриартериальной радиоэмболизации печени стеклянными микросферами, содержащими иттрий-90 (^{90}Y), I. Ariel и G. Pack опубликовали в 1967 году. По результатам данного исследования, применение радиоэмболизации продлевало выживаемость пациентов на 4,6 месяца по сравнению с 3,9 месяца при использовании химиотерапии [9]. Спустя 10 лет после первой публикации о радиоэмболизации, в 1977 году, была опубликована работа, посвященная применению полимерных микросфер, содержащих ^{90}Y [10].

Начиная с 1977 года в мире активным темпом шли клинические испытания стеклянных и резиновых микросфер, содержащих ^{90}Y . И лишь в 2004 году FDA (Food and Drug Administration) США санкционировала клиническое использование стеклянных микросфер ^{90}Y (Theraspheres, MDS Nordion, Канада) для лечения гепатоцеллюлярного рака и метастазов колоректального рака в печень [11].

Выбор ^{90}Y как терапевтического изотопа неслучаен. При относительно небольшом среднем

пробеге частиц в ткани (2,5 мм при максимальном в 11 мм) максимальная энергия бета-частиц равна 2.27 МэВ (средняя энергия 0,937 МэВ), ^{90}Y обладает удобным для логистики и работы периодом полураспада в 64,1 часа. Учитывая особенность взаимодействия электронов с веществом, подобная длина пробега позволяет минимизировать радиационную нагрузку на здоровые ткани. При этом ^{90}Y является чистым бета-излучателем, без собственной гамма-линии. Основная нагрузка на персонал и окружающих пациента людей, таким образом, определяется тормозным излучением испускаемых электронов [12–14]. Научное обоснование метода лечения представлено во многих отечественных и зарубежных источниках. Ряд крупных международных организаций, таких как ESMO (European Society for Medical Oncology), ESDO (European Society of Digestive Oncology), NCCN (National Comprehensive Cancer Network), рекомендуют использовать радиоэмболизацию с микросферами, содержащими радионуклид ^{90}Y , в качестве основного метода лечения пациентов с распространенными опухолями печени или как альтернативу химиоэмболизации, а также в качестве первого этапа лечения перед резекцией или трансплантацией печени [15–18].

В настоящее время на мировом рынке представлены два вида иттрий-содержащих микросфер — TheraSphere и SIR-Sphere, производства BTG и Sirtex соответственно. Микросферы различаются типом используемых материалов и методикой наработки радиоактивного иттрия. Технология производства SIR-Sphere предполагает использование полимерных микросфер, пропускаемых через генератор $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, в то время как в основе производственного процесса TheraSphere лежит облучение стеклянных микрошариков, содержащих нерадиоактивный иттрий, потоком тепловых нейтронов в ядерном реакторе. Данным обстоятельством можно объяснить небольшое отставание в распространенности продукции компании BTG во всем мире по сравнению с продукцией Sirtex [19].

На сегодня Sirtex имеет три производственных площадки, расположенные в Бостоне (США), Франкфурте (Германия) и Сингапуре. Согласно данным компании, в 2017 году во всем мире было продано более 12 тыс. индивидуальных доз микросфер SIR-Sphere, при этом продажи осуществлялись более чем в 40 странах, где в общей сложности находится более тысячи сертифицированных клиник. Если говорить о продажах компании BTG, то точных данных об объемах поставок микросфер TheraSphere в открытом доступе нет. Можно лишь опираться на оценки, приведенные в различных финансовых отчетах, согласно которым продажи компании в области радиоэмболизации на 20–40 % ниже, чем у Sirtex. При этом продукция BTG представлена более чем в 15 странах, где располагается свыше 200 сертифицированных клиник [11].

В целом, согласно исследованиям, в настоящее время во всем мире TheraSphere и SIR-Sphere обеспечивают лечение менее 5 % пациентов с онкологическими заболеваниями печени, которым показана радиоэмболизация. По оценкам ученых, ежегодно в мире регистрируется более 200 тыс. пациентов с неоперабельным первичным раком печени и свыше 270 тыс. пациентов с неоперабельным метастатическим раком печени, для которых радиоэмболизация является наиболее подходящей методикой лечения [11, 19].

В европейских странах наблюдается тенденция увеличения интереса к технологии радиоэмболизации опухолей печени. Согласно результатам исследований голландских ученых, опубликованным в 2018 году, по сравнению с началом 2000-х количество европейских центров, где проводится радиоэмболизация, увеличилось более чем в 50 раз. В рамках своих исследований в 2017 году ученые разослали опросный лист, содержащий 25 вопросов, всем членам Сердечно-сосудистого и интервенционного радиологического общества Европы (CIRSE) для изучения текущего состояния практики клинического применения радиоэмболизации. В опросе приняла участие 71 клиника из различных европейских стран. Согласно полученным данным, ежегодно технологию радиоэмболизации в среднем начинают применять в пяти новых клиниках. Что касается количества процедур, то большинство центров (80 %) проводили от 1 до 50 процедур радиоэмболизации в 2016 году. Количество центров, выполняющих более 25 процедур в год, увеличилось с 20 в 2014 году до 25 в 2016-м. При этом ученые отмечают, что реальное количество центров в Европе, где проводится радиоэмболизация, может быть значительно больше, поскольку не существует никаких единых баз данных [11].

В России до недавнего времени радиоэмболизация не применялась. В свое время было проведено шесть операций с использованием микросфер TheraSphere (четыре операции в РНЦПХТ и две — в РОНЦ) [20], однако дальнейшего распространения технологии не последовало, в первую очередь в связи с высокой стоимостью импортных микросфер и сложной логистикой их доставки и применения.

В 2018 году совместными усилиями МРНЦ им. А.Ф. Цыба — филиала ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России и ООО «БЕБИГ» было начато производство отечественных микросфер, содержащих радионуклид ^{90}Y , и начата работа по внедрению их в рутинную клиническую практику.

Первую в России радиоэмболизацию печени с использованием микросфер, содержащих радионуклид иттрий-90 отечественного производства (ООО «БЕБИГ»), больному с гепатоцеллюлярным раком 25.04.2019 в отделении РХМДЛ МРНЦ им. А.Ф. Цыба выполнили Кучеров В.В. и Петросян А.П. В роли консультантов выступили

академик РАН Каприн А.Д., проф. Иванов С.А., проф. Докдок А.М. и к.ф.-м.н. Марков Н.В.

Заключение

Радиоэмболизация печени — современный и мощный инструмент в лечении больных с опухолевыми поражениями печени. Рост количества операций в европейских странах показывает заинтересованность онкологического сообщества в применении данного метода лечения. Тем не ме-

нее нужно учитывать, что процедура осуществления радиоэмболизации представляется технически сложной и требует тщательного соблюдения мер радиационной безопасности. Кроме того, существенным ограничением является высокая цена радионуклида. Производство микросфер в России позволяет снизить стоимость продукции в несколько раз, а также значительно упростить процесс логистики, что позволит за небольшой промежуток времени внедрить радиоэмболизацию печени в рутинную практику.

Литература / References

1. Состояние онкологической помощи населению России в 2017 году. Под ред. А.Д. Каприн, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2018. [The status of cancer treatment for the population of Russia in 2017. Ed. A.D. Kaprin, V.V. Starinsky, G.V. Petrova. Moscow: MNIIOI named after P.A. Gertzen — a branch of the Federal State Budgetary Institution Scientific Research Center for Radiology of the Ministry of Health of Russia, 2018 (In Rus.).]
2. Базин И.С., Бредер В.В., Вирике Э.Р., Горбунова В.А., Долгушин Б.И., Косырев В.Ю., Кукушкин А.В., Макаров Е.С., Мороз Е.А., Нечушкин М.И., Патютко Ю.И., Поляков А.Н., Сагайдак И.В., Сергеева О.Н., Файнштейн И.А. Клинические рекомендации по диагностике и лечению больных раком печени и внепеченочных желчных протоков. М.: Общероссийский союз общественных объединений, Ассоциация онкологов России, 2014. [Bazin I.S., Breder V.V., Virshke E.R., Gorbunova V.A., Dolgushin B.I., Kosyrev V.Yu., Kukushkin A.V., Makarov E.S., Moroz E.A., Nechushkin M.I., Patyutko Yu.I., Polyakov A.N., Sagaidak I.V., Sergeeva O.N., Feinstein I.A. Clinical recommendations for the diagnosis and treatment of patients with the cancer of the liver and extrahepatic bile ducts. Moscow: All-Russian Union of Public Associations, Association of Oncologists of Russia, 2014 (In Rus.).]
3. Salem R., Thurston K.G. Radioembolization with yttrium-90 microspheres: a state-of-the-art brachytherapy treatment for primary and secondary liver malignancies: part 3: comprehensive literature review and future direction. J. Vasc. Interv. Radiol. 2006;17:1571–93.
4. Гранов А.М., Давыдов М.И. (ред.). Интервенционная радиология в онкологии. СПб.: Фолиант, 2013. 560 с. [Granov A.M., Davydov M.I. (ed.). Interventional radiology in oncology. St. Petersburg: Foliant, 2013. 560 p. (In Rus.).]
5. Phillips R., Murikami K. Primary neoplasms of the liver: Results of radiation therapy. Cancer (Philad.). 1960;13: 714–20.
6. Asakura H. Intratumoral injection therapy with Yttrium-90 chloride colloid. Nihon Igaku Hoshasen Gakkai Zasshi. 1964;23:1493–509.
7. Raoul J.L., Guyader D., Bretagne J.F., Duvauferrier R., Bourquet P. et al. Randomized controlled trial for hepatocellular carcinoma with portal vein thrombosis: intra-arterial iodine-131-iodized oil versus medical support. J. Nucl. Med. 1994;35:1782–7.
8. Raoul J.L., Guyader D., Bretagne J.F., Heautot J.F., Duvauferrier R. et al. Prospective randomized trial of chemoembolization versus intra-arterial injection of ¹³¹I-labeled-iodized oil in the treatment of hepatocellular carcinoma. Hepatology. 1997;26:1156–61.
9. Ariel I.M., Pack G.T. Treatment of inoperable cancer of the liver by intra-arterial radioactive isotopes and chemotherapy. Cancer (Philad.). 1967;20:793–804.
10. Grady E.D., Nolan T.R., Crumley A.J., Rosen A.R. Internal radiation therapy of liver cancer (90-Yttrium resin spheres intraarterially) to supplement external radiation therapy, local and systemic chemotherapy. J. Med. Assoc. Ga. 1977;66(8):625–9.
11. Reinders M.T.M., Mees E., Powerski M.J. et al. Radioembolisation in Europe: A Survey Amongst CIRSE Members. Cardiovasc. Intervent. Radiol. 2018;41:1579. DOI: 10.1007/S00270-018-1982-4
12. Меркулов В.Г., Хабас Т.А., Кулинич Е.А. Радиоактивные источники медицинского назначения на основе бионертных керамических материалов. Известия высших учебных заведений. Физика. 2010;53(10-2):329–33. [Merkulov V.G., Khabas T.A., Kulnich E.A. Radioactive medical sources based on bioinert ceramic materials. News of higher educational institutions. Physics. 2010;53(10-2):329–33 (In Rus.).]
13. Шаповалов В.В., Мельниченко Н.А., Нерозин Н.А., Ткачев С.В., Тогаева Н.Р., Хамьянов С.В. Экстракционно-хроматографическое выделение ⁹⁰Y для медицинских целей. Радиохимия. 2012;54(4):357–59. [Shapovalov V.V., Melnichenko N.A., Nerezin N.A., Tkachev S.V., Togaeva N.R., Khamyanov S.V. ⁹⁰Y extraction-chromatographic isolation for medical purposes. Radiochemistry. 2012;54(4):357–59 (In Rus.).]
14. Salem R, Mazzaferro V, Sangro B. Yttrium 90 radioembolization for the treatment of hepatocellular carcinoma: biological lessons, current challenges, and clinical perspectives. Hepatology. 2013;58(6):2188–97. DOI: 10.1002/hep.26382
15. EASL-EORTC Clinical Practice Guidelines: Management of hepatocellular carcinoma. J. Hepatol. 2018; 69:182–236.
16. Vogel A., Cervantes A., Chau I., Daniele B., Llovet J.M., Meyer T., Nault J.-C., Neumann U., Ricke J., Sangro B., Schirmacher P., Verslype C., Zech C.J., Arnold D., Martinelli E. ESMO Guidelines Committee, Hepatocellular carcinoma: ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up. Annals of Oncology. 2018;29(Suppl 4):238–55. DOI: 10.1093/annonc/mdy308
17. NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology, Hepatobiliary Cancers. 2.2018. National Comprehensive Cancer Network. Fort Washington, PA [Update: Jun 2018; Accessed: Sep 2018].
18. Thomas M.B., Jaffe D., Choti M.M., Belghiti J., Curley S., Fong Y., Gores G., Kerlan R., Merle P., O'Neil B., Poon R., Schwartz L., Tepper J., Yao F., Haller D., Mooney M., Venook A. Hepatocellular carcinoma: consensus recommendations of the National Cancer Institute Clinical Trials Planning Meeting. J. Clin. Oncol. 2010;28(25):3994–4005.
19. Powerski M.J., Scheurig-Munkler C., Banzer J., Schnapf D., Hamm B., Gebauer B. Clinical practice in radioembolization of hepatic malignancies: a survey among interventional centres in Europe. Eur. J. Radiol. 2012;81(7):e804–11. DOI: 10.1016/j.ejrad.2012.04.004
20. Таразов П.Г., Поликарпов А.А., Иванова А.А. Артериальная радиоэмболизация злокачественных опухолей печени стеклянными микросферами иттрия-90: первый опыт. Диагностическая и интервенционная радиология. 2014;8:59–66. [Tarazov P.G., Polikarpov A.A., Ivanova A.A. Arterial radioembolization of malignant liver tumours with yttrium-90 glass microspheres: first experience. Diagnostic and interventional radiology. 2014;8:59–66 (In Rus.).]

Сведения об авторах

Каприн Андрей Дмитриевич — доктор медицинских наук, академик РАН, генеральный директор федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Контактная информация: kaprin@mail.ru; 249031, г. Обнинск, ул. Маршала Жукова, д. 10.

Иванов Сергей Анатольевич — доктор медицинских наук, профессор РАН, директор Медицинского радиологического научного центра им. А.Ф. Цыба — филиала федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Контактная информация: onkourolog@gmail.com; 249031, г. Обнинск, ул. Маршала Жукова, д. 10.

Кучеров Валерий Владимирович — кандидат медицинских наук, заведующий отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения Медицинского радиологического научного центра им. А.Ф. Цыба — филиала федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Контактная информация: v.v.kuchеров@gmail.com; 249031, г. Обнинск, ул. Маршала Жукова, д. 10.

Петросян Артур Павлович* — научный сотрудник отделения компьютерной томографии, Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба — филиал федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Контактная информация: 79533162464@yandex.ru; 249031, г. Обнинск, ул. Маршала Жукова, д. 10
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7663-0362>.

Майоров Кирилл Владимирович — генеральный директор, общество с ограниченной ответственностью «БЕБИГ». Контактная информация: k.mayorov@bebig.ru; 109044, г. Москва, ул. Воронцовская, д. 20, подъезд 5.

Марков Николай Владимирович — кандидат физико-математических наук, руководитель отдела развития, общество с ограниченной ответственностью «БЕБИГ». Контактная информация: n.markov@bebig.ru; 109044, г. Москва, ул. Воронцовская, д. 20, подъезд 5.

Петров Леонид Олегович — кандидат медицинских наук, заведующий отделением лучевого и хирургического лечения заболеваний абдоминальной области Медицинского радиологического научного центра им. А.Ф. Цыба — филиала федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Контактная информация: leonid_petrov@mail.ru; 249031, г. Обнинск, ул. Маршала Жукова, д. 10.

Давыдов Герман Анатольевич — кандидат медицинских наук, заведующий отделением радионуклидной диагностики Медицинского радиологического научного центра им. А.Ф. Цыба — филиала федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Контактная информация: davydov@mrrc.obninsk.ru; 249031, г. Обнинск, ул. Маршала Жукова, д. 10.

Information about the authors

Andrey D. Kaprin — Dr. Sci. (Med.), RAS Academician, General Director, National Medical Research Radiological Centre. Contact information: kaprin@mail.ru; 249031, Obninsk, Marshala Zhukova str., 10.

Sergey A. Ivanov — Dr. Sci. (Med.), RAS Prof., Director, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre — branch of National Medical Research Radiological Centre. Contact information: onkourolog@gmail.com; 249031, Obninsk, Marshala Zhukova str., 10.

Valery V. Kuchеров — Cand. Sci. (Med.), Departmental Head, Department of Radiosurgical Diagnosis and Treatment Methods, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre — branch of National Medical Research Radiological Centre. Contact information: v.v.kuchеров@gmail.com; 249031, Obninsk, Marshala Zhukova str., 10.

Artur P. Petrosyan* — Research Fellow, Department of Computed Tomography, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre — branch of National Medical Research Radiological Centre. Contact information: 79533162464@yandex.ru; 249031, Obninsk, Marshala Zhukova str., 10.

Kirill V. Mayorov — General director, BEBIG LLC. Contact information: k.mayorov@bebig.ru; 109044, Moscow, Vorontsovskaya str., 20, porch 5.

Nikolay V. Markov — Cand. Sci. (Phys.-Math.), Departmental Head, R&D Department, BEBIG LLC. Contact information: n.markov@bebig.ru; 109044, Moscow, Vorontsovskaya str., 20, porch 5.

Leonid O. Petrov — Cand.Sci.(Med.), Departmental Head, Department of Radiation and Surgical Treatment of Abdominal Diseases, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre — branch of National Medical Research Radiological Centre. Contact information: leonid_petrov@mail.ru; 249031, Obninsk, Marshala Zhukova str., 10.

German A. Davydov — Cand. Sci.(Med.), Departmental Head, Department of Radionuclide Diagnosis, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre — branch of National Medical Research Radiological Centre. Contact information: davydov@mrrc.obninsk.ru; 249031, Obninsk, Marshala Zhukova str., 10.

Сигов Михаил Александрович — научный сотрудник отделения радионуклидной диагностики Медицинского радиологического научного центра им. А.Ф. Цыба — филиала федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Контактная информация: argonmk@yandex.ru; 249031, г. Обнинск, ул. Маршала Жукова, д. 10.

Силантьева Наталья Константиновна — доктор медицинских наук, заведующая отделением компьютерной томографии, Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба — филиал федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Контактная информация: nks07@mail.ru; 249031, г. Обнинск, ул. Маршала Жукова, д. 10.

Березовская Татьяна Павловна — доктор медицинских наук, главный научный сотрудник отделения магнитно-резонансной томографии, Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба — филиал федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Контактная информация: berez@mrrc.obninsk.ru; 249031, г. Обнинск, ул. Маршала Жукова, д. 10.

Усачева Анна Юрьевна — научный сотрудник отделения компьютерной томографии, Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба — филиал федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Контактная информация: anna.usacheva87@mail.ru; 249031, г. Обнинск, ул. Маршала Жукова, д. 10.

Санин Дмитрий Борисович — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отделения клинической дозиметрии и топографии, Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба — филиал федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Контактная информация: dimitresko82@yandex.ru; 249031, г. Обнинск, ул. Маршала Жукова, д. 10.

Mikhail A. Sigov — Research Fellow, Department of Radionuclide Diagnosis, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre — branch of National Medical Research Radiological Centre.

Contact information: argonmk@yandex.ru;
249031, Obninsk, Marshala Zhukova str., 10.

Natalia K. Silantieva — Dr. Sci. (Med.), Departmental Head, Department of Computed Tomography, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre — branch of National Medical Research Radiological Centre.

Contact information: nks07@mail.ru;
249031, Obninsk, Marshala Zhukova str., 10.

Tatyana P. Berezovskaya — Dr. Sci. (Med.), Principal Researcher, Department of Magnetic Resonance Imaging, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre — branch of National Medical Research Radiological Centre.

Contact information: berez@mrrc.obninsk.ru;
249031, Obninsk, Marshala Zhukova str., 10.

Anna Yu. Usacheva — Research Fellow, Department of Computed Tomography, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre — branch of National Medical Research Radiological Centre.

Contact information: anna.usacheva87@mail.ru;
249031, Obninsk, Marshala Zhukova str., 10.

Dmitry B. Sanin — Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Department of Clinical Dosimetry and Topometry, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre — branch of National Medical Research Radiological Centre.

Contact information: dimitresko82@yandex.ru;
249031, Obninsk, Marshala Zhukova str., 10.

Поступила: 15.08.2019 Принята после доработки: 02.09.2019 Опубликовано: 30.10.2019
Submitted: 15.08.2019 Revised: 02.09.2019 Published: 30.10.2019