



ПРИМЕНЕНИЕ ПЭТ/КТ С 18F-ФДГ В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ ОДИНОЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ЛЕГКИХ

Г. В. Афонин^{1✉}, А. Е. Глухарева¹, Е. И. Смоленов¹, И. В. Колобаев¹, Е. Е. Бекетов¹,
Л. О. Петров¹, С. А. Иванов^{1,2,3}

1. МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Обнинск, Российская Федерация

2. НМИЦ радиологии, г. Обнинск, Российская Федерация

3. Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация

✉ Dr.G.Afonin@mail.ru

Резюме

Цель исследования. Анализ эффективности применения позитронно-эмиссионной компьютерной томографии с 18-фтор-2-дезоксид-Д-глюкозой (18-ФДГ) в диагностике очаговых образований легкого.

Материалы и методы. Материалом для данного исследования послужили диагностические и клинично-морфологические данные 108 пациентов с впервые выявленным очаговым образованием в легких. На первом этапе больным была проведена позитронная эмиссионная компьютерная томография ПЭТ/КТ с 18-ФДГ в режиме «всего тела» согласно стандартному протоколу. Следующим этапом выполнялось хирургическое лечение с морфологической верификацией процесса. По результатам морфологического заключения у 11 (10,2 %) пациентов злокачественное новообразование не диагностировано, при этом у 7 пациентов выявлены поствоспалительные изменения (SUVmax от 2,3 до 15,15), у 3 пациентов верифицирована гамартома (SUVmax от 1,1 до 4,2) и у 1 пациента выявлен антракоз.

Результаты. Проведенный анализ полученных результатов показал, что медиана накопления РФП (радиофармпрепарат) (SUVmax – standardized uptake value) составила 6,0 (ICR 3,9–8,4, $n = 108$). У больных с верифицированным диагнозом – рак легкого – данный показатель составил 7,0 (ICR 5,8–10,9, $n = 60$), в случаях метастатического поражения – 4,3 (ICR 2,5–7,1, $n = 37$). Пороговое значение SUVmax для опухолевых образований онкологической природы составило 5,4. При сравнительном анализе данных полученных при проведении ПЭТ/КТ и операционного материала было выявлено, что при размерах опухоли до 40 мм данные инструментального метода занижают (до 35 %) истинные размеры в 76 % случаев. Применение линейной модели корректировки оценки размера образования с параметрами $5,862 + 0,817 \times x$ (x – размер по ПЭТ/КТ) с погрешностью в пределах 50 % позволит оценить истинный размер образований онкологической природы у 84,5 %. Согласно полученным результатам, размер очага в диапазоне от 16,4 до 19 мм является оптимальным для диагностики вторичного поражения.

Заключение. Применение ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ дает относительно точную оценку размера опухолевого образования. Проведение ПЭТ/КТ с использованием линейной модели корректировки размера опухолевого образования помогает прогнозировать истинный размер опухоли в 84,5 % случаев с погрешностью в пределах 50 %. Перспективное пороговое значение накопления РФП (SUVmax) для выявления злокачественных новообразований составило не менее 5,4.

Ключевые слова:

ПЭТ/КТ, 18F-ФДГ, очаговое поражение легкого, дифференциальная диагностика, рак легкого

Для корреспонденции:

Афонин Григорий Владиславович – к.м.н., старший научный сотрудник отделения лучевого и хирургического лечения заболеваний торакальной области, МРНЦ им. А. Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Обнинск, Российская Федерация.

Адрес: 249036, Российская Федерация, г. Обнинск, ул. Королева, д. 4

E-mail: Dr.G.Afonin@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7128-2397>

SPIN: 9039-6110, AuthorID: 896307

ResearcherID: O-3150-2017

Финансирование: финансирование данной работы не проводилось.

Конфликт интересов: все авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования:

Афонин Г. В., Глухарева А. Е., Смоленов Е. И., Колобаев И. В., Бекетов Е. Е., Петров Л. О., Иванов С. А. Применение ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ в дифференциальной диагностике очагового поражения легкого. Исследования и практика в медицине. 2022; 9(3): 80–90.

<https://doi.org/10.17709/2410-1893-2022-9-3-6>

Статья поступила в редакцию 15.02.2022; одобрена после рецензирования 26.07.2022; принята к публикации 12.09.2022.

© Афонин Г. В., Глухарева А. Е., Смоленов Е. И., Колобаев И. В., Бекетов Е. Е., Петров Л. О., Иванов С. А., 2022.

THE APPLICATION OF PET/CT WITH 18F-FDG IN THE DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF LUNG SOLITARY LESIONS

G. V. Afonin^{1✉}, A. E. Glukhareva¹, E. I. Smolenov¹, I. V. Kolobaev¹, E. E. Beketov¹, L. O. Petrov¹, S. A. Ivanov^{1,2,3}

1. A. F. Tsyb Medical Radiological Research Center – Branch of the National Medical Research Radiological Center, Obninsk, Russian Federation

2. National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Health of the Russian Federation, Obninsk, Russian Federation

3. Peoples Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

✉ Dr.G.Afonin@mail.ru

Abstract

Purpose of the study. The study was aimed to investigate the effectiveness of PET / CT with 18 fluoro-2 deoxy-D-glucose (18F-FDG) in the differential diagnosis of focal lung neoplasms.

Materials and methods. Patients ($n = 108$) with newly diagnosed lung focal lesions were enrolled in the study. All patients underwent PET / CT with 18fluoro-2deoxy-D-glucose in the "whole body" mode in accordance with the standard protocol. The next step was surgical treatment with morphological verification. According to the results of the morphological conclusion, malignant neoplasm was not diagnosed in 11 (10.2 %) patients, while post-inflammatory changes were detected in 7 patients (SUVmax from 2.3 to 15.15), hamartoma was verified in 3 patients (SUVmax from 1.1 to 4.2) and anthracosis was detected in 1 patient.

Results. The median radiopharmaceutical accumulation (SUVmax) was 6.0 (ICR 3.9–8.4, $n = 108$). In turn, in patients with diagnosed lung cancer this indicator was 7.0 (ICR 5.8–10.9, $n = 60$), in patients with metastatic lesions 4.3 (ICR 2.5–7.1, $n = 37$). The threshold for SUVmax was 5.4 for the detection of malignant tumors. PET/CT with 18F-FDG demonstrated high data variability regarding the size of lung focal lesion. An error within 35 % was observed in 76 % of cases, underestimating small lesions (up to 40 mm) but overestimating the major neoplasms. Application of a linear model for adjustment of neoplasm size assessment allows to estimate the actual size of neoplasms with parameters $5.862 + 0.817 \times x$ (x – PET / CT size) in 84.5 % of cases with an error of 50 %. The optimal diagnosing size for metastatic lesions is in the range between 16.4 and 19 mm.

Conclusion. Taken together the results of the study show that PET / CT with 18F-FDG gives a relatively accurate estimation of the tumor size. Application of the linear model corrects a radiological size measurements and helps to predict an actual size of a neoplasm in 84.5 % of cases with an error of 50 %. The prospective threshold for SUVmax was at least 5.4 for the detection of malignant neoplasms.

Keywords:

PET / CT, 18F-FDG, lung focal lesion, differential diagnosis, lung cancer

For correspondence:

Grigori V. Afonin – Cand. Sci. (Med.), senior researcher of the department of radiation and surgical treatment of thoracic region diseases, A. F. Tsyb Medical Radiological Research Center – Branch of the National Medical Research Radiological Center, Obninsk, Russian Federation.

Address: 4 Korolev str., Obninsk 249036, Russian Federation

E-mail: Dr.G.Afonin@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7128-2397>

SPIN: 9039-6110, AuthorID: 896307

ResearcherID: O-3150-2017

Funding: this work was not funded.

Conflict of interest: authors report no conflict of interest.

For citation:

Afonin G. V., Glukhareva A. E., Smolenov E. I., Kolobaev I. V., Beketov E. E., Petrov L. O., Ivanov S. A. The application of PET/CT with 18F-FDG in the differential diagnosis of lung solitary lesions. Research and Practical Medicine Journal (Issled. prakt. med.). 2022; 9(3): 80-90. (In Russ.).

<https://doi.org/10.17709/2410-1893-2022-9-3-6>

The article was submitted 15.02.2022; approved after reviewing 26.07.2022; accepted for publication 12.09.2022.

АКТУАЛЬНОСТЬ

На протяжении длительного времени рак легкого остаётся одним из ведущих заболеваний в структуре онкопатологии по показателям распространенности и смертности, как в мире, так и в Российской Федерации. В 2020 г. во всем мире было зарегистрировано 19,3 миллиона новых случаев заболеваемости раком, из которых 11,4 % составил рак легкого [1]. Распространенность рака легкого в нашей стране с каждым годом неуклонно растет и к 2019 г. она составила более 100 человек на 100000 населения [2]. Рак легкого остается ведущей причиной смерти в мире и в нашей стране. По данным мировой статистики смертность от рака легкого составила 1,8 миллиона случаев (18 % от общего числа смертей от рака) [1]. Данные статистики свидетельствуют о том, что, несмотря на совершенствующиеся методы диагностики и лечения рака легкого, тенденции к снижению заболеваемости и смертности не наблюдается. В связи с этим актуальным остается вопрос о своевременном выявлении заболевания на ранних стадиях.

Отдельным вопросом является выявление метастатического поражения легких. Поражение легкого является одной из самых распространенных клинических ситуаций в онкологической практике. Помимо первичного рака, легкое является органом-мишенью для метастазов опухолей других локализаций. Большинство онкологических заболеваний поражают отдаленными метастазами легочную ткань. Своевременная дифференциальная диагностика метастатического поражения лёгкого дает возможность выработать оптимальную схему лечения пациента, тем самым увеличить вероятность достижения ремиссии заболевания.

Открытым остается вопрос выбора оптимальной методики диагностики очагового поражения легкого. В последние годы позитронная эмиссионная томография с 18F-фтордезоксиглюкозой (18F-ФДГ), совмещенная с компьютерной томографией (ПЭТ/КТ), стала широко применяться в онкологической практике с целью диагностики опухолевого процесса, оценки его распространенности и эффективности проводимого лечения. Метод активно внедряется в алгоритм диагностики очагового поражения легких и уже доказал свою эффективность. Показания к проведению данного вида обследования с течением времени значительно расширились. ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ рекомендовано пациентам с подозрением на рак легкого для оценки распространенности опухолевого процесса и уточнения статуса медиастинальных лимфатических узлов, а также с целью диагностики отдаленного метастазирования [3]. Однако результаты некоторых исследований указывают на

недостаточную точность методики в определенных клинических ситуациях [4; 5]. Проблема дифференциальной диагностики солитарных очаговых образований в легких является актуальной и до конца не решенной. Международный опыт в данной области указывает на то, что $SUV_{max} \geq 2,5$ считается пороговым параметром злокачественности, а размеры самого образования напрямую влияют на результат диагностики [6]. В свою очередь, по данным литературы показатели чувствительности, специфичности и точности методики достаточно вариабельны, что оставляет ряд вопросов [7–9]. На результаты исследования влияют многие факторы, в частности, размер, морфологический тип и степень дифференцировки опухоли, инвазия в плевру, сопутствующая патология и статус курения пациента. Количество ложноположительных результатов может возрастать при наличии воспалительного или инфекционного процесса. Новообразования с низким метаболизмом глюкозы (муцинозная аденокарцинома, нейроэндокринные опухоли и т.д.) также могут давать ложные результаты. Зачастую невозможно определить пороговое значение SUV_{max} и размера очага в легком для дифференциальной диагностики злокачественного процесса [10]. Непрерывно вводится поиск новых подходов. Анализуются комбинации различных параметров, что, в свою очередь, увеличивает диагностическую ценность методики [11–13]. В настоящее время в нашей стране отсутствуют крупные исследования, посвященные изучению данной проблемы. В данной работе представлен опыт применения ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ в дифференциальной диагностике очагового поражения легкого.

Цель исследования: оценка эффективности ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ в дифференциальной диагностике очагового образования легкого.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом исследования послужили данные обследования, лечения и динамического наблюдения 108 пациентов с периферическими образованиями в паренхиме легкого. Из них у 60 (55,5 %) пациентов диагностирован первичный рак легкого, у 37 (34,3 %) – метастатическое поражение легких, и в 11 (10,2 %) случаях верифицированы доброкачественные изменения. В группе пациентов с первичным раком легкого у 40 больных по результатам гистологического исследования диагностирована аденокарцинома лёгкого, у 18 – плоскоклеточный рак легкого, и в 3 случаях верифицирован типичный карциноид. Критериями включения являлись: солитарное очаговое образование в легочной паренхиме; проведенный этап хирургического лечения. Всем пациентам проведена

ПЭТ/КТ в режиме «всего тела» с 18-фтор-2-дезоксид-глюкозой (18F-ФДГ) по стандартному протоколу. Обследование пациентов проводилось по месту жительства. Исследование выполнялось натощак или после шестичасового голодания. Проводилась стандартная подготовка. Лучевая нагрузка на пациента находилась в допустимом диапазоне. Сначала проводилось спиральное КТ-сканирование с внутривенным контрастированием, далее ПЭТ-сканирование, реконструкция изображения и интерпретация полученных результатов. Интенсивность накопления РФП в патологических очагах оценивалась с расчетом значения SUV (standardized uptake value – стандартизированное значение накопления) (рис. 1).

Возраст пациентов составил 22–82 лет (медиана – 59 года), из них 63 (58,3 %) пациента мужского пола и 45 (41,7 %) женского пола. Медиана накопления РФП (SUVmax) составила 6,0 (ICR 3,9–8,4, $n = 108$). В свою очередь у пациентов с диагностированным раком легкого данный показатель составил 7,0 (ICR 5,8–10,9, $n = 60$), у больных с метастатическим поражением – 4,3 (ICR 2,5–7,1, $n = 37$). При описании данных по SUVmax применяли медиану и межквартильный диапазон (Interquartile range – IQR).

В 100 % случаев была получена морфологическая верификация очагового образования легкого при помощи хирургического этапа лечения (табл. 1).

По результатам морфологического заключения у 11 (10,2 %) пациентов злокачественные клетки отсутствовали. У 7 из них выявлены поствоспалительные изменения (SUVmax от 2,3 до 15,15), у 3 пациентов диагностирована гамартома (SUVmax от 1,1 до 4,2) и у 1 пациента выявлен антракоз.

Аппроксимирование данных осуществляли в статистической программе R 3.5.3 с использованием стандартных инструментов. ROC-анализ проводили в программе SPSS 22.0. Выбор порогового значения осуществляли через расчет индекса Юдена (чувствительность + специфичность – 1). Для визуализации данных анализа использовали графическое приложение Veusz 3.0.1 и SPSS 22.0.

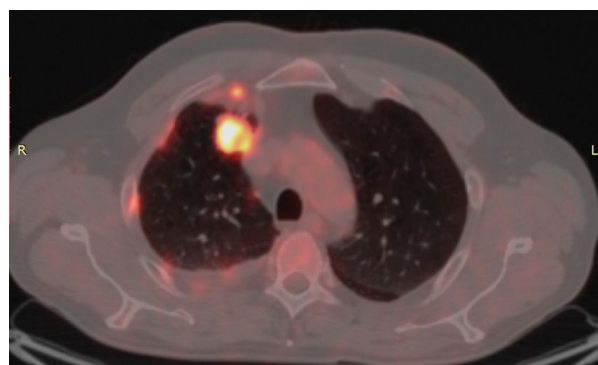


Рис. 1. ПЭТ-КТ с 18F-ФДГ скан в аксиальной проекции (Fusion). В третьем сегменте правого легкого визуализируется периферическое метаболически активное образование (SUVmax = 18,38), размерами 24 × 26 мм.

Fig. 1. PET-CT with 18F-FDG scan in axial projection (Fusion). In the third segment of the right lung, peripheral metabolically active formation is visualized (SUVmax = 18.38), with dimensions of 24 × 26 mm.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сравнительная оценка размера новообразования в легком

В целом анализ имеющихся данных по подтвержденным случаям первичного новообразования и метастазам ($n = 97$) указал на общее соответствие размера новообразования согласно данным ПЭТ/КТ и аналогичным (референтным) данным морфологического исследования послеоперационного материала. Среднее значение соотношения оценок «морфология / ПЭТ/КТ» составило 1,15, т.е. ПЭТ/КТ в среднем давал более низкую оценку размера. Однако это не привело к эффекту смещенной оценки: доля случаев, когда указанный метод прогнозировал больший (41 %) или меньший размер новообразования (44 %) были примерно идентичными. Данные по указанному соотношению приведены на рисунке 2.

Разнонаправленный характер связи размера, оцененного по морфологическому исследованию операционного материала и ПЭТ/КТ, отображенный на рисунке

Таблица 1. Доступы и объёмы хирургического лечения
Table 1. Accesses and volumes of surgical treatment

Доступ / Access	Объём операции / Amount of surgical intervention	Количество случаев / Cases number
Видеоторакоскопический доступ / Video thoracoscopic access ($n = 85$)	Анатомическая резекция / Anatomical resection	60
	Атипичная резекция / Atypical resection	25
Боковая торакотомия / Lateral thoracotomy ($n = 23$)	Анатомическая резекция / Anatomical resection	20
	Атипичная резекция / Atypical resection	3

2, был рассмотрен более детально. Для последующего анализа использовали значения разницы в оценке размера по морфологическому исследованию и данным ПЭТ/КТ. Среднее значение этой величины для $n = 97$ составило 1,30 мм, при стандартном отклонении 10,55 и ошибке среднего значения 1,07. Применение одновыборочного варианта критерия Стьюдента (ожидаемое значение разницы – 0) указало на отсутствие статистически значимого различия этих двух подходов к оценке размера новообразования ($p = 0,23$, границы доверительного интервала различия: $-0,82 \div 3,44$). Аналогичный ($p = 0,24$) результат был получен в случае

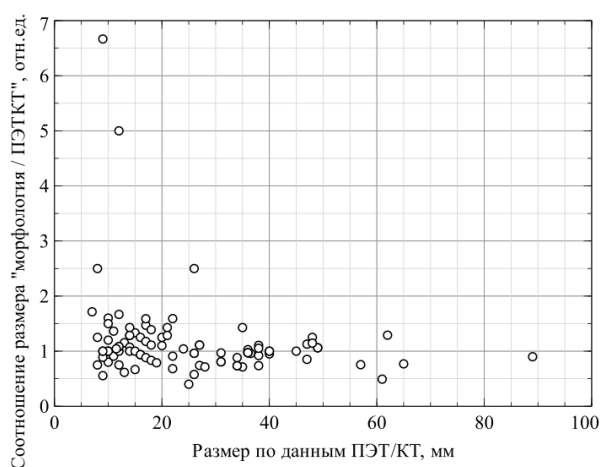


Рис. 2. Распределение соотношения оценок размера новообразования «морфология/ПЭТ/КТ» в зависимости от данных по ПЭТ/КТ.

Fig. 2. Distribution of the ratio of estimates of the size of the neoplasm "morphology / PET/CT" depending on the data on PET/CT.

применения парного критерия Стьюдента (размеры по морфологии и ПЭТ/КТ для каждого пациента).

Анализ соответствия был продолжен: совокупность была разделена на 3 части равного объема, исходно без привязки к определенному среднему значению (среднее значение оценки) или пороговым значениям этих 3 диапазонов размера новообразования (по данным морфологии). В каждом из 3 частей был оценен коэффициент относительного различия размера новообразования по данным морфологии и ПЭТ/КТ (формула 1). На основании значений коэффициента по каждому пациенту были рассчитаны средние значения этого коэффициента и его доверительный интервал для $\alpha = 0,05$ (табл. 1).

$$k = D(\text{морф.}) - D(\text{ПЭТ/КТ}) / D(\text{ПЭТ/КТ}) \times 100 \% \quad (1)$$

Согласно данным таблицы 1, наблюдается тенденция к недооценке размера новообразования в диапазоне до ~ 40 мм, после которого имеет место (менее выраженная) переоценка размера. Таким образом, врачу онкологу трудно полагаться на размеры опухоли по данным ПЭТ/КТ для правильного стадирования заболевания и планирования лечения. Для того чтобы располагать обоснованной оценкой размера новообразования требуется применение прогностических моделей. На рисунке 3 данные по оценке размеров злокачественных опухолей и метастазов ($n = 97$) представлены в общем виде: по оси ординат – размер новообразования. Для описания данных с целью возможности их последующего прогнозирования применена стандартная линейная модель ($y = \alpha + \beta \times x$).

Применение указанной модели будет в целом давать сбалансированную оценку с некоторым замещением в области малых размеров. Так при детекции новообразования размером 20 мм, фактический

Таблица 2. Коэффициент относительного различия размера новообразования по данным морфологии и ПЭТ/КТ в зависимости от диапазона размеров новообразования по данным морфологии

Table 2. Coefficient of relative difference in the size of the neoplasm according to morphology and PET/CT data scan depending on the size range of the neoplasm according to morphology data

№ диапазон / No. range	Среднее значение оценки по морфологии (пределы диапазона), мм / The average value of the morphology assessment (range limits), mm	Количество значений / Number of values	Среднее значение отклонения, % * (доверительный интервал) / Average deviation value, % * (confidence interval)
1	10,8 (7 ÷ 14)	30	14,1 (0,3 ÷ 28,4)
2	20,1 (14 ÷ 27)	30	11,4 (– 3,2 ÷ 26,0)
3	37,8 (27 ÷ 49)	30	– 3,4 (– 10,3 ÷ 2,4)

Примечание: В таблице представлены данные в диапазоне значений от 7 до 49 мм. Ввиду отсутствия репрезентативной выборки значений выше указанной верхней границы 5 значений в диапазоне 57 ÷ 89 мм в таблице не представлены. Два предположительно артефактных значения исключены из выборки в диапазоне 1 и 2.

*Если больше 1, то истинное значение по морфологическому исследованию было больше того, что было получено по данным ПЭТ/КТ.

Note: The table shows data in the range of values from 7 to 49 mm. Due to the absence of a representative sample of values above the specified upper limit, 5 values in the range of 57 ÷ 89 mm are not presented in the table. Two presumably artifact values are excluded from the sample in the range 1 and 2.

*If greater than 1, then the true value of the morphological study was greater than what was obtained from PET/CT data.

размер будет выше (около 22 мм). В случае оценки 40 мм, фактический размер будет уже ниже – 38,5 мм. Процент соответствия оценки размера новообразования в пределах 25 % ошибки составляет 55,7 %, в пределах 50 % ошибки – 84,5 %.

Применение ПЭТ/КТ в диагностике злокачественных новообразований легких

Проведение ПЭТ/КТ помогает дифференцировать образования онкологической природы. Важную роль в данном вопросе играют размеры очага в легком и уровень накопления РФП. Для нахождения возмож-

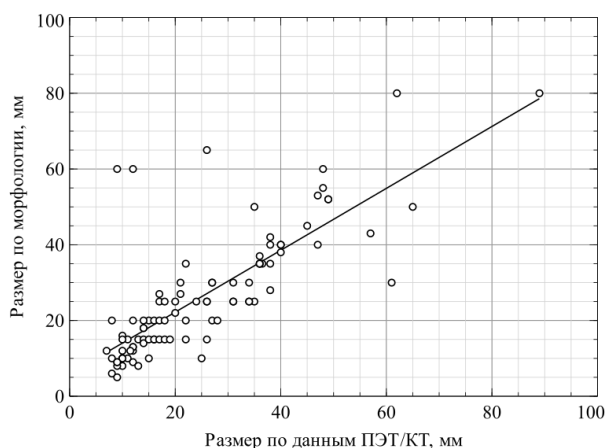


Рис. 3. Соответствие размера опухолевого новообразования по морфологическому исследованию и данным ПЭТ/КТ. Коэффициенты модели, описывающей данные: $\alpha = 5,862 \pm 1,961$ ($p < 0,01$), $\beta = 0,817 \pm 0,067$ ($p < 0,001$).

Fig. 3. The correspondence of the size of the tumor neoplasm according to morphological examination and PET/CT data. Coefficients of the model describing the data: $\alpha = 5.862 \pm 1.961$ ($p < 0.01$), $\beta = 0.817 \pm 0.067$ ($p < 0.001$).

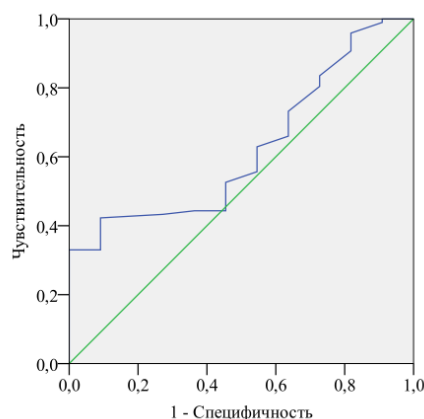
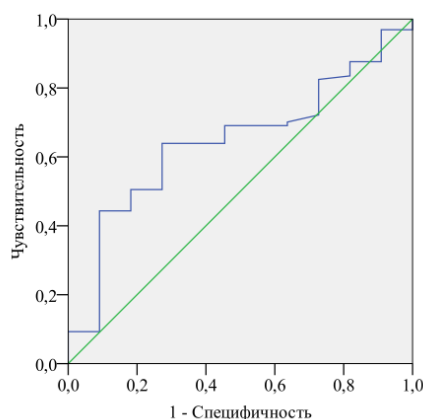


Рис. 4. ROC-кривые для величин SUVmax (а) и оценочный размер (мм, б) в отношении онкологических новообразований (рак легкого и метастазы). Площадь под кривой составила $0,644 \pm 0,077$ и $0,624 \pm 0,077$ для SUVmax и оценочного размера соответственно.

Fig. 4. ROC curves for SUVmax values (a) and estimated size (mm, b) for oncological neoplasms (lung cancer and metastases). The area under the curve was 0.644 ± 0.077 and 0.624 ± 0.077 for SUVmax and estimated size, respectively.

ного порогового значения был применен ROC-анализ для всей выборки пациентов ($n = 108$), целевую группу при этом составляли пациенты с раком легкого и метастазами в легкие (рис. 4). В качестве прогностических показателей рассматривались: величина SUVmax и оценочный размер, т.е. оценка величины новообразования по данным ПЭТ/КТ (мм).

Данные ROC-анализа указывают на наличие перспективных пороговых значений в диапазоне $4,50 \div 6,15$ и $18,5 \div 19,5$ для SUVmax и оценочного размера (мм) соответственно. Пороговые значения согласно индексу Юдена приведены в таблице 2.

В соответствии с данным таблицы 2, величина SUVmax может иметь практическое применение при пороговом значении 5,4 (индекс Юдена составил 0,37), так как здесь сохраняется баланс между чувствительностью и специфичностью, что особенно актуально для образований онкологической природы.

В отличие от SUVmax, показатель оценочного размера образования не может рассматриваться в качестве прогностического параметра.

Применение ПЭТ/КТ для определения метастатического поражения легких

Проведение ПЭТ/КТ помогает диагностировать отдаленные метастазы, в том числе и в легкие. Особый интерес представляет дифференциальная диагностика метастатического процесса и первичного рака легкого. Для нахождения возможного порогового значения был применен ROC-анализ для всей выборки пациентов ($n = 108$), целевую группу при этом составляли пациенты с метастазами, в то время как пациенты с первичным раком легкого рассматривались вместе со случаями поражения легкого неонкологической этиологии (рис. 5).

Данные ROC-анализа указывают на наличие перспективных пороговых значений в диапазоне $4,35 \div 6,26$ и $12,5 \div 24,5$ для SUVmax и оценочного размера соответственно. Пороговые значения согласно индексу Юдена приведены в таблице 3: рассчитаны основные коэффициенты прогностической ценности (табл. 3): чувствительность (Se), специфичность (Sp), точность (Ac), прогностичность положительного (+VP) и отрицательного (-VP) результатов.

В соответствии с данным таблицы 3, величина SUVmax может иметь практическое применение при пороговом значении 4,98 (индекс Юдена составил 0,34). Однако в данном случае мы наблюдаем достаточно низкую чувствительность, которая сказывается и на прогностичности положительного результата, которая едва превышает 0,5 единиц.

Более интересные результаты дает рассмотрение оценочного размера новообразования. Согласно индексу Юдена (0,45) в качестве порогового значения принимается величина 19,0 мм. В этом случае и чувствительность, и специфичность выше уровня в 0,66.

ОБСУЖДЕНИЕ

Дифференциальная диагностика очагового поражения легкого является актуальной и зачастую сложной задачей в современной онкологии. Рак легкого является ведущей патологией в структуре онкологической заболеваемости и смертности, как в мире, так и в Российской Федерации, а метастатическое поражение легких – одна из самых распространенных клинических ситуаций в онкологии. Непрерывно ведется

Таблица 3. Прогностическая ценность SUVmax и оценочного размера для определения онкологических новообразований

Table 3. Prognostic value of SUVmax and estimated size for determining oncological neoplasms

	Порог / Threshold	Se	Sp	Ac	+VP	-VP
Величина SUVmax / The value of SUVmax	5,40	0,639	0,727	0,648	0,954	0,186
Оценочный размер по ПЭТ/КТ, мм / Estimated PET/CT size, mm	18,5	0,526	0,545	0,528	0,911	0,115

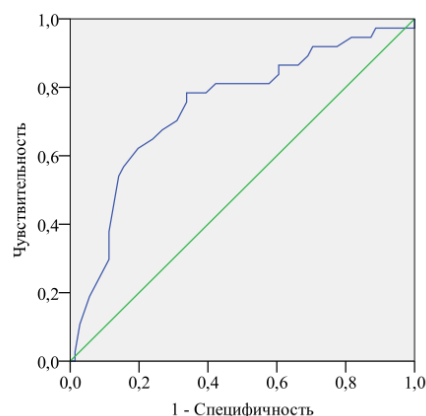
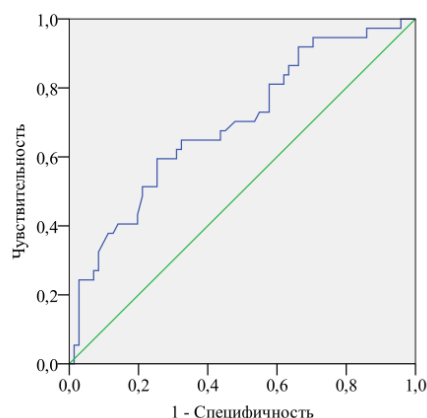


Рис. 5. ROC-кривые для величин SUVmax (а) и оценочный размер (мм, б) в отношении метастазов. Площадь под кривой составила $0,695 \pm 0,054$ и $0,742 \pm 0,052$ для SUV и оценочного размера соответственно.

Fig. 5. ROC curves for SUVmax values (a) and estimated size (mm, b) in relation to metastases. The area under the curve was 0.695 ± 0.054 and 0.742 ± 0.052 for the SUV and the estimated size, respectively.

Таблица 4. Прогностическая ценность SUVmax и оценочного размера для определения метастазов

Table 4. Prognostic value of SUVmax and estimated size for determining metastases

	Порог / Threshold	Se	Sp	Ac	+VP	-VP
Величина SUVmax / The value of SUVmax	4,98	0,595	0,746	0,694	0,550	0,779
Оценочный размер по ПЭТ/КТ, мм / Estimated PET/CT size, mm	19,0	0,784	0,662	0,704	0,547	0,855

поиск новых подходов с применением современного оборудования и РФП. За последние годы в онкологической практике ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ стала одной из самых распространенных и эффективных методик визуализации поражения органов грудной клетки. Современные технологии обработки полученных данных при проведении ПЭТ/КТ помогают не только диагностировать злокачественную природу опухолевого процесса, но и имеют потенциал для прогнозирования гистологического подтипа опухоли [14; 15]. Результаты нашего исследования демонстрируют высокую информативность методики. Однако в мировой литературе имеется ряд публикаций, указывающих на высокую частоту ложноотрицательных и ложноположительных результатов [16; 17]. В связи с этим возрастает необходимость морфологической верификации опухоли легкого при помощи инвазивных методик, которые в свою очередь сопряжены с риском развития осложнений. Дифференциальная диагностика между первичным раком легкого, солитарным метастатическим поражением и доброкачественным процессом принципиально важна, так как подходы к лечению, в том числе и объемы операции, различны.

В нашем исследовании были получены данные, отображающие высокую эффективность методики в диагностике злокачественного поражения легкого. Перспективное пороговое значение SUV_{max} для выявления опухолевых образований онкологической природы составило $4,50 \div 4,86$. Полученные результаты не противоречат международному и отечественному опыту [18–20]. Для более точной оценки метастатического поражения легкого необходимо продолжение исследования с увеличением количества наблюдений,

в том числе и в группе пациентов с доброкачественными образованиями.

Изучение корреляции размеров опухоли по данным ПЭТ/КТ с результатами морфологического исследования дает возможность сделать вывод об имеющейся погрешности методики. Однако применение линейной модели корректировки оценки размера образования по данным ПЭТ/КТ позволяет прогнозировать истинный размер опухоли, что необходимо для правильного стадирования первичного рака легкого, выработки оптимальной тактики лечения и определения объема операции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учитывая данные проведенного анализа, можно сделать вывод о том, что ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ дает относительно точную оценку размера опухолевого образования. Погрешность в пределах 35 % (от размера по ПЭТ/КТ) наблюдается в 76 % случаев, давая в целом заниженную оценку размера до уровня ~ 40 мм, далее – завышенную. Применение линейной модели корректировки оценки размера образования с параметрами $5,862 + 0,817 \times x$ (x – размер по ПЭТ/КТ) позволит на основании данных, полученных при проведении данного вида исследования с погрешностью в пределах 50 %, прогнозировать истинный размер опухоли у 84,5 % пациентов. В свою очередь, перспективное пороговое значение SUV_{max} для выявления опухолевых образований онкологической природы – не менее 5,4. Необходимо дальнейшее изучение ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ с разработкой рентгенологических и метаболических критериев злокачественности при различном гистогенезе опухоли.

Список источников

1. Sung H., Ferlay J., Siegel R.L., Laversanne M., Soerjomataram I., Jemal A., Bray F. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. CA Cancer Journal for Clinicians. 2021 Feb 4. <https://doi.org/10.3322/caac.21660>
2. Состояние онкологической помощи населению России в 2019 году. Под ред. А. Д. Каприна, В. В. Старинского, А. О. Шахзадовой. М.: МНИОИ им. П. А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2020, 239 с.
3. Ассоциация онкологов России. Клинические рекомендации «Злокачественное новообразование бронхов и легкого», 2021, 19–20 с. Доступно по: <https://oncology-association.ru/wp-content/uploads/2021/02/rak-legkogo-2021.pdf>, Дата обращения: 16.08.2022
4. Ruilong Z, Daohai X, Li G, Xiaohong W, Chunjie W, Lei T. Diagnostic value of 18F-FDG-PET/CT for the evaluation of solitary pulmonary nodules: a systematic review and meta-analysis. Nucl Med Commun. 2017 Jan;38(1):67–75. <https://doi.org/10.1097/MNM.0000000000000605>
5. Schmidt-Hansen M, Baldwin DR, Hasler E, Zamora J, Abaira V, Roqué I Figuls M. PET-CT for assessing mediastinal lymph node involvement in patients with suspected resectable non-small cell lung cancer. Cochrane Database Syst Rev. 2014 Nov 13;(11):CD009519. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009519.pub2>
6. Divisi D, Barone M, Zaccagna G, Crisci R. Fluorine-18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography in the management of solitary pulmonary nodule: a review. Ann Med. 2017 Nov;49(7):626–635. <https://doi.org/10.1080/07853890.2017.1339906>
7. Li S, Zhao B, Wang X, Yu J, Yan S, Lv C, et al. Overestimated value of (18)F-FDG PET/CT to diagnose pulmonary nodules: Analysis of 298 patients. Clin Radiol. 2014 Aug;69(8):e352–357. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2014.04.007>

8. Opoka L, Kunikowska J, Podgajny Z, Szołkowska M, Błasińska-Przerwa K, Burakowska B, et al. Accuracy of FDG PET/CT in the evaluation of solitary pulmonary lesions – own experience. *Pneumonol Alergol Pol.* 2014;82(3):198–205. <https://doi.org/10.5603/PiAP.2014.0027>
9. Divisi D, Barone M, Bertolaccini L, Zaccagna G, Gabriele F, Crisci R. Diagnostic performance of fluorine-18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography in the management of solitary pulmonary nodule: a meta-analysis. *J Thorac Dis.* 2018 Apr;10(Suppl 7):S779–S789. <https://doi.org/10.21037/jtd.2017.12.126>
10. Farid K, Poullias X, Alifano M, Regnard JF, Servois V, Caillat-Vigneron N, et al. Respiratory-gated imaging in metabolic evaluation of small solitary pulmonary nodules: 18F-FDG PET/CT and correlation with histology. *Nucl Med Commun.* 2015 Jul;36(7):722–727. <https://doi.org/10.1097/MNM.0000000000000311>
11. Nakajo M, Jinguji M, Aoki M, Tani A, Sato M, Yoshiura T. The clinical value of texture analysis of dual-time-point 18F-FDG-PET/CT imaging to differentiate between 18F-FDG-avid benign and malignant pulmonary lesions. *Eur Radiol.* 2020 Mar;30(3):1759–1769. <https://doi.org/10.1007/s00330-019-06463-7>
12. Frood R, McDermott G, Scarsbrook A. Respiratory-gated PET/CT for pulmonary lesion characterisation-promises and problems. *Br J Radiol.* 2018 Jun;91(1086):20170640. <https://doi.org/10.1259/bjr.20170640>
13. Erdoğan M, Evrimler Ş, Aydın H, Karabrahimoğlu A, Şengül SS. Solitary Pulmonary Nodule: Morphological Effects on Metabolic Activity Assessment. *Mol Imaging Radionucl Ther.* 2019 Sep 6;28(3):112–119. <https://doi.org/10.4274/mirt.galenos.2019.65707>
14. Zhou Y, Ma XL, Zhang T, Wang J, Zhang T, Tian R. Use of radiomics based on 18F-FDG PET/CT and machine learning methods to aid clinical decision-making in the classification of solitary pulmonary lesions: an innovative approach. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2021 Aug;48(9):2904–2913. <https://doi.org/10.1007/s00259-021-05220-7>
15. Hyup SH, Ahn MS, Koh YW, Lee SJ. A Machine-Learning Approach Using PET-Based Radiomics to Predict the Histological Subtypes of Lung Cancer. *Clin Nucl Med.* 2019 Dec;44(12):956–960. <https://doi.org/10.1097/RLU.00000000000002810>
16. Lohrmann C, Weber WA. What is the clinical value of PET/CT in the diagnosis of pulmonary nodules? *Zentralbl Chir.* 2014 Feb;139(1):108–113. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1360182>
17. Li ZZ, Huang YL, Song HJ, Wang YJ, Huang Y. The value of 18F-FDG-PET/CT in the diagnosis of solitary pulmonary nodules: A meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* 2018 Mar;97(12):e0130. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000010130>
18. Lin J, Wang L, Ji X, Zheng X, Tang K. Characterization of 18F-fluorodeoxyglucose metabolic spatial distribution improves the differential diagnosis of indeterminate pulmonary nodules and masses with high fluorodeoxyglucose uptake. *Quant Imaging Med Surg.* 2021 Apr;11(4):1543–1553. <https://doi.org/10.21037/qims-20-768>
19. Tang K, Wang L, Lin J, Zheng X, Wu Y. The value of 18F-FDG PET/CT in the diagnosis of different size of solitary pulmonary nodules. *Medicine (Baltimore).* 2019 Mar;98(11):e14813. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000014813>
20. Lococo F, Muoio B, Chiappetta M, Nachira D, Petracca Ciavarella L, Margaritora S, et al. Diagnostic Performance of PET or PET/CT with Different Radiotracers in Patients with Suspicious Lung Cancer or Pleural Tumours according to Published Meta-Analyses. *Contrast Media Mol Imaging.* 2020;2020:5282698. <https://doi.org/10.1155/2020/5282698>

References

1. Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Laversanne M, Soerjomataram I, Jemal A, Bray F. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA Cancer Journal for Clinicians.* 2021 Feb 4. <https://doi.org/10.3322/caac.21660>
2. The state of oncological care to the population of Russia in 2019. Ed. by A.D. Kaprin, V. V. Starinsky, A. O. Shakhzadova. M.: P. A. Herzen Moscow State Medical Research Institute – Branch of the Federal State Budgetary Institution "NMIC of Radiology" of the Ministry of Health of Russia, 2020, 239 p. (In Russ.).
3. Association of Oncologists of Russia. Clinical recommendations "Malignant neoplasm of the bronchi and lung", 2021, 19–20 p. Available at: <https://oncology-association.ru/wp-content/uploads/2021/02/rak-legkogo-2021.pdf>, Accessed: 16.08.2022. (In Russ.).
4. Ruilong Z, Daohai X, Li G, Xiaohong W, Chunjie W, Lei T. Diagnostic value of 18F-FDG-PET/CT for the evaluation of solitary pulmonary nodules: a systematic review and meta-analysis. *Nucl Med Commun.* 2017 Jan;38(1):67–75. <https://doi.org/10.1097/MNM.0000000000000605>
5. Schmidt-Hansen M, Baldwin DR, Hasler E, Zamora J, Abaira V, Roqué I Figuls M. PET-CT for assessing mediastinal lymph node involvement in patients with suspected resectable non-small cell lung cancer. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014 Nov 13;(11):CD009519. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009519.pub2>
6. Divisi D, Barone M, Zaccagna G, Crisci R. Fluorine-18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography in the management of solitary pulmonary nodule: a review. *Ann Med.* 2017 Nov;49(7):626–635. <https://doi.org/10.1080/07853890.2017.1339906>
7. Li S, Zhao B, Wang X, Yu J, Yan S, Lv C, et al. Overestimated value of (18)F-FDG PET/CT to diagnose pulmonary nodules: Analysis of 298 patients. *Clin Radiol.* 2014 Aug;69(8):e352–357. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2014.04.007>

8. Opoka L, Kunikowska J, Podgajny Z, Szołkowska M, Błasińska-Przerwa K, Burakowska B, et al. Accuracy of FDG PET/CT in the evaluation of solitary pulmonary lesions – own experience. *Pneumonol Alergol Pol.* 2014;82(3):198–205. <https://doi.org/10.5603/PiAP.2014.0027>
9. Divisi D, Barone M, Bertolaccini L, Zaccagna G, Gabriele F, Crisci R. Diagnostic performance of fluorine-18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography in the management of solitary pulmonary nodule: a meta-analysis. *J Thorac Dis.* 2018 Apr;10(Suppl 7):S779–S789. <https://doi.org/10.21037/jtd.2017.12.126>
10. Farid K, Poullias X, Alifano M, Regnard JF, Servois V, Caillat-Vigneron N, et al. Respiratory-gated imaging in metabolic evaluation of small solitary pulmonary nodules: 18F-FDG PET/CT and correlation with histology. *Nucl Med Commun.* 2015 Jul;36(7):722–727. <https://doi.org/10.1097/MNM.0000000000000311>
11. Nakajo M, Jinguji M, Aoki M, Tani A, Sato M, Yoshiura T. The clinical value of texture analysis of dual-time-point 18F-FDG-PET/CT imaging to differentiate between 18F-FDG-avid benign and malignant pulmonary lesions. *Eur Radiol.* 2020 Mar;30(3):1759–1769. <https://doi.org/10.1007/s00330-019-06463-7>
12. Frood R, McDermott G, Scarsbrook A. Respiratory-gated PET/CT for pulmonary lesion characterisation-promises and problems. *Br J Radiol.* 2018 Jun;91(1086):20170640. <https://doi.org/10.1259/bjr.20170640>
13. Erdoğan M, Evrimler Ş, Aydın H, Karabrahimoğlu A, Şengül SS. Solitary Pulmonary Nodule: Morphological Effects on Metabolic Activity Assessment. *Mol Imaging Radionucl Ther.* 2019 Sep 6;28(3):112–119. <https://doi.org/10.4274/mirt.galenos.2019.65707>
14. Zhou Y, Ma XL, Zhang T, Wang J, Zhang T, Tian R. Use of radiomics based on 18F-FDG PET/CT and machine learning methods to aid clinical decision-making in the classification of solitary pulmonary lesions: an innovative approach. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2021 Aug;48(9):2904–2913. <https://doi.org/10.1007/s00259-021-05220-7>
15. Hyup SH, Ahn MS, Koh YW, Lee SJ. A Machine-Learning Approach Using PET-Based Radiomics to Predict the Histological Subtypes of Lung Cancer. *Clin Nucl Med.* 2019 Dec;44(12):956–960. <https://doi.org/10.1097/RLU.00000000000002810>
16. Lohrmann C, Weber WA. What is the clinical value of PET/CT in the diagnosis of pulmonary nodules? *Zentralbl Chir.* 2014 Feb;139(1):108–113. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1360182>
17. Li ZZ, Huang YL, Song HJ, Wang YJ, Huang Y. The value of 18F-FDG-PET/CT in the diagnosis of solitary pulmonary nodules: A meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* 2018 Mar;97(12):e0130. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000010130>
18. Lin J, Wang L, Ji X, Zheng X, Tang K. Characterization of 18F-fluorodeoxyglucose metabolic spatial distribution improves the differential diagnosis of indeterminate pulmonary nodules and masses with high fluorodeoxyglucose uptake. *Quant Imaging Med Surg.* 2021 Apr;11(4):1543–1553. <https://doi.org/10.21037/qims-20-768>
19. Tang K, Wang L, Lin J, Zheng X, Wu Y. The value of 18F-FDG PET/CT in the diagnosis of different size of solitary pulmonary nodules. *Medicine (Baltimore).* 2019 Mar;98(11):e14813. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000014813>
20. Lococo F, Muoio B, Chiappetta M, Nachira D, Petracca Ciavarella L, Margaritora S, et al. Diagnostic Performance of PET or PET/CT with Different Radiotracers in Patients with Suspicious Lung Cancer or Pleural Tumours according to Published Meta-Analyses. *Contrast Media Mol Imaging.* 2020;2020:5282698. <https://doi.org/10.1155/2020/5282698>

Информация об авторах:

Афонин Григорий Владиславович ✉ – к.м.н., старший научный сотрудник отделения лучевого и хирургического лечения заболеваний торакальной области, МРНЦ им. А. Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Обнинск, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7128-2397>, SPIN: 9039-6110, AuthorID: 896307, ResearcherID: 0-3150-2017

Глухарева Анастасия Евгеньевна – клинический ординатор, лаборант исследователь, МРНЦ им. А. Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Обнинск, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4122-1569>, SPIN: 6093-0578, AuthorID: 1069449

Смоленов Евгений Игоревич – к.м.н., научный сотрудник отделения лучевого и хирургического лечения заболеваний торакальной области, МРНЦ им. А. Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Обнинск, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3782-7338>, SPIN: 6376-2673, AuthorID: 808954

Колобаев Илья Владимирович – к.м.н., заведующий отделением лучевого и хирургического лечения заболеваний торакальной области, МРНЦ им. А. Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Обнинск, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3573-6996>, SPIN: 1382-5529, AuthorID: 878091

Бекетов Евгений Евгеньевич – к.б.н., заведующий лабораторией биоматериалов и тканевых конструкций, МРНЦ им. А. Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Обнинск, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2485-6482>, SPIN: 9255-1920, AuthorID: 670799, ResearcherID: A-6717-2015

Петров Леонид Олегович – к.м.н., заведующий отделением лучевого и хирургического лечения заболеваний абдоминальной области, МРНЦ им. А. Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Обнинск, Российская Федерация. SPIN: 4559-3613, AuthorID: 665865

Иванов Сергей Анатольевич – д.м.н., профессор РАН, директор, МРНЦ им. А. Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Обнинск, Российская Федерация; генеральный директор, ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Обнинск, Российская Федерация; профессор кафедры онкологии и рентгенодиагностики им. В. П. Харченко медицинского института, ФГАУ ВО «Российский университет дружбы народов», г. Москва, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7689-6032>, SPIN: 4264-5167, AuthorID: 710405, ResearcherID: N-8221-2017, Scopus Author ID: 16070399200

Information about authors:

Grigorii V. Afonin ✉ – Cand. Sci. (Med.), senior researcher of the department of radiation and surgical treatment of thoracic region diseases, A. F. Tsyb Medical Radiological Research Center – Branch of the National Medical Research Radiological Center, Obninsk, Russian Federation. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7128-2397>, SPIN: 9039-6110, AuthorID: 896307, ResearcherID: O-3150-2017

Anastasiya E. Glukhareva – clinical resident, laboratory assistant researcher, A. F. Tsyb Medical Radiological Research Center – Branch of the National Medical Research Radiological Center, Obninsk, Russian Federation. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4122-1569>, SPIN: 6093-0578, AuthorID: 1069449

Evgenii I. Smolenov – Cand. Sci. (Med.), researcher of the Department of Radiation and surgical treatment of thoracic diseases, A. F. Tsyb Medical Radiological Research Center – Branch of the National Medical Research Radiological Center, Obninsk, Russian Federation. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3782-7338>, SPIN: 6376-2673, AuthorID: 808954

Ilya V. Kolobaev – Cand. Sci. (Med.), Head of the Department of Radiation and surgical treatment of diseases of the thoracic, A. F. Tsyb Medical Radiological Research Center – Branch of the National Medical Research Radiological Center, Obninsk, Russian Federation. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3573-6996>, SPIN: 1382-5529, AuthorID: 878091

Evgenii E. Beketov – Cand. Sci. (Biol.), Head of the Laboratory of Biomaterials and Tissue Structures, A. F. Tsyb Medical Radiological Research Center – Branch of the National Medical Research Radiological Center, Obninsk, Russian Federation. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2485-6482>, SPIN: 9255-1920, AuthorID: 670799, ResearcherID: A-6717-2015

Leonid O. Petrov – Cand. Sci. (Med.), Head of the Department of radiation and surgical treatment of abdominal diseases, A. F. Tsyb Medical Radiological Research Center – Branch of the National Medical Research Radiological Center, Obninsk, Russian Federation. SPIN: 4559-3613, AuthorID: 665865

Sergei A. Ivanov – Dr. Sci. (Med.), professor of the Russian Academy of Sciences, director, A. F. Tsyb Medical Radiological Research Center – Branch of the National Medical Research Radiological Center, Obninsk, Russian Federation; general manager, National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Health of the Russian Federation, Obninsk, Russian Federation; professor of the department of oncology and x-ray radiology named after V. P. Kharchenko, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7689-6032>, SPIN: 4264-5167, AuthorID: 710405, ResearcherID: N-8221-2017, Scopus Author ID: 16070399200

Вклад авторов:

Афонин Г. В. – разработка концепции и дизайна исследования, сбор, анализ и интерпретация данных, подготовка статьи;

Глухарева А. Е. – научное редактирование, оформление библиографии;

Смоленов Е. И. – научное редактирование;

Бекетов Е. Е. – техническое редактирование, статистическая обработка, подготовка иллюстраций;

Колобаев И. В. – научное редактирование;

Петров Л. О. – научное редактирование;

Иванов С. А. – анализ научной работы, критический пересмотр с внесением ценного интеллектуального содержания.

Authors contribution:

Afonin G. V. – development of the concept and design of the study, collection, analysis and interpretation of data, preparation of the article;

Glukhareva A. E. – scientific editing, bibliography design;

Smolenov E. I. – scientific editing;

Beketov E. E. – scientific editing, design technical editing, statistical processing, preparation of illustrations; bibliographies;

Kolobaev I. V. – scientific editing;

Petrov L. O. – scientific editing;

Ivanov S. A. – analysis of scientific work, critical revision with the introduction of valuable intellectual content.