



© CC BY Коллектив авторов, 2026
УДК 616.441-006.6-089.168.7-073.756.8
<https://doi.org/10.24884/1607-4181-2026-33-1-84-93>

Н. В. Центр*, Д. В. Рыжкова

Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова
197341, Россия, Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2

ТОПИЧЕСКАЯ ПЭТ/КТ-ДИАГНОСТИКА РЕЦИДИВА МЕДУЛЛЯРНОГО РАКА ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ: КАКОЙ РАДИОФАРМПРЕПАРАТ ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЕЕ?

Поступила в редакцию 29.09.2025 г.; принята к печати 04.03.2026 г.

Резюме

Введение. Медуллярный рак щитовидной железы (МРЩЖ) характеризуется высоким риском рецидивов в послеоперационном периоде, для топической локализации которых стандартные методы визуализации недостаточно эффективны. Определение уровня кальцитонина и РЭА является ключевым тестом для мониторинга появления рецидивных опухолевых очагов, но не указывает на их локализацию. На основании накопленного мирового опыта установлено, что наиболее перспективными методами для определения местного рецидива и локализации метастазов МРЩЖ являются ПЭТ/КТ с [18F]-ДОФА и [68Ga]-ДОТА-пептидами, однако данные об их сравнительной эффективности остаются противоречивыми.

Цель. Выполнить аналитическое сопоставление диагностических возможностей ПЭТ/КТ с [18F]-ДОФА и [68Ga]-ДОТА-пептидами для топической диагностики рецидивных очагов и оценки опухолевой нагрузки при биохимическом рецидиве МРЩЖ.

Методы и материалы. Проведен ретроспективный анализ исследований 100 пациентов с биохимическим рецидивом МРЩЖ (уровень кальцитонина >10 пг/мл), прошедших ПЭТ/КТ с [68Ga]-ДОТА-пептидами и/или с [18F]-ДОФА, включая исследование 31 пациента, которым выполнялось исследование с обоими радиофармацевтическими лекарственными препаратами (РФЛП). Анализ включал оценку количества и локализацию очагов, интенсивность накопления в них РФЛП, а также поиск корреляции между уровнем базального кальцитонина сыворотки крови и результатов ПЭТ/КТ.

Результаты. У 67 из 100 пациентов (67 %) с помощью ПЭТ/КТ были обнаружены рецидивные очаги. Прямое сравнение результатов ПЭТ/КТ с [68Ga]-ДОТА-пептидами и [18F]-ДОФА у 31 пациента не выявило статистически значимых различий между двумя РФЛП в количестве обнаруженных очагов (критерий Уилкоксона — 1,667, $p = 0,096$). Однако в единичных случаях наблюдались дискордантные результаты: у 2 пациентов [18F]-ДОФА выявил больше очагов (в лимфатических узлах, печени, костях), у 1 пациента [68Ga]-ДОТА-пептиды показали более высокую контрастность очагов. При значениях базального кальцитонина сыворотки крови ниже 150 пг/мл опухолевые очаги были обнаружены почти у половины пациентов при ПЭТ/КТ как с [18F]-ДОФА (45 %), так и с [68Ga]-ДОТА-пептидами (42 %). Отмечалась лишь умеренная положительная корреляция уровня онкомаркера с количеством выявляемых очагов (коэффициента Спирмена 0,47 и 0,35, для [18F]-ДОФА и [68Ga]-ДОТА-пептидов соответственно, $p < 0,05$) и суммарным объемом ПЭТ-позитивной опухолевой ткани (коэффициента Спирмена 0,39 и 0,26, для [18F]-ДОФА и [68Ga]-ДОТА-пептидов соответственно, $p < 0,05$).

Выводы. ПЭТ/КТ с [18F]-ДОФА и [68Ga]-ДОТА-пептидами являются эффективными и взаимодополняющими методами топической диагностики при биохимическом рецидиве МРЩЖ. В случаях распространенных форм МРЩЖ предпочтительно выполнение комплексного ПЭТ/КТ-исследования с применением обоих РФЛП, что обеспечит максимальную диагностическую точность и определит дальнейшую стратегию персонализированного лечения.

Ключевые слова: медуллярный рак щитовидной железы, МРЩЖ, ПЭТ/КТ, [18F]-ДОФА, [68Ga]-ДОТА-пептиды, кальцитонин

Для цитирования: Центр Н. В., Рыжкова Д. В. Топическая ПЭТ/КТ-диагностика рецидива медуллярного рака щитовидной железы: какой радиофармпредпарат предпочтительнее? *Ученые записки ПСПбГМУ им. акад. И. П. Павлова.* 2026;33(1):84–93. <https://doi.org/10.24884/1607-4181-2026-33-1-84-93>.

* Автор для связи: Никита Вячеславович Центр, Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова, 197341, Россия, Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2. E-mail: ni.tse@mail.ru.

Nikita V. Tsentr*, Daria V. Ryzhkova

Almazov National Medical Research Centre
2, Akkuratova str., Saint Petersburg, Russia, 197341

PET/CT IN TOPICAL DIAGNOSTICS OF RECURRENT MEDULLARY THYROID CANCER: WHICH RADIOPHARMACEUTICAL IS PREFERRED?

Received 29.09.2026; accepted 04.03.2026

Introduction. Medullary thyroid cancer (MTC) is characterized by a high risk of recurrence in the postoperative period, for the topographic localization of which, standard imaging methods are not sufficiently effective. Determination of the level of calcitonin and CEA is key test for monitoring the appearance of recurrent tumor foci, but does not indicate their localization. Based on the accumulated global experience, it has been established that the most promising methods for determining local recurrence and localization of metastases of MTC are PET/CT with [18F]-DOPA and [68Ga]-DOTA-peptides, however, data on their comparative effectiveness remain controversial.

The objective was to perform an analytical comparison of the diagnostic capabilities of PET/CT with [18F]-DOPA and [68Ga]-DOTA-peptides for the topographic diagnosis of recurrent foci and assessment of the tumor burden in biochemical recurrence of MTC.

Methods and materials. A retrospective analysis of studies of 100 patients with biochemical recurrence of MTC (calcitonin level > 10 pg/ml) who underwent PET/CT with [68Ga]-DOTA-peptides and/or with [18F]-DOPA, including the study of 31 patients with both radiopharmaceuticals. The analysis included an assessment of the number, localization and intensity of the accumulation foci of radiopharmaceuticals, an assessment of the correlation of the basal serum calcitonin level and the results of PET/CT.

Results. In 67 out of 100 patients (67%), recurrent foci were detected using PET/CT. Direct comparison of PET/CT scans with [68Ga]-DOTA-peptides and [18F]-DOPA in 31 patients did not show any statistically significant differences in the number of lesions detected between the two radiopharmaceuticals (Wilcoxon – 1.667, $p = 0.096$). However, in some cases, discordant results were observed: in 2 patients, [18F]-DOPA revealed more foci (in the lymph nodes, liver, and bones), and in 1 patient, [68Ga]-DOTA-peptides showed significantly higher contrast of the foci. With serum basal calcitonin values below 150 pg/ml, tumor foci were detected in almost half of PET/CT patients with both [18F]-DOPA (45 %) and [68Ga]-DOT peptides (42 %). There was only a moderate positive correlation between the level of the cancer marker and the number of detected foci (Spearman 0.47 and 0.35, for [18F]-DOPA and [68Ga]-DOT peptides, respectively, $p < 0.05$) and the total volume of PET-positive tumor tissue (Spearman 0.39 and 0.26, for [18F]-DOPA and [68Ga]-DOT peptides, respectively, $p < 0.05$).

Conclusion. PET/CT with [18F]-DOPA and with [68Ga]-DOTA-peptides are highly informative for the topographic diagnosis of recurrent tumor foci in MTC with comparable diagnostic efficiency. In cases of common forms of MTC, it is preferable to perform a comprehensive PET/CT scan using both radiopharmaceuticals, which will ensure maximum diagnostic accuracy and determine the future strategy of personalized treatment.

Keywords: medullary thyroid cancer, MTC, PET/CT, [18F]-DOPA, [68Ga]-DOTA-peptides, calcitonin

For citation: Tsentr N. V., Ryzhkova D. V. PET/CT in topical diagnostics of recurrent medullary thyroid cancer: which radiopharmaceutical is preferred? *The Scientific Notes of Pavlov University*. 2026;33(1):84–93. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/1607-4181-2026-33-1-84-93>.

* **Corresponding author:** Nikita V. Tsentr, Almazov National Medical Research Centre, 2, Akkuratova str., Saint Petersburg, Russia, 197341. E-mail: ni.tse@mail.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Медулярный рак щитовидной железы (МРЩЖ) составляет около 3–5 % всех злокачественных новообразований (ЗНО) щитовидной железы и развивается из парафолликулярных С-клеток, продуцирующих кальцитонин. Несмотря на радикальность хирургического лечения (тиреоидэктомия с лимфодиссекцией), у 20–50 % пациентов развивается рецидив, что требует высокочувствительных методов диагностики для своевременного выявления остаточной или рецидивной опухолевой ткани [1–3].

Определение уровня кальцитонина и раково-эмбрионального антигена (РЭА) играет ключевую роль в мониторинге рецидива МРЩЖ, однако повышение онкомаркеров не определяет локализацию рецидивной опухоли и опухолевую нагрузку [4]. Согласно литературным данным, эффективность методов анатомической визуализации (УЗИ, КТ, МРТ) для топической диагностики при биохимическом рецидиве МРЩЖ невысока [2, 3, 5–9].

Методы молекулярной визуализации имеют высокую информативность в определении локализации рецидивных опухолевых очагов. В настоящее время позитронно-эмиссионная томография, совмещенная с рентгеновской компьютерной томографией (ПЭТ/КТ) с различными радиофармацевтическими лекарственными препаратами (РФЛП), стала важным инструментом в диагностике рецидивов МРЩЖ [10–12].

Наиболее изученными РФЛП для локализации рецидива дифференцированного МРЩЖ являются [18F]-фтордигидроксибензилаланин ([18F]-ДОФА) и меченые [68Ga] аналоги лигандов к соматостатиновым рецепторам ([68Ga]-DOTA-пептиды: [68Ga]-DOTATATE, [68Ga]-DOTANOC, [68Ga]-DOTATOC) [3, 13–19].

В мировой литературе продемонстрирована высокая диагностическая ценность ПЭТ/КТ с [68Ga]-DOTA-пептидами и [18F]-ДОФА в топической диагностике рецидивных опухолевых очагов и определении распространенности метастатической

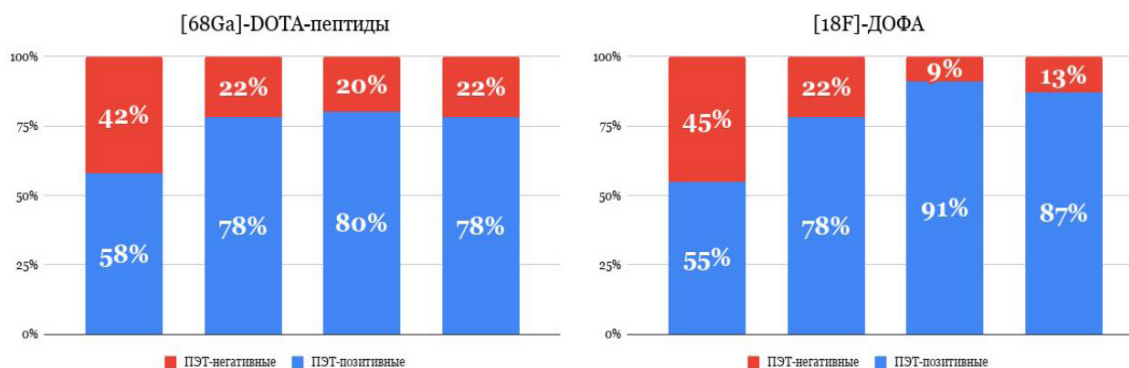


Рис. 1. Распределение результатов ПЭТ/КТ с различными РФП в зависимости от концентрации базального кальцитонина сыворотки крови.

Fig.1. Distribution of PET/CT results with different radiopharmaceuticals, depending on the concentration of basal serum calcitonin.

диссеминации, тем не менее, до настоящего времени мнение о выборе первоочередного РФЛП не сформулировано, а масштабных исследований с целью сопоставления диагностической эффективности ПЭТ/КТ с [68Ga]-ДОТА-пептидами и [18F]-ДОФА на больших когортах пациентов не проводились [3,14,20].

Цель исследования – выполнить аналитическое сопоставление диагностических возможностей ПЭТ/КТ с [18F]-ДОФА и [68Ga]-ДОТА-пептидами для топической диагностики рецидивных очагов и оценки опухолевой нагрузки при биохимическом рецидиве МРЦЖ.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Характеристика выборки. В исследование включено 100 пациентов с лабораторными признаками биохимического рецидива медулярного рака щитовидной железы: у всех пациентов концентрация базального кальцитонина в сыворотке крови превышала 10 пг/мл. Распределение пациентов по полу составило 62 % женщины и 38 % мужчины. Медиана возраста на момент исследования составила 50 лет [36; 64]. У всех пациентов в анамнезе была тиреоидэктомия с шейной лимфаденэктомией, медиана постоперационного периода перед исследованием составила 36 месяцев [17; 71]. Медулярный рак щитовидной железы был верифицирован на основании морфологического исследования операционного материала. 21 пациент на момент исследования получал таргетную терапию ингибиторами тирозинкиназ (вандетаниб, кабозантиниб), 11 пациентов подверглись лучевой терапии на область метастатических очагов.

Критерием невключения в исследование являлось наличие у пациента факторов, влияющих на повышение уровня базального кальцитонина крови (медикаментозных: прием ингибиторов протонной помпы, β-адреноблокаторов, кортикостероидов, глюкагона, энтеро-глюкагона, ингибиторов кальцитонин-ген-родственного пептида; клиниче-

ских: острая гиперкальциемия, гипергастринемия, нетиреоидные неоплазии и др.). Медиана уровня базального кальцитонина крови на момент исследования составила 295 пг/мл [135; 800], у 38 пациентов уровень онкомаркера на момент исследования не превышал 150 пг/мл.

64 пациентам выполнена ПЭТ/КТ с [18F]-ДОФА: 24 пациентам исследование выполнено однократно, 40 пациентам проведено повторное исследование в рамках динамического наблюдения, 17 пациентам ПЭТ/КТ с [18F]-ДОФА проведено трехкратно, 14 пациентам – более 3 раз. Таким образом, общее количество процедур ПЭТ/КТ с [18F]-ДОФА составило 135 исследований.

Процедура ПЭТ/КТ с [68Ga]-ДОТА-пептидами проведена 36 пациентам, из них 5 пациентам ПЭТ/КТ выполнена дважды, поэтому суммарное количество исследований составило 41 процедуру.

31 пациенту (31 %) из 100 человек, включенных в выборку, были выполнены ПЭТ/КТ исследования с 2 РФЛП: с [68Ga]-ДОТА-ТАТЕ и с [18F]-ДОФА (рис. 1). Временной интервал между ПЭТ/КТ с различными РФЛП не превышал 3 месяцев.

Методика ПЭТ/КТ исследования. У всех пациентов за 4 часа до исследования из пищевого рациона исключались продукты с высоким содержанием белка.

Индивидуальную вводимую активность РФЛП рассчитывали исходя из массы тела пациента: 2 МБк/кг для [68Ga]-ДОТА-пептидов, 4 МБк/кг для [18F]-ДОФА. ПЭТ/КТ-сканирование пациентов проводили на позитронно-эмиссионном томографе, совмещенном с рентгеновским компьютерным томографом Discovery 710 (GE). Стандартный интервал между введением РФЛП и началом сканирования составил для [68Ga]-ДОТА-пептидов – 60 мин, для [18F]-ДОФА – 15 мин. ПЭТ/КТ-сканирование выполняли по протоколу «все тело», зона сканирования включала в себя область головы и шеи, грудной клетки, брюшной полости и забрюшинного пространства, малого таза. Протокол сканирования состоял из низкодозовой

КТ (напряжение на трубке — 120 кВ, сила тока — 50 — 150 мА) без внутривенного контрастирования с целью коррекции аттенуации, позитронного эмиссионного томографического сканирования длительностью 3 мин на каждое положение томографического стола и следующего за ним КТ исследования в диагностическом режиме (сила тока 250 мА, напряжение на рентгеновской трубке 100 кВ) с внутривенным введением йодсодержащего рентгеноконтрастного вещества. У 11 пациентов КТ выполнена без контрастного усиления из-за наличия гиперчувствительности к йодсодержащим рентгеноконтрастным веществам.

Обработка результатов ПЭТ/КТ проводилась двумя врачами-радиологами, независимо друг от друга, с использованием программного комплекса AW Server (GE). На каждом ПЭТ/КТ-изображении определяли наличие или отсутствие очагов патологического накопления РФЛП, их количество и локализацию, интенсивность накопления РФЛП в очагах, наличие соответствующих структурных изменений по данным КТ, соответствие количества очагов патологического накопления [68Ga]-ДОТА-пептидов и [18F]-ДОФА и их соответствие друг другу.

Измерение полуколичественного показателя максимального стандартизованного уровня накопления РФЛП, нормализованного на безжировую массу тела (SUVlbm max), проводилось путем построения области интереса (ROI) над точкой максимального накопления РФЛП. Для оценки соотношения очаг/фон проводилось измерение показателя средних стандартизованных уровней накопления РФЛП (SUVlbm mean) в ROI диаметром 1 см над точкой максимального накопления РФЛП в патологическом очаге и жировой клетчаткой надключичной области.

Суммарный объем ПЭТ-позитивной опухолевой ткани определялся при помощи встроенных функций программного обеспечения путем построения объемной области интереса (VOI) над каждым выявленным очагом с автоматическим оконтуриванием границ по устанавливаемому пороговому значению SUVlbm 50 % от максимального SUVlbm.

На КТ-изображениях оценивали наличие или отсутствие патологической опухолевой ткани в ложе удаленной щитовидной железы, увеличение в размерах лимфатических узлов и очаговые изменения внутренних органов и костной ткани.

Дальнейшая верификация ПЭТ-позитивных очагов осуществлялась либо на основании результатов морфологического исследования операционного материала, который был получен в ходе хирургического лечения рецидивной опухолевой ткани, выявленной при ПЭТ/КТ, или по данным повторного ПЭТ/КТ-исследования, при этом истинность положительного результата при пер-

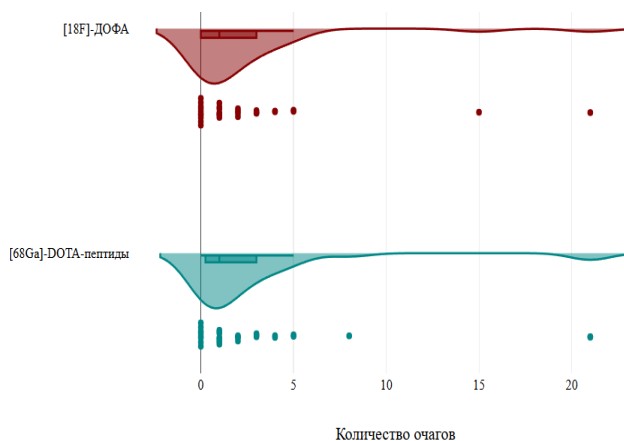


Рис. 2. Прямое сравнение результатов ПЭТ/КТ с различными РФЛП по количеству очагов

Fig. 2. Direct comparison of PET/CT results with different radiopharmaceuticals by the number of lesions

вичном ПЭТ/КТ-исследовании подтверждали на основании динамики количества и интенсивности накопления РФЛП в очагах при соответствующих изменениях показателя кальцитонина.

Для проведения статистического анализа была применена программа IBM SPSS Statistics 27, обеспечивающая надлежащую обработку данных. Для количественных данных была проведена проверка распределения на нормальность с применением критерия Шапиро — Уилка. Распределение всех количественных данных в исследовании отличалось от нормального. Вычисление прогностически значимого порогового значения уровня базального кальцитонина сыворотки крови проводилось методом построения дерева принятия решений. Для оценки корреляции показателей вычислялся непараметрический корреляционный коэффициент Спирмена. Сравнение данных в связанных выборках осуществлялось с применением знакового рангового критерия Уилкоксона.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

ПЭТ/КТ с опухолетропным РФЛП позволило локализовать рецидивные опухолевые очаги у 67 пациентов из 100 (67 %). При любом значении уровня онкомаркера выше 10 пг/мл ПЭТ-негативные исследования трактовались как ложноотрицательные.

Вероятность обнаружения ПЭТ-позитивной опухолевой ткани возрастала с увеличением уровня базального кальцитонина сыворотки крови со статистически значимым пороговым значением 229 пг/мл ($\chi^2 = 16,592$, $df = 1$, $p < 0,001$) (рис. 2).

При этом при значениях базального кальцитонина сыворотки крови ниже 150 пг/мл опухолевые очаги были обнаружены почти у половины пациентов при ПЭТ/КТ как с [18F]-ДОФА (45 %), так и с [68Ga]-ДОТА-пептидами (42 %). Отмечалась лишь

Таблица 1

Вклад методов ПЭТ и КТ в информативность гибридного метода

Table 1

Contribution of PET and CT methods to the information content of the hybrid method

Размер	Количество ПЭТ-позитивных лимфатических узлов			
	[18F]-ДОФА (n = 268/280)		[68Ga]-ДОТА-пептиды (n = 53/66)	
	Абсолютное число	Относительное, %	Абсолютное число	Относительное, %
До 10 мм	82	31	29	55
Более 10 мм	186	69	24	45

Таблица 2

Сравнение результатов ПЭТ/КТ с различными РФЛП per patient и per lesion

Table 2

Comparison of PET/CT results with different radiopharmaceuticals per patient and per lesion

РФЛП	ПЭТ-позитивные результаты	
	Количество пациентов	Количество очагов
[18F]-ДОФА	24	95
[68Ga]-ДОТА-пептиды	24	81

Таблица 3

Медианы показателей суммарного объема ПЭТ-позитивной опухолевой ткани в зависимости от уровня базального кальцитонина сыворотки крови

Table 3

Median values of the total volume of PET-positive tumor tissue depending on the level of basal calcitonin in blood serum

РФЛП	Опухолевая нагрузка (MTV), см ³	
	Уровень кальцитонина ≤150 пг/мл (n = 6)	Уровень кальцитонина >150 пг/мл (n = 25)
[18F]-ДОФА	0 [0; 0,49]	3,46 [1,56; 7,82]
[68Ga]-ДОТА-пептиды	0,6 [0; 1,44]	2,81 [0,66; 7,54]

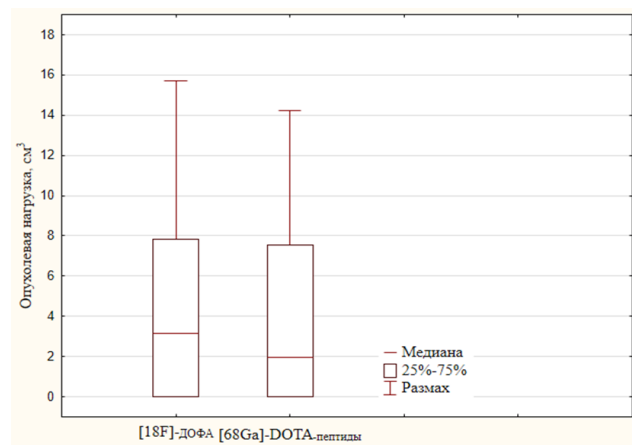


Рис. 3. Сравнение результатов ПЭТ/КТ с различными РФЛП по показателю суммарного объема ПЭТ-позитивной опухолевой ткани

Fig. 3. Comparison of PET/CT results with different radiopharmaceuticals in terms of the total volume of PET-positive tumor tissue

умеренная положительная корреляция уровня онкомаркера с количеством выявляемых очагов (коэффициента Спирмена 0,47 и 0,35, для [18F]-

ДОФА и [68Ga]-ДОТА-пептидов соответственно, $p < 0,05$) и суммарным объемом ПЭТ-позитивной опухолевой ткани (коэффициента Спирмена 0,39 и 0,26, для [18F]-ДОФА и [68Ga]-ДОТА-пептидов соответственно, $p < 0,05$).

Как видно из данных табл. 1, гибридный метод ПЭТ/КТ позволил выявить подавляющее большинство вторично пораженных лимфатических узлов (95 % и 80 % при исследовании с [18F]-ДОФА и [68Ga]-ДОТА-пептидами соответственно). При этом с помощью ПЭТ/КТ были выявлены метастазы в неувеличенных по данным КТ лимфатических узлах в 82 из 268 (31 %) ПЭТ-позитивных лимфатических узлах при исследовании с [18F]-ДОФА и в 29 из 53 (55 %) ПЭТ-позитивных лимфатических узлах при исследовании с [68Ga]-ДОТА-пептидами.

Выполнено прямое сравнение результатов ПЭТ/КТ с [68Ga]-ДОТА-пептидами и [18F]-ДОФА у 31 пациента. Положительные ПЭТ/КТ результаты обнаружены у 24 пациентов, из них у 21 пациента диагностировано олигометастатическое поражение (менее 5 опухолевых очагов),

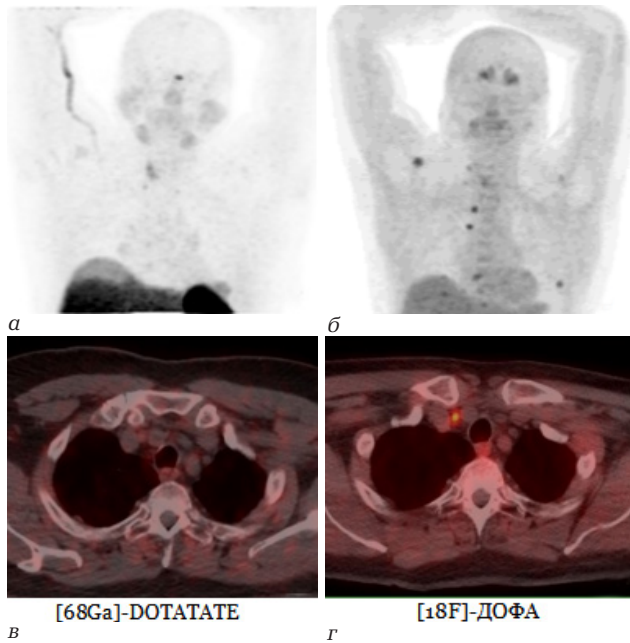


Рис. 4. Пациент Ф., с персистирующей гиперкальцитонинемией в исходе левосторонней гемитиреоидэктомии по поводу медулярного рака щитовидной железы. По результатам ПЭТ/КТ с [68Ga]-DOTATATE очагов патологической гиперэкспрессии соматостатиновых рецепторов 2 подтипа не выявлено: *a* – ПЭТ-изображение максимальной интенсивности), по результатам ПЭТ/КТ с [18F]-ДОФА выявлены множественные очаги патологического гиперметаболизма ДОФА регионарных лимфатических узлов, костях скелета; *v* – ПЭТ-изображение максимальной интенсивности), без структурных изменений по данным КТ в их проекции, в качестве примера приведен структурно неизменный лимфатический узел нижней яремной группы справа (IV) без признаков гиперэкспрессии соматостатиновых рецепторов (*б*) с признаками гиперметаболизма ДОФА (*г*)

Fig. 4. Patient F. with persistent hypercalcitoninemia following left-sided hemithyroidectomy for medullary thyroid cancer. [68Ga]-DOTATATE PET/CT revealed no foci of pathological overexpression of somatostatin receptors subtype 2: *a* – maximum intensity PET image), [18F]-DOPA PET/CT revealed multiple foci of pathological DOPA hypermetabolism in regional lymph nodes and skeletal bones; *v* – maximum intensity PET image) without structural changes according to CT data in their projection. An example is a structurally unchanged lower jugular lymph node on the right (IV) without signs of somatostatin receptor overexpression (*б*) with signs of DOPA hypermetabolism (*г*)

у 3 пациентов выявлен распространенный опухолевый процесс, у 7 пациентов по результатам обоих исследований рецидивных опухолевых очагов не обнаружено. Статистически значимых различий в частоте выявления опухолевых очагов (per patient) и в суммарном количестве выявляемых очагов (per lesion) при анализе результатов синхронных исследований с двумя РФЛП не выявлено (критерий Уилкоксона – 1,667, $p = 0,096$) (табл. 2, рис. 3).

Статистически значимого отличия в показателях опухолевой нагрузки, определяемой как суммарный объем ПЭТ-положительной опухолевой ткани, также не выявлено (табл. 3, рис. 3).

Лишь у двоих пациентов при ПЭТ/КТ с [68Ga]-ДОТА-пептидами было обнаружено меньшее количество патологических очагов, чем при ПЭТ/КТ с [18F]-ДОФА (рис. 4).

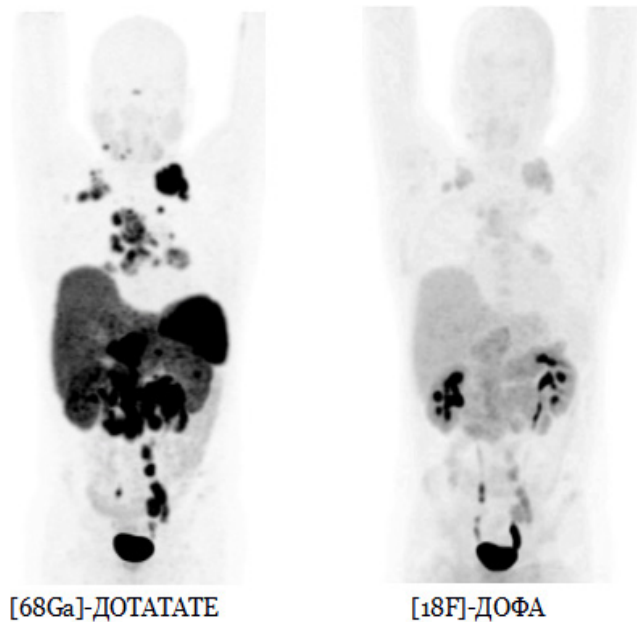


Рис. 5. Пациент М., состояние после комплексного лечения медулярного рака щитовидной железы (тиреоидэктомии с шейной, надключичной лимфодиссекцией, стереотаксической криоаблации метастаза в левой подвздошной кости, таргетной терапии вандетанибом). По данным ПЭТ/КТ с [68Ga]-ДОТАТАТЕ и [18F]-ДОФА выявлена распространенная лимфаденопатия вторичного генеза. Отмечается более интенсивное накопление меченых аналогов лигандов к соматостатиновым рецепторам в опухолевых очагах по сравнению с [18F]-ДОФА

Fig. 5. Patient M., condition after complex treatment of medullary thyroid cancer (thyroidectomy with cervical, supraclavicular lymph node dissection, stereotactic cryoablation of metastasis in the left iliac bone, targeted therapy with vandetanib). According to PET/CT with [68Ga]-DOTATATE and [18F]-DOPA, widespread lymphadenopathy of secondary genesis was revealed. More intensive accumulation of labeled analogs of ligands to somatostatin receptors in tumor foci is noted compared to [18F]-DOPA

У одного пациента патологические очаги на ПЭТ-изображениях с [68Ga]-ДОТА-пептидами характеризовались большей контрастностью по отношению к фону, чем на ПЭТ-изображениях с [18F]-ДОФА (рис. 5).

По данным мировой литературы метод ПЭТ/КТ с различными РФЛП обладает высокой чувствительностью в топической диагностике рецидивной опухолевой ткани у пациентов с биохимическим рецидивом МРЩЖ и составляет 60–70 % [12, 19, 21–23]. В настоящем исследовании из 100 пациентов с биохимическим рецидивом МРЩЖ ПЭТ-положительные результаты обнаружены у 67 % пациентов, что не противоречит данным зарубежных авторов.

Согласно отечественным и зарубежным клиническим рекомендациям по диагностике и ле-

чению МРЩЖ РФЛП для проведения ПЭТ/КТ выбирают в зависимости от морфологического фенотипа опухоли, уровня онкомаркеров (в первую очередь базального кальцитонина сыворотки крови и ракового эмбрионального антигена) и скорости увеличения их концентрации [4, 10, 15, 19, 24]. При этом уровень базального кальцитонина сыворотки крови ниже общепринятого в клинической практике порогового значения в 150 пг/мл не исключает обнаружения ПЭТ-позитивной опухолевой ткани у 45 % пациентов при ПЭТ/КТ с [18F]-ДОФА и у 42 % пациентов с [68Ga]-ДОТА-пептидами. Также важно отметить, что отрицательный результат ПЭТ/КТ при уровне кальцитонина, не превышающем порогового значения 150 пг/мл [4, 25–27], не должен однозначно трактоваться как ложный: принимая во внимание выявленную нами умеренную положительную корреляцию уровня онкомаркера и суммарного объема ПЭТ-позитивной опухолевой ткани, ПЭТ-негативный результат может быть следствием малого объема опухолевых очагов, которые находятся за пределами разрешающей способности метода.

В настоящем исследовании нами не обнаружены статистически значимые различия результатов ПЭТ/КТ с [68Ga]-ДОТА-пептидами и [18F]-ДОФА в топической диагностике рецидивных опухолевых очагов, что согласуется с результатами исследования S. Asa et al. (2021) [20], выполненном на сопоставимой выборке пациентов. Тем не менее, это не означает полной идентичности методов, т. к. в настоящем исследовании выявлены случаи дискордантных результатов, что обусловлено гетерогенностью биологических особенностей опухолевых клеток МРЩЖ: высокой активностью декарбоксилазы ароматических L-аминокислот [28, 29] в случаях [18F]-ДОФА-позитивных очагов и гиперэкспрессией соматостатиновых рецепторов в случаях гипераккумуляции [68Ga]-ДОТА-пептидов в опухолевых узлах. Этот факт имеет важное значение при выборе стратегии лечения пациентов. При обнаружении местного рецидива или олигометастазов, доступных для хирургического удаления, важна прецизионная диагностика всех опухолевых очагов, тогда как при распространенной форме заболевания идентификация гиперэкспрессии рецепторов к соматостатину имеет решающее значение для планирования консервативной противоопухолевой терапии аналогами соматостатина, в том числе мечеными терапевтическими радионуклидами [30–33].

Таким образом, ПЭТ/КТ с [18F]-ДОФА и [68Ga]-ДОТА-пептидами скорее являются взаимодополняющими, а не взаимозаменяемыми методами, т. к. отражают разные биологические характеристики опухолевой ткани — ее метаболическую активность и рецепторный статус.

ВЫВОДЫ

С целью поиска рецидивной опухоли и оценки объема метастатического поражения при биохимическом рецидиве МРЩЖ целесообразно выполнять ПЭТ/КТ с [18F]-ДОФА или [68Ga]-ДОТА-пептидами, в том числе при значениях базального кальцитонина сыворотки крови ниже 150 пг/мл. ПЭТ/КТ с [18F]-ДОФА и [68Ga]-ДОТА-пептидами являются эффективными и взаимодополняющими методами топической диагностики при биохимическом рецидиве МРЩЖ. В случаях распространенных форм МРЩЖ предпочтительно выполнение комплексного ПЭТ/КТ-исследования с применением обоих РФЛП, что обеспечит максимальную диагностическую точность и определит дальнейшую стратегию персонализированного лечения.

Конфликт интересов

Автор заявил об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

Author declares no conflict of interest.

Соответствие нормам этики

Автор подтверждает, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая получение информированного согласия в тех случаях, когда оно необходимо, и правила обращения с животными в случаях их использования в работе. Подробная информация содержится в Правилах для авторов.

Compliance with ethical principles

The author confirms that they respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent when it is necessary, and the rules of treatment of animals when they are used in the study. Author Guidelines contains the detailed information.

Вклад авторов

Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределен следующим образом: концепция и план исследования — Рыжкова Д. В.; сбор и математический анализ данных — Центр Н. В.; подготовка рукописи — Центр Н. В., Рыжкова Д. В.

Author contributions

All authors confirm their authorship according to the international criteria of the ICMJE (all authors have made a significant contribution to the development of the concept and preparation of the article, read and approved the final version before publication). The greatest contribution was distributed as follows: the concept and plan of the study — Ryzhkova D. V.; collection and mathematical analysis of the data — N. V. Tsentri; preparation of the manuscript — N. V. Center, Ryzhkova D. V.

ЛИТЕРАТУРА

1. Schlumberger M., Bastholt L., Dralle H. et al. 2012 European Thyroid Association Guidelines for Metastatic Medullary Thyroid Cancer // Eur Thyroid J. – 2012. – Vol. 1, № 1. – P. 5–14. <https://doi.org/10.1159/000336977>.

2. Kim M., Kim B. H. Current Guidelines for Management of Medullary Thyroid Carcinoma // *Endocrinol Metab.* – 2021. – Vol. 36, № 3. – P. 514–524. <https://doi.org/10.3803/EnM.2021.1082>.
3. Ganeshan D., Paulson E., Duran C. et al. Current Update on Medullary Thyroid Carcinoma // *American Journal of Roentgenology.* – 2013. – Vol. 201, № 6. – P. W867–W876. <https://doi.org/10.2214/AJR.12.10370>.
4. Romero-Lluch A. R., Cuenca-Cuenca J. I., Guerrero-Vázquez R. et al. Diagnostic utility of PET/CT with 18F-DOPA and 18F-FDG in persistent or recurrent medullary thyroid carcinoma: the importance of calcitonin and carcinoembryonic antigen cutoff // *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* – 2017. – Vol. 44, № 12. – P. 2004–2013. <https://doi.org/10.1007/s00259-017-3759-4>.
5. Малов А. А., Яркова Н. А., Акуленко С. В., Улитина Е. П. Тонкоигольная аспирационная биопсия щитовидной железы под контролем ультразвукового сканирования: ее использование и значение в клинической практике // *Медицинский альманах.* – 2022. – № 2 (71). – С. 103–114.
6. Газизова Д. О., Бельцевич Д. Г. Современный взгляд на проблему диагностики и лечения медуллярного рака щитовидной железы // *Эндокринная хирургия.* – 2013. – № 3. – С. 4–21. <https://doi.org/10.14341/serg201334-21>.
7. Liu Z., Zhou W., Han R. et al. Cytology versus calcitonin assay in fine-needle aspiration biopsy wash-out fluid (FNAB-CT) in diagnosis of medullary thyroid microcarcinoma // *Endocrine.* – 2021. – Vol. 74, № 2. – P. 340–348. <https://doi.org/10.1007/s12020-021-02759-1>.
8. Wang L., Kou H., Chen W. et al. The Diagnostic Value of Ultrasound in Medullary Thyroid Carcinoma: A Comparison With Computed Tomography // *Technol Cancer Res Treat.* – 2020. – Vol. 19. – P. 1–6. <https://doi.org/10.1177/1533033820905832>.
9. Uhrig M., Delorme S. Bildgebung beim medullären Schilddrüsenkarzinom // *Radiologe.* – 2019. – Vol. 59, № 11. – P. 992–1001. <https://doi.org/10.1007/s00117-019-0575-9>.
10. Giovanella L., Treglia G., Iakovou I. et al. EANM practice guideline for PET/CT imaging in medullary thyroid carcinoma // *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* – 2020. – Vol. 47, № 1. – P. 61–77. <https://doi.org/10.1007/s00259-019-04458-6>.
11. Haddad R. I., Bischoff L., Applewhite M. et al. NCCN Guidelines® Insights: Thyroid Carcinoma, Version 1.2025: Featured Updates to the NCCN Guidelines® // *Journal of the National Comprehensive Cancer Network.* – 2025. – Vol. 23, № 7. – P. e250033. <https://doi.org/10.6004/jnccn.2025.0033>.
12. Treglia G., Rufini V., Piccardo A., Imperiale A. Update on Management of Medullary Thyroid Carcinoma: Focus on Nuclear Medicine // *Seminars in Nuclear Medicine.* – 2023. – Vol. 53, № 4. – P. 481–489. <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2023.01.003>.
13. Tuncel M., Kılıçkap S., Süslü N. Clinical impact of 68Ga-DOTATATE PET-CT imaging in patients with medullary thyroid cancer // *Ann Nucl Med.* – 2020. – Vol. 34, № 9. – P. 663–674. <https://doi.org/10.1007/s12149-020-01494-3>.
14. Lee S. W., Shim S. R., Jeong S. Y., Kim S. J. Comparison of 5 Different PET Radiopharmaceuticals for the Detection of Recurrent Medullary Thyroid Carcinoma: A Network Meta-analysis // *Clin Nucl Med.* – 2020. – Vol. 45, № 5. – P. 341–348. <https://doi.org/10.1097/RLU.0000000000002940>.
15. Kauhanen S., Schalin-Jääntti C., Seppänen M. et al. Complementary Roles of ¹⁸F-DOPA PET/CT and ¹⁸F-FDG PET/CT in Medullary Thyroid Cancer // *J Nucl Med.* – 2011. – Vol. 52, № 12. – P. 1855–1863. <https://doi.org/10.2967/jnumed.111.094771>.
16. Treglia G., Cocciolillo F., Di Nardo F. et al. Detection Rate of Recurrent Medullary Thyroid Carcinoma Using Fluorine-18 Dihydroxyphenylalanine Positron Emission Tomography // *Academic Radiology.* – 2012. – Vol. 19, № 10. – P. 1290–1299. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2012.05.008>.
17. Tsentr N. V., Zyryanova A. A., Rusnak M. A., Ryzhkova D. V. Diagnostic capabilities of PET/CT with ¹⁸F-DOPA in biochemical recurrence of medullary thyroid carcinoma: a retrospective study // *Lučevaâ diagn ter.* – 2024. – Vol. 15, № 1. – P. 87–95. <https://doi.org/10.22328/2079-5343-2024-15-1-87-95>.
18. Severskaya N. V., Choinzonov E. L., Reshetov I. V. et al. Draft of clinical guidelines for the diagnosis and treatment of medullary thyroid cancer in adult patients // *Endo Serg.* – 2023. – Vol. 16, № 3. – P. 5–23. <https://doi.org/10.14341/serg12794>.
19. Bozkurt M. F., Virgolini I., Balogova S. et al. Guideline for PET/CT imaging of neuroendocrine neoplasms with 68Ga-DOTA-conjugated somatostatin receptor targeting peptides and 18F-DOPA // *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* – 2017. – Vol. 44, № 9. – P. 1588–1601. <https://doi.org/10.1007/s00259-017-3728-y>.
20. Asa S., Sonmezoglu K., Uslu-Besli L. et al. Evaluation of F-18 DOPA PET/CT in the detection of recurrent or metastatic medullary thyroid carcinoma: comparison with GA-68 DOTA-TATE PET/CT // *Ann Nucl Med.* – 2021. – Vol. 35, № 8. – P. 900–915. <https://doi.org/10.1007/s12149-021-01627-2>.
21. Archier A., Heimburger C., Guerin C. et al. 18F-DOPA PET/CT in the diagnosis and localization of persistent medullary thyroid carcinoma // *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* – 2016. – Vol. 43, № 6. – P. 1027–1033. <https://doi.org/10.1007/s00259-015-3227-y>.
22. Santhanam P., Taieb D. Role of ¹⁸F-FDOPA PET/CT imaging in endocrinology // *Clin Endocrinol.* – 2014. – Vol. 81, № 6. – P. 789–798. <https://doi.org/10.1111/cen.12566>.
23. Tsentr N. V., Ertman A. E., Ryzhkova D. V. PET/CT with various radiopharmaceuticals in the complex diagnosis of medullary thyroid carcinoma: a review // *Lučevaâ diagn ter.* – 2023. – Vol. 14, № 2. – P. 31–41. <https://doi.org/10.22328/2079-5343-2023-14-2-31-41>.
24. Chan D. L., Hayes A. R., Karfis I. et al. Dual [68Ga] DOTATATE and [18F]FDG PET/CT in patients with metastatic gastroenteropancreatic neuroendocrine neoplasms: a multicentre validation of the NETPET score // *Br J Cancer.* – 2023. – Vol. 128, № 4. – P. 549–555. <https://doi.org/10.1038/s41416-022-02061-5>.
25. Hoegerle S., Althoefer C., Ghanem N. et al. 18F-DOPA positron emission tomography for tumour detection in patients with medullary thyroid carcinoma and elevated calcitonin levels // *Eur J Nucl Med.* – 2001. – Vol. 28, № 1. – P. 64–71. <https://doi.org/10.1007/s002590000404>.
26. Park H., Park S.Y., Park J. et al. Prognostic Value of Preoperative Serum Calcitonin Levels for Predicting the Recurrence of Medullary Thyroid Carcinoma // *Front Endocrinol.* – 2021. – Vol. 12. – P. 1–8. <https://doi.org/10.3389/fendo.2021.749973>.
27. Cohen R., Campos J. M., Salaiün C. et al. Preoperative Calcitonin Levels Are Predictive of Tumor Size and Postoperative Calcitonin Normalization in Medullary Thyroid Carcinoma // *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism.* – 2000. – Vol. 85, № 2. – P. 919–919. <https://doi.org/10.1210/jcem.85.2.6556>.
28. Radiopharmaceuticals: A Guide to PET/CT and PET/MRI. Springer International Publishing; 2020 / Calabria F., Schillaci O., eds. URL: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-27779-6> (accessed: 05.12.2022).
29. Рыжкова Д. В., Тихонова Д. Н., Гринева Е. Н. Методы ядерной медицины в диагностике нейроэндокринных опухолей // *Сибирский онкологический журнал.* – 2013. – Vol. 1, № 6. – P. 56–63.

30. Gubbi S., Koch C. A., Klubo-Gwiedzinska J. Peptide Receptor Radionuclide Therapy in Thyroid Cancer // *Front Endocrinol.* – 2022. – Vol. 13. – P. 1–16. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.896287>.

31. Shi M., Jakobsson V., Greifenstein L. et al. Alpha-peptide receptor radionuclide therapy using actinium-225 labeled somatostatin receptor agonists and antagonists // *Front Med.* – 2022. – Vol. 9. – P. 1–18. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.1034315>.

32. Hofland J., Brabander T., Verburg F. A. et al. Peptide Receptor Radionuclide Therapy // *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism.* – 2022. – Vol. 107, № 12. – P. 3199–3208. <https://doi.org/10.1210/clinem/dgac574>.

33. Grossrubatscher E., Fanciulli G., Pes L. et al. Advances in the Management of Medullary Thyroid Carcinoma: Focus on Peptide Receptor Radionuclide Therapy // *JCM.* – 2020. – Vol. 9, № 11. – P. 1–15. <https://doi.org/10.3390/jcm9113507>.

REFERENCES

1. Schlumberger M., Bastholt L., Dralle H. et al. 2012 European Thyroid Association Guidelines for Metastatic Medullary Thyroid Cancer // *Eur Thyroid J.* 2012;1(1):5–14. <https://doi.org/10.1159/000336977>.

2. Kim M., Kim B. H. Current Guidelines for Management of Medullary Thyroid Carcinoma // *Endocrinol Metab.* 2021;36(3):514–524. <https://doi.org/10.3803/EnM.2021.1082>.

3. Ganeshan D., Paulson E., Duran C. et al. Current Update on Medullary Thyroid Carcinoma // *American Journal of Roentgenology.* 2013;201(6):W867–W876. <https://doi.org/10.2214/AJR.12.10370>.

4. Romero-Lluch A. R., Cuenca-Cuenca J. I., Guerrero-Vázquez R. et al. Diagnostic utility of PET/CT with ¹⁸F-DOPA and ¹⁸F-FDG in persistent or recurrent medullary thyroid carcinoma: the importance of calcitonin and carcinoembryonic antigen cutoff // *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2017;44(12):2004–2013. <https://doi.org/10.1007/s00259-017-3759-4>.

5. Malov A. A., Yarkova N. A., Akulenko S. V., Ulitina E. P. Fine needle aspiration biopsy of the thyroid gland under ultrasound scanning control: its use and significance in clinical practice // *Medical almanac.* 2022;2(71):103–114. (In Russ.).

6. Gazizova D. O., Beltsevich D. G. A modern view on the problem of diagnosis and treatment of medullary thyroid cancer // *Endocrine surgery.* 2013;(3):4–21. (In Russ.). <https://doi.org/10.14341/serg201334-21>.

7. Liu Z., Zhou W., Han R. et al. Cytology versus calcitonin assay in fine-needle aspiration biopsy wash-out fluid (FNAB-CT) in diagnosis of medullary thyroid microcarcinoma // *Endocrine.* 2021;74(2):340–348. <https://doi.org/10.1007/s12020-021-02759-1>.

8. Wang L., Kou H., Chen W. et al. The Diagnostic Value of Ultrasound in Medullary Thyroid Carcinoma: A Comparison With Computed Tomography // *Technol Cancer Res Treat.* –2020;19:1–6. <https://doi.org/10.1177/1533033820905832>.

9. Uhrig M., Delorme S. Bildgebung beim medullären Schilddrüsenkarzinom // *Radiologe.* 2019;59(11):992–1001. <https://doi.org/10.1007/s00117-019-0575-9>.

10. Giovanella L., Treglia G., Iakovou I. et al. EANM practice guideline for PET/CT imaging in medullary thyroid carcinoma // *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2020;47(1):61–77. <https://doi.org/10.1007/s00259-019-04458-6>.

11. Haddad R. I., Bischoff L., Applewhite M. et al. NCCN Guidelines® Insights: Thyroid Carcinoma, Version 1.2025: Featured Updates to the NCCN Guidelines® // *Journal of the National Comprehensive Cancer Network.* 2025;23(7):e250033. <https://doi.org/10.6004/jnccn.2025.0033>.

12. Treglia G., Rufini V., Piccardo A., Imperiale A. Update on Management of Medullary Thyroid Carcinoma: Focus on Nuclear Medicine // *Seminars in Nuclear Medicine.* 2023;53(4):481–489. <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2023.01.003>.

13. Tuncel M., Kılıçkap S., Süslü N. Clinical impact of ⁶⁸Ga-DOTATATE PET-CT imaging in patients with medullary thyroid cancer // *Ann Nucl Med.* 2020;34(9):663–674. <https://doi.org/10.1007/s12149-020-01494-3>.

14. Lee S. W., Shim S. R., Jeong S. Y., Kim S. J. Comparison of 5 Different PET Radiopharmaceuticals for the Detection of Recurrent Medullary Thyroid Carcinoma: A Network Meta-analysis // *Clin Nucl Med.* 2020;45(5):341–348. <https://doi.org/10.1097/RLU.0000000000002940>.

15. Kauhanen S., Schalin-Jääntti C., Seppänen M. et al. Complementary Roles of ¹⁸F-DOPA PET/CT and ¹⁸F-FDG PET/CT in Medullary Thyroid Cancer // *J Nucl Med.* 2011;52(12):1855–1863. <https://doi.org/10.2967/jnumed.111.094771>.

16. Treglia G., Cocciolillo F., Di Nardo F. et al. Detection Rate of Recurrent Medullary Thyroid Carcinoma Using Fluorine-18 Dihydroxyphenylalanine Positron Emission Tomography // *Academic Radiology.* 2012;19(10):1290–1299. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2012.05.008>.

17. Tsentr N. V., Zyryanova A. A., Rusnak M. A., Ryzhkova D. V. Diagnostic capabilities of PET/CT with ¹⁸F-DOPA in biochemical recurrence of medullary thyroid carcinoma: a retrospective study // *Lučevaâ diagn ter.* 2024;15(1):87–95. <https://doi.org/10.22328/2079-5343-2024-15-1-87-95>.

18. Severskaya N. V., Choinzonov E. L., Reshetov I. V. et al. Draft of clinical guidelines for the diagnosis and treatment of medullary thyroid cancer in adult patients // *Endo Serg.* 2023;16(3):5–23. <https://doi.org/10.14341/serg12794>.

19. Bozkurt M. F., Virgolini I., Balogova S. et al. Guideline for PET/CT imaging of neuroendocrine neoplasms with ⁶⁸Ga-DOTA-conjugated somatostatin receptor targeting peptides and ¹⁸F-DOPA // *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2017;44(9):1588–1601. <https://doi.org/10.1007/s00259-017-3728-y>.

20. Asa S., Sonmezoglu K., Uslu-Besli L. et al. Evaluation of F-18 DOPA PET/CT in the detection of recurrent or metastatic medullary thyroid carcinoma: comparison with GA-68 DOTA-TATE PET/CT // *Ann Nucl Med.* 2021;35(8):900–915. <https://doi.org/10.1007/s12149-021-01627-2>.

21. Archier A., Heimbürger C., Guerin C. et al. ¹⁸F-DOPA PET/CT in the diagnosis and localization of persistent medullary thyroid carcinoma // *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2016;43(6):1027–1033. <https://doi.org/10.1007/s00259-015-3227-y>.

22. Santhanam P., Taïeb D. Role of ¹⁸F-FDOPA PET/CT imaging in endocrinology // *Clin Endocrinol.* 2014;81(6):789–798. <https://doi.org/10.1111/cen.12566>.

23. Tsentr N. V., Ertman A. E., Ryzhkova D. V. PET/CT with various radiopharmaceuticals in the complex diagnosis of medullary thyroid carcinoma: a review // *Lučevaâ diagn ter.* 2023;14(2):31–41. <https://doi.org/10.22328/2079-5343-2023-14-2-31-41>.

24. Chan D. L., Hayes A. R., Karfis I. et al. Dual [⁶⁸Ga] DOTATATE and [¹⁸F]FDG PET/CT in patients with metastatic gastroenteropancreatic neuroendocrine neoplasms: a multicentre validation of the NETPET score // *Br J Cancer.* 2023;128(4):549–555. <https://doi.org/10.1038/s41416-022-02061-5>.

25. Hoegerle S., Althoefer C., Ghanem N. et al. ¹⁸F-DOPA positron emission tomography for tumour detection in patients with medullary thyroid carcinoma and elevated calcitonin levels // *Eur J Nucl Med.* 2001;28(1):64–71. <https://doi.org/10.1007/s002590000404>.

26. Park H., Park S. Y., Park J. et al. Prognostic Value of Preoperative Serum Calcitonin Levels for Predicting the Re-

currence of Medullary Thyroid Carcinoma // Front Endocrinol. 2021;12:1–8. <https://doi.org/10.3389/fendo.2021.749973>.

27. Cohen R., Campos J. M., Salaün C. et al. Preoperative Calcitonin Levels Are Predictive of Tumor Size and Postoperative Calcitonin Normalization in Medullary Thyroid Carcinoma // The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. 2000;85(2):919–919. <https://doi.org/10.1210/jcem.85.2.6556>.

28. Radiopharmaceuticals: A Guide to PET/CT and PET/MRI. Springer International Publishing; 2020 / Calabria F., Schillaci O., eds. URL: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-27779-6> (accessed: 05.12.2022).

29. Ryzhkova D. V., Tikhonova D. N., Grineva E. N. Methods of nuclear medicine in the diagnosis of neuroendocrine tumors // Siberian Journal of Oncology. 2013;1(6):56–63. (In Russ.).

30. Gubbi S., Koch C. A., Klubo-Gwiedzinska J. Peptide Receptor Radionuclide Therapy in Thyroid Cancer // Front Endocrinol. 2022;13:1–16. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.896287>.

31. Shi M., Jakobsson V., Greifenstein L. et al. Alpha-peptide receptor radionuclide therapy using actinium-225 labeled somatostatin receptor agonists and antagonists // Front Med. 2022;9:1–18. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.1034315>.

32. Hofland J., Brabander T., Verburg F. A. et al. Peptide Receptor Radionuclide Therapy // The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. 2022;107(12):3199–3208. <https://doi.org/10.1210/clinem/dgac574>.

33. Grossrubatscher E., Fanciulli G., Pes L. et al. Advances in the Management of Medullary Thyroid Carcinoma: Focus on Peptide Receptor Radionuclide Therapy // JCM. 2020;9(11):1–15. <https://doi.org/10.3390/jcm9113507>.

Информация об авторах

Центр Никита Вячеславович, аспирант кафедры ядерной медицины и радиационных технологий с клиникой Института медицинского образования, Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0002-7344-1726; **Рыжкова Дарья Викторовна**, доктор медицинских наук, профессор РАН, зав. кафедрой ядерной медицины и радиационных технологий с клиникой Института медицинского образования, главный научный сотрудник Научно-исследовательского отдела ядерной медицины и тераностики, Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0002-7086-9153.

Information about authors

Tsentr Nikita V., Postgraduate Student of the Department of Nuclear Medicine and Radiation Technologies with the Clinic of the Institute of Medical Education, Almazov National Medical Research Centre (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0002-7344-1726; **Ryzhkova Daria V.**, Dr. of Sci. (Med.), Professor of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Nuclear Medicine and Radiation Technologies with the Clinic of the Institute of Medical Education, Chief Research Fellow of the Scientific Research Department of Nuclear Medicine and Theranostics, Almazov National Medical Research Centre (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0002-7086-9153.