

Трехфазная сцинтиграфия как дополнение к традиционной однофотонной диагностике пациентов с нейроэндокринными опухолями

С. М. Каспшик, А. Д. Рыжков, А. С. Крылов, Е. В. Артамонова, А. А. Маркович, М. Е. Билик

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н. Н. Блохина» Минздрава России, Москва

РЕЗЮМЕ

Введение. Нейроэндокринные опухоли (НЭО) – гетерогенная группа новообразований, происходящих из энтерохромаффинных клеток диффузной эндокринной системы. Ведущая роль в выявлении и оценке статуса НЭО принадлежит ядерной медицине – визуализации соматостатиновых рецепторов.

Цель работы. Определить комплекс рентген-радиологических признаков, характерных для нейроэндокринных опухолей и сравнить их с иммуногистохимическим исследованием с определением уровня экспрессии рецепторов к соматостатину.

Материалы и методы. В исследование включены 119 пациентов с НЭО различных локализаций, которые в период с 2019 по 2022 г. проходили обследование в НМИЦ онкологии им. Н. Н. Блохина. Среди них 75 женщин и 44 мужчины (63 и 37% соответственно). Возраст пациентов варьировал от 1 до 84 лет (медиана – 60).

Результаты. При сравнении значений Grade в зависимости от «вспышки» на динамическом исследовании нами были установлены статистически значимые различия ($p=0,010$).

Выводы. Клинико-радиологические критерии качественных характеристик динамической сцинтиграфии при НЭО позволяют прогнозировать эффективность лечения и течение заболевания, а применение 3-фазной сцинтиграфии с ^{99m}Tc -тектротидом позволяет установить диагноз нейроэндокринной опухоли у 46% пациентов до получения гистологического материала или при невозможности его получения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ^{99m}Tc -EDDA/HYNICTOC, нейроэндокринные опухоли, сцинтиграфия, ОФЭКТ/КТ, ПЭТ/КТ, ядерная медицина, соматостатин.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Three-phase scintigraphy as an addition to the traditional single-photon diagnosis of patients with neuroendocrine tumors

S. M. Kaspshik, A. D. Ryzhkov, A. S. Krylov, E. V. Artamonova, A. A. Markovich, M. E. Bilik

N. N. Blokhin National Medical Investigation Centre of Oncology, Moscow, Russia

SUMMARY

Introduction. Neuroendocrine tumors (NET) are a heterogeneous group of neoplasms originating from enterochromaffin cells of the diffuse endocrine system. Nuclear medicine, imaging of somatostatin receptors, plays a leading role in identifying and assessing the status of NET.

Purpose. To determine the complex of X-ray and radiological signs characteristic of neuroendocrine tumors and compare them with an immunohistochemical study of expression levels of somatostatin receptors.

Materials and methods. The study included 119 patients with NET of various localizations who were examined at the N. N. Blokhin National Research Medical Center of Oncology from 2019 to 2022. There are 75 women and 44 men among them (63% and 37%, respectively). The age of the patients ranged from 1 to 84 years (median – 60).

Results. When comparing the Grade values depending on the «flash» in a dynamic study, we found statistically significant differences ($p=0.010$).

Conclusions. Clinical and radiological criteria for the qualitative characteristics of dynamic scintigraphy in NET make it possible to predict the effectiveness of treatment and the course of the disease, and the use of 3-phase scintigraphy with ^{99m}Tc -tectrotide makes it possible to diagnose a neuroendocrine tumor in 46% of patients before receiving histological material or when it is impossible to obtain it.

KEYWORDS: ^{99m}Tc -EDDA/HYNICTOC, neuroendocrine tumors, scintigraphy, SPECT/CT, PET/CT, nuclear medicine, somatostatin.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflict of interest.

Введение

Нейроэндокринные опухоли (НЭО) – гетерогенная группа новообразований, происходящих из энтерохромаффинных клеток диффузной эндокринной системы, имеющих общность эмбрионального происхождения и обладающих способностью производить и накапливать биогенные амины и/или пептидные гормоны [1]. Актуален также термин «нейроэндокринные неоплазии» – НЭН, обусловленный существованием двух принципиально разных групп НЭН [2]:

- 1) высокодифференцированные опухоли с низкой пролиферативной активностью, называемые нейроэндокринными опухолями (НЭО) или карциноидами;
- 2) низкодифференцированные опухоли, обладающие высокой пролиферативной активностью – нейроэндокринные раки (НЭР).

Высокодифференцированные нейроэндокринные опухоли часто хорошо ограничены, иногда инкапсулированы (в поджелудочной железе), НЭР демонстрируют плохую дифференциацию и представляют собой «пластинообразный» рост с более низкой степенью экспрессии нейроэндокринных маркеров [2, 3].

Наиболее частая локализация НЭО – органы желудочно-кишечного тракта, а также поджелудочная железа, на втором месте – легкие.

Классификация ВОЗ основана на гистологическом типе опухоли с учетом степени митотической активности и уровня экспрессии Ki-67 (ядерный маркер – показатель пролиферативной активности клеток) клетками опухоли, определяющем клинический прогноз пациента.

Соответственно выделяются высокодифференцированные (ВД) и низкодифференцированные (НД) НЭО. Дополнительно высокодифференцированные делятся на следующие группы по уровню Ki-67: 1) G1 $\leq 2\%$; 2) G2=3–20; 3) G3 >20) [4–6].

Методы ядерной медицины – скintiграфия, ОФЭКТ и ПЭТ, *in vivo* определяющие тканевой метаболизм, играют ведущую роль в выявлении и адекватной оценке функционального статуса НЭО, основанного на повышенной экспрессии рецепторов соматостатина (SSTR) [7].

Скintiграфия с аналогами соматостатина, дополненная ОФЭКТ/КТ, имеет свою нишу применения, особенно когда ПЭТ недоступен. Данные разных авторов указывают на удовлетворительную информативность ОФЭКТ/КТ при диагностике НЭО [8, 9].

Несмотря на то что по сравнению с ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -DOTA-пептидом визуализация на гамма-камере имеет ряд ограничений, включая более низкое качество изображения, физиологические изменения, которые могут затруднить обнаружение небольших поражений брюшной полости, тем не менее скintiграфия с ОФЭКТ/КТ нейроэндокринных опухолей является альтернативным и более доступным методом диагностики, который позволяет определить рецепторный статус опухоли, оценить распространенность опухолевого процесса и спланировать возможную пептид-рецепторную терапию [1, 10–15].

Таким образом, ПЭТ и ОФЭКТ-визуализация продолжают развиваться ввиду их способности к высокоинформативной визуализации биологических процессов на молекулярном и клеточном уровне.

В частности, традиционная однофотонная визуализация позволяет применять и нестандартные режимы съемки, позволяющие выявлять новые аспекты поведения радиофармпрепаратов (РФЛП) в опухоли, что может потенциально дать дополнительную информацию как для формирования диагностического заключения, так и для определения неизвестных корреляций между функциональным и структурным статусом опухоли.

Цель работы

Определить комплекс рентген-радиологических признаков, характерных для нейроэндокринных опухолей и сравнить их с иммуногистохимическим исследованием с определением уровня экспрессии рецепторов к соматостатину.

Материалы и методы

В исследование включены 119 пациентов с НЭО различных локализаций, которые в период с 2019 по 2022 г. проходили обследование в НМИЦ онкологии им. Н. Н. Блохина. Среди них 75 женщин и 44 мужчины (63 и 37% соответственно). Возраст пациентов варьировал от 1 до 84 лет (медиана – 60). Когорта больных состояла из двух групп: 1 – пациенты, впервые обратившиеся в центр по поводу диагноза НЭО; 2 – онкологические больные, которым по месту жительства поставили диагноз НЭО.

У всех пациентов был гистологически подтвержденный диагноз «нейроэндокринная опухоль». Пациенты включались в исследование вне зависимости от локализации первичного очага и ранее проведенного лечения.

Обследования больных с НЭО проводились с помощью РФЛП $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -EDDA/HYNIC-TOC (Тектротид).

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -EDDA/HYNIC-TOC представляет собой 6-гидразинопиридин-3-карбоновую кислоту, меченую $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -технецием ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ -гидразионикотинамид-Туг3-октреотид).

Препарат готовился непосредственно перед сканированием в условиях отделения радионуклидной диагностики согласно инструкции производителя (Национальный центр ядерных исследований, Narodowe Centrum Badan Jadrowych). $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -тектротид вводили внутривенно (в локтевую вену, струйно). Вводимая активность РФЛП для взрослых пациентов составила 530 МБк (данная активность является оптимальной в соответствии с инструкцией производителя). Для пациентов младше 18 лет обследование проводилось только при условии, что ожидаемая клиническая информация не превышала возможных рисков от действия ионизирующего излучения и вводимая активность рассчитывалась по формуле 5 МБк/кг. Все пациенты или их законные представители подписали добровольное информированное согласие. Использовался плоскопараллельный коллиматор высокого разрешения для низких энергий общего назначения (LEHR). Специальной подготовки к исследованию не требовалось. Исследование проводилось в три этапа:

- *I этап* (непосредственно после внутривенного введения РФЛП) – динамическое сканирование (200 кадров по 3 с, всего 600 с);
- *II этап* (через 3 ч после введения) – сканирование в режиме «все тело» (скорость движения стола 13 см/мин);
- *III этап* (сразу после сканирования в режиме «все тело») – однофотонная эмиссионная компьютерная томография, совмещенная с компьютерной томографией (3 градуса, 10 с на кадр – на аппарате Discover 670 DR). КТ-часть исследования ОФЭКТ/КТ проводилась в спиральном режиме, без контрастного усиления. Напряжение на рентгеновской трубке составляло 120 кВ, сила тока – 150 мАс, толщина срезов 5 мм.

Планарная скintiграфия и ОФЭКТ/КТ являются стандартным набором диагностических процедур, а трехфазная скintiграфия была применена впервые. В данном контексте эта методика носила поисковый характер. Идеей ее применения послужило стремление получить информацию о накоплении РФЛП в опухоли с целью определения прежде всего гемодинамических параметров. Интерес представляли также характер и скорость ассоциации РФЛП с опухолевыми клетками. Рабочей гипотезой служило представление о гетерогенности опухоли и, соответственно, возможной неравномерности накопления РФЛП в пределах визуализируемых очагов.

Критерием оценки аккумуляции РФЛП при динамическом исследовании являлось хронографическое сравнение накопления радиоидикатора в патологических очагах и его накопления в окружающих тканях.

У части пациентов с целью стадирования и определения рецепторного статуса были выполнены дополнительные исследования (*табл. 1*).

Всем пациентам было выполнено иммуногистохимическое исследование (ИГХ) для верификации диагноза с определением уровня Ki-67, некоторым пациентам выполнялась оценка

Таблица 1
Дополнительные исследования
пациентов с НЭО

Вид исследования	Количество исследований
ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -DOTA-TATE	15
ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -DOTA-NOC	5
ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ	32
ПЭТ/КТ с ^{18}F -DOPA	1
КТ	91
УЗИ	57
MPT	69

экспрессии рецепторов соматостатина. Также анализировались данные о маркерах крови (серотонин, хромогранин А, 5-ОИУК, гастрин, НСЕ). Оценивались факт наличия и отсутствия хирургического лечения, а также количество дней до исследования после введения длительных аналогов соматостатина и доза препарата.

Результаты и обсуждение

Основной задачей радионуклидного исследования с $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -тектротидом является дифференциальная диагностика нейроэндокринных опухолей от всех остальных опухолевых заболеваний. На первом этапе исследования была разработана скинтиграфическая семиотика НЭО различных локализаций. Характерные признаки НЭО определялись на основании сопоставления результатов динамического исследования со скинтиграфической картиной, полученной при отсроченном статическом исследовании и ОФЭКТ/КТ зоны интереса.

Сбор информации при динамическом исследовании осуществлялся только с двух проекций (передней и задней), изначально оценивались *Ejection Fraction* (фракция выброса), *Tmax* (время, необходимое для достижения максимальной концентрации РФЛП), *Tmin* (время, необходимое для достижения минимальной концентрации РФЛП). Данные показатели оказались малоинформативны, так как не было обнаружено корреляции ни с одним из оцениваемых показателей. Но в процессе исследования был выявлен эффект быстрого накопления тектротид (на 3-й мин) в опухолевых очагах. Этот феномен не был обусловлен усилением кровотока, так как болюсное прохождение РФЛП через зону заканчивалось на исходе 1-й мин. Поэтому очевидно, что дальнейшее накопление РФЛП в течение времени исследования обусловлено накоплением в биологической мишени, которой являются соматостатиновые рецепторы,

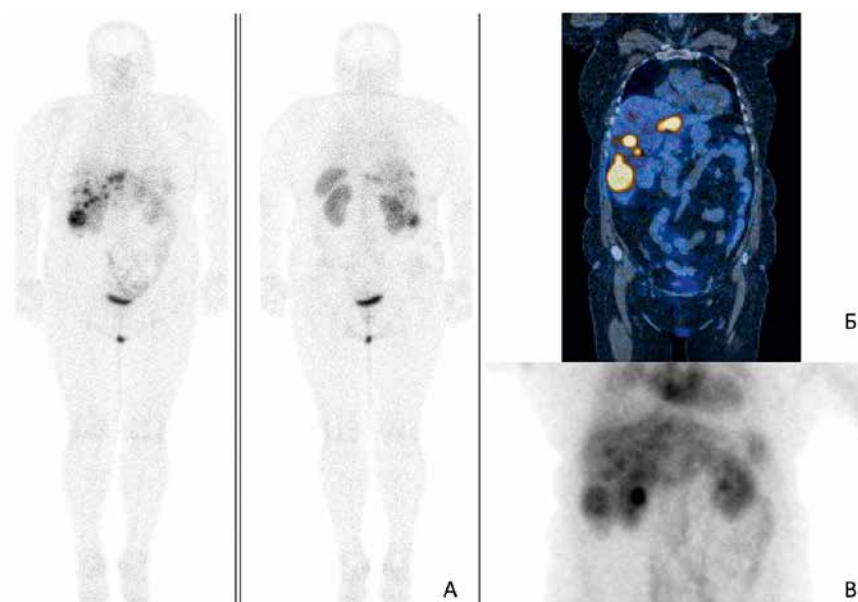


Рисунок 1. А – планарная скинтиграфия с $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -тектротидом в режиме «все тело». Б – ОФЭКТ/КТ. В – динамическое исследование

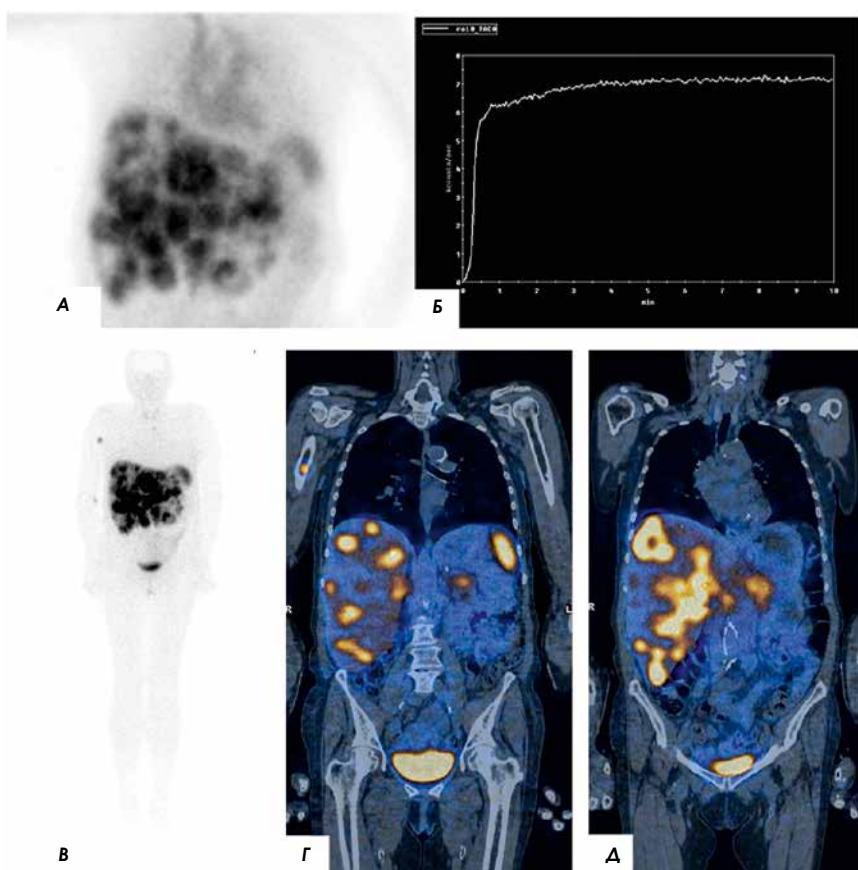


Рисунок 2. А – I этап (непосредственно после внутривенного введения РФЛП) – динамическое исследование. Б – график накопления РФЛП в патологическом очаге в печени – «вспышка». В – II этап (через 3 ч после введения) – сканирование в режиме «все тело». Г, Д – III этап – ОФЭКТ/КТ

на поверхности опухолевых клеток, что отражает степень рецепторной экспрессии опухолевых клеточных мембран. Эффект был охарактеризован как «вспышка». В дальнейшем этот эффект «вспышки» послужил основным ориентиром оценки рецепторной экспрессии и был соотнесен с основными патологоанатомическими и ИГХ данными (рис. 2).

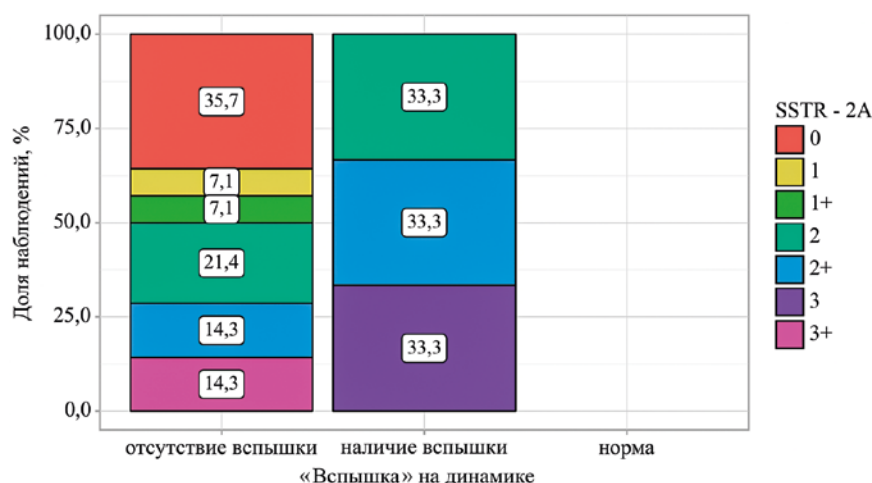


Рисунок 3. Корреляция «вспышки» и уровня экспрессии соматостатиновых рецепторов (2A подтипа)

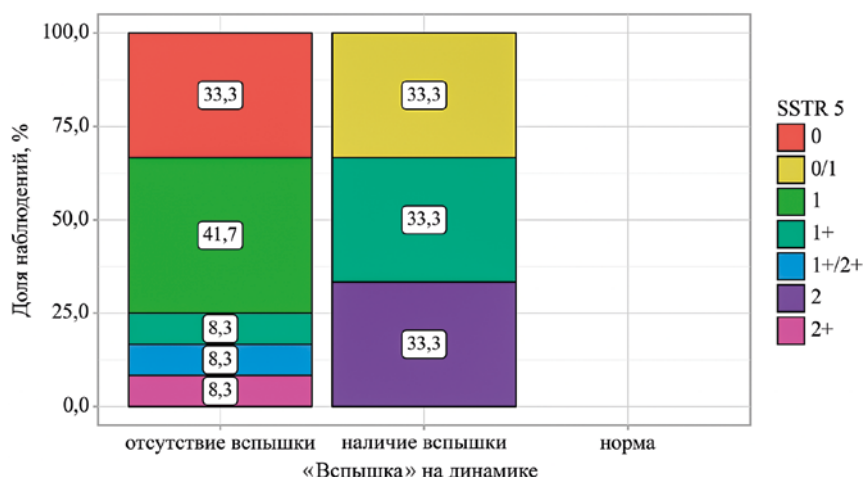


Рисунок 4. Корреляция «вспышки» и уровня экспрессии соматостатиновых рецепторов (5-го подтипа)

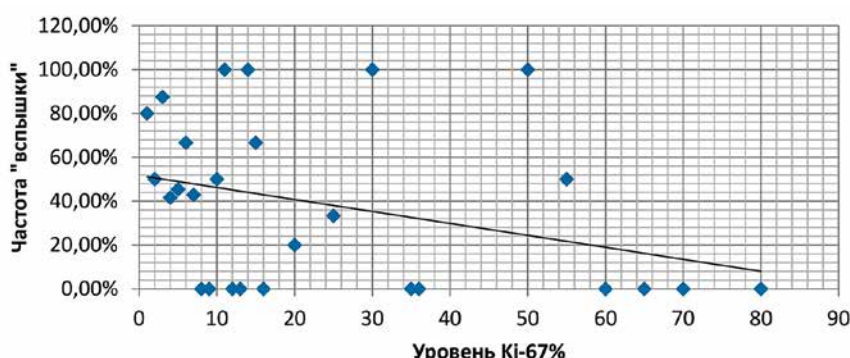


Рисунок 5. Зависимость частоты «вспышек» от уровня пролиферативной активности Ki-67

Таблица 2
Распределение больных по степени дифференцировки опухоли

Grade	Количество обследованных больных	«Вспышка»	Отсутствие «вспышки»	Процент «вспышек»
G1	23	16	7	70%
G2	72	33	39	46%
G3	24	6	18	25%

Соотнесение уровня экспрессии рецепторов соматостатина 2-го и 5-го подтипов с феноменом «вспышки» (рис. 3, 4).

Как видно из графиков, отсутствие «вспышки» не говорит об отсутствии экспрессии рецепторов соматостатина, в то время как появление «вспышки» на динамическом исследовании всегда говорит об их наличии. Учитывая, что при отсутствии гистологической экспрессии рецепторов соматостатина «вспышка» не наблюдалась, можно заключить, что у феномена «вспышки» отсутствуют ложноположительные результаты, что свидетельствует в пользу рабочей гипотезы: соотнесение наличия феномена «вспышки» со степенью дифференцировки опухоли.

Полученные результаты были распределены на две категории: наличие «вспышки» и отсутствие «вспышки». При этом анализе «вспышка» была выявлена в 55 случаях, а ее отсутствие было выявлено в 64 (табл. 2).

Как видно из таблицы 2, прослеживается закономерность уменьшения количества случаев «вспышки» при снижении степени дифференцировки опухоли. Это подтверждает теорию о том, что с ростом Grade отмечается уменьшение числа опухолей, экспрессирующих рецепторы соматостатина. Но это количество не равно нулю. Следовательно, проведение рецепторной визуализации актуально при любых нейроэндокринных опухолях.

Аналогично оценке Grade и феномена «вспышки» проводились расчет и поиск корреляции с индексом пролиферации Ki-67 (рис. 5).

После проведения однофакторного дисперсионного анализа мы видим, что прямая зависимость также сохраняется между частотой феномена «вспышки» и уровнем Ki-67. В данной работе исследовалась гетерогенная группа пациентов по локализации первичного очага.

Таким образом, выявление феномена «вспышки» при динамическом исследовании (табл. 3) является одним из скинтиграфических признаков нейроэндокринных опухолей

Таблица 3
Анализ значения Grade в зависимости от феномена «вспышки» на динамическом исследовании

Показатель	Категории	«Вспышка» на динамике		p
		нет	да	
Grade	G1	7 (11,1)	15 (28,3)	0,010*
	G2	39 (61,9)	33 (62,3)	
	G3	17 (27,0)	5 (9,4)	

Примечание: * – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$).

и как дополнительный *in vivo* критерий, коррелирующий со степенью злокачественности опухоли, а следовательно, и с прогнозом.

Согласно представленной таблице, при сравнении значений Grade в зависимости от «вспышки» на динамическом исследовании нами были установлены статистически значимые различия ($p = 0,010$) (используемый метод: хи-квадрат Пирсона).

Выводы

На основе статистического анализа разработаны клинико-радиологические критерии качественных характеристик динамической, статической и однофотонной эмиссионной компьютерной томографии, совмещенной с компьютерной томографией при НЭО, позволяющие прогнозировать эффективность лечения и течение заболевания.

Применение 3-фазной сцинтиграфии с ^{99m}Tc -тектротидом позволяет установить диагноз нейроэндокринной опухоли у 46% пациентов до получения гистологического материала или при невозможности его получения.

Список литературы / References

1. Слэшчук К. Ю., Румянцев П. О., Дегтярев М. В., Серженко С. С., Баранова О. Д., Трухин А. А., Сирота Я. И. Молекулярная визуализация нейроэндокринных опухолей при соматостатин-рецепторной сцинтиграфии (ОФЭКТ/КТ) с ^{99m}Tc -тектротидом. Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2020; 65 (2): 44–49.

2. Sultana Q, Kar J, Verma A, Sanghvi S, Kaka N, Patel N, Sethi Y, Chopra H, Kamal MA, Greig NH. A Comprehensive Review on Neuroendocrine Neoplasms: Presentation, Pathophysiology and Management. J Clin Med. 2023 Aug 5; 12 (15): 5138. DOI: 10.3390/jcm12155138. PMID: 37568540; PMCID: PMC 10420169
3. Dasari A., Shen C., Halperin D. M., Zhao B., Zhou S., Xu Y., Shih T., Yao J. C. Trends in the Incidence, Prevalence, and Survival Outcomes in Patients with Neuroendocrine Tumors in the United States. JAMA Oncol. 2017; 3: 1335–1342. DOI: 10.1001/jamaoncol.2017.0589
4. Williams E. The Classification of Carcinoid Tumours. Lancet. 1963; 281 (7275): 238–9. DOI: 10.1016/s0140-6736 (63) 90951-6
5. Rindi G, Arnold R, Bosman FT, et al. Nomenclature and classification of neuroendocrine neoplasms of the digestive system. In: Bosman FT, Carneiro F, Hruban RH, et al, editors. WHO classification of tumors of the digestive system. Lyon: IARC? 2010. P. S13–S14.
6. Tang LH, Basturk O, Sue JJ, Klimstra DS. A Practical Approach to the Classification of WHO Grade 3 (G3) Well-differentiated Neuroendocrine Tumor (WD-NET) and Poorly Differentiated Neuroendocrine Carcinoma (PD-NEC) of the Pancreas. Am J Surg Pathol. 2016; 40 (9): 1192–202. DOI: 10.1097/PAS.0000000000000662
7. Briganti V, Cuccurullo V, and Bertl V, et al. (2020) ^{99m}Tc -EDDA/HYNIC-TOC is a New Opportunity in Neuroendocrine Tumors of the Lung (and in other Malignant and Benign Pulmonary Diseases). 2020; 13 (Issue 3): 166–176. DOI: 10.2174/1874471013666191230143610
8. Mesquita CT, Palazzo IC, Rezende MF. Ga-DOTA PET/CT: the first-line functional imaging modality in the management of patients with neuroendocrine tumors. Radiol Bras. 2022 Mar-Apr; 55 (2): VII–VIII. DOI: 10.1590/0100-3984.2022.55.2e2
9. Каспшик С. М., Артамонова Е. В., Маркович А. А., Билик М. Е., Емельянова Г. С., Рыжков А. Д. Мифы о нецелесообразности проведения пептид-рецепторной радионуклидной диагностики у пациентов с нейроэндокринными опухолями. Медицинский алфавит. 2021; 19: 18–22. DOI: 10.33667/2078-5631-2021-19-18-22. ISSN: 2078–5631.
10. Kaspshik S. M., Aramonova E. V., Markovich A. A., Bilik M. E., Emelyanova G. S., Ryzhkov A. D. Myths about inexpediency of carrying out peptide receptor radionuclide diagnostics in patients with neuroendocrine tumors. Medical alphabet. 2021; 19: 18–22. (In Russ.). https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-19-18-22
11. Alevoudis E, Spei ME, Chatziioannou SN, et al. Clinical utility of ^{18}F -FDG PET in neuroendocrine tumors prior to peptide receptor radionuclide therapy: a systematic review and meta-analysis. Cancers (Basel). 2021; 13: 1813. DOI: 10.3390/cancers13081813
12. Каспшик С. М., Долгушин М. Б., Артамонова Е. В., Маркович А. А., Рыжков А. Д., Емельянова Г. С., Билик М. Е. Клиническое применение сцинтиграфии и ОФЭКТ/КТ с препаратом ^{99m}Tc -Тектотид у пациентов с нейроэндокринными опухолями. Медицинский алфавит. 2020; 20: 42–45. DOI: 10.33667/2078-5631-2020-20-42-45.
13. Kaspshik S. M., Dolgushin M. B., Aramonova E. V., Markovich A. A., Ryzhkov A. D., Emelyanova G. S., Bilik M. E. Clinical utility of scintigraphy and SPECT/CT with ^{99m}Tc -Tectrotid in patients with neuroendocrine tumors. Medical alphabet. 2020 (20): 42–45. (In Russ.). https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-20-42-45
14. Moura M. M., Cabrera R. A., Esteves S., Cavaco B. M., Soares P., Leite V. Correlation of Molecular Data with Histopathological and Clinical Features in a Series of 66 Patients with Medullary Thyroid Carcinoma. J. Endocrinol. Investig. 2021; 44: 1837–1846. DOI: 10.1007/s40618-020-01456-6
15. Gallo M., Campione S., Di Vito V., Fortunati N., Lo Calzo F., Messina E., Ruggeri R. M., Faggiano A., Calao A. A. L. Primary Neuroendocrine Neoplasms of the Breast: Still Open Issues. Front. Endocrinol. 2021; 11: 610230. DOI: 10.3389/fendo.2020.610230

Сведения об авторах

Каспшик Степан Максимович, врач-радиолог отделения радионуклидной диагностики № 1 отдела радионуклидной диагностики и терапии. E-mail: kaspshik@inbox.ru. SPIN: 6151-5809. AuthorID: 976833. ORCID: 0000-0002-1384-9551

Рыжков Алексей Дмитриевич, д.м.н., в.н.с. отделения радионуклидной диагностики № 1 отдела радионуклидной диагностики и терапии. E-mail: adryzhkov60@yandex.ru. SPIN-код: 6472-4859. AuthorID: 424746. ORCID: 0000-0002-9571-801X

Крылов Александр Сергеевич, к.м.н., зав. отделением радионуклидной диагностики № 1 отдела радионуклидной диагностики и терапии. E-mail: krilovas@rambler.ru. SPIN-код: 4254-3930. ORCID: 0000-0002-8476-7879

Артамонова Елена Владимировна, д.м.н., зав. отделением противоопухолевой лекарственной терапии № 1. E-mail: artamonovae@mail.ru. SPIN-код: 2483-6309. AuthorID: 707707. ORCID: 0000-0001-7728-9533

Маркович Алла Анатольевна, к.м.н., с.н.с. научно-консультативного отделения. E-mail: a-markovich@yandex.ru. AuthorID: 898498. ORCID: 0000-0002-5548-1724

Билик Мария Евгеньевна, врач-радиолог отделения радионуклидной диагностики № 1 отдела радионуклидной диагностики и терапии. E-mail: bilik81@mail.ru. SPIN-код: 4653-5942. AuthorID: 976615. ORCID: 0000-0002-2592-685X

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н. Н. Блохина» Минздрава России, Москва

Автор для переписки: Каспшик Степан Максимович. E-mail: kaspshik@inbox.ru

Для цитирования: Каспшик С. М., Рыжков А. Д., Крылов А. С., Артамонова Е. В., Маркович А. А., Билик М. Е. Трехфазная сцинтиграфия как дополнение к традиционной однофотонной диагностике пациентов с нейроэндокринными опухолями. Медицинский алфавит. 2025; (26): 29–33. https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-26-29-33

About authors

Kaspshik Stepan M., radiologist at Radioisotope Diagnostics branch No. 1 of Dept of Radioisotope Diagnostics and Therapy. E-mail: kaspshik@inbox.ru. SPIN-code: 6151-5809. AuthorID: 976833. ORCID: 0000-0002-1384-9551

Ryzhkov Alexey D., DM Sci, leading researcher at Radioisotope Diagnostics branch No. 1 of Dept of Radioisotope Diagnostics and Therapy. E-mail: adryzhkov60@yandex.ru. SPIN-code: 6472-4859. AuthorID: 424746. ORCID: 0000-0002-9571-801X

Krylov Aleksandr S., PhD Med, head of Radioisotope Diagnostics branch No. 1 of Dept of Radioisotope Diagnostics and Therapy. E-mail: krilovas@rambler.ru. SPIN-code: 4254-3930. ORCID: 0000-0002-8476-7879

Aramonova Elena V., DM Sci, head of Dept of Medicinal Methods of Treatment (Chemotherapy) No. 1. E-mail: artamonovae@mail.ru. SPIN-code: 2483-6309. AuthorID: 707707. ORCID: 0000-0001-7728-9533

Markovich Alla A., PhD Med, senior researcher at outpatient department. E-mail: a-markovich@yandex.ru. AuthorID: 898498. ORCID: 0000-0002-5548-1724

Bilik Maria E., radiologist at Radioisotope Diagnostics branch No. 1 of Dept of Radioisotope Diagnostics and Therapy. E-mail: bilik81@mail.ru. SPIN: 4653-5942. AuthorID: 976615. ORCID: 0000-0002-2592-685X

N. N. Blokhin National Medical Investigation Centre of Oncology, Moscow, Russia

Corresponding author: Kaspshik Stepan M. E-mail: kaspshik@inbox.ru

For citation: Kaspshik S. M., Ryzhkov A. D., Krylov A. S., Aramonova E. V., Markovich A. A., Bilik M. E. Three-phase scintigraphy as an addition to the traditional single-photon diagnosis of patients with neuroendocrine tumors. Medical alphabet. 2025; (26): 29–33. https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-26-29-33

