

ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1590>



Диагностические возможности магнитно-резонансной томографии в дифференциальной диагностике феохромоцитомы надпочечников

© Хайриева А.В. *, Тарбаева Н.В., Манаев А.В.,
Трошина Е.А., Мельниченко Г.А., Мокрышева Н.Г.

ГНЦ РФ ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии им. академика И.И. Дедова”
Минздрава России; 117292 Москва, ул. Дмитрия Ульянова, д. 11, Российская Федерация

Введение. Дифференциальная диагностика феохромоцитомы и аденомы надпочечника крайне важна для определения тактики ведения пациента и планирования оперативного вмешательства. Лабораторных показателей и данных компьютерной томографии в ряде случаев недостаточно для постановки точного диагноза. В нашем исследовании мы стремились оценить возможности магнитно-резонансной томографии в диагностике феохромоцитомы надпочечников.

Цель исследования: оценка возможностей использования мультипараметрической магнитно-резонансной томографии в дифференциальной диагностике феохромоцитомы надпочечников.

Материал и методы. В исследование включено 69 пациентов с образованиями надпочечников, которым впоследствии выполнялось хирургическое вмешательство по поводу клинически злокачественного потенциала опухоли или ее гормональной активности. Всем пациентам проводилась мультипараметрическая магнитно-резонансная томография. В рамках постобработки оценивалась интенсивность сигнала образований надпочечников на различных сериях, проводился расчет индексов интенсивности сигнала от образований, в том числе в сравнении с селезенкой и мышцами, для оценки различий этих показателей у феохромоцитом и других образований надпочечников.

Результаты. Для феохромоцитом характерны следующие пороговые значения: индекс интенсивности сигнала от образования на T2-ВИ по сравнению с мышцами (T2 index) > 2,630, индекс интенсивности сигнала от образования в режиме двойного эхо (SI index) < 16,600, индекс химического сдвига по сравнению с селезенкой (ASR) > 0,840.

Заключение. Каждый из исследованных параметров имел ряд исключений и ограничений, поэтому результаты данного исследования и предложенные пороговые значения необходимы для подтверждения в будущих многоцентровых исследованиях, которые могли бы обеспечить более точную дифференциальную диагностику образований надпочечников в клинической практике.

Ключевые слова: мультипараметрическая магнитно-резонансная томография надпочечников; индекс интенсивности сигнала; феохромоцитома

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Хайриева А.В., Тарбаева Н.В., Манаев А.В., Трошина Е.А., Мельниченко Г.А., Мокрышева Н.Г. Диагностические возможности магнитно-резонансной томографии в дифференциальной диагностике феохромоцитомы надпочечников. *Медицинская визуализация*. 2026; 30 (1): 41–48.
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1590>

Поступила в редакцию: 26.07.2025. **Принята к печати:** 14.01.2026. **Опубликована online:** 12.02.2026.



Diagnostic capabilities of magnetic resonance imaging in the differential diagnosis of adrenal pheochromocytoma

© Angelina V. Khairieva*, Natalia V. Tarbaeva, Almaz V. Manaev,
Ekaterina A. Troshina, Galina A. Melnichenko, Natalia G. Mokrysheva

National Medical Research Center of Endocrinology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation;
11, Dmitry Ulyanov str., Moscow 117292, Russian Federation

Introduction. Differential diagnosis of pheochromocytoma from adrenal adenoma is extremely important at the stage of planning surgical intervention. In some cases, laboratory data and computed tomography (CT) are insufficient for making an accurate diagnosis. In our study, we aimed to evaluate the possibilities of magnetic resonance imaging in the diagnosis of adrenal pheochromocytoma.

Aim. Evaluation of the possibilities of using multiparametric magnetic resonance imaging in the differential diagnostic of adrenal pheochromocytoma.

Materials and Methods. The study included 69 patients with adrenal gland tumors who underwent surgery due to the clinically malignant potential of the tumor or its hormonal activity. All patients underwent multiparametric magnetic resonance imaging. During the postprocessing, the signal intensity of the adrenal gland tumors, signal intensity indices (including in comparison with the spleen and muscles) were evaluated in various series in order to assess the differences between these indicators in pheochromocytomas and other adrenal gland tumors.

Results. Pheochromocytomas are characterized by the following thresholds: signal intensity index on T2-weighted lesion compared to the muscles (T2 index) > 2.630; signal intensity index on dual-echo series (SI index) < 16.600, chemical shift index compared to the spleen (ASR) > 0.840.

Conclusions. Each of the studied parameters had a number of exceptions and limitations, therefore, the results of this study and the proposed thresholds are necessary for confirmation in future multicenter studies that could provide a more accurate differential diagnosis of adrenal gland tumors in clinical practice.

Keywords: multiparametric magnetic resonance imaging of the adrenal glands; signal intensity index; pheochromocytoma

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest. The study had no sponsorship.

For citation: Khairieva A.V., Tarbaeva N.V., Manaev A.V., Troshina E.A., Melnichenko G.A., Mokrysheva N.G. Diagnostic capabilities of magnetic resonance imaging in the differential diagnosis of adrenal pheochromocytoma. *Medical Visualization*. 2026; 30 (1): 41–48. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1590>

Received: 26.07.2025.

Accepted for publication: 14.01.2026.

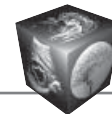
Published online: 12.02.2026.

Введение

Опухоли надпочечников диагностируются у 5–7% взрослого населения [1], наиболее часто выявляются гормонально-неактивные аденомы, которые встречаются у 1% здоровых людей [2]. Однако среди них встречаются образования, требующие дополнительного обследования и специфического лечения (например, альдостерон- и кортизонпродуцирующие аденомы, феохромоцитомы, карциномы или метастазы) [3, 4]. Основной клинической проблемой является подтверждение гормональной активности выявленных образований [5]. В большинстве случаев феохромоцитому можно диагностировать по специфической клинической симптоматике, но в ряде случаев она может протекать бессимптомно [6, 7]. Несмотря на то что феохромоцитомы составляют менее 5% всех

образований надпочечников, чрезвычайно важно точно дифференцировать феохромоцитому от других образований надпочечников для правильного планирования лечения пациента [8] ввиду высокой смертности и частых осложнений со стороны сердечно-сосудистой системы [9, 10].

“Золотым стандартом” диагностики феохромоцитомы является подтверждение гормональной активности образования при анализе на катехоламины и их метаболиты [1, 5, 11]. Однако измерение этих гормонов и их метаболитов является достаточно дорогостоящим и трудоемким процессом, который может быть затруднен из-за приема различных лекарств, особенностей питания [12], нарушения техники сбора анализа и выбора консерванта. Кроме того, результаты анализов в ряде случаев могут быть ложноотрицательными или



ложноположительными [13]. Поэтому различные методы визуализации образований надпочечников чрезвычайно важны в клинической практике и играют крайне значимую роль в диагностике феохромоцитомы, особенно в тех случаях, когда результаты лабораторных исследований оказываются ложноположительными.

Для диагностики феохромоцитомы наиболее широко используются рентгенологические методы исследования, которые позволяют с высокой точностью ее диагностировать [14–17]. Согласно множеству исследований, компьютерная томография (КТ) с оценкой вымывания контрастного препарата имеет важное практическое значение в дифференциальной диагностике аденом от других образований [17–19]. Однако зачастую встречаются феохромоцитомы, характеризующиеся быстрым вымыванием контрастного препарата, что осложняет дифференциацию аденом и феохромоцитом по данным КТ [19–21]. В ряде случаев на основании критериев вымывания был поставлен ошибочный диагноз аденомы с низким содержанием липидов вместо феохромоцитомы [19, 20].

Диагностика аденом надпочечников по данным магнитно-резонансной томографии (МРТ) основывается на оценке наличия жира в аденомах с высоким содержанием жира, в том числе путем выполнения серий в режиме Dual-echo [22, 23]. Однако сообщается, что примерно 30% аденом составляют аденомы с низким содержанием жира [24], что затрудняет их дифференциальную диагностику с другими образованиями. Предыдущие исследования показали, что феохромоцитомы, как правило, имеют более высокий сигнал на T2-взвешенных изображениях (ВИ) по сравнению с аденомами [25]. Тем не менее в 30% случаев феохромоцитомы не имеют характерного гиперинтенсивного сигнала на T2-ВИ [26]. Таким образом, необходимо было оценить интенсивность сигнала феохромоцитом на различных сериях МР-томограмм, сравнить полученные показатели с аденомами и сформулировать выводы относительно возможностей мультипараметрической МРТ в дифференциальной диагностике феохромоцитом.

Цель исследования: оценка возможностей мультипараметрической МРТ в дифференциальной диагностике феохромоцитомы надпочечников.

Материал и методы

В исследование включено 69 пациентов с образованиями надпочечников, из них с феохромоцитомами составили 28, аденомами – 41.

МР-исследования проводились в период с января 2023 г. по декабрь 2024 г. Критерии включения были следующие: гистологически подтвержденная аденома/феохромоцитома, проведенная до оперативного вмешательства мультипараметрическая МРТ надпочечников, наличие анализов на катехоламины. Максимальный размер образований составил: феохромоцитомы – 62 мм, аденомы – 39 мм.

Мультипараметрическое МР-исследование выполнялось на МР-томографе GE SIGNA Pioneer 3 Тл (General Electric, GE Healthcare) с обязательным проведением следующих последовательностей: T2-ВИ, двойное эхо (dual-echo in-phase/out-phase).

Все МР-изображения были независимо проанализированы двумя рентгенологами. Расхождения в значениях обсуждались коллегиально до достижения консенсуса. Оценке подлежали следующие параметры:

– индекс интенсивности сигнала от образования на T2-ВИ по сравнению с мышцами (далее T2 index) [27], для этого использовалась следующая формула:

$$SI \text{ образования} / SI \text{ мышцы}.$$

Это позволило нивелировать различие значений интенсивности сигнала при различных параметрах сканирования. Для измерения интенсивности сигнала от мышц ROI размером 5 мм устанавливалась на мышцу на уровне образования;

– индекс интенсивности сигнала от образования в режиме двойного эхо (далее SI index) [27] по формуле:

$$\frac{(SI \text{ образования на in-phase} - SI \text{ образования на out-phase})}{SI \text{ образования на in-phase} \times 100},$$

– индекс химического сдвига по сравнению с селезенкой (далее ASR) [28] по формуле:

$$\frac{(SI \text{ образования надпочечника на out-phase} / SI \text{ селезенки на out-of-phase})}{(SI \text{ образования надпочечника на in-phase} / SI \text{ селезенки на in-phase})}.$$

Описанные параметры измерялись на аксиальных изображениях. В случае гомогенных образований ROI устанавливалась на все образование с целью захватить как можно больший его объем (см. рисунок). В случае гетерогенных образований ROI устанавливалась только на солидный компонент образования, максимально захватывая его

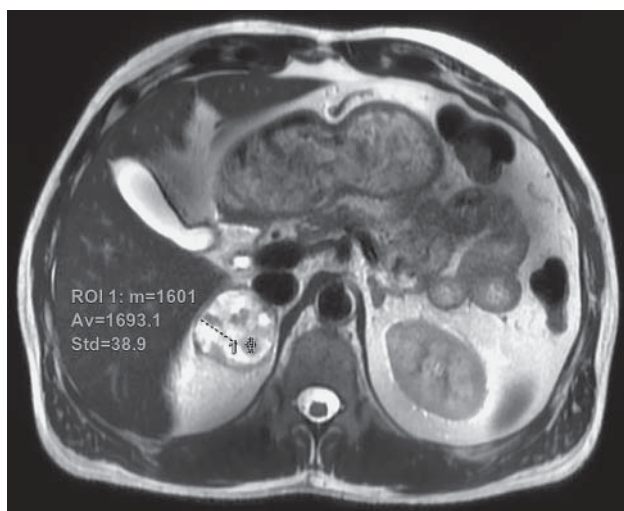


Рисунок. Образец установки ROI на образование неоднородной структуры (слева), однородной структуры (справа). Изображения получены в режиме T2-ВИ. Слева – феохромоцитома правого надпочечника, ROI установлена на солидный компонент образования. Справа – светлоклеточная аденома левого надпочечника, ROI установлена на весь видимый участок образования на аксиальном срезе.

Figure. Example of setting the ROI on a heterogeneous structure (left) and a homogeneous structure (right). The images were obtained in T2WI mode. On the left, there is a right adrenal pheochromocytoma, and the ROI is set on the solid component of the tumor. On the right, there is a left adrenal clear-cell adenoma, and the ROI is set on the entire visible area of the tumor on the axial slice.

объем, исключая зону кистозного компонента. Для измерения интенсивности сигнала от селезенки ROI размером 15 мм устанавливалась на паренхиму селезенки на уровне образования.

В рамках однофакторного анализа данных сравнивали группы аденом и феохромоцитом по признакам МРТ-изображений с применением теста Манна–Уитни. Также проводили ROC-анализ с определением AUC, чувствительности, специфичности, прогностической ценности положительного (PPV) и отрицательного (NPV) результатов при пороговом значении (cut-off), соответствующем максимальному значению индекса Юдена. Оценка 95% доверительного интервала проведена с применением бутстрапа с количеством выборок, рав-

ным 1000. Уровень значимости – 0,05. Статистический анализ проводили с применением языка программирования Python 3.9.21.

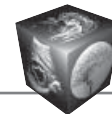
Результаты исследования

Для того чтобы охарактеризовать распределение характеристик изображений МРТ-изображений в каждой группе (по диагнозам), определили медиану и межквартильный размах для непрерывных признаков, для категориального признака (пол) – частоту. Для анализа различий в клинических данных среди диагнозов использовали критерий χ^2 для категориальных данных, тест Краскела–Уоллиса для непрерывных. Результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1. Описательная статистика и результаты статистических тестов для образований надпочечников

Table 1. Descriptive statistics and statistical test results for adrenal gland tumors

Диагноз Diagnosis	Количество женщин Number of women	Общее количество пациентов Total number of patients	Медиана возраста (межквартильный интервал), годы Median age (interquartile range), years
Аденома Adenoma	27	41	50.6 (42.3–64.0)
Феохромоцитома Pheochromocytoma	22	28	42.6 (30.1–50.9)



При проведении статистических тестов для пола получили $p = 0,383$, для возраста $p = 0,019$. Вероятно, полученный значимый результат в наличии различий между диагнозами и возрастом связан с небольшим размером выборки, поэтому данную находку следует интерпретировать как ошибку второго рода.

Однофакторный анализ характеристик МРТ-изображений

Результаты проведения тестов Манна–Уитни приведены в табл. 2. Все рассматриваемые показатели характеризуются статистической значимостью с $p < 0,001$ и высокой величиной эффекта с $AUC > 0,9$. Пороговые значения для феохромоцитом составили: T2 index $> 2,630$, SI index $< 16,600$, ASR $> 0,840$.

Значения T2 index для феохромоцитом в среднем выше, чем у аденом (диапазон значений T2 index для феохромоцитом 2,5–10,13). Также для феохромоцитом характерно более компактное распределение значений SI index в пределах от 0 до 15, в среднем с более низкими значениями в

сравнении с аденомами. Аденомы же характеризуются в среднем большими значениями, но значительно большим размахом SI index. Ситуация с признаком ASR похожа на ситуацию с SI index: также значения признака для аденом характеризуются меньшими значениями, но большим размахом значений, чем для феохромоцитом.

Медианы и межквартильные интервалы показателей изображений МРТ для рассматриваемых диагнозов приведены в табл. 3.

Обсуждение

МРТ используется для диагностики феохромоцитомы надпочечников в клинической практике реже, чем КТ, тем не менее в ряде исследований описывались МР-признаки, более характерные для феохромоцитом, чем для других образований надпочечников. В нашей работе мы исследовали характеристики феохромоцитом и аденом надпочечников по данным мультипараметрической МРТ.

Согласно данным исследований, феохромоцитомы характеризуются более высоким сигналом на T2-ВИ по сравнению с аденомами [29]. J.C. Varghese

Таблица 2. Результаты тестов Манна–Уитни и ROC-анализа для задачи дифференциальной диагностики аденом и феохромоцитом

Table 2. The results of Mann–Whitney tests and ROC analysis for the differential diagnosis of adenomas and pheochromocytomas

Признак Sign	AUC (95% CI)	Чувствительность Sensitivity (95% CI)	Специфичность Specificity (95% CI)	PPV (95% CI)	NPV (95% CI)	Cut-off, для феохромоцитомы больше или меньше Cut-off, for pheochromocytoma more or less	p-value
T2 index	0.972 (0.922–1.000)	0.929 (0.893–1.000)	0.976 (0.854–1.000)	0.963 (0.824–1.000)	0.952 (0.930–1.000)	2.630. >	<0.001
SI index	0.941 (0.868–0.994)	1.000 (0.923–1.000)	0.878 (0.780–0.976)	0.839 (0.743–0.963)	1.000 (0.950–1.000)	16.600. <	<0.001
ASR	0.936 (0.865–0.991)	1.000 (0.923–1.000)	0.829 (0.714–0.971)	0.812 (0.722–0.963)	1.000 (0.939–1.000)	0.840. >	<0.001

Таблица 3. Медианы и межквартильные интервалы показателей МРТ-изображений

Table 3. Medians and interquartile ranges of MRI image indicators

Диагноз Diagnosis	Медиана (межквартильный интервал) Median (interquartile range)		
	T2 index	SI index	ASR
Аденома Adenoma	1.79 (1.50–2.01)	55.70 (34.30–68.10)	0.48 (0.37–0.70)
Феохромоцитомы Pheochromocytoma	3.29 (3.13–3.82)	4.65 (2.56–7.54)	1.03 (0.98–1.05)



и соавт. были первыми, кто оценил интенсивность сигнала феохромоцитом и аденом надпочечников на T2-ВИ, показав, что большинство аденом имеет низкий сигнал на T2-ВИ [26]. Как известно, очень высокая интенсивность сигнала на T2-ВИ является характерным признаком феохромоцитомы; тем не менее примерно 30% феохромоцитом имеет низкий сигнал на T2-ВИ [30].

Нужно отметить, что различие в интенсивности сигнала может быть обусловлено настраиваемыми параметрами исследования. Чтобы нивелировать эти различия, нами был рассчитан индекс интенсивности сигнала образования на T2-ВИ (T2 index) относительно мышц. T2 index для феохромоцитом показал более высокие результаты, чем для аденом. Диапазон значений для феохромоцитом составил 2,5–10,1, для аденом – 0,85–2,38.

Согласно данным исследований, SI index > 16,5% и ASR < 0,71 характерны для аденом [28]. Полученные нами данные не противоречат описанным исследованиям, подавляющее большинство аденом действительно имело SI index > 16,5%, ASR < 0,71. Однако сообщается, что порог SI index 16,5% подходит для томографов с магнитным полем 1,5 Тл, для томографов с магнитным полем 3 Тл порог SI index ниже 16,5%. По нашим данным, диапазон SI index для аденом составил от 34,30–76,2%, диапазон для феохромоцитом – 2,40–6,50%, диапазон ASR для аденом составил 0,36–0,70, для феохромоцитом – 0,98–1,05. Несмотря на корреляцию SI index феохромоцитом и аденом, достоверно дифференцировать эти образования только по этому критерию не представляется возможным, так как было установлено, что данный индекс не применим у аденом с низким содержанием жира, плотность которых по данным КТ превышает 20 ед.Н.

Заключение

Диапазон значений T2-ВИ (T2 index) для феохромоцитом для томографа с магнитным полем 3 Тл составил 2,5–10,1, для аденом – 0,85–2,38, диапазон SI index феохромоцитом составил 2,40–6,50%, для аденом – 34,30–76,2%, диапазон ASR для феохромоцитом составил 0,98–1,05, для аденом – 0,36–0,70.

Данное исследование имеет ряд ограничений:

- небольшой объем выборки (ввиду достаточно строгих критериев отбора);
- исследование является одноцентровым, что ограничивает широкое применение результатов и требует проверки полученных данных в других учреждениях;

– мы не устанавливали влияние неоднородности структуры образования на исследуемые показатели, хотя и пытались нивелировать это путем стандартизации измерений, но исследовали более широкий спектр параметров, чем в ранее проведенных исследованиях;

– мы не учитывали влияние размера образования, пола, этнической принадлежности и других факторов на результаты измерений.

Согласно результатам исследования, признаки T2 index, SI index, ASR характеризуются высокой диагностической эффективностью для дифференцировки аденом и феохромоцитом (AUC > 0,9). Каждый из параметров имел ряд исключений и ограничений (аденомы с низким содержанием жира, пересечение с интервалом значений для разных образований и т.д.).

Результаты этого исследования могут быть использованы только в качестве дополнительного метода к стандартным методам диагностики для повышения точности диагностики феохромоцитомы. Результаты данного исследования и предложенные пороговые значения необходимы для подтверждения в будущих многоцентровых исследованиях, которые могли бы обеспечить более точную дифференциальную диагностику образований надпочечников в клинической практике.

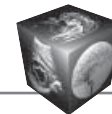
Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределен следующим образом: концепция и план исследования – Н.В. Тарбаева; сбор и анализ данных – А.В. Манаев; подготовка рукописи – А.В. Хайриева.

Authors' contributions. All authors confirm their authorship according to the international ICMJE criteria (all authors made substantial contributions to the conception, research, and preparation of the article, and read and approved the final version before publication). Special contribution – NVT; aided in the concept and plan of the study – AVM; preparation of the manuscript – AVKh.

Потенциальный конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure. The authors declare that they have no competing interests.

Соответствие принципам этики: одобрения этического комитета не требовалось. Информированное согласие получено от каждого пациента.



Adherence to ethical standards: the approval of the ethics committee was not required. Informed consent has been obtained from each patient.

Список литературы [References]

1. Glazer D.I., Mayo-Smith W.W. Management of incidental adrenal masses: an update. *Abdominal Radiology*. 2020; 45 (4): 892–900. <https://doi.org/10.1007/s00261-019-02149-2>
2. Араблинский А.В., Румер В.Б. Лучевая диагностика заболеваний надпочечников – современный взгляд на проблему. *Медицинская визуализация*. 2021; 25 (2): 21–41. <https://doi.org/10.24835/10.24835/1607-0763-995>
3. Араблинский А.В., Румер В.Д. Адrenal radiology diagnostics – modern review. *Medical Visualization*. 2021; 25 (2): 21–41. <https://doi.org/10.24835/10.24835/1607-0763-995> (In Russian)
3. Араблинский А.В. Диагностика заболеваний надпочечников с помощью КТ и МРТ. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2024. ISBN 978-5-9704-8332-9. <https://doi.org/10.33029/9704-8332-9-DIA-2024-1-88>
4. Arablinsky A.V. Diagnosis of adrenal diseases using CT and MRI. Moscow: GEOTAR-Media, 2024. ISBN 978-5-9704-8332-9. <https://doi.org/10.33029/9704-8332-9-DIA-2024-1-88> (In Russian)
4. Fassnacht M., Arit W., Bancos I. et al. Management of adrenal incidentalomas: European Society of Endocrinology Clinical Practice Guideline in collaboration with the European Network for the study of adrenal tumors. *Eur. J. Endocrinol.* 2016; 175 (2): G1–G34. <https://doi.org/10.1530/EJE-16-0467>
5. Araujo-Castro M., Iturregui Guevara M., Calatayud Gutierrez M. et al. Practical guide on the initial evaluation, follow-up, and treatment of adrenal incidentalomas adrenal diseases Group of the Spanish Society of Endocrinology and Nutrition. *Endocrinol. Diabetes Nutr. (Engl. Ed.)*. 2020; 67 (6): 408–419. <https://doi.org/10.1016/j.endien.2020.08.010>
6. Young W.F. Management approaches to adrenal incidentalomas: a view from Rochester, Minnesota. *Endocrinol. Metab. Clin. N. Am.* 2000; 29 (1): 159–185. [https://doi.org/10.1016/S0889-8529\(05\)70122-5](https://doi.org/10.1016/S0889-8529(05)70122-5)
7. Motta-Ramirez G.A., Remer E.M., Herts B.R. et al. Comparison of CT findings in symptomatic and incidentally discovered pheochromocytomas. *Am. J. Roentgenol.* 2005; 185 (3): 684–688. <https://doi.org/10.2214/ajr.185.3.01850684>
8. Paschou S.A., Vryonidou A., Goulis D.G. Adrenal incidentalomas: a guide to assessment, treatment and follow-up. *Maturitas*. 2016; 92: 79–85. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2016.07.017>
9. Stolk R.F., Bakx C., Mulder J. et al. Is the excess Cardiovascular morbidity in Pheochromocytoma related to blood pressure or to catecholamines? *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2013; 98 (3): 1100–1106. <https://doi.org/10.1210/jc.2012-3669>
10. Khorram-Manesh A., Ahlman H., Nilsson O. et al. Mortality associated with pheochromocytoma in a large Swedish cohort. *Eur. J. Surg. Oncol.* 2004; 30 (5): 556–559. <https://doi.org/10.1016/j.ejso.2004.03.006>
11. Kebebew E. Adrenal incidentaloma. *N. Engl. J. Med.* 2021; 384 (16): 1542–1551. <https://doi.org/10.1056/NEJMc2031112>
12. Bokuda K., Yatabe M., Seki Y., Ichihara A. Clinical factors affecting spot urine fractionated metanephrines in patients suspected pheochromocytoma/paraganglioma. *Hypertens. Res.* 2020; 43 (6): 543–549. <https://doi.org/10.1038/s41440-020-0406-4>
13. Sawka A.M., Prebtani A.P., Thabane L. et al. A systematic review of the literature examining the diagnostic efficacy of measurement of fractionated plasma free metanephrines in the biochemical diagnosis of pheochromocytoma. *BMC Endocr. Disord.* 2004; 4 (1): 1–11. <https://doi.org/10.1186/1472-6823-4-2>
14. Kang S., Oh Y.L., Park S.Y. Distinguishing pheochromocytoma from adrenal adenoma by using modified computed tomography criteria. *Abdom. Radiol.* 2021; 46 (3): 1082–1090. <https://doi.org/10.1007/s00261-020-02764-4>
15. Mohammed M.F., ElBanna K.Y., Ferguson D. et al. Pheochromocytomas versus adenoma: role of venous phase CT enhancement. *Am. J. Roentgenol.* 2018; 210 (5): 1073–1078. <https://doi.org/10.2214/AJR.17.18472>
16. Northcutt B.G., Raman S.P., Long C. et al. MDCT of adrenal masses: can dual-phase enhancement patterns be used to differentiate adenoma and pheochromocytoma? *Am. J. Roentgenol.* 2013; 201 (4): 834–839. <https://doi.org/10.2214/AJR.12.9753>
17. Northcutt B.G., Trakhtenbroit M.A., Gomez E.N. et al. Adrenal adenoma and pheochromocytoma: comparison of multidetector CT venous enhancement levels and washout characteristics. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 2016; 40 (2): 194–200. <https://doi.org/10.1097/RCT.0000000000000343>
18. Patel J., Davenport M.S., Cohan R.H., Caoili E.M. Can established CT attenuation and washout criteria for adrenal adenoma accurately exclude pheochromocytoma? *Am. J. Roentgenol.* 2013; 201 (1): 122–127. <https://doi.org/10.2214/AJR.12.9620>
19. Woo S., Suh C.H., Kim S.Y. et al. Pheochromocytoma as a frequent false-positive in adrenal washout CT: a systematic review and meta-analysis. *Eur. Radiol.* 2018; 28 (3): 1027–1036. <https://doi.org/10.1007/s00330-017-5076-5>
20. Park B.K., Kim C.K., Kwon G.Y., Kim J.H. Re-evaluation of pheochromocytomas on delayed contrast-enhanced CT: washout enhancement and other imaging features. *Eur. Radiol.* 2007; 17 (11): 2804–2809. <https://doi.org/10.1007/s00330-007-0695-x>
21. Park B.K., Kim B., Ko K. et al. Adrenal masses falsely diagnosed as adenomas on unenhanced and delayed contrast-enhanced computed tomography: pathological correlation. *Eur. Radiol.* 2006; 16 (3): 642–647. <https://doi.org/10.1007/s00330-005-0017-0>
22. Bilbey J.H., McLoughlin R.F., Kurkjian P.S. et al. MR imaging of adrenal masses: value of chemical-shift imaging for distinguishing adenomas from other tumors. *Am. J. Roentgenol.* 1995; 164 (3): 637–642. <https://doi.org/10.2214/ajr.164.3.7863885>
23. Mitchell D.G., Crovella M., Matteucci T. et al. Benign Adrenocortical masses – diagnosis with Chemical-Shift MR Imaging. *Radiology*. 1992; 185 (2): 345–351. <https://doi.org/10.1148/radiology.185.2.1410339>



24. Schieda N., Siegelman E.S. Update on CT and MRI of adrenal nodules. *Am. J. Roentgenol.* 2017; 208 (6): 1206–1217. <https://doi.org/10.2214/AJR.16.17758>
25. Schieda N., Alrashed A., Flood T.A. et al. Comparison of quantitative MRI and CT washout analysis for differentiation of adrenal pheochromocytoma from adrenal adenoma. *Am. J. Roentgenol.* 2016; 206 (6): 1141–1148. <https://doi.org/10.2214/AJR.15.15318>
26. Varghese J.C., Hahn P.F., Papanicolaou N. et al. MR differentiation of pheochromocytoma from other adrenal lesions based on qualitative analysis of T2 relaxation times. *Clin. Radiol.* 1997; 52 (8): 603–606. [https://doi.org/10.1016/S0009-9260\(97\)80252-8](https://doi.org/10.1016/S0009-9260(97)80252-8)
27. Huang R., Lin T., Chen M. et al. Diagnostic performance of magnetic resonance imaging features to differentiate adrenal pheochromocytoma from adrenal tumors with positive biochemical testing results. *BMC Med. Imaging.* 2024; 24: 175. <https://doi.org/10.1186/s12880-024-01350-0>
28. Seo J.M., Park B.K., Park S.Y., Kim C.K. Characterization of lipid-poor adrenal adenoma: chemical-shift MRI and washout CT. *Am. J. Roentgenol.* 2014; 202 (5): 1043–1050. <https://doi.org/10.2214/AJR.13.11389>
29. Gerson R., Tu W., Abreu-Gomez J. et al. Evaluation of the T2-weighted (T2W) adrenal MRI calculator to differentiate adrenal pheochromocytoma from lipid-poor adrenal adenoma. *Eur. Radiol.* 2022; 32 (12): 8247–8255. <https://doi.org/10.1007/s00330-022-08867-4>
30. Leung K., Stamm M., Raja A., Low G. Pheochromocytoma: the Range of appearances on Ultrasound, CT, MRI, and functional imaging. *Am. J. Roentgenol.* 2013; 200 (2): 370–378. <https://doi.org/10.2214/AJR.12.9126>

Для корреспонденции*: Хайриева Ангелина Владимировна – e-mail: komarito@mail.ru

Хайриева Ангелина Владимировна – врач-рентгенолог ФГБУ “НМИЦ эндокринологии им. академика И.И. Дедова” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-6758-5918>. E-mail: komarito@mail.ru

Тарбаева Наталья Викторовна – канд. мед. наук, руководитель референс-центра лучевых методов диагностики, заведующая отделением компьютерной и магнитно-резонансной томографии ФГБУ “НМИЦ эндокринологии им. академика И.И. Дедова” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-7965-9454>. E-mail: ntarbaeva@inbox.ru

Манаев Алмаз Вадимович – медицинский физик ФГБУ “НМИЦ эндокринологии им. академика И.И. Дедова” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0009-0003-8035-676X>. E-mail: a.manaew2016@yandex.ru

Трошина Екатерина Анатольевна – член-корр. РАН, доктор мед. наук, профессор, заместитель директора Центра, директор Института клинической эндокринологии ФГБУ “НМИЦ эндокринологии им. академика И.И. Дедова” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-8520-8702>. E-mail: troshina@inbox.ru

Мельниченко Галина Афанасьевна – академик РАН, доктор мед. наук, профессор, заместитель директора Центра по научной работе ФГБУ “НМИЦ эндокринологии им. академика И.И. Дедова” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-5634-7877>. e-mail: teofrast2000@mail.ru

Мокрышева Наталья Георгиевна – академик РАН, доктор мед. наук, профессор, директор Центра, заведующая кафедрой персонализированной и трансляционной медицины, научный руководитель отделения патологии околощитовидных желез и нарушений минерального обмена ФГБУ “НМИЦ эндокринологии им. академика И.И. Дедова” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9717-9742>. E-mail: mokrisheva.natalia@endocrincenr.ru

Contact*: Angelina V. Khairieva – e-mail: komarito@mail.ru

Angelina V. Khairieva – Radiologist, National Medical Research Center of Endocrinology, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-6758-5918>. E-mail: komarito@mail.ru

Natalia V. Tarbaeva – Cand. of Sci. (Med.), Head of the Reference-center of Radiation Diagnostic Methods, Head of the Department of Computer and Magnetic Resonance Imaging, National Medical Research Center of Endocrinology, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-7965-9454>. E-mail: ntarbaeva@inbox.ru

Almaz V. Manaev – Medical physicist, National Medical Research Center of Endocrinology, Moscow. <https://orcid.org/0009-0003-8035-676X>. E-mail: a.manaew2016@yandex.ru

Ekaterina A. Troshina – Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Deputy Director, Director of the Clinical endocrinology institute, National Medical Research Center of Endocrinology, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-8520-8702>. E-mail: troshina@inbox.ru

Galina A. Melnichenko – Full Member of the Russian Academy of Sciences, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Deputy director for Research, National Medical Research Center of Endocrinology, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-5634-7877>. e-mail: teofrast2000@mail.ru

Natalia G. Mokrysheva – Full Member of the Russian Academy of Sciences, Doct of Sci. (Med.), Professor; Director of the Center, Head of the Department of Personalized and Translational Medicine, Scientific Director of the Department of Pathology of the Parathyroid Glands and Disorders of Mineral Metabolism, National Medical Research Center of Endocrinology, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9717-9742>. E-mail: mokrisheva.natalia@endocrincenr.ru