

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКЕ ОПУХОЛЕЙ НАДПОЧЕЧНИКОВ



© Н.Г. Мокрышева, Н.В. Тарбаева*

Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии им. академика И.И. Дедова, Москва, Россия

В редакционной статье рассматриваются современные тенденции и новые технологии в лучевой диагностике опухолей надпочечников, такие как двухэнергетическая компьютерная томография и методы текстурного анализа с использованием машинного обучения. Особое внимание уделяется дифференциальной диагностике образований надпочечников, включая дифференциацию на несколько классов. Представлены данные исследований, демонстрирующие высокую диагностическую эффективность данных подходов, а также подчеркивается важность междисциплинарного и персонализированного подхода в ведении пациентов. Материал отражает актуальные достижения и перспективы развития радиологических методов в эндокринологии и онкологии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: образование надпочечника; инциденталомы; лучевая диагностика; компьютерная томография; радиомика; текстурный анализ.

MODERN TRENDS IN THE RADIOLOGICAL DIAGNOSTICS OF ADRENAL TUMORS

© Natalya G. Mokrysheva, Natalya V. Tarbaeva*

Endocrinology Research Centre, Moscow, Russia

The editorial examines modern trends and new technologies in the radiological diagnostics of adrenal tumors, such as dual-energy computed tomography and textural analysis methods utilizing machine learning. Particular attention is paid to the differential diagnosis of adrenal masses, including multi-class differentiation. Research data demonstrating the high diagnostic efficacy of these approaches are presented, and the importance of an interdisciplinary and personalized approach in patient management is emphasized. The material reflects current achievements and future prospects for the development of radiological methods in endocrinology and oncology.

KEYWORDS: adrenal mass; incidentaloma; radiological diagnosis; computed tomography; radiomics; texture analysis.

Объемные образования надпочечников представляют собой значимую клиническую проблему, актуальную на стыке эндокринологии, онкологии и лучевой диагностики. Выявление опухолей надпочечников продолжает расти, что обусловлено широкой доступностью и частым применением визуализирующих методов. Важно отметить, что индивидуальный клинический контекст, включающий возраст, сопутствующую патологию, онкологический анамнез и гормональный статус, требует персонализированного подхода в каждом конкретном случае. Однако первым и зачастую определяющим этапом в алгоритме ведения пациента становится именно радиологическая диагностика.

Долгое время для формирования показаний к оперативному вмешательству использовались 2 параметра: размер опухоли и скорость роста при динамическом наблюдении. Это приводило к большому числу необоснованных вмешательств при опухолях более 3–4 см и недооценке злокачественного потенциала образований малого размера, в том числе адренокортикального рака и метастатического поражения надпочечников. В настоящий момент основное внимание сконцентрировано на денситометрических критериях злокачественности опухоли

и на количественных показателях трехфазной компьютерной томографии, что отражено в проекте клинических рекомендаций «Инциденталомы надпочечника» [1].

Согласно рекомендациям Европейского общества эндокринологии от 2023 г. [2], в качестве первого метода визуализации инциденталом надпочечников рекомендуется бесконтрастная компьютерная томография (КТ) (рис. 1). Если при этом КТ-картина соответствует доброкачественному образованию (гомогенная структура и плотность ≤ 10), дальнейшая визуализация не требуется. Согласно систематическим обзорам и метаанализам, проведенным в 2016 [3] и в 2022 гг. [2], у 3723 пациентов без отягощенного онкоанамнеза и с подтвержденными доброкачественными образованиями надпочечников плотность этих образований на бесконтрастном КТ составляла ≤ 10 ед.Н.

Основные сложности возникают при выявлении при бесконтрастной КТ образования надпочечника плотностью более 10 ед.Н (рис. 2). В таких случаях рекомендуется применение дополнительных методов визуализации и обсуждение в мультидисциплинарной команде с решением вопроса о необходимости оперативного вмешательства [2].

*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author.

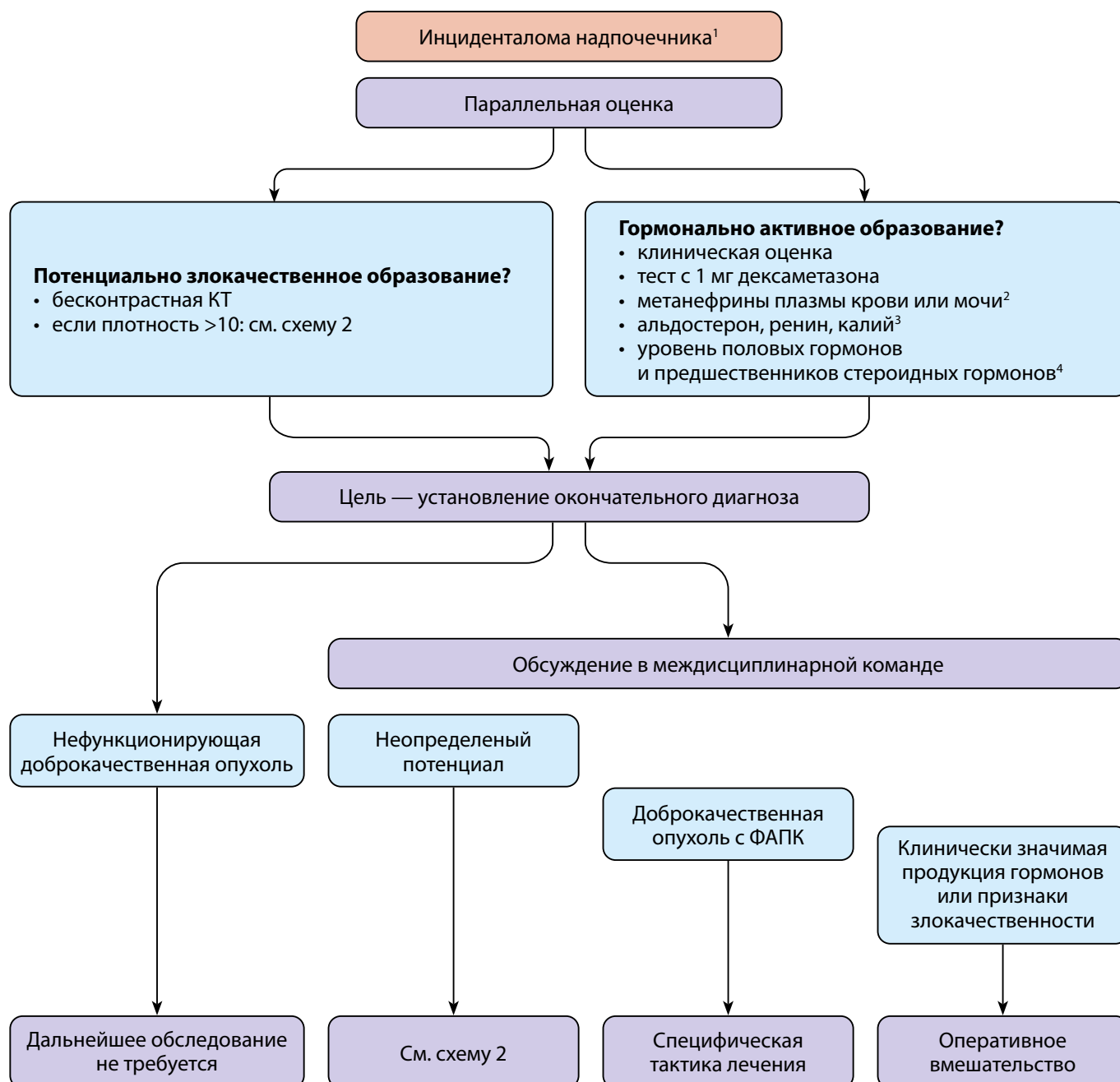


Рисунок 1. Блок-схема тактики ведения пациентов с инциденталомами надпочечников.

*1) у небольшой подгруппы пациентов (образования надпочечников >4 см со злокачественными признаками, возраст <40 лет, беременность, выраженный избыток гормонов надпочечников) требуется срочная оценка; 2) необходимо только при опухолях надпочечников с плотностью >10 ед.Н; 3) только у пациентов с сопутствующей гипертензией и/или гипогликемией; 4) только у пациентов с клиническими, биохимическими или визуальными признаками, указывающими на аденокортикальный рак.

Неоднородность структуры значительного количества образований надпочечников остается одной из основных проблем диагностики, а вопрос о диагностической эффективности различных методов лучевой диагностики при гетерогенных опухолях остается открытым. В этих условиях особенно возрастает значимость разработки и внедрения новых методов визуализации, позволяющих неинвазивно и с высокой точностью определить морфологическую и функциональную природу опухоли до начала лечения. Современные подходы к радиологической диагностике образований надпочечников стремительно развиваются. Появляются новые критерии оценки, совершенствуются протоколы визуализации.

Отдельного внимания заслуживает внедрение двух-энергетической КТ (ДЭКТ), предоставляющей возможность получения виртуальных неконтрастных изображений, количественной оценки йодного контраста, а также создания карт плотности материалов. ДЭКТ представляет собой метод, при котором в результате использования двух типов рентгеновского излучения, различающимися по энергии, становится возможной дифференцировка тканей, различных по химическому составу, но со схожим коэффициентом поглощения [4]. Метод ДЭКТ обладает 96% чувствительностью и 100% специфичностью в дифференциальной диагностике образований надпочечников [5]. С помощью ДЭКТ появляется возможность декомпозиции изображения и разложения его на материалы,

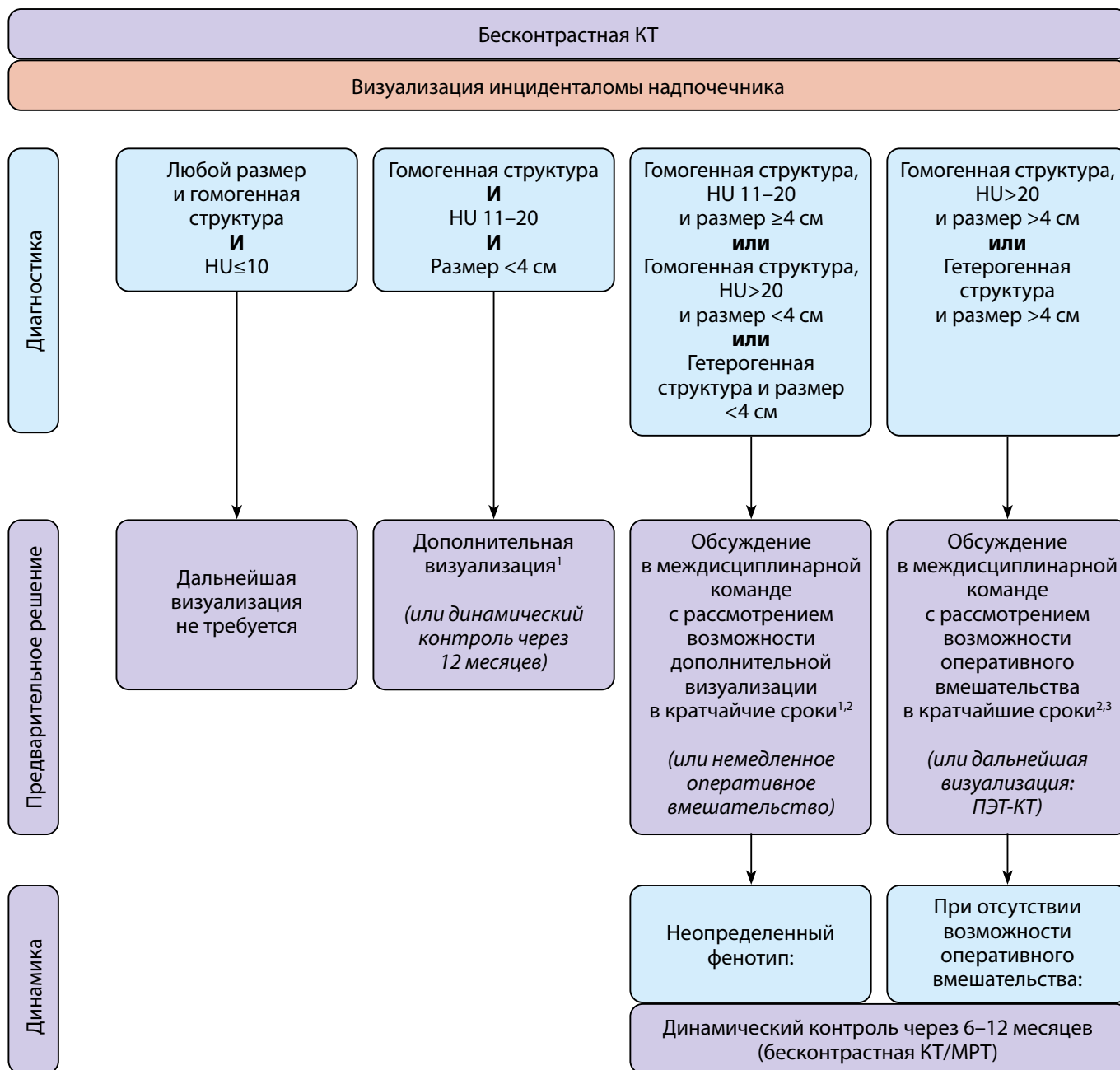


Рисунок 2. Визуализация инциденталом надпочечников.

*1) дополнительная визуализация может варьировать в зависимости от возможностей медицинского учреждения, включая ФДГ-ПЭТ/КТ, МРТ надпочечников с химическим сдвигом или КТ с контрастным усилением; 2) в случае двусторонних поражений со сходными характеристиками, рассматривается выполнение биопсии; 3) после полного стадирования опухоли, включая КТ органов грудной клетки, брюшной полости и малого таза.

создания йодных карт, виртуальных неконтрастных изображений и монохроматических изображений на разных уровнях энергии [4].

В ФГБУ «НМИЦ эндокринологии им. академика И.И. Дедова» МЗ России проводятся исследования по оценке эффективности ДЭКТ в дифференциальной диагностике опухолей надпочечников различной степени злокачественности и возможности снижения лучевой нагрузки за счет применения виртуальных нативных изображений [6, 7]. Полученные данные демонстрируют отсутствие статистически значимой разницы между виртуальными нативными изображениями и реальными нативными изображениями, а показатели ДЭКТ характеризуются чувствительностью 100%, специфичностью 81% в дифференциальной диагностике адренокортикального рака от аденом с низким содержанием жира.

Радиомика и машинное обучение открывают дополнительные горизонты для диагностики: анализ текстуры, формы и гетерогенности опухолей может позволить создавать предиктивные модели, способные повысить диагностическую точность и стандартизировать интерпретацию изображений [8, 9]. С 2018 г. по настоящее время было опубликовано лишь несколько статей, касающихся текстурного анализа у пациентов с поражениями надпочечников. Тем не менее имеющийся мировой опыт применения текстурного анализа [10] показывает значимый потенциал в повышении точности диагностики с использованием количественных параметров медицинских изображений для анализа структурных особенностей тканей и актуальность проведения дальнейших исследований.

Результаты исследования Filippo Crimi и соавт. [11] показывают, что текстурный анализ имеет высокую точность в дифференциации доброкачественных и злокачественных поражений надпочечников (объединенная AUC 0,85), в частности, в дифференциации между образованиями коркового слоя надпочечников (аденомами и АКР).

В систематическом обзоре [12] проведен метаанализ 9 исследований по дифференциальной диагностике доброкачественных и злокачественных опухолей надпочечников, были получены средние значения метрик качества: чувствительность 0,80 (0,68–0,88), специфичность 0,83 (0,73–0,90).

Следует отметить, что практически все исследования в этой области сосредоточены на бинарной классификации (доброкачественные и злокачественные) или узких подгруппах (например, дифференцировка аденом на типы). При этом комплексные модели для диагностики одновременно нескольких классов новообразований надпочечников не разрабатывали. В доступной литературе только исследование [13] предлагает классификацию опухолей надпочечников с разделением их более чем на два типа. В то же время подход с многоклассовой классификацией представляется принципиально важным, поскольку феохромоцитомы, несмотря на потенциально злокачественный характер, требуют отличной от АКР и аденом диагностической и терапевтической стратегии [2].

В ФГБУ «НМИЦ эндокринологии им. академика И.И. Дедова» МЗ России в настоящее время проводится работа по определению истинной ценности машинного обучения в радиомике надпочечников [14, 15, 16].

Полученные результаты демонстрируют, что модели на основе текстурных признаков изображений КТ обеспечивает высокую диагностическую эффективность в дифференциальной диагностике доброкачественных и злокачественных опухолей надпочечников (AUC 0,954), а также в дифференциации феохромоцитом и аденом (чувствительность 89%). В то же время отмечены неудовлетворительные результаты при различении адренокортикального рака и феохромоцитом. Это может быть

связано с рядом факторов, в том числе с гетерогенностью адренокортикального рака, который, как известно, обладает высокой структурной и функциональной неоднородностью [17]. По результатам исследования было показано, что существуют текстурные признаки с дискриминативной способностью для различения морфологических подтипов адренокортикального рака (low-grade и high-grade) со средним значением ROC-AUC в пределах 0,709–0,769. Выявлены статистически значимые текстурные паттерны, ассоциированные с высоким индексом пролиферации Ki-67 (>10%), которые характеризуются чувствительностью 83,3%, специфичностью 77,8%. Это подтверждает потенциал радиомики в улучшении диагностических процессов.

Настоящий выпуск журнала посвящен современным возможностям и перспективам диагностических методов. Мы стремимся отразить как достижения, так и существующие вызовы, подчеркнуть необходимость междисциплинарного подхода и акцентировать внимание на персонализации диагностики. Уверены, что представленная в номере информация будет полезна специалистам различных профилей и послужит стимулом для дальнейших исследований в этой важной и стремительно развивающейся области медицины.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источники финансирования. Работа выполнена по инициативе авторов без привлечения финансирования. Публикация подготовлена в рамках выполнения государственного задания Минздрава России на НИР № 124020700097-8.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.

Участие авторов. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Бельцевич Д.Г., Трошина Е.А., Мельниченко Г.А., Платонова Н.М., Ладыгина Д.О., Шевз А. Проект клинических рекомендаций «Инциденталомы надпочечника». // *Эндокринная хирургия*. — 2021. — Т.15. — №1 — С.4-26. [Bel'tsevic DG, Troshina EA, Mel'nichenko GA, Platonova NM, Ladygina DO, Chevays A. Project of clinical guidelines «Adrenal incidentaloma». *Endocrine Surgery*. 2021;15(1):4-26. (In Russ)]. doi: <https://doi.org/10.14341/serg12712>
2. Fassnacht M, Tsarakis S, Terzolo M, et al. European Society of Endocrinology clinical practice guidelines on the management of adrenal incidentalomas, in collaboration with the European Network for the Study of Adrenal Tumors. *European Journal of Endocrinology*. 2023;189:G1-42. doi: <https://doi.org/10.1093/ajendo/lvad066>
3. Dinnes J, Bancos I, Ferrante di Ruffano L, et al. Management of endocrine disease: imaging for the diagnosis of malignancy in incidentally discovered adrenal masses: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Endocrinol*. 2016;175(2):R51-R64. doi: <https://doi.org/10.1530/EJE-16-0461>
4. Hindman NM, Megibow AJ. One-stop shopping: dual-energy CT for the confident diagnosis of adrenal adenomas. *Radiology*. 2020;296(2):333-334. doi: <https://doi.org/10.1148/radiol.2020201718>
5. Ju Y, Liu A, Dong Y, et al. The value of nonenhanced single source dual energy CT for differentiating metastases from adenoma in adrenal glands. *Acad Radiol*. 2015;22(7):834-839. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2015.03.004>
6. Тарбаева Н.В., Манаев А.В., Корнелиук А.Ю. и соавт. Двухэнергетическая компьютерная томография в задаче дифференциальной диагностики образований надпочечников. // *Проблемы Эндокринологии*. — 2025. — Т.71. — №5. — С.10-18. [Tarbaeva NV, Manaev AV, Kornelyuk AY, et al. Dual-energy CT for differential diagnosis of adrenal lesions. *Problems of Endocrinology*. 2025;71(5):10-18. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.14341/probl13671>
7. Хайриева А.В., Тарбаева Н.В., Годзенко М.В. и соавт. Возможность применения виртуальных нативных изображений, созданных по данным двухэнергетической компьютерной томографии в дифференциальной диагностике образований надпочечников: ретроспективное исследование. // *Лучевая диагностика и терапия*. — 2025. — Т.16. — №2. — С.56-63. [Khayrieva AV, Tarbaeva NV, Godzenko MV, et al. The possibility of using virtual unenhanced images created by using dual-energy CT data in the differential diagnostic of adrenal tumors: a retrospective study. *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2025;16(2):56-63. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.22328/2079-5343-2025-16-2-56-63>
8. Lubner MG, Smith AD, Sandrasegaran K, et al. CT Texture Analysis: Definitions, Applications, Biologic Correlates, and Challenges. *RadioGraphics*. 2017;37:1483-1503. doi: <https://doi.org/10.1148/rg.2017170056>

9. Lambin P, Leijenaar RTH, Deist TM, et al. Radiomics: The Bridge between Medical Imaging and Personalized Medicine. *Nat Rev Clin Oncol*. 2017;14:749-762. doi: <https://doi.org/10.1038/nrclinonc.2017.141>
10. Ferro M, Tataru OS, Carrieri G, et al. Artificial intelligence and radiomics applications in adrenal lesions: a systematic review. *Ther Adv Urol*. 2025;17. doi: <https://doi.org/10.1177/17562872251352553>
11. Crimi F, Quiaia E, Cabrelle G, et al. Diagnostic Accuracy of CT Texture Analysis in Adrenal Masses: A Systematic Review. *Int J Mol Sci*. 2022;23(2):637. doi: <https://doi.org/10.3390/ijms23020637>
12. Zhang H, Lei H, Pang J. Diagnostic performance of radiomics in adrenal masses: a systematic review and meta-analysis. *Front Oncol*. 2022;12:975183. doi: <https://doi.org/10.3389/fonc.2022.975183>
13. Tucci L, Vara G, Morelli V, et al. Prediction of adrenal masses nature through texture analysis and deep learning: preliminary results from ENS@T RADIO-AI multicentric study. *Endocr Abstr*. 2024;99. doi: <https://doi.org/10.1530/endoabs.99.OC11.3>
14. Манаев А.В., Тарбаева Н.В., Бурякина С.А. и соавт. Классификация аденокортикального рака, феохромоцитом и аденом надпочечников по данным компьютерной томографии с контрастным усилением с применением машинного обучения и текстурных признаков: одномоментное исследование. // *Digital Diagnostics*. — 2025. — Т.6. — №4. — С.541-557. [Manae AV, Tarbaeva NV, Buryakina SA, et al. Classification of adrenocortical carcinoma, pheochromocytoma, and adrenal adenomas using contrast-enhanced computed tomography with machine learning and texture features: a cross-sectional study. *Digital Diagnostics*. 2025;6(4):541-557. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.17816/DD659812>
15. Манаев А.В., Тарбаева Н.В., Рослякова А.А. и соавт. Предсказание высокого пролиферативного индекса Ki-67 у пациентов с аденокортикальным раком на основе текстурного анализа изображений компьютерной томографии с контрастным усилением: одномоментное исследование. // *Digital Diagnostics*. — 2025. — Т.6. — №3. — С.360-372. [Manae AV, Tarbaeva NV, Roslyakova AA, et al. Predicting high proliferative Ki-67 index in patients with adrenocortical carcinoma based on texture analysis of contrast-enhanced computed tomography images: a cross-sectional study. *Digital Diagnostics*. 2025;6(3):360-372. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.17816/DD643532>
16. Tarbaeva NV, Manae AV, Ivashchenko KV, et al. The value of CT texture analysis in predicting mitotic activity and morphological variants of adrenocortical carcinoma. *Front Radiol*. 2025;5:1635425. doi: <https://doi.org/10.3389/fradi.2025.1635425>
17. Fassnacht M, Dekkers O, Else T, et al. European Society of Endocrinology Clinical Practice Guidelines on the management of adrenocortical carcinoma in adults, in collaboration with the European Network for the Study of Adrenal Tumors. *Eur J Endocrinol*. 2018;179(4):G1-G46. doi: <https://doi.org/10.1530/eje-18-0608>

Рукопись получена: 27.01.2026. Одобрена к публикации: 03.02.2026. Опубликовано online: 28.02.2026.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ [AUTHORS INFO]

***Тарбаева Наталья Викторовна**, к.м.н. [Natalia V. Tarbaeva, MD, PhD]; адрес: Россия, 117036, Москва, ул. Дм. Ульянова, д. 11 [address: 11 Dm. Ulyanova street, 117036 Moscow, Russia]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7965-9454>; SPIN-код: 5808-8065; e-mail: ntarbaeva@inbox.ru

Мокрышева Наталья Георгиевна, д.м.н., профессор [Natalia G. Mokrysheva, MD, PhD, Professor]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9717-9742>; SPIN-код: 1642-5694; e-mail: mokrisheva.natalia@endocrincentr.ru

ЦИТИРОВАТЬ:

Мокрышева Н.Г., Тарбаева Н.В. Современные тенденции в лучевой диагностике опухолей надпочечников // *Проблемы эндокринологии*. — 2026. — Т. 72. — №1. — С. 8-12. doi: <https://doi.org/10.14341/probl13733>

TO CITE THIS ARTICLE:

Mokrysheva NG, Tarbaeva NV. Modern trends in the radiological diagnostics of adrenal tumors. *Problems of Endocrinology*. 2026;72(1):8-12. doi: <https://doi.org/10.14341/probl13733>