Научный обзор | Review

Сцинтиграфия в диагностике диффузной и узловой патологии щитовидной железы© *П.О. Румянцев, М.В. Дегтярев, Д.С. Дзейтова*, А.А. Трухин, К.Ю. Слащук, М.С. Шеремета, С.С. Серженко, В.С. Ясюченя, Я.И. Сирота**Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии, Москва, Россия*

Диагностика причин тиреотоксикоза (деструкция или повышенная функциональная активность тиреоидной ткани при узловой и диффузной патологии щитовидной железы) является ключевым моментом в определении тактики ведения пациентов с данной патологией. Сцинтиграфия — метод выбора в оценке функционального состояния щитовидной железы и соответственно дифференциальной диагностике причин тиреотоксикоза. Радионуклидные исследования щитовидной железы выполняют с технецием-99м-пертехнетатом (^{99m}Tc -пертехнетат) или радиоактивными изотопами йода (^{123}I , ^{131}I) — выбор радиофармпрепарата определяется назначением исследования, исходя из того, на какие вопросы оно должно дать ответы.

В большинстве случаев для оценки захвата (thyroid uptake) и распределения радиофармпрепарата в щитовидной железе достаточно выполнения сцинтиграфии с ^{99m}Tc -пертехнетатом, который, попадая в тиреоциты, не органифицируется и быстро выводится.

При необходимости изучения фармакокинетики йода в щитовидной железе показано исследование с радиоактивным изотопом йода (^{123}I , ^{131}I).

Обзор иллюстрирован оригинальными сцинтиграммами, таблицами и схемами. В статье проведен анализ информативности сцинтиграфии щитовидной железы, оценены место и роль метода сцинтиграфии щитовидной железы в современных диагностических алгоритмах с учетом данных анамнеза заболевания, результатов лабораторных исследований, картины ультразвукового исследования и тонкоигольной аспирационной пункционной биопсии. В обзоре уделено внимание анализу существующих клинических рекомендаций. Предложен оптимизированный алгоритм диагностики и лечения диффузной и/или узловой патологии щитовидной железы, ассоциированной с тиреотоксикозом.

Ключевые слова: щитовидная железа, сцинтиграфия, радионуклидная диагностика, УЗИ, TIRADS, тонкоигольная аспирационная биопсия, Bethesda.

Thyroid scintigraphy in diagnosis of nodular and diffuse thyroid pathology© *Pavel O. Rumyantsev, Mikhail V. Degtyarev, Dali S. Dzeytova*, Alexey A. Trukhin, Konstantin Y. Slashchuk, Marina S. Sheremeta, Sergey S. Serzhenko, Valentina S. Yasuchenia, Yaroslav I. Sirota**Endocrinology Research Centre, Moscow, Russian Federation*

Diagnosis of the causes of thyrotoxicosis (destruction or increased functional activity of the thyroid tissue in nodular and diffuse thyroid pathology) is a key point in determining the management of patients with this pathology. Scintigraphy is the method of choice in differential diagnosis of the causes of thyrotoxicosis assessing the functional state of the thyroid gland. According to variable medical interest, thyroid scintigraphy can be performed using ^{99m}Tc -pertechnetate or radioactive iodine isotopes (^{123}I , ^{124}I , ^{131}I). For thyroid uptake evaluation used scintigraphy with ^{99m}Tc -pertechnetate radiopharmaceutical, which is not organificates and quickly excretes from thyroid tissue. In case of thyroid iodine pharmacokinetics investigation radiopharmaceuticals labeled by iodine isotopes (^{123}I , ^{131}I , ^{124}I) are used. The review includes original scintigrams, tables and diagrams. Article shows thyroid scintigraphy informativity analysis, evaluates the place and role of the thyroid scintigraphy examinations in modern diagnostic algorithms taking into account the history of the disease, laboratory tests, ultrasound (TIRADS) and result of FNA (Bethesda). Additionally authors focused on existing clinical guidelines analysis. An optimized algorithm for the diagnosis and treatment of diffuse and/or nodular thyroid pathology associated with thyrotoxicosis is proposed.

Key words: thyroid gland, scintigraphy, radionuclide imaging, ultrasonography, TIRADS, fine needle aspiration, Bethesda.

Актуальность

Высокая частота и многообразие заболеваний щитовидной железы (ЩЖ) диктуют необходимость совершенствования лечебно-диагностической тактики. Сцинтиграфия ЩЖ — метод функциональной визуализации на основе радиоактивных изотопов, дополняющий ультразвуковую, лабораторную и морфологическую диагностику заболеваний органа [1].

Целью данного обзора является уточнение диагностической ценности и места сцинтиграфии в дифференциальной диагностике узловой и диффузной патологии ЩЖ.

Радиоактивные изотопы йода были впервые получены в 1934 г. Энрико Ферми. В 1940 г. циклотрон на базе Калифорнийского университета Беркли и Массачусетского технологического института начал производить изотопы йода для медицинских целей. С этого времени началось применение радиоактивного йода для диагностики и лечения пациентов с гипертиреозом и раком ЩЖ. В середине 1960-х гг. для использования в медицинских целях стал доступен технеций-99м-пертехнетат натрия (^{99m}Tc -пертехнетат, $^{99m}\text{TcO}_4\text{Na}$), получаемый из генератора непосредственно в медицинском учреждении [2–4].

Радиоактивные изотопы йода (^{123}I , ^{131}I) и ^{99m}Tc -пертехнетат одинаково захватываются клетками ЩЖ с помощью натрий-йодидного симпортера (NIS), но ^{99m}Tc -пертехнетат, в отличие от изотопов йода, не органифицируется и не участвует в синтезе гормонов. После введения в организм максимум накопления ^{99m}Tc -пертехнетата в ЩЖ наступает в среднем через 20 мин, после чего он выводится, тогда как максимум накопления йода достигается через 24 ч, так как он проникает в просвет фолликула через внутреннюю мембрану тиреоцита (рис. 1). С помощью сцинтиграфии с $^{99m}\text{TcO}_4\text{Na}$ можно оценить только функцию захвата радиофармпрепарата (РФП) тиреоцитами, а для изучения полноценной кинетики йода в ЩЖ необходимо исследование с радиоактивными изотопами йода.

Суть метода

Введенные в организм радиоизотопы йода или ^{99m}Tc -пертехнетата захватываются преимущественно ЩЖ и в меньшей мере другими железистыми органами, содержащими натрий-йодидные симпортеры (слюнные железы, слизистая желудка и др.). Далее на гамма-камере регистрируется гамма-излучение, исходящее из ЩЖ и окружающих тканей, и с помощью программного обеспечения преобразуется в изображение на экране монитора в виде планарного (2D) или объемного снимка (3D) [5, 6].

Применение РФП возможно только при условии соблюдения ряда требований, основными из кото-

Рис. 1. Метаболизм ^{99m}Tc -пертехнетата ($^{99m}\text{TcO}_4$) и радиоактивного йода (^{123}I , ^{131}I) в тиреоците.

рых являются безопасность для пациента и минимизация лучевой нагрузки (принцип ALARA) [7].

Для сцинтиграфии ЩЖ стандартно используют ^{99m}Tc -пертехнетат, редко ^{123}I , ^{131}I [8]. Также возможно исследование ЩЖ с ^{124}I позитрон-излучающим изотопом для ПЭТ/КТ (в РФ пока недоступен).

^{99m}Tc -пертехнетат — наиболее доступный, недорогой, короткоживущий (6 ч) и обладающий низкой энергией (140 кэВ) РФП для сцинтиграфии ЩЖ, использующийся для оценки функции, индекса захвата и распределения в ЩЖ; малоинформативен для визуализации метастазов рака ЩЖ и глубоко эктопированной тиреоидной ткани (возможен ложноотрицательный результат).

^{123}I имеет короткий период полураспада (13 ч), отсутствие бета-излучения (в отличие от ^{131}I) и интенсивное поглощение в ЩЖ относительно фона. Но ввиду его высокой стоимости и сложности производства (нарабатывается в циклотроне), а также сложной логистики заказа и доставки рутинно не применяется для сцинтиграфии ЩЖ.

^{131}I обладает длительным периодом полураспада (8 дней), большей лучевой нагрузкой (высокая доза бета-излучения). В настоящее время редко используется для скинтиграфии ЩЖ. Низкие (трейсерные) активности ^{131}I используются для изучения фармакокинетики йода в ЩЖ, поиска эктопированной тиреоидной ткани, очагов дифференцированного рака ЩЖ [9–11]. Сравнительные характеристики различных РФП представлены в табл. 1.

Техника исследования

Скintiграфия ЩЖ выполняется на гамма-камере, оснащенной параллельным низкоэнергетическим коллиматором, размер матрицы 128×128 или 256×256 пикселей, коэффициент масштабирования (zoom factor) от 1,5 до 2, с набором счета не менее 100000–200000 импульсов. Скintiграфия проводится через 15–20 мин после внутривенного введения РФП.

Пациент находится в положении лежа на спине, детектор гамма-камеры располагается максимально близко над шеей. В среднем время исследования 5–10 мин. Важна неподвижность пациента во время проведения процедуры. Для пациентов, страдающих клаустрофобией, исследование может быть выполнено на фоне приема седативных препаратов.

При интерпретации скинтиграммы необходимо учитывать уровень тиреоидных гормонов в организ-

ме пациента (ТТГ, св. T_3 , св. T_4), результаты ультразвукового исследования (УЗИ), анамнез заболевания и оценивать следующие параметры: локализацию железы, ее размеры и форму, накопление и распределение РФП.

Проводится оценка функционального состояния ЩЖ с помощью вычисления индекса захвата РФП ЩЖ (рис. 2) в процентах от счета над всем телом (референсный интервал 2–4%) или с использованием специального программного обеспечения (в НМИЦ эндокринологии интервал составляет 0,8–1,7%) [11–13].

Задачи скинтиграфии ЩЖ

- Оценка размеров, положения, функциональной активности ЩЖ.
- Выявление аномалий развития ЩЖ (эктопия, дистопия, аберрантная ткань, агенезия).
- Функциональный статус узловых образований, выявленных по данным УЗИ, определение дополнительных показаний к цитологическому исследованию.
- Оценка остаточной тиреоидной ткани после тиреоидэктомии перед радиойодтерапией (в отдельных случаях оценка распространенности и активности метастазов в лимфатических узлах шеи).
- Моделирование терапевтического захвата РФП перед радиойодтерапией (у больных с ЩЖ небольших размеров).

Таблица 1. Характеристики основных РФП

РФП	Период полураспада, T _{1/2}	Энергия, кэВ	Достоинства	Недостатки
^{99m}Tc	6 ч	140	Короткий период полураспада, быстрая и хорошая визуализация, доступность и простота приготовления РФП	Оценивается только фракция захвата (uptake) тиреоцитами, но не органифицируется и быстро вымывается из тиреоцитов, накопление в сосудах и пищеводe может мешать интерпретации
^{123}I	13,3 ч	159	Хорошая визуализация, низкая доза облучения пациента; не вызывает эффекта “оглушения”, отражает не только захват, но и накопление/выведение	Высокая стоимость, невозможность быстрого приготовления, менее удобен для пациентов, так как необходимо выполнять исследование через 24 ч после введения РФП
^{131}I	8,1 дня	364	Доступная цена, возможность использовать для дозиметрического планирования радиойодтерапии	Высокая энергия гамма-излучения, длительный период полураспада, высокая доза облучения
^{124}I	4,2 дня	511	Используется для визуализации на ПЭТ/КТ (более высокая разрешающая способность метода). Период полураспада позволяет оценить полную кинетику накопления–выведения йода в тиреоцитах. Подходит для дозиметрического планирования радиойодтерапии	В РФ пока недоступен. Дорогое и сложное производство (твердофазная мишень)

Рис. 2. Расчет индекса захвата РФП щитовидной железой от счета над всем телом.

- Уточняющая диагностика функционального статуса ЩЖ (например, при отмене тиреостатиков перед проведением радиоiodтерапии) [1, 13].

Противопоказания

Общие противопоказания для радионуклидных исследований:

- беременность (случайное проведение скинтиграфии ЩЖ у беременных не является показанием для прерывания беременности);
- кормление грудью является относительным противопоказанием к исследованию. В случаях, когда необходимо выполнить исследование, кормление грудью прерывают на 24 ч после исследования с ^{99m}Tc -пертехнетатом и на 48 ч после исследования с ^{123}I ;
- общее тяжелое физическое или психическое состояние пациента, препятствующее доставке его в диагностическое отделение [13, 14].

Подготовка к процедуре

В качестве подготовки к скинтиграфии следует ограничить йодсодержащие продукты, лекарствен-

Таблица 2. Сроки отмены препаратов/продуктов перед тиреосцинтиграфией

Препараты	Сроки
Тирозол	3 дня
Йодные растворы (люголь), левотироксин	2–3 нед
Морская капуста и морепродукты, йодсодержащие БАД, антисептики с йодом	1 мес
Рентгеноконтрастные, йодные препараты	3–6 мес
Амиодарон	

ные препараты на основе йода, а также избегать рентгеноконтрастных процедур [2]. Если предполагается выполнение скинтиграфии пациенту, которому в предыдущие 6 мес проводилось лечение амиодароном, необходимо заблаговременно поставить в известность врача-радиолога. Рекомендуются сроки отмены перед скинтиграфией ЩЖ представлены в табл. 2.

Сцинтиграфия и УЗИ

Высокая разрешающая способность современных ультразвуковых аппаратов позволяет оценить вероятность злокачественной природы узла(-ов) по системе TIRADS (Thyroid Imaging Reporting and Data System). Однако при УЗИ невозможно оценить функциональный статус узлов ЩЖ. Тиреосцинтиграфия на данный момент — единственный метод, способный определить автономное функционирование узла(-ов) ЩЖ, дифференцировать другие формы тиреотоксикоза. Гиперфункционирующий (“горячий”) узел ЩЖ редко имеет злокачественную природу. Действующие клинические рекомендации Европейской ассоциации ядерной медицины 2019 г. (European Association of Nuclear Medicine — EANM) предлагают вовсе воздерживаться от тонкоигольной аспирационной биопсии (ТАБ) автономно функционирующих узлов ЩЖ, чтобы избежать необоснованных инвазивных процедур.

Несмотря на то что на основании результатов различных исследований многие авторы рекомендуют интеграцию скинтиграфии в модель TIRADS, в настоящее время не существует единого мнения о том, какие категории TIRADS являются показанием для выполнения скинтиграфии [11, 15, 16].

Сцинтиграфия и цитологическое исследование

ТАБ рекомендуется выполнять под ультразвуковым контролем, а для интерпретации результатов цитологического исследования ВОЗ рекомендует использовать единую терминологическую классификацию Bethesda (The Bethesda System for Reporting Thyroid Cytopathology) [17]. Метод ТАБ обладает наибольшей точностью в определении злокачественной

природы опухолей ЩЖ при папиллярных карциномах, но невысокой при медуллярных и фолликулярных карциномах ЩЖ. При получении по классификации неоднозначных результатов категории III (атипия неопределенного значения) или IV (фолликулярная неоплазия или подозрение на фолликулярную неоплазию) риск злокачественности составляет от 10 до 30% и 25–40% соответственно. В таких случаях рекомендовано повторное проведение ТАБ с целью решения вопроса о хирургическом вмешательстве. Однако перед этим целесообразно выполнить диагностическую сцинтиграфию, что позволит отобрать только пациентов с нефункционирующими “холодными” узлами для молекулярных исследований или гемитиреоидэктомии [11, 18, 19].

Сцинтиграфия в норме и при различной диффузной и/или узловой патологии ЩЖ

В норме сцинтиграфическое изображение ЩЖ выглядит в виде “бабочки” размерами, близкими к ультразвуковому, локализуясь выше яремной вырезки; с правильным и непрерывным контуром; распределение РФП равномерное, более интенсивное в середине каждой доли; у 10% пациентов выявляется добавочная пирамидальная доля ЩЖ; также отмечается физиологическое накопление РФП в слюнных железах (рис. 3) [11, 14].

Сцинтиграфические изображения ЩЖ в первую очередь оцениваются на наличие диффузной и/или узловой патологии, сопоставляются с ультразвуковой картиной. Все узловые образования ЩЖ можно подразделить на три категории: “горячие” (интенсивность накопления РФП существенно выше, чем в окружающей паренхиме ЩЖ) (рис. 4), изофункциональные (интенсивность накопления сопоставима с накоплением в окружающей ткани ЩЖ) и “холодные” (интенсивность меньше, чем в окружающей ткани ЩЖ) [2].

Гиперфункционирующие узловые образования ЩЖ, также называемые “автономными”, “автономно функционирующими” или “горячими”, функционируют независимо от гипоталамо-гипофизарного контроля и не поддаются влиянию ТТГ. Автономно функционирующие узлы редко содержат клетки рака ЩЖ [29]. В соответствии с последними рекомендациями Американской тиреоидологической ассоциации 2015 г., при обнаружении гиперфункционирующих узлов ТАБ с цитологической оценкой не требуется, так как такие узлы крайне редко бывают злокачественными [21].

“Горячие” узлы злокачественной природы встречаются достаточно редко (до 2,7%) [22]. Более прицельный поиск литературы позволил выявить 77 случаев злокачественных гиперфункционирующих узлов,

Рис. 3. Захват ^{99m}Tc -пертехнетата в ЩЖ в норме.

Рис. 4. Функциональная автономия узла правой доли ЩЖ на фоне эндогенной супрессии окружающей тиреоидной ткани.

из них 57% — папиллярный рак, 36% — фолликулярный рак, 7% — Портле-клеточный рак ЩЖ. По сравнению со случаями доброкачественных гиперфункционирующих узлов ЩЖ случаи злокачественных “горячих” узлов описаны у более молодых пациентов (средний возраст 57,6 и 47,0 лет соответственно), 78% описанных случаев — у женщин (Ж : М 3,53 : 1 и 1,65 : 1 соответственно) [20, 23].

“Холодные” узлы (рис. 5) куда более подозрительны в отношении злокачественной природы, чем “горячие”. Частота рака ЩЖ в “холодных” узлах варьирует в различных источниках литературы, достигая 25% в некоторых клинических выборках [24–26].

По данным литературы, в одном из наиболее крупных исследований из 5637 прооперированных пациентов с “холодными” узлами частота злокачественных новообразований составила 4,6%; несмотря на то что женщин в исследовании было существенно

больше ($n = 5028$), чем мужчин ($n = 609$), частота рака была значимо ниже у пациентов женского пола с “холодными” узлами (4,2%), чем у мужчин (8,2%). При этом частота злокачественных новообразований ЩЖ у пациентов с одиночным узловым образованием не отличалась от таковой у пациентов с множественными узлами ЩЖ [27].

Токсический многоузловой зоб обычно проявляется неравномерным распределением РФП при высоконормальном или повышенном индексе захвата РФП (рис. 6). Неравномерное распределение РФП соответствует гетерогенности микро- и макроузлов с различной функциональной активностью. Большие гиперфункционирующие узловые образования могут быть ассоциированы с пониженным поглощением РФП в окружающей тиреоидной ткани ЩЖ за счет ее эндогенной супрессии (признак функциональной автономии).

Болезнь Грейвса обычно проявляется равномерно повышенным поглощением РФП в диффузно увеличенной ЩЖ. При этом часто может визуализироваться пирамидальная долька (рис. 7).

Индекс захвата РФП (uptake) при болезни Грейвса чаще всего значительно выше референсного интервала [28]. Иногда встречается нетипичная скинтиграфическая картина, особенно в случае сочетания болезни Грейвса и узлового зоба.

Для дифференциальной диагностики болезни Грейвса также рекомендуется определение уровня антител к рецептору ТТГ, а при наличии узловых образований с учетом их эхографических особенностей (TIRADS ≥ 4) и размера более 1 см показана ТАБ.

При тиреоидите Хашимото на скинтиграмме ЩЖ, как правило, увеличена в размерах. Захват РФП может быть повышен в начале заболевания (идентично картине при болезни Грейвса), со снижением захвата в более поздние сроки – “островковое”, “мозаичное” неравномерное распределение РФП с чередованием участков повышенного и пониженного захвата индикатора или равномерный диффузный сниженный захват радиоиндикатора в обеих долях ЩЖ. Нередко отмечается полное отсутствие захвата на скинтиграмме, что характерно для деструктивного тиреоидита (рис. 8–10).

Аутоиммунный тиреоидит чаще всего хорошо распознается при ультразвуковом исследовании и подтверждается с помощью лабораторных исследований, однако природу тиреотоксикоза на его фоне (вследствие гиперфункции или деструкции ЩЖ) можно выяснить только при скинтиграфии [13, 29].

Лечение амиодароном, лекарственным препаратом, применяющимся в кардиологии для лечения различных форм нарушения сердечного ритма (содержащим крайне высокую концентрацию йода),

Рис. 5. Гипофункционирующий (“холодный”) узел левой доли ЩЖ, при сохраненной нормальной функции правой доли ЩЖ.

Рис. 6. Многоузловой токсический зоб (функциональная автономия левой доли ЩЖ, сочетанная с гиперфункционированием узловыми образованиями правой доли).

Рис. 7. Болезнь Грейвса (диффузно-неоднородно повышенный захват РФП в обеих долях ЩЖ с пирамидальной долькой).

Рис. 8. Аутоиммунный тиреондит (сниженный захват РФП в обеих долях ЩЖ).

Рис. 9. Аутоиммунный тиреондит с псевдоузлами (неоднородное накопление РФП в ЩЖ, с участками повышенной и сниженной аккумуляции РФП, при отсутствии узловых образований по данным УЗИ).

Рис. 10. Деструктивный тиреондит (ЩЖ не визуализируется).

является частой причиной возникновения деструктивного тиреондита [30, 31]. Намного реже терапия амиодароном провоцирует развитие диффузного токсического зоба или узловой функциональной автономии.

Дифференциальная диагностика между 1 и 2 типом амиодарон-индуцированного тиреотоксикоза (АИТ) является сложной задачей, поскольку не существует оптимального высокоспецифичного диагностического теста [32].

Большинство европейских и американских эндокринологов, хотя и отдают предпочтение ультразвуковому исследованию (при АИТ 1 типа васкуляризация повышена, при 2 типе — снижена), но предлагают дополнять его скинтиграфией ЩЖ. При этом скинтиграфия ЩЖ с ^{99m}Tc -пертехнетатом или ^{123}I обладает низкой диагностической ценностью, так как амиодарон, имея период полувыведения из организма от 30 дней до нескольких месяцев, потенцирует длительную йодную блокаду ЩЖ. В этом случае у пациентов с АИТ 1 типа может быть снижен индекс захвата РФП по причине того, что поглощение РФП ингибируется высокими внутритиреондными концентрациями йода [33–36].

Ряд исследований показывают большую эффективность скинтиграфии ЩЖ с ^{99m}Tc -технетрилом (МИБИ) по сравнению с УЗИ и скинтиграфией с ^{99m}Tc -пертехнетатом при дифференциальной диагностике 1 и 2 типа АИТ [37].

Данный РФП захватывается тиреонцитами путем диффузии через клеточную мембрану, минуя натрий-йодидный симпортер (NIS).

Поглощение ^{99m}Tc -технетрила (МИБИ) увеличивается в клетках тканей с высоким метаболизмом, таких как гиперфункционирующая ткань ЩЖ. И наоборот, поглощение РФП снижается или отсутствует в ткани ЩЖ в состоянии деструкции желез и фиброза.

При 2 типе АИТ, протекающем подобно деструктивному тиреондиту, отмечается резко сниженный захват ^{99m}Tc -технетрила или его полное отсутствие. При 1 типе АИТ, протекающем по типу болезни Грейвса или функциональной автономии, захват РФП нормальный или повышенный. Также при смешанной форме АИТ часто отмечается низконормальный захват РФП. Однако следует отметить, что эффективность скинтиграфии ЩЖ с ^{99m}Tc -технетрилом при АИТ еще требует доказательств в больших проспективных исследованиях [38].

Показания к скинтиграфии ЩЖ

Радионуклидное исследование ЩЖ является методом выбора при лабораторно подтвержденном тиреотоксикозе [13].

Рис. 11. Алгоритм диагностики узловой и/или диффузной патологии ЩЖ при сниженных значениях ТТГ.

Клинические рекомендации к проведению сцинтиграфии противоречивы. Американская тиреологическая ассоциация предлагает проведение процедуры только в случае “низкого или низконормального ТТГ”. В то же время Американская ассоциация эндокринологов и Европейская ассоциация эндокринологов рекомендуют рассмотреть возможность выполнения сцинтиграфии для исключения гиперфункции (функциональной автономии) узловых образований ЩЖ даже при нормальном ТТГ у пациентов в йододефицитных регионах [21, 39].

В Германии, например, сцинтиграфия ЩЖ часто выполняется у пациентов, имеющих узлы более 10 мм независимо от уровня ТТГ [40].

Заключение

Сцинтиграфия является единственным способом визуализации функциональной активности ЩЖ и используется для дифференциальной диагностики причин тиреотоксикоза (деструкция или повышенная функциональная активность тиреоидной ткани при узловой и диффузной патологии ЩЖ).

На рис. 11 представлен оптимальный алгоритм диагностики узловой и/или диффузной патологии ЩЖ при сниженных значениях ТТГ, согласующийся с клиническими рекомендациями Российской ассоциации эндокринологов по диагностике и лечению узловой патологии у взрослых 2016 г. [41].

Дополнительная информация

Конфликт интересов. Все авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Участие авторов: все авторы принимали участие в наблюдении пациента, внесли значимый вклад в подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Список литературы [References]

1. Фадеев В.В., Мельниченко Г.А. Классификация и общие подходы к диагностике заболеваний щитовидной железы // Тиронет. Сайт для специалистов здравоохранения. – 2000. – №1. [Fadeev VV, Mel'nichenko GA. Klassifikatsiya i obshchie podkhody k diagnostike zabolevaniy shchitovidnoi zhelezy. Tironet. Sayt dlya spetsialistov zdravookhraneniya. 2000;(1). (In Russ.)]
2. Durski JM, Boggsrud TV. Nuclear medicine in evaluation and therapy of nodular thyroid. In: Durski JM. Thyroid Nodules. Diagnosis and Management. Part of the Contemporary Endocrinology book series. 2018. P. 35-62. https://doi.org/10.1007/978-3-319-59474-3_4.
3. Bonnema SJ, Hegedus L. Radioiodine therapy in benign thyroid diseases: effects, side effects, and factors affecting therapeutic outcome. *Endocr Rev.* 2012;33(6):920-980. <https://doi.org/10.1210/er.2012-1030>.
4. Becker DV, Sawin CT. Radioiodine and thyroid disease: the beginning. *Semin Nucl Med.* 1996;26(3):155-164. [https://doi.org/10.1016/S0001-2998\(96\)80020-1](https://doi.org/10.1016/S0001-2998(96)80020-1).

5. Елишев В.Г., Хуснутдинов Р.Д., Ершова Е.В. Роль радиоизотопной диагностики в выявлении патологии щитовидной железы // Тюменский медицинский журнал. — 2013. — Т. 15. — №4. — С. 29-32. [Elishev VG, Khusnutdinov RD, Ershova EV. Rol' radioizotopnoi diagnostiki v vyvaylenii patologii shchitovidnoi zhelezy. *Tyumenskii meditsinskii zhurnal*. 2013;15(4):29-32. (In Russ.)]
6. Кадочникова С.Ю., Шубина Ю.А., Мирхалеева Д.М. Роль скинтиграфии в диагностике новообразований щитовидной железы // Тюменский медицинский журнал. — 2014. — Т. 16. — №4. — С. 24-25. [Kadochnikova SYu, Shubina YuA, Mirkhaleeva DM. Rol' stintigrafii v diagnostike novoobrazovaniy shchitovidnoi zhelezy. *Tyumenskii meditsinskii zhurnal*. 2014; 16(4):24-25. (In Russ.)]
7. Лишманов Ю.Б., Чернов В.И. Радионуклидная диагностика для практических врачей. — Томск: STT, 2004. — 394 с. [Lishmanov YuB, Chernov VI. *Radionuklidnaya diagnostika dlya prakticheskikh vrachei*. Tomsk: STT; 2004. 394 p. (In Russ.)]
8. Martin WH, Sandler MP, Gross MD. *Thyroid, parathyroid, and adrenal gland imaging*. In: Practical Nuclear Medicine. Springer Nature Switzerland AG.; 2006. P. 247-272. https://doi.org/10.1007/1-84628-018-4_13.
9. Sarkar SD, Becker DV. *Thyroid uptake and imaging*. In: Becker KL, ed. Principles and practice of endocrinology and metabolism. Lippincott, Philadelphia; 1995. P. 307-313.
10. Sarkar SD. *Thyroid gland*. In: The pathophysiologic basis of nuclear medicine: second edition. Springer Nature Switzerland AG.; 2015. P. 261-280. https://doi.org/10.1007/978-3-319-06112-2_7.
11. Giovanella L, Avram AM, Iakovou I, et al. EANM practice guideline/SNMMI procedure standard for RAIU and thyroid scintigraphy. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2019;46:2514-2525. <https://doi.org/10.1007/s00259-019-04472-8>.
12. Meller J, Becker W. The continuing importance of thyroid scintigraphy in the era of high-resolution ultrasound. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2002;29(Suppl):425-430. <https://doi.org/10.1007/s00259-002-0811-8>.
13. Румянцев П.О., Фомин Д.К. Радионуклидные методы исследования в эндокринологии. В кн.: Абдулхабирова Ф.М., Андреева Е.Н., Артемова А.М., и др. Эндокринология. Национальное руководство / Под ред. И.И. Дедова, Г.А. Мельниченко. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019. — С. 172-177. [Rumyantsev PO, Fomin DK. *Radionuklidnye metody issledovaniya v ehndokrinologii*. In: Abdulkhabirov FM, Andreyev EN, Artemova AM, et al. Endocrinology. National guidelines. Ed. by Dedov II, Melnichenko GA. 2nd ed., revised and updated. Moscow: GEOTAR-Media; 2019. P. 172-177. (In Russ.)]
14. Piciu D. *The radiation protection*. In: Piciu D. Nuclear Endocrinology. Springer Nature Switzerland AG.; 2012. P. 23-26. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-25014-9>.
15. Schenke S, Seifert P, Zimny M, et al. Risk stratification of thyroid nodules using Thyroid Imaging Reporting and Data System (TIRADS): the omission of thyroid. *J Nucl Med*. 2019;60(3): 342-347. <https://doi.org/10.2967/jnumed.118.211912>.
16. Kwak JY, Han KH, Yoon JH, et al. Thyroid imaging reporting and data system for US features of nodules: a step in establishing better stratification of cancer risk. *Radiology*. 2011;260(3):892-899. <https://doi.org/10.1148/radiol.11110206>.
17. Ali SZ, Cibas ES. *The Bethesda system for reporting thyroid cytopathology*. Springer Nature Switzerland AG.; 2010. 174 p. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-87666-5>.
18. Ross DS, Cooper DS, Mulder JE. *Evaluation and management of thyroid nodules with indeterminate cytology*. UpToDate; 2018.
19. Lima MJ, Soares V, Koch P, et al. Autonomously hyperfunctioning cystic nodule harbouring thyroid carcinoma — case report and literature review. *Int J Surg Case Rep*. 2018;42:287-289. <https://doi.org/10.1016/j.ijscr.2018.01.002>.
20. Mirfakhraee S, Mathews D, Peng L, et al. A solitary hyperfunctioning thyroid nodule harboring thyroid carcinoma: review of the literature. *Thyroid Research*. 2013;6(1):7. <https://doi.org/10.1186/1756-6614-6-7>.
21. Haugen BR, Alexander EK, Bible KC, et al. 2015 American Thyroid Association management guidelines for adult patients with thyroid nodules and differentiated thyroid cancer: The American Thyroid Association guidelines task force on thyroid nodules and differentiated thyroid cancer. *Thyroid*. 2016;26(1):1-133. <https://doi.org/10.1089/thy.2015.0020>.
22. Дубский С.В., Чойнзонов Е.Л., Фролова И.Г., Фомина Н.Ю. Комплексная диагностика рака щитовидной железы // Сибирский онкологический журнал. — 2006. — №2. — С. 62-67. [Dubskiy SV, Choyznzonov EL, Frolova IG, Fomina NYu. Kompleksnaya diagnostika raka shchitovidnoi zhelezy. *Sibirskii onkologicheskii zhurnal*. 2006;(2):62-67. (In Russ.)]
23. Nagai GR, Pitts WC, Basso L, et al. Scintigraphic hot nodules and thyroid carcinoma. *Clin Nucl Med*. 1987;12(2):123-127. <https://doi.org/10.1097/00003072-198702000-00010>.
24. Tonacchera M, Pinchera A, Vitti P. Assessment of nodular goitre. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab*. 2010;24(1):51-61. <https://doi.org/10.1016/j.beem.2009.08.008>.
25. Фадеев В.В. Узловые образования щитовидной железы. Международные алгоритмы и отечественная клиническая практика // Врач. — 2002. — №7. — С. 12-16. [Fadeev VV. Uzlovye obrazovaniia shchitovidnoi zhelezy. Mezhdunarodnye algoritmy i otechestvennaia klinicheskaya praktika. *Vrach*. 2002;(7):12-16. (In Russ.)]
26. Kwekkenboom DJ, Krenning EP. Research of a thyroid gland in nuclear medicine. *Thyroid international*. 2002;4:34.
27. Belfiore A, la Rosa GL, la Porta GA, et al. Cancer risk in patients with cold thyroid nodules: relevance of iodine intake, sex, age, and multinodularity. *Am J Med*. 1992;93(4):363-369. [https://doi.org/10.1016/0002-9343\(92\)90164-7](https://doi.org/10.1016/0002-9343(92)90164-7).
28. Elgazzar AH. *Parathyroid gland*. In: The pathophysiologic basis of nuclear medicine: second edition. Springer Nature Switzerland AG.; 2006. P. 222-237. https://doi.org/10.1007/978-3-540-47953-6_8.
29. Sarkar SD. Benign thyroid disease: what is the role of nuclear medicine? *Semin Nucl Med*. 2006;36(3):185-193. <https://doi.org/10.1053/j.semnucmed.2006.03.006>.
30. Basaria S, Cooper DS. Amiodarone and the thyroid. *Am J Med*. 2005;118(7):706-714. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2004.11.028>.
31. Premawardhana LD, Parkes AB, John R, et al. Thyroid peroxidase antibodies in early pregnancy: utility for prediction of postpartum thyroid dysfunction and implications for screening. *Thyroid*. 2004;14(8):610-615. <https://doi.org/10.1089/1050725041692828>.

32. De Leo S, Braverman LE. *Amiodarone-induced thyroid dysfunction – the thyroid and its diseases*. Springer Nature Switzerland AG.; 2019. P. 417-433. https://doi.org/10.1007/978-3-319-72102-6_30.
33. Harjai KJ, Licata AA. Effects of amiodarone on thyroid function. *Ann Intern Med*. 1997;126(1):63-73. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-126-1-199701010-00009>.
34. Tsang W, Houlden RL. Amiodarone-induced thyrotoxicosis: a review. *Can J Cardiol*. 2009;25(7):421-424. [https://doi.org/10.1016/S0828-282X\(09\)70512-4](https://doi.org/10.1016/S0828-282X(09)70512-4).
35. Martino E, Bartalena L, Bogazzi F, Braverman LE. The effects of amiodarone on the thyroid. *Endocr Rev*. 2001;22(2):240-254. <https://doi.org/10.1210/edrv.22.2.0427>.
36. Daniels GH. Amiodarone-induced thyrotoxicosis. *J Clin Endocrinol Metab*. 2001;86:3-8. <https://doi.org/10.1210/jcem.86.1.7119>.
37. Piga M, Cocco MC, Serra A, et al. The usefulness of 99mTc-sesta-MIBI thyroid scan in the differential diagnosis and management of amiodarone-induced thyrotoxicosis. *Eur J Endocrinol*. 2008;159(4):423-429. <https://doi.org/10.1530/EJE-08-0348>.
38. Santos A, Zantut-Wittmann D, Nogueira R, et al. 99mTc-sestamibi thyroid uptake in euthyroid individuals and in patients with autoimmune thyroid disease. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2005;32(6):702-707. <https://doi.org/10.1007/s00259-004-1728-1>.
39. Gharib H, Papini E, Paschke R, et al. for the AACE/AME/ETA Task Force on Thyroid Nodules. American Association of Clinical Endocrinologists, Associazione Medici Endocrinologi, and European Thyroid Association medical guidelines for clinical practice for the diagnosis and management of thyroid nodules. *Endocr Pract*. 2010;16(Suppl 1):1-43. <https://doi.org/10.4158/10024.GL>.
40. Musholt TJ, Clerici T, Dralle H, et al. German Association of Endocrine Surgeons practice guidelines for the surgical treatment of benign thyroid disease. *Langenbeck's Arch Surg*. 2011;396(5):639-649. <https://doi.org/10.1007/s00423-011-0774-y>.
41. Бельцевич Д.Г., Ванушко В.Э., Мельниченко Г.А., и др. Клинические рекомендации Российской ассоциации эндокринологов по диагностике и лечению (много)узлового зоба у взрослых. – М., 2016. – 9 с. [Bel'tsevich DG, Vanushko VE, Mel'nicenko GA, et al. *Klinicheskie rekomendatsii Rossiiskoi assotsiatsii endokrinologov po diagnostike i lecheniiu (mnogo)uzlovogo zoba u vzroslykh*. Moscow; 2016. 9 p. (In Russ.)]

Информация об авторах [Authors info]

Румянцев Павел Олегович, д.м.н. [Pavel O. Rumyantsev, MD, PhD]; eLibrary SPIN-код: 7085-7976; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7721-634X>; e-mail: pavelrum@gmail.com

Дегтярев Михаил Владимирович [Mikhail V. Degtyarev, MD]; eLibrary SPIN-код: 7725-7831; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5652-2607>; e-mail: germed@mail.ru

***Дзейтова Дали Султановна** [Dali S. Dzeytova, MD]; eLibrary SPIN-код: 8761-7619; адрес: 117036 Москва, ул. Дм. Ульянова, д. 11, к. 2 [address: 11 bld 2, Dm. Ulyanova street, 117036 Moscow, Russia]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3071-4314>; e-mail: dzdali@gmail.com

Трухин Алексей Андреевич [Alexey A. Trukhin]; eLibrary SPIN-код: 4398-9536; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5592-4727>; e-mail: alexey.trukhin12@gmail.com

Слащук Константин Юрьевич [Konstantin Y. Slashchuk, MD]; eLibrary SPIN-код: 3079-8033; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3220-2438>; e-mail: slashuk911@gmail.com

Шеремета Марина Сергеевна, к.м.н. [Marina S. Sheremeta, MD, PhD]; eLibrary SPIN-код: 7845-2194; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3785-0335>; e-mail: marina888@yandex.ru

Серженко Сергей Сергеевич [Sergey S. Serzhenko, MD]; eLibrary SPIN-код: 4713-8986; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2326-1396>; e-mail: vv1ld@yandex.ru

Ясюченя Валентина Сергеевна [Valentina S. Yasuchenia, MD]; eLibrary SPIN-код: 3810-5848; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7624-7953>; e-mail: loveissiberia@gmail.com

Сирота Ярослав Игоревич [Yaroslav I. Sirota]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0613-9543>; e-mail: yaroslawsirota@gmail.com

Как цитировать [To cite this article]

Румянцев П.О., Дегтярев М.В., Дзейтова Д.С., Трухин А.А., Слащук К.Ю., Шеремета М.С., Ясюченя В.С., Серженко С.С., Сирота Я.И. Скintиграфия в диагностике диффузной и узловой патологии щитовидной железы // Клиническая и экспериментальная тиреоидология. – 2019. – Т. 15. – №4. – С. 138-147. doi: <https://doi.org/10.14341/ket12240>

Rumyantsev PO, Degtyarev MV, Dzeytova DS, Trukhin AA, Slashchuk KY, Sheremeta MS, Yasuchenia VS, Serzhenko SS, Sirota YI. Thyroid scintigraphy in diagnosis of nodular and diffuse thyroid pathology. *Clinical and experimental thyroidology*. 2019;15(4): 138-147. doi: <https://doi.org/10.14341/ket12240>

Рукопись получена: 20.12.2019. **Рукопись одобрена:** 03.04.2020. **Опубликована online:** 13.04.2020.

Received: 20.12.2019.

Accepted: 03.04.2020.

Published online: 13.04.2020.