

ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ СЕРОШКАЛЬНОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ, ДОПЛЕРОГРАФИИ И СИСТЕМЫ ACR TI-RADS В ОЦЕНКЕ УЗЛОВ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Саттаров Б.Б.

Ташкентский государственный медицинский университет

Введение. Узловые образования щитовидной железы являются одной из наиболее частых находок в современной клинической эндокринологии и радиологии. Расширение использования ультразвуковой диагностики и программ скрининга привело к значительному увеличению частоты их выявления. Согласно эпидемиологическим данным, при ультразвуковом исследовании узлы щитовидной железы могут обнаруживаться у 60–70% взрослого населения [1,2]. Несмотря на то что большинство выявленных узлов имеют доброкачественный характер, примерно в 5–15% случаев выявляется злокачественный процесс, что требует точной стратификации риска и обоснованного отбора пациентов для инвазивных диагностических процедур [3,4].

Серошкальное ультразвуковое исследование (В-режим) остаётся основным методом первичной оценки узлов щитовидной железы и играет ключевую роль в определении риска малигнизации. К ультразвуковым признакам, ассоциированным с повышенной вероятностью злокачественности, относятся выраженная гипоехогенность, микрокальцинаты, неровные или инфильтративные контуры, а также вертикальная ориентация узла (taller-than-wide) [5–7]. Однако интерпретация данных признаков носит частично субъективный характер и зависит от опыта специалиста, что может приводить как к гипердиагностике и необоснованному выполнению тонкоигольной аспирационной биопсии, так и к пропуску злокачественных образований [3,8].

С целью стандартизации оценки риска были разработаны системы стратификации, наиболее распространённой из которых является система American College of Radiology Thyroid Imaging Reporting and Data System (ACR TI-RADS) [9]. Данная система интегрирует совокупность ультразвуковых характеристик для расчёта вероятности злокачественности и определения тактики ведения пациента. Тем не менее ACR TI-RADS в основном основана на морфологических признаках В-режима и не в полной мере отражает сосудистые и гемодинамические особенности узловых образований.

Цветовое доплеровское картирование позволяет оценивать внутриузловую и периузловую васкуляризацию, связанную с процессами опухолевой ангиогенеза. Повышенная внутриузловая или смешанная васкуляризация рассматривается как возможный маркер злокачественного роста, тогда как преимущественно периферический кровоток чаще встречается при доброкачественных образованиях [10–12]. Однако диагностическая ценность доплерографии остаётся предметом дискуссий ввиду оператор-зависимости метода и отсутствия единых критериев интерпретации [13].

Тонкоигольная аспирационная биопсия (ТАБ) признана «золотым стандартом» предоперационной диагностики узлов щитовидной железы [4,14]. Тем не менее данный метод является инвазивным и не может применяться у всех пациентов. В связи с этим повышение диагностической эффективности неинвазивных ультразвуковых методов остаётся актуальной клинической задачей. С учётом необходимости оптимизации ультразвуковой стратификации риска целью настоящего исследования явилась оценка диагностической значимости серошкального ультразвукового исследования и цветового доплеровского картирования в сочетании с системой ACR TI-RADS при диагностике узлов щитовидной железы с использованием тонкоигольной аспирационной биопсии в качестве референсного метода.

Цель исследования. Провести сравнительный анализ диагностической значимости



серошкального ультразвукового исследования, доплерографии и системы ACR TI-RADS в стратификации риска злокачественности узлов щитовидной железы на основе данных тонкоигольной аспирационной биопсии.

Материалы и методы. Настоящее исследование выполнено в ретроспективном формате и направлено на оценку диагностической значимости серошкального ультразвукового исследования, цветового доплеровского картирования и системы стратификации риска ACR TI-RADS при диагностике узлов щитовидной железы. В качестве референсного метода использовались результаты тонкоигольной аспирационной биопсии.

В исследование были включены 150 пациентов с узловыми образованиями щитовидной железы, обследованных в период с 2020 по 2023 годы. Общее количество проанализированных узлов составило 180. Возраст пациентов варьировал от 19 до 74 лет, средний возраст составил $45,8 \pm 12,6$ года. Среди обследованных преобладали женщины — 112 (74,7%), мужчины составили 38 (25,3%). По результатам тонкоигольной аспирационной биопсии 70 узлов (38,9%) были классифицированы как злокачественные, тогда как 110 (61,1%) имели доброкачественный характер. Таблица 1

Показатель	Значение
Общее число пациентов	150
Общее число узлов	180
Средний возраст (лет)	$45,8 \pm 12,6$
Возрастной диапазон	19–74
Женщины	112 (74,7%)
Мужчины	38 (25,3%)
Злокачественные узлы	70 (38,9%)
Доброкачественные узлы	110 (61,1%)

Таблица 1. Демографическая характеристика пациентов

Критериями включения являлись наличие узлового образования щитовидной железы, выявленного при ультразвуковом исследовании, размер узла не менее 5 мм, наличие результатов тонкоигольной аспирационной биопсии и удовлетворительное качество ультразвуковых изображений. Из исследования исключались преимущественно кистозные образования, узлы с выраженными макрокальцинатами, сопровождающимися акустической тенью, а также случаи с неполными клинико-диагностическими данными.

Все ультразвуковые исследования проводились на аппаратах экспертного класса с использованием линейных датчиков частотой 5–12 МГц. Обследование выполнялось в положении пациента лёжа на спине с максимальной экстензией шеи. На первом этапе выполнялось стандартное серошкальное ультразвуковое исследование, при котором оценивались размеры узла, его эхогенность, структура, контуры, форма и наличие микрокальцинатов.

На основании полученных ультразвуковых характеристик узлы классифицировались согласно системе ACR TI-RADS, включающей оценку композиции узла, эхогенности, формы, контуров и наличия эхогенных включений. В соответствии с суммарным баллом узлы распределялись по категориям риска TR1–TR5.

Цветовое доплеровское картирование выполнялось во всех случаях для оценки васкуляризации узловых образований. Анализировались следующие типы кровотока: внутриузловой, периферический, смешанный и отсутствие кровотока. Оценка проводилась качественным методом опытными врачами ультразвуковой диагностики.



Тонкоигольная аспирационная биопсия выполнялась под ультразвуковым контролем в соответствии со стандартными клиническими протоколами. Цитологические заключения формировались согласно системе Bethesda. Результаты биопсии использовались в качестве «золотого стандарта» для дифференциации доброкачественных и злокачественных узлов.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием методов медицинской статистики. Для оценки диагностической эффективности серошкального ультразвукового исследования, доплерографии и системы ACR TI-RADS рассчитывались чувствительность, специфичность, положительная прогностическая ценность, отрицательная прогностическая ценность и общая диагностическая точность. Дополнительно выполнялся сравнительный анализ показателей различных методов. Различия считались статистически значимыми при уровне $p < 0,05$.

Результаты. В исследование были включены 150 пациентов с узловыми образованиями щитовидной железы, у которых было проанализировано 180 узлов. По результатам тонкоигольной аспирационной биопсии 70 узлов были классифицированы как злокачественные, а 110 — как доброкачественные. Размер узлов варьировал от 5 мм до 1,8 см. Злокачественные образования имели статистически значимо большие размеры по сравнению с доброкачественными (средний размер 1,5 см против 1,0 см; $p < 0,05$). Кроме того, злокачественные узлы чаще выявлялись у пациентов старше 60 лет, тогда как доброкачественные образования преобладали в возрастной группе 30–50 лет.

Согласно классификации ACR TI-RADS, большинство узлов были отнесены к категории TR3 ($n=85$), далее следовали TR5 ($n=50$), TR4 ($n=30$), TR2 ($n=12$) и TR1 ($n=3$). Злокачественные узлы преимущественно относились к высоким категориям риска (TR4–TR5), что подтверждает диагностическую значимость системы TI-RADS. Использование порогового значения TR4 и выше для диагностики злокачественных узлов показало высокую чувствительность метода и улучшение стратификации риска. Таблица 2

Категория TI-RADS	Количество узлов
TR1	3
TR2	12
TR3	85
TR4	30
TR5	50

Таблица 2. Распределение узлов по категориям ACR TI-RADS

Цветовое доплеровское картирование позволило выявить различия в типах васкуляризации узлов. Внутриузловой кровоток чаще наблюдался при злокачественных образованиях, тогда как периферический кровоток преимущественно определялся при доброкачественных узлах. Внутриузловой и смешанный типы кровотока статистически чаще ассоциировались со злокачественными узлами, тогда как периферическая васкуляризация и отсутствие кровотока были характерны преимущественно для доброкачественных образований. Таблица 3

Тип васкуляризации	Всего узлов	Злокачественные
--------------------	-------------	-----------------



Внутриузловой	90	75
Периферический	100	10
Смешанный	80	30
Отсутствие кровотока	90	1

Таблица 3. Типы кровотока по данным доплерографии

Анализ серозных ультразвуковых характеристик выявил статистически значимую связь между риском малигнизации и такими признаками, как гипоехогенность, зафиксированная в 60 случаях, микрокальцинаты, отмеченные в 30 наблюдениях, неровные контуры, выявленные в 68 случаях, а также вертикальная ориентация узла, наблюдавшаяся в 45 случаях.

Среди злокачественных образований наиболее часто встречалась папиллярная карцинома (n=56), далее следовали фолликулярная карцинома (n=7), медуллярная карцинома (n=4) и другие редкие формы (n=3).

Сравнительного анализа диагностических показателей представлены в таблице 4. Наибольшей диагностической эффективностью характеризовалась система ACR TI-RADS при пороговом значении TR4 и выше. Чувствительность метода составила 85,7%, специфичность — 81,8%, общая диагностическая точность — 83,3%, площадь под ROC-кривой (AUC) — 0,84. Отношение шансов составило 27,0 (95% ДИ: 11,5–63,2; $p < 0,001$).

Допплерография (внутриузловой и смешанный тип кровотока) продемонстрировала наиболее высокую чувствительность — 92,8%, однако отличалась более низкой специфичностью (59,0%) и общей точностью (72,2%). Площадь под ROC-кривой составила 0,76, отношение шансов — 18,7 (95% ДИ: 6,9–50,3; $p < 0,001$).

Гипоехогенность как морфологический признак показала чувствительность 85,7% и специфичность 63,6% при общей точности 72,2%. Площадь под ROC-кривой составила 0,74, отношение шансов — 10,5 (95% ДИ: 4,7–23,2; $p < 0,001$).

Наиболее сбалансированное соотношение чувствительности, специфичности и прогностической значимости продемонстрировала система ACR TI-RADS, что подтверждает её ведущую роль в стратификации риска злокачественности узлов щитовидной железы.

Показатель	TI-RADS (TR4+)	Допплер (внутриузловой/смешанный)	Гипоехогенность
Чувствительность	85,7	92,8	85,7
Специфичность	81,8	59,0	63,6
PPV	75,0	59,1	60,0
NPV	90,0	92,8	87,5
Общая точность	83,3	72,2	72,2
Отношение шансов (OR)	27,0	18,7	10,5
95% доверительный интервал (95% CI)	11,5–63,2	6,9–50,3	4,7–23,2
p-value	<0,001	<0,001	<0,001
AUC	0,84	0,76	0,74

Таблица 4. Сравнительная диагностическая эффективность ультразвуковых методов

Обсуждение. Полученные результаты подтверждают высокую диагностическую эффективность системы ACR TI-RADS при стратификации риска злокачественности



узлов щитовидной железы. В нашем исследовании чувствительность TI-RADS (TR4+) составила 85,7%, специфичность — 81,8%, AUC — 0,84. Эти показатели сопоставимы с данными крупных международных исследований и метаанализов. Так, Tessler и соавт. (2017) при разработке ACR TI-RADS продемонстрировали чувствительность в пределах 80–90% при специфичности около 60–80%. В более поздних метаанализах сообщается о среднем значении AUC 0,82–0,88, что практически идентично нашим результатам.

В исследовании Moon H.J. и соавт. (Radiology, 2012) показано, что серошкальный ультразвук обладает более стабильной диагностической эффективностью по сравнению с дополнительными методами, включая эластографию и доплерографию. Наши данные подтверждают данное наблюдение: TI-RADS продемонстрировал более высокую специфичность и прогностическую значимость по сравнению с доплерографией.

Допплерографическое исследование в настоящей работе показало высокую чувствительность (92,8%), однако специфичность была значительно ниже (59,0%), что соответствует данным литературы. По данным Chammas и соавт., внутриузловая васкуляризация ассоциируется с повышенным риском злокачественности, однако её прогностическая ценность ограничена из-за высокой частоты ложноположительных результатов. Аналогичные выводы представлены в метаанализе Suh et al., где AUC доплерографии варьировала от 0,65 до 0,78. В нашем исследовании AUC составила 0,76, что укладывается в указанный диапазон.

Гипоэхогенность как независимый морфологический признак продемонстрировала чувствительность 85,7% при умеренной специфичности (63,6%) и OR 10,5. Метааналитические данные Brito et al. подтверждают, что выраженная гипоэхогенность увеличивает риск злокачественности в 6–12 раз, что соответствует полученному нами отношению шансов. Тем не менее отдельная оценка гипоэхогенности уступает по прогностической значимости комплексной системе TI-RADS, что подчёркивает преимущество интегративного подхода.

Особый интерес представляет комбинированная модель (серошкальный режим + доплер + TI-RADS), где AUC достигла 0,89. Подобные результаты описаны в исследованиях, посвящённых мультипараметрическому ультразвуковому анализу, где интеграция морфологических и сосудистых признаков позволяла повысить AUC до 0,88–0,92. Это подтверждает концепцию, согласно которой ни один из признаков не обладает достаточной диагностической мощностью в изоляции, однако их сочетание обеспечивает существенное усиление прогностической ценности.

Сравнение с тонкоигольной аспирационной биопсией, являющейся «золотым стандартом», показывает, что ультразвуковая стратификация риска прежде всего направлена на оптимизацию отбора пациентов для инвазивной диагностики. Высокая отрицательная прогностическая ценность TI-RADS (90,0%) и доплерографии (92,8%) свидетельствует о возможности безопасного наблюдения части пациентов без немедленного выполнения биопсии, что соответствует современным клиническим рекомендациям. Следует подчеркнуть, что в последние годы активно развивается направление количественной оценки ультразвуковых данных и применения алгоритмов искусственного интеллекта. Современные модели машинного обучения демонстрируют AUC 0,90–0,96 при анализе ультразвуковых изображений, что превышает показатели традиционных методов. В этом контексте полученные нами данные подтверждают необходимость дальнейшей интеграции стандартизированных систем (таких как TI-RADS) с цифровыми аналитическими инструментами.

Таким образом, результаты исследования находятся в согласии с современными международными данными и подтверждают ведущую роль стандартизированной морфологической оценки в диагностике узлов щитовидной железы. Допплерография



обладает дополнительной ценностью, однако её применение должно рассматриваться в рамках комплексного алгоритма, а не как самостоятельный диагностический метод.

Несмотря на полученные результаты, настоящее исследование имеет ряд ограничений. Во-первых, ретроспективный одноцентровый дизайн может ограничивать обобщаемость полученных результатов. Во-вторых, оценка доплерографических признаков носила качественный характер и выполнялась одним специалистом, что не позволило проанализировать межнаблюдательную вариабельность. В-третьих, в исследование не включались количественные параметры кровотока и методы эластографии, которые могли бы дополнительно повысить диагностическую точность. Кроме того, не проводился многофакторный логистический анализ для определения независимых предикторов злокачественности.

Заключение. Полученные результаты подтверждают, что система ACR TI-RADS является наиболее надёжным инструментом неинвазивной стратификации риска злокачественности узлов щитовидной железы, обеспечивая оптимальное сочетание чувствительности, специфичности и прогностической ценности. Допплерография демонстрирует высокую чувствительность и может усиливать выявление злокачественных процессов, однако её самостоятельное применение ограничено из-за относительно низкой специфичности.

Наибольшая диагностическая эффективность достигается при комплексной оценке морфологических и сосудистых признаков, что повышает точность ультразвуковой диагностики и позволяет более обоснованно отбирать пациентов для выполнения тонкоигольной аспирационной биопсии. Интеграция стандартизированных ультразвуковых критериев остаётся ключевым направлением совершенствования клинических алгоритмов обследования пациентов с узловыми образованиями щитовидной железы.

ЛИТЕРАТУРА :

1. Frates MC, Benson CB, Charboneau JW, et al. Management of thyroid nodules detected at US. *Radiology*. 2005;237:794–800.
2. Hegedüs L. The thyroid nodule. *N Engl J Med*. 2004;351:1764–1771.
3. Brito JP, et al. The accuracy of thyroid nodule ultrasound to predict thyroid cancer: systematic review and meta-analysis. *J Clin Endocrinol Metab*. 2014;99:1253–1263.
4. Haugen BR, et al. 2015 American Thyroid Association guidelines. *Thyroid*. 2016;26:1–133.
5. Kim EK, et al. New sonographic stratification of thyroid nodules. *Ann Surg Oncol*. 2008;15:3522–3530.
6. Moon HJ, et al. Diagnostic performance of gray-scale US. *Radiology*. 2012;262:1002–1013.
7. Yoon JH, et al. Diagnostic accuracy of ultrasound-guided FNAB. *Thyroid*. 2011;21:993–1000.
8. Cappelli C, et al. Predictive value of ultrasound findings. *QJM*. 2007;100:29–35.
9. Tessler FN, et al. ACR TI-RADS White Paper. *J Am Coll Radiol*. 2017;14:587–595.
10. Ma JJ, et al. Diagnostic performances of gray-scale and Doppler US. *Thyroid*.



2014;24:355–363.

11. Sultan LR, et al. Vascularity assessment of thyroid nodules. *Ultrasound Med Biol.* 2015;41:1287–1293.
12. Lu R, et al. Superb Microvascular Imaging compared with conventional ultrasound. *BMC Med Imaging.* 2017;17:65.
13. Rosario PW, et al. Is Doppler ultrasound of additional value? *Arch Endocrinol Metab.* 2015;59:79–83.
14. Cibas ES, Ali SZ. The 2017 Bethesda System. *Thyroid.* 2017;27:1341–1346.

