

# Биопсия сторожевых лимфатических узлов при радикальной простатэктомии у больных раком предстательной железы: обзор литературы

А.А. Измайлов<sup>1,2</sup>, А.Б. Чапрак<sup>1</sup>, А.И. Гарифуллин<sup>1</sup>, А.А. Измайлов<sup>3</sup>, А.Р. Хазиев<sup>1</sup>, А.Р. Фарганов<sup>1</sup>, Т.Х. Акчулпан<sup>1</sup>, К.Ш. Ганцев<sup>1,2</sup>, Т.Г. Яценко<sup>1</sup>, Ю.Н. Хризман<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ГАОУ «Республиканский клинический онкологический диспансер» Минздрава Республики Башкортостан; Россия, 450054 Уфа, пр-кт Октября, 73/1;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России; Россия, 450008 Уфа, ул. Ленина, 3;

<sup>3</sup>ГБУЗ г. Москвы «Московская городская онкологическая больница № 62 Департамента здравоохранения г. Москвы»; Россия, 143423 Московская область, п. Истра, 27

**Контакты:** Айрат Ильдарович Гарифуллин [garifullin.airat@gmail.com](mailto:garifullin.airat@gmail.com)

Рак предстательной железы – наиболее часто встречающееся злокачественное новообразование у мужчин. Современная расширенная тазовая лимфаденэктомия на сегодняшний день является наиболее надежным методом выявления метастазов в регионарных лимфатических узлах у пациентов с данным заболеванием. Однако этот метод связан с определенными рисками и осложнениями как во время операции, так и в послеоперационном периоде, что стимулирует исследователей к разработке альтернативных диагностических подходов. Одна из таких альтернатив – биопсия сторожевых лимфатических узлов, которая демонстрирует высокий потенциал и вошла в клиническую практику при лечении рака молочной железы. При этом необходимо учитывать ряд факторов: ограниченное количество рандомизированных клинических исследований, разнообразие используемых протоколов, вариативность комбинаций радиоизотопов и трейсеров, а также необходимость учета как инструментальных, так и клинических данных. Для широкого внедрения данного подхода в клиническую практику требуется продолжение научных исследований, включая работы на территории России.

**Ключевые слова:** рак предстательной железы, биопсия сторожевых лимфатических узлов, радикальная простатэктомия, тазовая лимфаденэктомия, радионуклидная диагностика

**Для цитирования:** Измайлов А.А., Чапрак А.Б., Гарифуллин А.И. и др. Биопсия сторожевых лимфатических узлов при радикальной простатэктомии у больных раком предстательной железы: обзор литературы. Онкоурология 2025;21(4):162–8.

DOI: <https://doi.org/10.17650/1726-9776-2025-21-4-162-168>

## Sentinel lymph node biopsy during radical prostatectomy in patients with prostate cancer: literature review

A.A. Izmailov<sup>1,2</sup>, A.B. Chaprak<sup>1</sup>, A.I. Garifullin<sup>1</sup>, A.A. Izmailov<sup>3</sup>, A.R. Khasiev<sup>1</sup>, A.R. Farganov<sup>1</sup>, T.Kh. Akchulpan<sup>1</sup>, K.Sh. Gantsev<sup>1,2</sup>, T.G. Yatsenko<sup>1</sup>, Yu.N. Khrizman<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Republican Clinical Oncology Dispensary, Ministry of Health of the Republic of Bashkortostan; 73/1 Prospekt Oktyabrya, Ufa 450054, Russia;

<sup>2</sup>Bashkir State Medical University, Ministry of Health of Russia; 3 Lenina St., Ufa 450008, Russia;

<sup>3</sup>Moscow City Oncology Hospital No. 62, Moscow Healthcare Department; 27 Istra, Moscow Region 143423, Russia

**Contacts:** Airat Ildarovich Garifullin [garifullin.airat@gmail.com](mailto:garifullin.airat@gmail.com)

Prostate cancer is one of the most frequently diagnosed oncological diseases worldwide and in the Russian Federation. Modern extended pelvic lymph node dissection is the most reliable method for detecting metastases in regional lymph nodes in patients with prostate cancer. However, this method is associated with certain risks both during the operation and in the postoperative period, which encourages researchers to develop alternative diagnostic approaches. One such alternative is sentinel lymph node biopsy, which demonstrates high potential in diagnostics. At the same time, a number of factors must be considered: limited number of randomized clinical trials, diversity of protocols used,

variability of radioisotope and tracer combinations, as well as the need to consider both instrumental and clinical data. For the widespread implementation of this approach in clinical practice, further scientific research is required, including studies conducted in Russia.

**Keywords:** prostate cancer, sentinel lymph node biopsy, radical prostatectomy, pelvic lymphadenectomy, radionuclide imaging

**For citation:** Izmailov A.A., Chaprak A.B., Garifullin A.I. et al. Sentinel lymph node biopsy during radical prostatectomy in patients with prostate cancer: literature review. *Onkourologiya = Cancer Urology* 2025;21(4):162–8. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.17650/1726-9776-2025-21-4-162-168>

## Введение

Рак предстательной железы (РПЖ) – одно из самых распространенных онкологических заболеваний у мужчин в мире. Согласно данным GLOBOCAN (Global Cancer Observatory) за 2022 г., РПЖ занимает 4-е место по заболеваемости среди всех онкологических патологий в общей популяции, а среди мужчин – 2-е место (1,467 млн случаев). По показателям смертности среди обоих полов данное заболевание занимает 8-е место [1]. В России в 2023 г. распространенность РПЖ составила 213,8 случая на 100 тыс. населения. За последние 10 лет этот показатель увеличился более чем в 2 раза. При этом 65,2 % случаев были диагностированы на I–II стадиях. Заболеваемость в 2023 г. достигла 51 946 случаев [2].

Радикальная простатэктомия наряду с лучевой терапией является стандартом лечения пациентов с локализованным РПЖ [3]. Согласно рекомендациям NCCN (National Comprehensive Cancer Network) 2025 г., тазовая лимфаденэктомия (ТЛАЭ) может быть исключена у пациентов с низкой прогнозируемой вероятностью метастатического поражения тазовых лимфатических узлов (ЛУ). Однако следует учитывать, что у некоторых пациентов с метастазами в ЛУ ТЛАЭ не будет выполнена. На данный момент не существует единого общепринятого порога для проведения ТЛАЭ [3]. Согласно клиническим рекомендациям Минздрава России, расширенная ТЛАЭ должна выполняться при проведении радикальной простатэктомии в случаях, когда риск метастатического поражения ЛУ, рассчитанный по шкале MSKCC (Memorial Sloan Kettering Cancer Center), превышает 5 % [4].

Поскольку 19–35 % метастазов в ЛУ обнаруживаются за пределами запирающей ямки, ограниченная ТЛАЭ имеет недостаточную диагностическую эффективность для стадирования поражения лимфатического коллектора [5]. В связи с этим стандартом лечения РПЖ является выполнение расширенной ТЛАЭ [6]. При попытке определить минимальное количество удаляемых узлов P.J. Varth и соавт. рекомендовали удалять не менее 13 ЛУ во время ТЛАЭ. Частота верификации пораженных ЛУ увеличивается вдвое при морфологическом исследовании более 12 удаленных ЛУ

[7]. Расширенная ТЛАЭ должна включать удаление как минимум наружных подвздошных, запирающих и внутренних подвздошных групп ЛУ [8]. На сегодняшний день расширенная ТЛАЭ остается единственным методом, позволяющим достоверно определить поражение лимфатического коллектора при РПЖ [9]. Однако необходимо учитывать, что расширенная ТЛАЭ связана с увеличением риска возможных осложнений, который может достигать 15 % и возрастает пропорционально степени хирургической агрессии [8]. К негативным последствиям расширенной ТЛАЭ также относятся увеличение продолжительности операции, риск тромбоэмболических осложнений (повышается в 6–10 раз), лимфоцеле и увеличение длительности госпитализации [10].

Позитронно-эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией (ПЭТ/КТ), с простатическим специфическим мембранным антигеном (ПСМА) обладает низкой чувствительностью в отношении обнаружения метастазов, особенно микроскопических, в ЛУ [11]. Однако в 2 проспективных исследованиях было показано, что данный метод имеет высокую специфичность (93 %) и положительную прогностическую ценность (81 %) у пациентов с высоким риском, а также у пациентов с промежуточным риском (специфичность 96 %, положительная прогностическая ценность 93 %) [12, 13]. В то же время для ПЭТ/КТ с ПСМА характерна низкая чувствительность (40–58 %), что приводит к большому количеству ложноотрицательных результатов. Тем не менее, по мнению некоторых авторов, включение данных ПЭТ/КТ с ПСМА в существующие номограммы может повысить их прогностическую ценность [14].

Таким образом, отсутствие диагностических методов, позволяющих точно определить метастатическое поражение тазовых ЛУ, а также риск осложнений, связанный с проведением ТЛАЭ, стимулируют нас к поиску новых диагностических подходов, которые могли бы снизить количество интра- и послеоперационных осложнений, сохраняя при этом приемлемую диагностическую точность [15].

Биопсия сторожевого ЛУ (БСЛУ) является одним из ключевых компонентов хирургического лечения

при многих онкологических заболеваниях, позволяя снизить риск осложнений, связанных с обширной лимфодиссекцией [16]. БСЛУ впервые была описана в 1960 г. для операции по поводу рака околоушной слюнной железы [17]. После многолетних наблюдений и исследований БСЛУ стала стандартом в хирургическом лечении пациентов с меланомой, раком молочной железы, вульвы, шейки матки и другими заболеваниями [16].

Однако БСЛУ в рамках хирургического лечения РПЖ начала активно изучаться лишь в конце XX века. В 1999 г. F. Wawroschek и соавт. опубликовали исследование, в ходе которого 11 пациентам вводили коллоид технеция-99m непосредственно в предстательную железу за день до ТЛАЭ. Затем проводилась динамическая лимфосцинтиграфия, а во время операции сторожевые ЛУ были идентифицированы с помощью гамма-зонда. После удаления сторожевых ЛУ выполнялась стандартная ТЛАЭ [18]. Аналогичный алгоритм используется и сегодня при проведении БСЛУ при РПЖ [19]. Также методика БСЛУ при онкоурологической патологии в настоящее время активно изучается при хирургическом лечении рака полового члена, почки, мочевого пузыря [20].

#### **Процедура биопсии сторожевого лимфатического узла**

В целом БСЛУ при РПЖ проводится в несколько этапов. Процедура начинается с введения радиоколлоида в ткань предстательной железы под ультразвуковым контролем за сутки до планируемой операции [21]. В различных протоколах использовались такие коллоиды, как альбумин, сера или фитат, меченные технецием-99m. Основное отличие между ними заключается в размере коллоидных частиц, который варьируется от 2 до 1500 нм. Такая неоднородность значительно влияет как на скорость оттока радиоизотопа, так и на длительность его нахождения в сторожевом ЛУ [22]. Еще в 2010 г. было показано, что повышение концентрации технеция-99m в нанокolloиде приводит к увеличению частоты обнаружения сторожевых ЛУ с 84 до 100 % [23]. В одном из клинических исследований не было выявлено статистически значимых различий между введением радиоизотопа в ткань предстательной железы и непосредственно в опухоль. Однако авторы исследования предполагают, что необходимо комбинировать оба подхода [24]. В день введения радиоколлоида проводится лимфосцинтиграфия с использованием однофотонной эмиссионной компьютерной томографии, совмещенной с компьютерной томографией (ОФЭКТ/КТ) [21]. Интересно, что также изучаются другие методики лимфосцинтиграфии, в частности с применением ПЭТ/КТ и коллоидного раствора наночастиц оксида железа, меченных <sup>68</sup>Ga [25]. Во время операции поиск ЛУ осуществляется с помощью стандартного гамма-зонда [21]. Применение

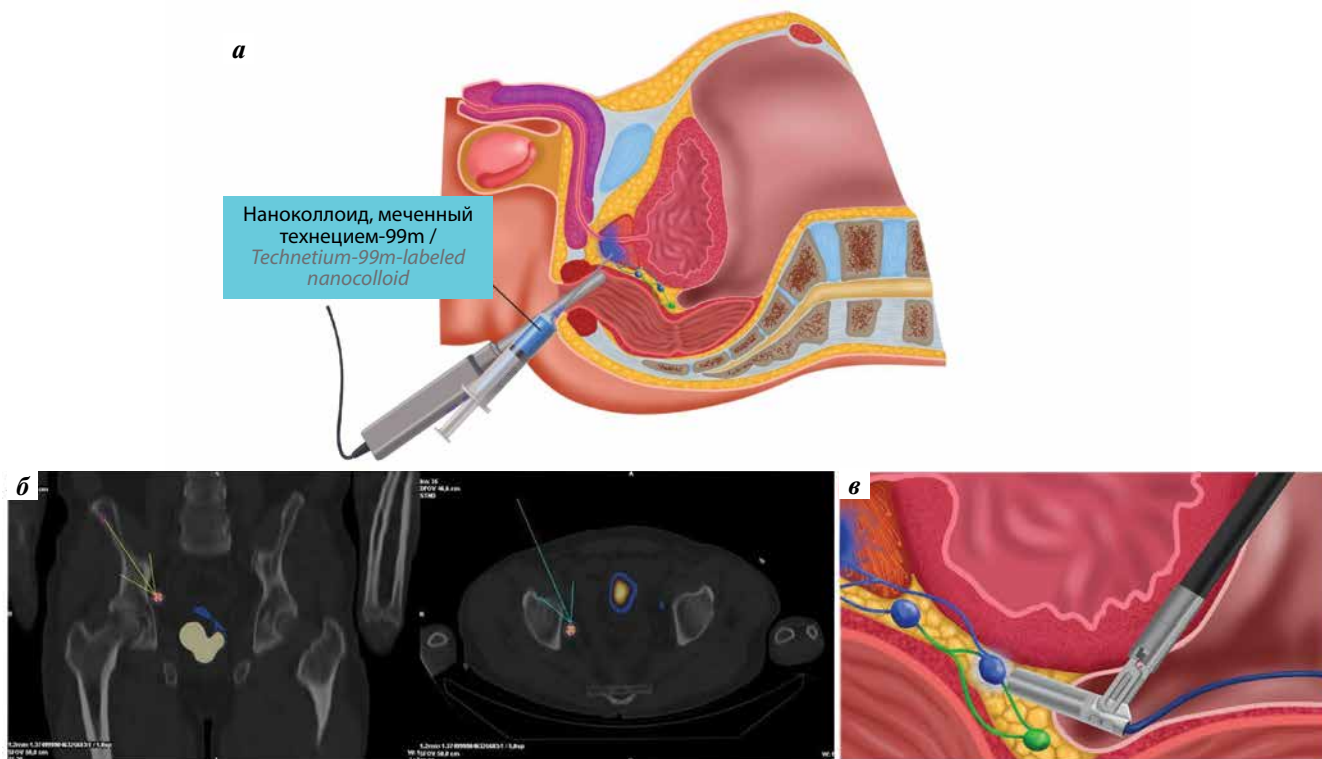
ОФЭКТ/КТ в комбинации с гамма-зондом позволяет значительно повысить диагностическую эффективность этих методов [19].

Далее интраоперационно в ткань предстательной железы вводится индоцианин зеленый (indocyanine green, ICG), распределение которого отслеживается с помощью специальной камеры, работающей в ближнем инфракрасном диапазоне [26]. Также изучается применение гибридного маркера, сочетающего ICG и нанокolloид, меченный технецием-99m. Впервые клиническое использование такого метода было описано в 2011 г. группой нидерландских ученых [27]. В одном из недавних рандомизированных клинических исследований сравнивались гибридный маркер и стандартное последовательное применение радиоизотопа и ICG [28]. Частота обнаружения сторожевых ЛУ была выше в группе с гибридным маркером (7,4 %) по сравнению со стандартной группой (2,6 %;  $p = 0,002$ ), что свидетельствует о более высокой положительной прогностической ценности гибридного подхода. При этом не было выявлено различий в частоте осложнений в течение 90 дней после операции ( $p = 0,78$ ). В исследовании T.V. Manny и соавт. показано, что интраоперационное введение ICG (особенно в условиях роботической хирургии) было более эффективным, чем инъекция через цистоскоп или трансректальным путем [29]. Также была выявлена корреляция между местом введения трейсера, локализацией опухоли и сторожевых ЛУ. Инъекция трейсера вблизи опухолевого узла или непосредственно в него повышает эффективность БСЛУ [30]. Тем не менее наиболее эффективный метод введения трейсера на сегодняшний день остается неопределенным, и для оптимизации процедуры необходимы дополнительные исследования.

Существуют определенные разработанные схемы проведения БСЛУ при РПЖ. Однако необходимы дальнейшие исследования, особенно рандомизированные клинические, которые позволили бы определить наиболее оптимальные алгоритмы, порядок введения радиоизотопов, а также необходимость комбинированного подхода.

В настоящее время в отделении онкоурологии Республиканского клинического онкологического диспансера (Уфа) проводится проспективное одноцентровое клиническое исследование БСЛУ у пациентов с локализованным РПЖ группы высокого риска. В рамках данного протокола процедура БСЛУ выполняется следующим образом: за день до планируемого хирургического вмешательства под ультразвуковым контролем в предстательную железу вводится нанокolloид на основе человеческого альбумина, меченного технецием-99m (Нанотоп®; размер частиц 5–80 нм). Через 4–5 ч проводится ОФЭКТ/КТ (рис. 1).

Кроме того, интраоперационно выполняется введение раствора ICG в предстательную железу. Визуа-

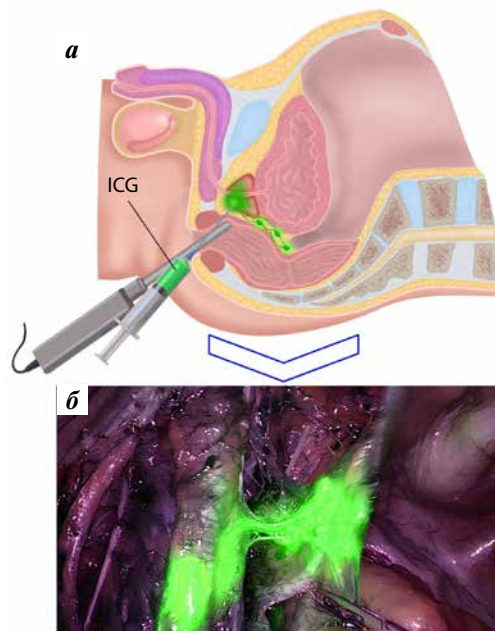


**Рис. 1.** Применение нанокolloида, меченого технецием-99т: а — под контролем трансректального ультразвукового датчика вводится нанокolloид, меченный технецием-99т, в ткань предстательной железы; б — через 4–5 ч выполняется однофотонная эмиссионная компьютерная томография, стрелками отмечен лимфатический узел, накапливающий радиокolloид; в — с помощью гамма-зонда осуществляется детекция сторожевых лимфатических узлов  
**Fig. 1.** Use of Technetium-99m-labeled nanocolloid: а — Technetium-99m-labeled nanocolloid is administered into the prostate tissue under control of transrectal ultrasound probe; б — 4–5 h later single-photon emission computed tomography is performed; arrows point at a lymph node accumulating radiocolloid; в — sentinel lymph nodes are detected using a gamma probe

лизация структур обеспечивается с помощью камеры высокой четкости, подключенной к 30° 10-миллиметровому лапароскопу, оснащенного специальным объективом и источником света, излучающим как видимый, так и ближний инфракрасный свет (рис. 2). Также с использованием гамма-зонда проводится детекция сторожевых ЛУ. Осуществляется комплексная оценка отдельных ЛУ, накопивших радиофармацевтический препарат и окрасившихся ICG, с последующей БСЛУ и гистологическим исследованием с выполнением серийных срезов с шагом 250 мкм. В дальнейшем радикальная простатэктомия и расширенная ТЛАЭ выполняются по стандартной общепринятой методике.

**Диагностическая значимость биопсии сторожевого лимфатического узла**

На данный момент опубликованы результаты только 3 рандомизированных клинических исследований по БСЛУ при РПЖ. Два из них, выполненные одной группой авторов, были упомянуты выше [24, 28]. В другом рандомизированном клиническом исследовании непосредственно перед роботической операцией вводился ICG с последующей расширенной ТЛАЭ



**Рис. 2.** Применение индоцианина зеленого (indocyanine green, ICG): а — введение ICG в ткань предстательной железы; б — проводится оценка накопления ICG тканью предстательной железы  
**Fig. 2.** Use of indocyanine green (ICG) into the prostate tissue; б — evaluation of ICG accumulation in the prostate tissue is performed

( $n = 59$ ), а в контрольной группе проводилась только ТЛАЭ ( $n = 59$ ). Чувствительность в группе ICG составила лишь 78 %, что, по мнению авторов, недостаточно для рекомендации БСЛУ исключительно с использованием ICG [31].

В то же время было опубликовано множество ретроспективных исследований БСЛУ при РПЖ. Результаты наиболее крупной выборки пациентов ( $n = 2000$ ) были опубликованы в 2009 г. G. Holl и соавт. Согласно их исследованию, процедура характеризовалась высокой чувствительностью, а частота ложноотрицательных результатов составила всего 6 %. По данным гистологического исследования метастатически пораженные ЛУ были обнаружены у 187 (16,7 %) пациентов, при этом БСЛУ не выявила метастазы только у 11 из них [32].

В 6 опубликованных на сегодняшний день метаанализах и систематических обзорах, где оценивалась диагностическая ценность БСЛУ при РПЖ, были получены схожие результаты.

В первый метаанализ, опубликованный в 2011 г. иранскими учеными, было включено 21 исследование с использованием различных радиотрейсеров (не только коллоида технеция-99m, но и серного коллоида, меченного технецием, а также человеческого сывороточного альбумина, меченного технецием). Одним из ограничений данного метаанализа стало включение исследований с объемом лимфаденэктомии, меньшим, чем расширенная ТЛАЭ. Обобщенная чувствительность метода по результатам 16 исследований составила 94 % (95 % доверительный интервал (ДИ) 91–96). В то же время обобщенная чувствительность исследований, включавших более 10 пациентов с пораженными тазовыми ЛУ, составила 95 % (95 % ДИ 92–97 %). Обобщенная диагностическая мощность – 93,8 % (95 % ДИ 89–96,6 %). Для лапароскопической радикальной простатэктомии данный показатель составил 92 % (95 % ДИ 86,5–95,4 %), а для открытой операции – 94,4 % (95 % ДИ 88,2–97,5 %) [33].

В систематический обзор 2017 г. было включено 21 исследование ( $n = 2509$ ). Уровень диагностически неинформативных процедур (указана медиана с межквартильным размахом) составил 4,1 (1,5–10,7) %, чувствительность была равна 95,2 (81,8–100) %, специфичность – 100 (95,0–100) %, положительная прогностическая ценность – 100 (87,0–100) %, отрицательная прогностическая ценность – 98,0 (94,3–100) %, а количество ложноположительных и ложноотрицательных результатов составило 0 (0–5,0) и 4,8 (0–18,2) % соответственно. Вместе с тем большая часть исследований (17) имела низкий риск системной ошибки [34].

В другой метаанализ включили 9 исследований (помимо РПЖ оценивались также рак почки, мочевого пузыря и полового члена), где изучалось применение ICG [35]. При использовании модели фиксированных

эффектов обобщенная диагностическая мощность для пациентов составила 0,88 (95 % ДИ 0,82–0,92), а при применении модели случайных эффектов – 0,92 (95 % ДИ 0,84–0,96). Объединенная диагностическая мощность для обнаружения пораженных ЛУ составила 0,71 (95 % ДИ 0,68–0,74) при использовании модели фиксированных эффектов и 0,75 (95 % ДИ 0,56–0,87) при применении модели случайных эффектов. Наблюдалась существенная неоднородность среди исследований как для пациентов, так и для ЛУ ( $I^2 = 0,66$ ;  $p < 0,001$  и  $I^2 = 0,96$ ;  $p < 0,001$  соответственно). Авторы отмечают высокую чувствительность БСЛУ, но низкую специфичность.

В другом метаанализе (9 исследований;  $n = 479$ ) была оценена эффективность применения ICG в качестве единственного метода идентификации сторожевых ЛУ при РПЖ. Чувствительность и специфичность составили 0,75 (95 % ДИ 0,49–0,90) и 0,66 (95 % ДИ 0,61–0,70) соответственно. Отношение шансов диагностического теста было равно 6,0 (95 % ДИ 2–21) [36].

Еще в одном метаанализе (17 исследований), опубликованном учеными из Китая в 2024 г., диагностическая ценность БСЛУ была ниже [37]. Всего в эту работу включено 17 исследований из баз данных. Чувствительность и специфичность применения ICG при БСЛУ составили 71 % (95 % ДИ 52–85) и 68 % (95 % ДИ 64–72) соответственно. Чувствительность и специфичность применения гибридного маркера при РПЖ составили лишь 49 % (95 % ДИ 39–59) и 69 % (95 % ДИ 67–71) соответственно.

Таким образом, в ходе множества исследований были доказаны достаточно высокие чувствительность и специфичность процедуры БСЛУ при РПЖ. Однако это было подтверждено лишь для комбинированного подхода (когда одновременно применяются радиоизотоп и ICG). Также стоит отметить, что на сегодняшний день проведено мало рандомизированных клинических исследований, что подчеркивает необходимость их проведения в дальнейшем.

В России БСЛУ при РПЖ продолжает изучаться. Так, в исследовании НИИ онкологии им. Н.Н. Петрова ОФЭКТ/КТ была применена для визуализации лимфоттока и сигнальных ЛУ у 35 пациентов с РПЖ [38].

### Заключение

Расширенная ТЛАЭ на сегодняшний день является единственным достоверным методом определения метастатического поражения регионарных ЛУ при РПЖ. Вместе с тем данный метод сопряжен с риском развития интра- и послеоперационных осложнений, что побуждает исследователей к поиску новых методов их диагностики. БСЛУ обладает достаточно высоким диагностическим потенциалом. Вместе с тем стоит учитывать отсутствие большого количества рандомизированных

клинических исследований, разнородность протоколов, различные сочетания радиоизотопов и трейсеров, необходимость сопоставления инструментальных и клини-

ческих данных. Таким образом, для широкого введения в практику необходимы дальнейшие исследования, в том числе в России.

## Л и т е р а т у р а / R e f e r e n c e s

- Bray F., Laversanne M., Sung H. et al. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin* 2024;74(3):229–63. DOI: 10.3322/caac.21834
- Злокачественные новообразования в России в 2023 году (заболеваемость и смертность). Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, О.В. Шахзадовой. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2024. 276 с.  
State of oncological care in Russia in 2023. Eds.: A.D. Kaprin, V.V. Starinskiy, A.O. Shachzadova. Moscow: MNIOI im. P.A. Gertsena – filial FGBU “NMITS radiologii” Minzdrava Rossii, 2024. 276 p. (In Russ.).
- NCCN Guidelines. Prostate Cancer. Version 1. 2025.
- Клинические рекомендации. Рак предстательной железы. Минздрав России, 2021–2022–2023 (20.01.2023). Clinical guidelines. Prostate cancer. Ministry of Health of Russia, 2021–2022–2023 (20.01.2023). (In Russ.).
- Heidenreich A., Varga Z., von Knobloch R. Extended pelvic lymphadenectomy in patients undergoing radical prostatectomy: high incidence of lymph node metastasis. *J Urol* 2002;167(4):1681–6.
- Joniau S., Van Den Bergh L., Lerut E. et al. Mapping of pelvic lymph node metastases in prostate cancer. *Eur Urol* 2013;63(3):450–8. DOI: 10.1016/j.eururo.2012.06.057
- Barth P.J., Gerharz E.W., Ramaswamy A., Riedmiller H. The influence of lymph node counts on the detection of pelvic lymph node metastasis in prostate cancer. *Pathol Res Pract* 1999;195(9):633–6. DOI: 10.1016/S0344-0338(99)80128-9
- Cacciamani G.E., Maas M., Nassiri N. et al. Impact of pelvic lymph node dissection and its extent on perioperative morbidity in patients undergoing radical prostatectomy for prostate cancer: a comprehensive systematic review and meta-analysis. *Eur Urol Oncol* 2021;4(2):134–49. DOI: 10.1016/j.euo.2021.02.001
- Ventimiglia E., Briganti A., Montorsi F. Lymph node dissection during radical prostatectomy for prostate cancer: extending the template in the right patients without increasing complications. *BJU Int* 2018;121(5):677–8. DOI: 10.1111/bju.14169
- Esen T., Esen B., Yamaoh K. et al. De-escalation of therapy for prostate cancer. *Am Soc Clin Oncol Educ Book* 2024;44(2):e430466. DOI: 10.1200/EDBK\_430466
- Van Leeuwen P.J., Emmett L., Ho B. et al. Prospective evaluation of <sup>68</sup>Gallium-prostate-specific membrane antigen positron emission tomography/computed tomography for preoperative lymph node staging in prostate cancer. *BJU Int* 2017;119(2):209–15. DOI: 10.1111/bju.13540
- Stabile A., Pellegrino A., Mazzone E. et al. Can negative prostate-specific membrane antigen positron emission tomography/computed tomography avoid the need for pelvic lymph node dissection in newly diagnosed prostate cancer patients? A systematic review and meta-analysis with backup histology as reference standard. *Eur Urol Oncol* 2022;5(1):1–17. DOI: 10.1016/j.euo.2021.08.001
- Hope T.A., Eiber M., Armstrong W.R. et al. Diagnostic accuracy of <sup>68</sup>Ga-PSMA-11 PET for pelvic nodal metastasis detection prior to radical prostatectomy and pelvic lymph node dissection: a multicenter prospective phase 3 imaging trial. *JAMA Oncol* 2021;7(11):1635. DOI: 10.1001/jamaoncol.2021.3771
- Meijer D., Van Leeuwen P.J., Roberts M.J. et al. External validation and addition of prostate-specific membrane antigen positron emission tomography to the most frequently used nomograms for the prediction of pelvic lymph-node metastases: an international multicenter study. *Eur Urol* 2021;80(2):234–42. DOI: 10.1016/j.eururo.2021.05.006
- Acar C., Kleinjan G.H., Van Den Berg N.S. et al. Advances in sentinel node dissection in prostate cancer from a technical perspective. *Int J Urol* 2015;22(10):898–909. DOI: 10.1111/iju.12863
- Dogan N.U., Dogan S., Favero G. et al. The basics of sentinel lymph node biopsy: anatomical and pathophysiological considerations and clinical aspects. *J Oncol* 2019;2019:1–10. DOI: 10.1155/2019/3415630
- Gould E.A., Winship T., Philbin P.H., Kerr H.H. Observations on a “sentinel node” in cancer of the parotid. *Cancer* 1960;13:77–8. DOI: 10.1002/1097-0142(196001/02)13:1<77::aid-cnrcr2820130114>3.0.co;2-d
- Wawroschek F., Vogt H., Weckermann D. et al. The sentinel lymph node concept in prostate cancer – first results of gamma probe-guided sentinel lymph node identification. *Eur Urol* 1999;36(6):595–600. DOI: 10.1159/000020054
- Rossin G., Zorzi F., De Pablos-Rodríguez P. et al. Sentinel lymph node biopsy in prostate cancer: an overview of diagnostic performance, oncological outcomes, safety, and feasibility. *Diagn Basel Switz* 2023;13(15):2543. DOI: 10.3390/diagnostics13152543
- Malkiewicz B., Kiełb P., Kobylański M. et al. Sentinel lymph node techniques in urologic oncology: current knowledge and application. *Cancers* 2023;15(9):2495. DOI: 10.3390/cancers15092495
- Fumadó L., Abascal J.M., Mestre-Fusco A. et al. Sentinel lymph node biopsy in prostate cancer patients: results from an injection technique targeting the index lesion in the prostate gland. *Front Med* 2022;9:931867. DOI: 10.3389/fmed.2022.931867
- Van Den Berg N.S., Buckle T., Kleinjan G.I. et al. Hybrid tracers for sentinel node biopsy. *Q J Nucl Med Mol Imaging* 2014;58(2):193–206. PMID: 24835293
- Vermeeeren L., Muller S.H., Meinhardt W. et al. Optimizing the colloid particle concentration for improved preoperative and intraoperative image-guided detection of sentinel nodes in prostate cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2010;37(7):1328–34. DOI: 10.1007/s00259-010-1410-8
- Wit E.M.K., Van Beurden F., Kleinjan G.H. et al. The impact of drainage pathways on the detection of nodal metastases in prostate cancer: a phase II randomized comparison of intratumoral vs intraprostatic tracer injection for sentinel node detection. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2022;49(5):1743–53. DOI: 10.1007/s00259-021-05580-0
- Doughton J.A., Hofman M.S., Eu P. et al. A First-in-human study of <sup>68</sup>Ga-nanocolloid PET/CT sentinel lymph node imaging in prostate cancer demonstrates aberrant lymphatic drainage pathways. *J Nucl Med* 2018;59(12):1837–42. DOI: 10.2967/jnumed.118.209171
- Yuen K., Miura T., Sakai I. et al. Intraoperative fluorescence imaging for detection of sentinel lymph nodes and lymphatic vessels during open prostatectomy using indocyanine green. *J Urol* 2015;194(2):371–7. DOI: 10.1016/j.juro.2015.01.008
- Van Der Poel H.G., Buckle T., Brouwer O.R. et al. Intraoperative laparoscopic fluorescence guidance to the sentinel lymph node in prostate cancer patients: clinical proof of concept of an integrated functional imaging approach using a multimodal tracer. *Eur Urol* 2011;60(4):826–33. DOI: 10.1016/j.eururo.2011.03.024

28. Wit E.M.K., KleinJan G.H., Berrens A.C. et al. A hybrid radioactive and fluorescence approach is more than the sum of its parts; outcome of a phase II randomized sentinel node trial in prostate cancer patients. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2023;50(9):2861–71. DOI: 10.1007/s00259-023-06191-7
29. Manny T.B., Patel M., Hemal A.K. Fluorescence-enhanced robotic radical prostatectomy using real-time lymphangiography and tissue marking with percutaneous injection of unconjugated indocyanine green. The initial clinical experience in 50 patients. *Eur Urol* 2014;65(6):1162–8. DOI: 10.1016/j.eururo.2013.11.017
30. Povoski S.P., Neff R.L., Mojzisek C.M. et al. A comprehensive overview of radioguided surgery using gamma detection probe technology. *World J Surg Oncol* 2009;7(1):11. DOI: 10.1186/1477-7819-7-11
31. Harke N.N., Godes M., Wagner C. et al. Fluorescence-supported lymphography and extended pelvic lymph node dissection in robot-assisted radical prostatectomy: a prospective, randomized trial. *World J Urol* 2018;36(11):1817–23. DOI: 10.1007/s00345-018-2330-7
32. Holl G., Dorn R., Wengenmair H. et al. Validation of sentinel lymph node dissection in prostate cancer: experience in more than 2,000 patients. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2009;36(9):1377–82. DOI: 10.1007/s00259-009-1157-2
33. Sadeghi R., Tabasi K.T., Bazaz S.M.M. et al. Sentinel node mapping in the prostate cancer: meta-analysis. *Nuklearmedizin*. 2011;50(03):107–15. DOI: 10.3413/nukmed-0339-10-07
34. Wit E.M.K., Acar C., Grivas N. et al. Sentinel node procedure in prostate cancer: a systematic review to assess diagnostic accuracy. *Eur Urol* 2017;71(4):596–605. DOI: 10.1016/j.eururo.2016.09.007
35. Aoun F., Albisinni S., Zanaty M. et al. Indocyanine green fluorescence-guided sentinel lymph node identification in urologic cancers: a systematic review and meta-analysis. *Minerva Urol Nefrol* 2018;70(4). DOI: 10.23736/S0393-2249.17.02932-0
36. Urabe F., Kimura S., Yasue K. et al. Performance of indocyanine green fluorescence for detecting lymph node metastasis in prostate cancer: a systematic review and meta-analysis. *Clin Genitourin Cancer* 2021;19(5):466.e1–9. DOI: 10.1016/j.clgc.2021.03.013
37. Ma S., Sun J., Xu J. et al. The diagnostic performance of indocyanine green for the sentinel node biopsy in prostate cancer: a systematic review and meta-analysis. *Asian J Urol* 2025;12(1):1–14. DOI: 10.1016/j.ajur.2024.07.001
38. Крживицкий П.И., Канаев С.В., Новиков С.Н. и др. Применение ОФЭКТ-КТ для визуализации сигнальных лимфатических узлов и путей лимфооттока у больных раком предстательной железы. *Вопросы онкологии* 2016;62(2):272–6. DOI: 10.37469/0507-3758-2016-62-2-272-276. Krzhivitsky P.I., Kanaev S.V., Novikov S.N. et al. The use of SPECT-CT for visualization of sentinel lymph nodes and lymph drainage pathways in prostate cancer patients. *Voprosy onkologii = Problems of Oncology* 2016;62(2):272–6. (In Russ.). DOI: 10.37469/0507-3758-2016-62-2-272-276.

#### Вклад авторов

А.А. Измайллов: научное руководство, внесение в рукопись существенной правки с целью повышения научной ценности статьи, одобрение финальной версии рукописи;

А.Б. Чапрак: идея публикации, анализ и интерпретация данных, обработка материала, написание текста статьи;

А.И. Гарифуллин: анализ и интерпретация данных, написание текста статьи, научное редактирование;

А.А. Измайллов: написание текста статьи, обработка материала;

А.Р. Хазиев: анализ и интерпретация данных, сбор данных для работы;

А.Р. Фарганов, Т.Х. Акчулпан, К.Ш. Ганцев: написание текста статьи, сбор данных для работы;

Т.Г. Яценко, Ю.Н. Хризман: внесение в рукопись существенной правки с целью повышения научной ценности статьи, одобрение финальной версии рукописи.

Все авторы одобрили финальную версию статьи.

#### Authors' contributions

A.A. Izmailov: scientific supervision, making significant changes to the manuscript to improve the scientific value of the article, final article approval;

A.B. Chaprak: article idea, data analysis and interpretation, material processing, article writing;

A.I. Garifullin: data analysis and interpretation, article writing, scientific editing;

A.A. Izmailov: article writing, material processing;

A.R. Khasiev: data analysis and interpretation, data collecting;

A.R. Farganov, T.H. Akchulpan, K.Sh. Gantsev: article writing, data collecting;

T.G. Yatsenko, Yu.N. Khrizman: making significant changes to the manuscript to improve the scientific value of the article, final article approval.

All authors have read and approved the manuscript presented for publication.

#### ORCID авторов / ORCID of authors

А.А. Измайллов / A.A. Izmailov: <https://orcid.org/0000-0002-8461-9243>

А.Б. Чапрак / A.B. Chaprak: <https://orcid.org/0009-0008-3906-6521>

А.И. Гарифуллин / A.I. Garifullin: <https://orcid.org/0000-0002-7616-3899>

А.А. Измайллов / A.A. Izmailov: <https://orcid.org/0000-0001-5836-0066>

А.Р. Хазиев / A.R. Khasiev: <https://orcid.org/0000-0001-9142-480X>

А.Р. Фарганов / A.R. Farganov: <https://orcid.org/0009-0005-4019-9602>

Т.Х. Акчулпан / T.H. Akchulpan: <https://orcid.org/0000-0002-3627-0067>

К.Ш. Ганцев / K.Sh. Gantsev: <https://orcid.org/0000-0002-7562-5684>

Т.Г. Яценко / T.G. Yatsenko: <https://orcid.org/0000-0002-8582-2526>

Ю.Н. Хризман / Yu.N. Khrizman: <https://orcid.org/0009-0006-5825-7484>

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Финансирование.** Работа выполнена без спонсорской поддержки.

**Funding.** The work was performed without external funding.

**Заявление о доступности данных.** Данные, представленные в этом исследовании, доступны по запросу у соответствующего автора.

**Data availability statement.** Data presented in this study are available on request from the corresponding author.

**Статья поступила:** 03.04.2025. **Принята к публикации:** 19.02.2026. **Опубликована онлайн:** 27.02.2026.

**Article submitted:** 03.04.2025. **Accepted for publication:** 19.02.2026. **Published online:** 27.02.2026.