

<https://doi.org/10.29188/2222-8543-2025-18-3-58-65>

Состояние сперматогенеза и сексуальной функции у пациентов, перенесших высокодозную брахитерапию по поводу рака предстательной железы

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

М.М. Акрамов², С.С. Красняк¹, В.М. Перепухов¹, А.В. Корякин¹, А.В. Казаченко^{1,2}

¹ Научно-исследовательский институт урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России; Москва, Россия

² Российский университет дружбы народов, кафедра урологии и оперативной нефрологии с курсом онкоурологии; Москва, Россия

Контакт: Акрамов Мухсин Муротович, med_russia@mail.ru

Аннотация:

Введение. Рак предстательной железы (РПЖ) является наиболее часто выявляемым онкологическим заболеванием у мужчин в России. На ранних стадиях локализованного РПЖ низкого и промежуточного риска выполняется радикальная простатэктомия или различные методы лучевой терапии, оба подхода демонстрируют схожие онкологические результаты. Количество случаев РПЖ в более молодом возрасте растет, что делает вопросы, связанные с функциональными результатами особенно актуальными при выборе подхода к лечению, в частности сохранение эректильной функции, а по некоторым данным и fertильности.

Целью данного обзора является оценка и сравнение влияния высокодозной брахитерапии с другими методами радикального лечения с РПЖ на сексуальную функцию и fertильность.

Материалы и методы. Выполнен поиск и анализ публикаций в научных базах данных PubMed, Scopus, Web of Science, eLibrary, по ключевым словам: рак предстательной железы, высокодозная брахитерапия, низкодозная брахитерапия, функциональные результаты, эректильная функция, эректильная дисфункция, fertильность (*prostate cancer, high-dose-rate brachytherapy, low-dose-rate brachytherapy, functional outcomes, erectile function, erectile dysfunction, fertility*). Для настоящего обзора отобрано 65 публикаций.

Результаты. Представлены данные о механизмах радиоиндуцированного нарушения сперматогенеза, состоянии сперматогенеза у больных РПЖ после брахитерапии и влияние высокодозной и низкодозной брахитерапии на сексуальную функцию пациентов.

Выводы. По данным ряда исследований, систематических обзоров и мета-анализов высокодозная брахитерапия демонстрирует наилучшие функциональные показатели в отношении эректильной функции, а также fertильности.

Ключевые слова: рак предстательной железы; высокодозная брахитерапия; низкодозная брахитерапия; функциональные результаты; эректильная функция; дисфункция; fertильность.

Для цитирования: Акрамов М.М., Красняк С.С., Перепухов В.М., Корякин А.В., Казаченко А.В. Состояние сперматогенеза и сексуальной функции у пациентов, перенесших высокодозную брахитерапию по поводу рака предстательной железы. Экспериментальная и клиническая урология 2025;18(3):58-65; <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2025-18-3-58-65>

<https://doi.org/10.29188/2222-8543-2025-18-3-58-65>

Spermatogenesis and sexual function in patients after high-dose brachytherapy for prostate cancer

LITERATURE REVIEW

М.М. Акрамов², С.С. Красняк¹, В.М. Перепухов¹, А.В. Корякин¹, А.В. Казаченко^{1,2}

¹ N. Lopatkin Scientific Research Institute of Urology and Interventional Radiology – branch of the National Medical Research Radiological Center of the Ministry of Health of the Russian Federation; Moscow, Russia

² RUDN University; Moscow, Russia

Contacts: Mukhsin M. Akramov, med_russia@mail.ru

Summary:

Introduction. Prostate cancer (PCa) is the most frequently diagnosed oncological disease in men in Russia. In the early stages of localized low- and intermediate risk PCa, radical prostatectomy or various methods of radiation therapy are performed, both approaches demonstrate similar oncological results. The number of cases of PCa at a younger age is increasing, which makes functional outcomes increasingly relevant issues when choosing a treatment approach, in particular, preserving erectile function, and according to some data, fertility.

The aim of this review is to evaluate and compare the effect of high-dose-rate brachytherapy with other methods of radical treatment of prostate cancer on sexual function and fertility.

Materials and methods. A search and analysis of publications in scientific databases PubMed, Scopus, Web of Science, eLibrary was performed using the following keywords: prostate cancer, high-dose-rate brachytherapy, low-dose-rate brachytherapy, functional outcomes, erectile function, dysfunction, fertility. A total of 65 publications were selected for this review.

Results. The article presents data on the mechanisms of radiation-induced impairment of spermatogenesis, the state of spermatogenesis in patients with PCa after brachytherapy, and the effect of high-dose and low-dose brachytherapy on the sexual function of patients.

Conclusions. According to a number of studies, systematic reviews and meta-analyses, high-dose-rate brachytherapy demonstrates the best functional indicators in terms of erectile function and fertility.

Key words: prostate cancer; high-dose rate brachytherapy; low-dose rate brachytherapy; functional results; erectile function; dysfunction; fertility.

For citation: Akramov M.M., Krasnyak S.S., Perepukhov V.M., Koryakin A.V., Kazachenko A.V. Spermatogenesis and sexual function in patients after high-dose brachytherapy for prostate cancer. Experimental and Clinical Urology 2025;18(3):58-65; <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2025-18-3-58-65>

ВВЕДЕНИЕ

Рак предстательной железы (РПЖ) – самое распространенное онкологическое заболевание среди мужчин. По данным эпидемиологического исследования А.О. Шахзадовой и соавт. о состоянии онкологической помощи населению России в 2023 г вновь выявлено 51946 случаев РПЖ, заболевание I и II стадии выявлено в 18,0 и 47,2% случаев соответственно [1]. РПЖ «молодеет» – частота заболеваемости у мужчин в возрасте до 50 лет продолжает расти [2]. На ранних стадиях локализованного РПЖ низкого и промежуточного риска для радикального лечения больных может быть выбрано как хирургическое лечение, так и лучевая терапия, которые имеют сопоставимые по онкологическим результатам показатели [3].

Лучевая терапия РПЖ разделяется на дистанционную (ДЛТ) и внутритканевую брахитерапию, при проведении которой пациентам вводят радиоактивные источники непосредственно в ткань предстательной железы. В свою очередь брахитерапия делится на низкодозовую брахитерапию, при которой источник излучения постоянно находится в предстательной железе и высокодозовую, при которой радиоактивный источник вводят в железу на короткий промежуток времени. Брахитерапия обладает сопоставимой эффективностью с ДЛТ и радикальной простатэктомией (РПЭ) в подгруппах пациентов низкого и промежуточного риска [4 – 6].

Показанием для выполнения высокодозной брахитерапии является локализованный РПЖ низкого и промежуточного риска, кроме того, высокодозовая брахитерапия может выполняться в составе сочетанной лучевой терапии (ДЛТ + высокодозная брахитерапия) у пациентов с РПЖ высокого риска и местно-распространенным заболеванием при отсутствии отдаленных метастазов [7]. Учитывая, что данные рандомизированных контролируемых исследований и мета-анализов указывают на высокую выживаемость при локализованном заболевании независимо от выбранного лечения [8, 9]. Нежелательные явления, связанные с лечением и влияющие на качество жизни, играют важную роль в принятии решения пациентом о выборе подхода к лечению [10]. В частности, было показано, что сексуальная дисфункция после лечения, которая включает эректильную дисфункцию и эякуляторную дисфункцию, является одной из самых важных и распространенных проблем у больных РПЖ после радикального лечения [11, 12].

Для многих пациентов, страдающих РПЖ, особенно в относительно молодом возрасте, важно сохранение эректильной функции. Кроме того, часть пациентов хотят сохранить и фертильность. В идеальном случае лечение РПЖ должно приводить к излечению заболевания, наряду с удовлетворительным сохранением сексуальной и мочевыделительной функции, особенно у больных с РПЖ низкого риска [13]. Вопрос сохранения фертильности у больных РПЖ иногда упускается из виду из-за заблуждений о «пределном» возрасте для отцовства. Однако в ходе опроса 115 мужчин, лечившихся от РПЖ, проведенного B.G. Boyd и соавт., все пациенты заявили, что были проинформированы о побочных эффектах лечения, таких как недержание мочи и импотенция, но только 8,7% заявили, что получили информацию о влиянии на их будущую фертильность и назвали сохранение фертильности наиболее значимым вопросом при выборе метода лечения [14].

Брахитерапия при сопоставимых онкологических результатах имеет лучшие показатели в отношении функциональных результатов у больных РПЖ низкого и промежуточного риска. По данным мета-анализа R. Zhang и соавт, в который вошло 6 исследований с участием 1001 пациента, уровень эректильной дисфункции в группах РПЭ и брахитерапии составил 54,5% и 31,5% соответственно (отношение шансов (ОШ) = 2,06; 95% Доверительный интервал (ДИ): 1,15–3,70, $p=0,002$) [15]. По данным мета-анализа X. Xie с соавт. (8 проспективных когортных исследований с участием 2340 больных РПЖ низкого и промежуточного риска), в котором сравнивалась влияние ДЛТ и брахитерапия на эректильную функцию, брахитерапия имела лучшие показатели сохранения эректильной функции в короткий период после лечения, но уже через 3 месяца показатели были сопоставимы [16].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обзор литературы составлен из проанализированных материалов по научным базам данных

(PubMed, Scopus, Web of Science, eLibrary). Для поиска материалов были использованы ключевые слова на русском и английском языках: «рак предстательной железы», «высокодозная брахитерапия», «функциональные результаты», «эректильная функция», «эректильная дисфункция», «фертильность» («prostate cancer», «high-dose brachytherapy», «low-dose brachytherapy», «functional outcomes», «erectile function», «dysfunction», «fertility»). В обзоре литературы использованы статьи на русском и английском языках, которые содержат данные о состоянии сексуальной функции и фертильности у больных РПЖ, которым выполнялись различные варианты радикального лечения (РПЭ, ДЛТ, низкодозная или высокодозная брахитерапия). Были использованы статьи, опубликованные за последние 20 лет.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Сперматогенез

Сперматогенез – это непрерывный процесс образования зрелых сперматозоидов, который происходит в семенных канальцах яичек постпубертатных мужчин. Сперматогенез является одним из наиболее митотически активных процессов в организме человека, сперматогонии, диплоидные предшественники гаплоидных сперматозоидов, постоянно подвергаются митотическому делению, за которым следует мейоз для производства круглых сперматид, которые затем дифференцируются в зрелые сперматозоиды [17]. Непрерывные циклы митотического и мейотического деления клеток делают сперматогенез весьма восприимчивым не только к случайным ошибкам, присущим процессу репликации ДНК, но и к токсичным факторам окружающей среды, включая химиотерапевтические агенты и воздействие радиации [17-20].

Механизм радиоиндуцированного нарушения сперматогенеза

При проведении ДЛТ опухолей органов малого таза временная азооспермия может возникнуть при дозах >0,7 Гр при попадании в зону облучения яичек [21]. Пределы дозы, при которых азооспермия становится постоянной, остаются неясными. Известно, что дозы более 1,2 Гр увеличивают время восстановления сперматогенеза, необратимое повреждение гонад наступает при 4 Гр [22, 23].

Согласно некоторым данным, снижение показателей сперматогенеза после лучевой терапии онкологических заболеваний, в том числе РПЖ, связано с дисфункцией клеток Лейдига и снижением сывороточного тестостерона, а также прямым влиянием на сперматогонии [24]. Однако существует недостаточно

данных о влиянии высокодозной брахитерапии на сперматогенез, так как большинство мужчин, которым выполнялась высокодозная брахитерапия являются пациентами старшего возраста и, они обычно не планируют рождение детей.

Ионизирующее излучение, используемое для лечения опухолей (РПЖ, рак мочевого пузыря), вызывает гибель клеток, в основном через прямое или косвенное повреждение ДНК в ядре, что приводит к апоптозу, митотической катастрофе, некрозу, старению и аутофагии [25]. Одним из основных принципов радиобиологии является закон Бергонье-Трибондо (law Bergonié and Tribondeau), который гласит, что радиочувствительность ткани пропорциональна скорости пролиферации ее клеток и обратно пропорциональна степени дифференциации клеток [26].

Ионизирующее излучение вызывает повреждение всех клеточных органелл, наиболее выраженные поражения возникают в молекуле ДНК, что часто приводит к гибели клетки [27]. Повреждение ДНК может происходить либо путем прямой ионизации молекулы, либо путем непрямой ионизации, вызванной свободными радикалами, а точнее, активными формами кислорода (АФК), которые в основном производятся при радиолизе воды [28]. Генерация АФК напрямую приводит к различным повреждениям ДНК, включая делеции хромосом, межхроматиновые сшивки и одно- и двухцепочечные разрывы, причем последние считаются наиболее летальными повреждениями для клеток [24]. Кроме того, АФК дополнительно усиливают разрывы цепей ДНК посредством индукции апоптотических медиаторов цитохрома С и каспаз 9 и 3 [29]. Облучение дозой всего 10 мГр приводит к активации гена *p53*, который в свою очередь вызывает апоптоз сперматогоний [30].

Состояние сперматогенеза у больных раком предстательной железы после брахитерапии

Лучшим подходом к снижению дозы облучения яичек при радикальном первичном лечении локализованного РПЖ, безусловно, является брахитерапия, учитывая ее несравненный градиент дозы. В отношении низкодозной брахитерапии опубликовано несколько сообщений об успешном зачатии после лечения. В исследовании J.H. Mydlo и соавт., проведенном с участием четырех молодых пациентов, страдающих РПЖ, которым была выполнена низкодозная брахитерапия ^{125}I с общей расчетной дозой на яички 0,2 Гр, не было обнаружено существенных изменений в параметрах спермы после терапии и трое из них впоследствии смогли стать отцами [31]. В работе B. Delaunay и соавт. из 122 мужчин в возрасте до 65 лет, которым были имплантированы зерна ^{125}I , четверо мужчин проявили желание стать отцами. Через год после брахитерапии

их спермограмма показала низкий объем эякуляции и умеренную астенозооспермию, но имела большое количество сперматозоидов, что подтверждено спонтанной беременностью их партнерш [32]. Однако из-за длительного периода полураспада используемых изотопов попытка зачатия приходится откладывать на срок от 3 до 12 месяцев после лечения [31, 32].

Первое и единственное сообщение об отцовстве после высокодозной брахитерапии было опубликовано в 2008 году. Пациент имел желание зачать ребенка, несмотря на наличие РПЖ. Он прошел одну фракцию высокодозной брахитерапии ^{192}Ir (общая доза 10 Гр, testikuлярная доза 0,1 Гр), и зачал ребенка через 2 дня после лечения, прежде чем пройти курс ДЛТ для завершения лечения [33].

Сравнение сексуальной функции у пациентов после высокодозной и низкодозной брахитерапии

L. Gesztesi и соавт. сравнили сексуальную функцию у больных РПЖ низкого и промежуточного риска после высокодозной брахитерапии ^{192}Ir ($n = 117$, 19/21 Гр) и низкодозной брахитерапии ^{125}I ($n = 123$, 145 Гр) до лечения и во время последующего наблюдения (через 3, 6, 9, 12, 18 и 24 месяца после лечения, а затем ежегодно). Пациенты заполняли опросники EORTC (European Organization for Research and Treatment of Cancer Quality of Life Questionnaire), раздел QLQ-PR-25 (оценивает симптомы мочеиспускания, кишечные симптомы, симптомы, связанные с гормональным лечением, сексуальную активность и сексуальное функционирование) и опросники МИЭФ и МИЭФ-5 (Международный индекс эректильной функции) на основании которых фиксировали измерения сообщаемых пациентами результатов (PROM – patient-reported outcome measurement). В исследование были включены пациенты разделенные на подгруппы сравнения: (высокодозная брахитерапия и низкодозная брахитерапия, без андрогенной депривационной терапии (АДТ) и получающие АДТ; высокодозная брахитерапия и низкодозная брахитерапия, без АДТ и получающие АДТ; высокодозная брахитерапия с дозой облучения 19 Гр против высокодозной брахитерапии с дозой облучения 21 Гр). В группе низкодозной брахитерапии без гормональной терапии (ГТ) эректильная функция, функция оргазма, сексуальное желание, удовлетворение от полового акта и общие функции удовлетворения значительно снизились по сравнению с исходным уровнем на протяжении всего периода наблюдения. После высокодозной брахитерапии у пациентов, не получавших ГТ было выявлено значительное снижение сексуальной функции максимум в трех временных точках (3, 6 и 9 мес.). Не обнаружено существенной разницы частоты побочных эффектов на сексуальную функцию при низкодозной и высокодоз-

ной брахитерапии, что говорит об отсутствии явного превосходства одного метода над другим в отношении влияния на сексуальные функции. В первые 3–6 месяцев низкодозная брахитерапия ассоциирована с более выраженными побочными эффектами, хотя по истечении этого периода времени разница нивелируется. По данным опросников выявлено снижение сексуальной функции в обеих группах – после проведения высокодозной и низкодозной брахитерапии. В группах без проведения ГТ авторы выявили лучшие показатели сексуальной функции для высокодозной брахитерапии по данным опросников МИЭФ и МИЭФ-5. Кроме того, в группе высокодозной брахитерапии восстановление сексуальной функции, как правило, было более быстрым. Авторы приходят к выводу, что высокодозная брахитерапия в монорежиме с дозой 21 Гр, по-видимому, так же безопасна, как и высокодозная брахитерапия с дозой 19 Гр в отношении побочных эффектов сексуальной функции [34].

В рандомизированном исследовании сравнивали качество жизни с помощью шкалы EPIC (Expanded Prostate Cancer Index Composite), оценивающей состояние мочеполовой системы, показатели сексуальной функции и желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) после ДЛТ в комбинации с низкодозной ^{125}I ($n=87$) или высокодозной брахитерапией ^{192}Ir ($n=108$). Исходные баллы по шкале EPIC в когортах низкодозной и высокодозной брахитерапии были сопоставимы: 89 и 88 соответственно для мочеполовой системы; 92 и 93 балла – для ЖКТ. Показатели по шкале EPIC для мочеполовой системы снизились через 1 месяц после высокодозной брахитерапии, но быстро восстановились до устойчивого состояния через 6 месяцев, тогда как показатели при низкодозной брахитерапии достигли надира через 3 месяца с медленным восстановлением в течение 18 месяцев, после чего качество жизни по показателям мочеполовой системы было снова сопоставимы. Показатели качества жизни для ЖКТ снизились в обеих когортах, достигнув соответствующих надиров через 12 месяцев. Показатели качества жизни в отношении эректильной функции по шкале EPIC не имели значимых различий после высокодозной или низкодозной брахитерапии. В целом в группе высокодозной брахитерапии показатели качества жизни восстановились быстрее, чем в группе низкодозной, кроме того, в группе высокодозной брахитерапии, степень восстановления всех показателей качества жизни была ближе к показателям до начала лечения, чем в группе низкодозной. Через 18 месяцев после проведенного лечения качество жизни в обеих группах было сопоставимо [35].

В исследовании W.L. Ong и соавт., сравнивающем качество жизни больных РПЖ низкого и промежуточного риска после высокодозной и низкодозной брахитерапии в монорежиме продемонстрировано ■

отсутствие различий в качестве жизни в исследуемых группах через 12 месяцев. Авторы оценивали показатели функции нижних мочевыводящих путей, состояния ЖКТ и сексуальную функцию [36].

Иные результаты были получены в другом исследовании, сравнивающем нежелательные явления ДЛТ в комбинации с низкодозной или высокодозной брахитерапией у больных РПЖ высокого риска. Применение низкодозной брахитерапии в комбинации с ДЛТ было ассоциировано с более выраженными нежелательными явлениями со стороны нижних мочевыводящих путей, особенно в первые месяцы после лечения [37].

В исследовании, проведенном в Российском научном центре рентгенорадиологии (ФГБУ РНЦРР Минздрава РФ), результаты которого опубликованы в 2017 г. сообщалось о состоянии эректильной функции после низкодозной и высокодозной брахитерапии. Всего в исследовании приняли участие 105 пациентов, которым проводилось лечение источниками ^{125}I ($n=87$) и ^{192}Ir ($n=18$). Средний возраст пациента на момент лечения составил 63,5 лет. Эректильная функция сохранилась у 70 (66,7%) пациентов [38].

Позднее в 2019 г были опубликованные обновленные данные исследования из того же центра, согласно которым эректильная функция сохранялась в 71,8% случаев после низкодозной брахитерапии ^{125}I , в 69,8% случаев – после высокодозной брахитерапии с ^{192}Ir и только в 6% случаев – после РПЭ. Шанс сохранения эректильной функции при выполнении нервосберегающей техники в рамках этого исследования в РНЦРР Минздрава РФ составил 25% [39].

Механизм развития эректильной дисфункции

Механизм развития эректильной дисфункции состоит из различных механизмов, включающих в себя нарушение иннервации, кровоснабжения и работы гладкомышечных клеток [40]. Нервное сплетение, которое расположено в заднелатеральной стенке предстательной железы, состоит из парасимпатических, и симпатических путей, они обеспечивают вегетативную иннервацию кавернозных тел. При выполнении РПЭ нервные волокна могут быть пересечены, если не выполняется нервосбережение или повреждены, например, при использовании коагуляции, как монополярной, так и bipolarной [41]. Появление нервосберегающих РПЭ снизило число случаев эректильной дисфункции, ассоциированной с хирургическим лечением, однако это осложнение по-прежнему возникает у многих пациентов даже при выполнении двустороннего нервосбережения. Данный факт позволяет предположить, что эректильная дисфункция связана не только с повреждением нервов [42].

Вторым важным фактором, влияющим на развитие эректильной дисфункции, могут являться нарушения кровоснабжения кавернозных тел. По данным

исследования J.P. Mulhall и соавт., у пациентов, перенесших двустороннюю нервосберегающую РПЭ, были либо артериальная, либо венозная недостаточность, которые вызывали эректильную дисфункцию [43]. Состояние гипоксии, которое может возникнуть после РПЭ приводит к фиброзу кавернозных тел [44]. Этому же при гипоксии способствует TGF-бета (трансформирующий фактор роста бета) посредством индукции отложения коллагена в кавернозных гладкомышечных клетках [45]. Таким образом, нарушения кровообращения, ассоциированные с РПЭ, могут индуцировать гипоксию, которая вызывает высвобождение цитокинов, приводящее к фиброзу кавернозных тел [43].

В результате нейропраксии может возникать состояние гипоксии в неэргированном половом члене, что может привести к апоптозу и фиброзу гладкой мускулатуры [45, 46], что в свою очередь может вызвать необратимые изменения с развитием веноклюзивной эректильной дисфункции [47].

Описанный каскад событий связан с исходным повреждением нервных волокон сосудисто-нервного пучка, при этом последствия более выражены в случае повреждения волокон с двух сторон. Таким образом, сохранение эректильной функции зависит от хирургической техники [41]. После хирургического лечения с выполнением нервосберегающих техник в большинстве случаев будет наблюдаться постепенное восстановление эректильной функции, которая может занимать более 2 лет [48], при этом лишь 4% пациентов возвращаются к исходному уровню эректильной функции [49]. В связи с этим возникает необходимость в использовании различных методов пенильной реабилитации.

Эректильная дисфункция, ассоциированная с облучением, вероятно, вызвана повреждением сосудистой сети пещеристых нервов и луковицы полового члена [50-51]. Лучевая терапия оказывает более постепенное влияние на развитие эректильной дисфункции по сравнению с РПЭ, поскольку ткани полового члена и пещеристые нервы изменяются под воздействием излучения, пик эректильной дисфункции приходится на период от 6 месяцев до 2 лет после лучевой терапии [52, 54]. Эректильная дисфункция оказывает значительное влияние на качество жизни пациентов, которым было проведено радикальное лечение РПЖ, при этом большинство из них сообщают о тяжелом дистрессе в результате эректильной дисфункции, связанной с лечением [55, 56].

Эректильная дисфункция при лучевой терапии

Показатели эректильной дисфункции различаются в зависимости от метода облучения, при этом брахитерапия связана с небольшим преимуществом над ДЛТ. Эректильная дисфункция, вызванная брахитерапией, встречается у 25–50% пациентов [57-60],

тогда как после ДЛТ – в 35–60 % случаев [61]. Такие большие диапазоны показателей эректильной дисфункции, вероятно, обусловлены различными дозами облучения в зависимости от стадии заболевания и возраста больных, а также другими факторами, которые, как было показано, являются предикторами эректильной дисфункции после лучевой терапии [62, 63].

Другой предположительной причиной эректильной дисфункции после высокодозной брахитерапии, по мнению Р.В. Новикова и соавт. является механическое повреждение иглами-интрастатами внутренних половых артерий, что приводит к перфузионным нарушениям кавернозных тел. Данный механизм относится и к другим манипуляциям, выполняемым промежностным доступом (сатурационная биопсия) [64].

Эякуляторная дисфункция при лучевой терапии

Лучевая терапия органов малого таза может потенциально привести к эякуляторной дисфункции, но данных по этому вопросу недостаточно. В 2009 году Е. Nuughe и соавт. сообщили, что у 81,3% из 241 сексуально активных мужчины, которым была проведена брахитерапия предстательной железы, сохранилась антеградная эякуляция при среднем периоде наблюдения в течение 2,5 лет, однако они отметили уменьшение объема эякулята и ухудшение качества оргазма [65]. В 2013 году J.F. Sullivan с соавт. выявили, что у 72% пациентов, перенесших ДЛТ и брахитерапию, отсутствовала антеградная эякуляция после лучевой терапии предстательной железы к последнему визиту, у 16% наблюдалась анэякуляция через год наблюдения после лечения, а у 89% – через 5 лет [66]. Такое расхождение между двумя исследованиями возможно связано с различиями в дозах облучения/стадии заболевания, возрасте больных и лечении лучевой терапией (в исследования J.F. Sullivan соавт. вошли больные РПЖ как брахитерапии, так и ДЛТ или их комбинация, тогда как в исследовании Е. Nuughe с соавт. вошли пациенты только после брахитерапии).

ОБСУЖДЕНИЕ

Представленные в обзоре данные свидетельствуют о том, что сопоставимая онкологическая эффективность оперативных и лучевых методов терапии локализованного рака предстательной железы представляет возможность выбора, основанного на оценке функциональных результатов локальной терапии. Это может быть особенно значимо для более молодых пациентов. Необходимо в полной мере информировать пациентов о возможности современных вариантов лечения, учитывая пожелания пациента относительно качества жизни.

Брахитерапия (как низкодозная, так и высокодозная) демонстрирует преимущества в сохранении эректильной функции по сравнению с радикальной простатэктомией [15] и с ДЛТ [16, 34, 35].

Важным выводом является отсутствие статистически значимых различий в показателях эректильной функции между двумя вариантами брахитерапии при длительном наблюдении [34, 36]. Однако необходимо отметить, что динамика восстановления эректильной функции различается: высокодозная брахитерапия характеризуется более быстрым восстановлением качества жизни в первые месяцы после лечения, в то время как низкодозная брахитерапия ассоциирована с более медленным и постепенным процессом реабилитации. При этом высокодозная брахитерапия может применяться не только при РПЖ низкого риска, что создает возможность сохранения сексуальной функции и fertильности у большего количества пациентов [35].

Брахитерапия, является предпочтительным методом для пациентов, планирующих отцовство. Расчетная доза облучения на яички при высокодозной брахитерапии (ВБТ) (около 0,1 Гр) [33] значительно ниже порога, вызывающего необратимое повреждение гонад (>4 Гр) [22, 23], что теоретически и подтверждается единичными клиническими случаями успешного зачатия после процедуры [31-33]. Однако крайняя малочисленность таких сообщений подчеркивает необходимость целенаправленного изучения этого вопроса.

ВЫВОДЫ

По данным ряда исследований, систематических обзоров и мета-анализов высокодозная брахитерапия демонстрирует наилучшие функциональные показатели в отношении эректильной функции, а также fertильности. В настоящее время патогенез развития эректильной дисфункции, возникающей после выполнения высокодозной брахитерапии достоверно не установлен, в связи с чем необходимо проведение тщательно спланированных проспективных исследований, направленных на оценку влияния как сосудистого повреждения, так и лучевого.

Количество данных о состоянии fertильности больных РПЖ после высокодозной брахитерапии крайне ограничено. Это обуславливает необходимость проведения дальнейших исследований в данной области, включая оценку спермограммы после проведенного лечения через различные промежутки времени.

Полученные уточненные данные о механизмах эректильной дисфункции и состоянии сперматогенеза после высокодозной брахитерапии могут позволить улучшить технику выполнения вмешательства, а также помочь с выбором варианта радикального лечения локализованного рака предстательной железы.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Шахзадова А.О., Старинский В.В., Лисичникова И.В. Состояние онкологической помощи населению России в 2022 году. *Сибирский онкологический журнал* 2023;22(5):5-13. [Shakhzadova A.O., Starinsky V.V., Lisichnikova I.V. Cancer care to the population of Russia in 2022. *Sibirskiy onkologicheskiy zhurnal = Siberian Journal of Oncology* 2023;22(5):5-13. (In Russian)]. <https://doi.org/10.21294/1814-4861-2023-22-5-5-13>
2. Старцев В.Ю., Шпоть Е.В., Караваев Д.К., Кривоносов Д.И. Выявление рака предстательной железы у мужчин молодого и среднего возрастов. *Вестник урологии* 2022;10(1):110-20. [Starțev V.Yu., Špot' E.V., Karaev D.K., Krivonosov D.I. Opportunities for early detection of prostate cancer in young and middle-aged men. *Vestnik Urologii = Urology Herald* 2022;10(1):110-20. (In Russian)]. <https://doi.org/10.21886/2308-6424-2022-10-1-110-120>
3. Hekman L, Barrett A, Ross D, Palaganas E, Giridhar P, Elumalai T, et al. A systematic review of clinical trials comparing radiation therapy versus radical prostatectomy in prostate cancer. *Clin Genitourin Cancer* 2024;22(5):10215. <https://doi.org/10.1016/j.cgdc.2024.10215>
4. Incrocci L, Wortel RC, Alemayehu WG, Aluwini S, Schimmel E, Krol S, et al. Hypofractionated versus conventionally fractionated radiotherapy for patients with localised prostate cancer (HYPRO): final efficacy results from a randomised, multicentre, open-label, phase 3 trial. *Lancet Oncol* 2016;17(8):1061-9. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(16\)30070-5](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(16)30070-5)
5. Dearnaley D, Syndikus I, Mossop H, Khoo V, Birtle A, Bloomfield D, et al. Conventional versus hypofractionated high-dose intensity-modulated radiotherapy for prostate cancer: 5-year outcomes of the randomised, non-inferiority, phase 3 CHHiP trial. *Lancet Oncol* 2016;17(8):1047-60. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(16\)30102-4](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(16)30102-4)
6. Lee WR, Dignam JJ, Amin MB, Bruner DW, Low D, Swanson GP, et al. Randomized phase III noninferiority study comparing two radiotherapy fractionation schedules in patients with low-risk prostate cancer. *J Clin Oncol* 2016;34(20):2325-32. <https://doi.org/10.1200/JCO.2016.67.0448>
7. Каприн А.Д., Алексеев Б.Я., Матвеев В.Б., Пушкарь Д.Ю., Говоров А.В., Горбань Н.А. и др. Клинические рекомендации. Рак предстательной железы. Одобрено Научно-практическим Советом Минздрава России. Год утверждения 2021. 124 с. URL: https://cr.minsdrav.gov.ru/view-cr/12_3#doc_a1. [Kaprin A.D., Alekseev B.Ya., Matveev V.B., Pushkar D.Yu., Gоворов А.В., Горбань Н.А., et al. Clinical guidelines. Prostate cancer Approved by the Scientific and Practical Council of the Ministry of Health of the Russian Federation. Year of approval 2021, 124 p. URL: https://cr.minsdrav.gov.ru/view-cr/12_3#doc_a1. (In Russian)].
8. Wallis CJD, Sasaki R, Choo R, Herschorn S, Kodama RT, Satkunasivam R, et al. Surgery versus radiotherapy for clinically-localized prostate cancer: a systematic review and meta-analysis. *Eur Urol* 2016;70(1):21-30. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2015.11.010>
9. Hamdy FC, Donovan JL, Lane JA, Mason M, Metcalfe C, Holding P, et al. 10-year outcomes after monitoring, surgery, or radiotherapy for localized prostate cancer. *N Engl J Med* 2016;375(15):1415-24. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1606220>
10. Gore JL, Kwan L, Lee SP, Reiter RE, Litwin MS. Survivorship beyond convalescence: 48-month quality-of-life outcomes after treatment for localized prostate cancer. *J Natl Cancer Inst* 2009;101(12):888-92. <https://doi.org/10.1093/jnci/djp114>
11. Helgason AR, Adolfsson J, Dickman P, Fredrikson M, Arver S, Steineck G. Waning sexual function--the most important disease-specific distress for patients with prostate cancer. *Br J Cancer* 1996;73(11):1417-21. <https://doi.org/10.1038/bjc.1996.268>
12. Schover, LR. Sexual rehabilitation after treatment for prostate cancer. *Cancer* 1993;71(3 Suppl):1024-30. [https://doi.org/10.1002/1097-0142\(19930201\)71:3<1024::aid-cncr2820711421>3.0.co;2-2](https://doi.org/10.1002/1097-0142(19930201)71:3<1024::aid-cncr2820711421>3.0.co;2-2)
13. Moschini M, Carroll PR, Eggener SE, Epstein JI, Graefen M, Montironi R. Low-risk prostate cancer: identification, management, and outcomes. *Eur Urol* 2017;72(2):238-49. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2017.03.009>
14. Boyd BG, McCallum SW, Lewis RW, Terris MK. Assessment of patient concern and adequacy of informed consent regarding infertility resulting from prostate cancer treatment. *Urology* 2006;68(4):840-4. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2006.04.009>
15. Zhang P, Qian B, Shi J, Xiao Y. Radical prostatectomy versus brachytherapy for clinically localized prostate cancer on oncological and functional outcomes: a meta-analysis. *Transl Androl Urol* 2020;9(2):332-43. <https://doi.org/10.21037/tau.2020.02.15>
16. Xie X, Zhang Y, Ge C, Liang P. Effect of brachytherapy vs. external beam radiotherapy on sexual function in patients with clinically localized prostate cancer: a meta-analysis. *Front Cell Dev Biol* 2022;9:792597. <https://doi.org/10.3389/fcell.2021.792597>
17. García-Rodríguez A, Gosálvez J, Agarwal A, Roy R, Johnston S. DNA damage and repair in human reproductive cells. *Int J Mol Sci* 2018;20(1):31. <https://doi.org/10.3390/ijms20010031>
18. Qu N, Itoh M, Sakabe K. Effects of chemotherapy and radiotherapy on spermatogenesis: the role of testicular immunology. *Int J Mol Sci* 2019;20(4):957. <https://doi.org/10.3390/ijms20040957>
19. Fukunaga H, Yokoya A, Prise KM. A Brief Overview of radiation-induced effects on spermatogenesis and oncofertility. *Cancers* 2022;14(3):805. <https://doi.org/10.3390/cancers14030805>
20. Boekelheide K. Mechanisms of toxic damage to spermatogenesis. *J Natl Cancer Inst Monogr* 2005;(34):6-8. <https://doi.org/10.1093/jncimonographs/lgi006>
21. Berthelsen, JG. Sperm counts and serum follicle-stimulating hormone levels before and after radiotherapy and chemotherapy in men with testicular germ cell cancer. *Fertil Steril* 1984;41(2):281-6. [https://doi.org/10.1016/s0015-0282\(16\)47605-3](https://doi.org/10.1016/s0015-0282(16)47605-3)
22. Howell SJ, Shalet SM. Spermatogenesis after cancer treatment: damage and recovery. *J Natl Cancer Inst Monogr* 2005;(34):12-7. <https://doi.org/10.1093/jncimonographs/lgi003>
23. Ståhl O, Eberhard J, Jepson K, Spano M, Cwikiel M, Cavallin-Ståhl E. Sperm DNA integrity in testicular cancer patients. *Hum Reprod* 2010;25(8):1877-83. <https://doi.org/10.1093/humrep/del292>
24. Agarwal A, Said TM. Oxidative stress, DNA damage and apoptosis in male infertility: a clinical approach. *BJU Int* 2005;95(4):503-7. <https://doi.org/10.1111/j.1464-410X.2005.05328.x>
25. Jiao Y, Cao F, Liu H. Radiation-induced cell death and its mechanisms. *Health Phys* 2022;123(5):376-86. <https://doi.org/10.1097/HP.00000000000001601>
26. Vogen G, Foray N. The law of Bergonié and Tribondeau: a nice formula for a first approximation. *Int J Radiat Biol* 2013;89(1):2-8. <https://doi.org/10.3109/09553002.2012.717732>
27. Huang R, Zhou PK. DNA damage repair: historical perspectives, mechanistic pathways and clinical translation for targeted cancer therapy. *Signal Transduct Target Ther* 2021;6(1):254. <https://doi.org/10.1038/s41392-021-00648-7>
28. Holley AK, Miao L, St Clair DK, St Clair WH. Redox-modulated phenomena and radiation therapy: the central role of superoxide dismutases. *Antioxid Redox Signal* 2014;20(10):1567-89. <https://doi.org/10.1089/ars.2012.5000>
29. Said TM, Paasch U, Glander HJ, Agarwal A. Role of caspases in male infertility. *Hum Reprod Update* 2004;10(1):39-51. <https://doi.org/10.1093/humupd/dmh003>
30. Grewenig A, Schuler N, Rübe CE. Persistent DNA damage in spermatogonial stem cells after fractionated low-dose irradiation of testicular tissue. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2015;92(5):1123-31. <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2015.04.033>
31. Mydlo JH, Lebed B. Does brachytherapy of the prostate affect sperm quality and/or fertility in younger men. *Scand J Urol Nephrol* 2004;38(3):221-4. <https://doi.org/10.1080/00365590410025451>
32. Delaunay B, Delanney M, Bachaud JM, Bouaziz M, Salloum A, Thoulouzan M. Fertility after prostate brachytherapy with Iodine 125 permanent implants for localized prostate cancer. *Prog Urol* 2012;22(1):53-77. <https://doi.org/10.1016/j.purol.2011.06.001>
33. Steinsvål EA, Fosså SD. Fertility issues in patients with prostate cancer. *BJU Int* 2008;102(7):793-5. <https://doi.org/10.1111/j.1464-410X.2008.07739.x>
34. Gesztesi L, Kocsis ZS, Jorge K, Fröhlich G, Polgár C, Ágoston P. Alterations of sexual and erectile functions after brachytherapy for prostate cancer based on patient-reported questionnaires. *Prostate cancer* 2024;2024:5729185. <https://doi.org/10.1155/2024/5729185>
35. Crook J, Moideen N, Arbour G, Castro F, Araujo C, Batchelor D. A Randomized trial comparing quality of life after low-dose rate or high-dose rate prostate brachytherapy boost with pelvic external beam radiation therapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2024;120(1):59-68. <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2024.02.064>
36. Ong WL, Evans M, Papa N, Williams S, Millar J. Population-based patient-reported quality of life outcomes following low-dose-rate versus high-dose-rate brachytherapy monotherapy for low-intermediate risk prostate cancer. *J Med Imaging Radiat Oncol* 2023;67(7):789-95. <https://doi.org/10.1111/1754-9485.13596>
37. Dhore VR, Fischer-Valuck BW, Goyal S, Liu Y, Morgan TM, Ghavidel E. Patient-reported outcomes after Low-dose-rate versus High-dose-rate brachytherapy boost in combination with external beam radiation for intermediate and high risk prostate cancer. *Brachytherapy* 2021;20(6):1130-8. <https://doi.org/10.1016/j.brachy.2021.07.005>
38. Солодкий В.А., Павлов А.Ю., Цыбульский А.Д., Квашин А.К. Эректильная функция после брахитерапии локализованного рака предстательной железы. *Экспериментальная и клиническая урология* 2017;10(4):115. [Solodkiy, V. A., Pavlov, A. Yu., Tsibulsky, A. D., Kvashin A. K. Erectile function after brachytherapy for localized prostate cancer. *Eksperimental'naya i klinicheskaya urologiya = Experimental and Clinical Urology* 2017;10(4):115 (In Russian)].
39. Павлов, А. Ю., Цыбульский, А. Д., Квашин, А. К., Гадзария, А. Г., Гафанов, Р. А. Сравнительный анализ показателей эректильной функции у пациентов с локализованным раком предстательной железы после брахитерапии и радикальной простатэктомии. *Экспериментальная и клиническая урология* 2019;12(2): 50-3. [Pavlov A.Yu., Cybul'skiy A.D., Ivashin A.K., Dzidzariya A.G., Gafanov R.A. Comparative analysis of indicators of erectile function in patients with localized prostate cancer after brachytherapy and radical prostatectomy *Eksperimental'naya i klinicheskaya urologiya = Experimental and Clinical Urology* 2019;12(2): 50-3 (In Russian)]. <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2019-11-2-50-53>
40. Gratzke C, Angulo J, Chitatey K, Dai YT, Kim NN, Paick JS, Simonsen U. Anatomy, physiology, and pathophysiology of erectile dysfunction. *J Sex Med* 2010;7(1Pt2):445-75. <https://doi.org/10.1111/j.1743-6109.2009.01624.x>
41. Walsh PC, Donker PJ. Impotence following radical prostatectomy: insight into etiology and prevention. *J Urol* 1982;128(3):492-7. [https://doi.org/10.1016/s0022-5347\(17\)53012-8](https://doi.org/10.1016/s0022-5347(17)53012-8)
42. Castiglione F, Ralph DJ, Munneer A. Surgical techniques for managing post-prostatectomy erectile dysfunction. *Curr Urol Rep* 2017;18(11):90. <https://doi.org/10.1007/s11934-017-0735-2>
43. Mulhall JP, Slovick R, Hotaling J, Aviv N, Valenzuela R, Waters WB. Erectile dysfunction after radical prostatectomy: hemodynamic profiles and their correlation with the recovery of erectile function. *J Urol* 2002;167(3):1371-5. [https://doi.org/10.1016/s0022-5347\(05\)65303-7](https://doi.org/10.1016/s0022-5347(05)65303-7)
44. Leungwattanakij S, Bivalacqua TJ, Usta MF, Yang DY, Hyun JS, Champion HC. Cavernous neurotomy causes hypoxia and fibrosis in rat corpus cavernosum. *J Androl* 2003;24(2):239-45. <https://doi.org/10.1002/j.1399-4640.2003.tb02668.x>
45. Moreland RB. Is there a role of hypoxemia in penile fibrosis: a viewpoint

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- presented to the Society for the Study of Impotence. *Int J Impot Res* 1998;10(2):113-20. <https://doi.org/10.1038/sj.ijir.3900328>
46. Kim N, Vardi Y, Padma-Nathan H, Daley J, Goldstein I, Saenz de Tejada I. Oxygen tension regulates the nitric oxide pathway. Physiological role in penile erection. *J Clin Invest* 1993;91(2):437-42. <https://doi.org/10.1172/JCI116220>
47. L Lue TF, Tanagho EA. Physiology of erection and pharmacological management of impotence. *J Urol* 1987;137(5):829-36. [https://doi.org/10.1016/s0022-5347\(17\)44267-4](https://doi.org/10.1016/s0022-5347(17)44267-4)
48. Glickman L, Godoy G, Lepor H. Changes in continence and erectile function between 2 and 4 years after radical prostatectomy. *J Urol* 2009;181(2):731-5. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2008.10.019>
49. Nelson CJ, Scardino PT, Eastham JA, Mulhall JP. Back to baseline: erectile function recovery after radical prostatectomy from the patients' perspective. *J Sex Med* 2013;10(6):1636-43. <https://doi.org/10.1111/jsm.12135>
50. Roach M 3rd, Nam J, Gagliardi G, El Naqa I, Deasy JO, Marks LB. Radiation dose-volume effects and the penile bulb. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2010;76(3Suppl):S130-4. <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2009.04.094>
51. Fisch BM, Pickett B, Weinberg V, Roach M. Dose of radiation received by the bulb of the penis correlates with risk of impotence after three-dimensional conformal radiotherapy for prostate cancer. *Urology* 2001;57(5):955-9. [https://doi.org/10.1016/s0090-4295\(01\)00940-2](https://doi.org/10.1016/s0090-4295(01)00940-2)
52. Merrick GS, Wallner K, Butler WM, Galbreath RW, Lief JH, Benson ML. A comparison of radiation dose to the bulb of the penis in men with and without prostate brachytherapy-induced erectile dysfunction. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2001;50(3):597-604. [https://doi.org/10.1016/s0360-3016\(01\)01475-4](https://doi.org/10.1016/s0360-3016(01)01475-4)
53. DiBiase SJ, Wallner K, Tralins K, Sutlief S. Brachytherapy radiation doses to the neurovascular bundles. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2000;46(5):1301-7. [https://doi.org/10.1016/s0360-3016\(99\)00551-9](https://doi.org/10.1016/s0360-3016(99)00551-9)
54. Incrocci L. Radiation therapy for prostate cancer and erectile (dys)function: the role of imaging. *Acta Oncol* 2005;44(7):673-8. <https://doi.org/10.1080/02841860500326190>
55. Miller DC, Sanda MG, Dunn RL, Montie JE, Pimentel H, Sandler HM. Long-term outcomes among localized prostate cancer survivors: health-related quality-of-life changes after radical prostatectomy, external radiation, and brachytherapy. *J Clin Oncol* 2005;23(12):2772-80. <https://doi.org/10.1200/JCO.2005.07.116>
56. Penson DF, Latini DM, Lubeck DP, Wallace K, Henning JM, Lue T. Is quality of life different for men with erectile dysfunction and prostate cancer compared to men with erectile dysfunction due to other causes? Results from the ExCEED data base. *J Urol* 2003;169(4):1458-61. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2003.07.019>
57. Nelson CJ, Mulhall JP, Roth AJ. The association between erectile dysfunction and depressive symptoms in men treated for prostate cancer. *J Sex Med* 2011;8(2):560-6. <https://doi.org/10.1111/j.1743-6109.2010.02127.x>
58. Sanda MG, Dunn RL, Michalski J, Sandler HM, Northouse L, Hembroff L. "Quality of life and satisfaction with outcome among prostate-cancer survivors. *N Engl J Med* 2008;358(12):1250-61. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa074311>
59. Merrick GS, Butler WM, Wallner KE, Galbreath RW, Anderson RL, Kurko BS. Erectile function after prostate brachytherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005;62(2):437-47. <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2004.10.001>
60. Snyder KM, Stock RG, Buckstein M, Stone NN. Long-term potency preservation following brachytherapy for prostate cancer. *BJU Int* 2012;110(2):221-5. <https://doi.org/10.1111/j.1464-410X.2011.10800.x>
61. Budäus L, Bolla M, Bossi A, Cozzarini C, Crook J, Widmark A. Functional outcomes and complications following radiation therapy for prostate cancer: a critical analysis of the literature. *Eur Urol* 2012;61(1):112-27. <https://doi.org/10.1016/j.euro.2011.09.027>
62. Lemanska A, Dearnaley DP, Jena R, Sydes MR, Faithfull S. Older age, early symptoms and physical function are associated with the severity of late symptom clusters for men undergoing radiotherapy for prostate cancer. *Clin Oncol (R Coll Radiol)* 2018;30(6):334-45. <https://doi.org/10.1016/j.clon.2018.01.016>
63. Sánchez-Ortíz RF, Broderick GA, Rovner ES, Wein AJ, Whittington R, Malkowicz SB. Erectile function and quality of life after interstitial radiation therapy for prostate cancer. *Int J Impot Res* 2000;12(Suppl3):S18-24. <https://doi.org/10.1038/sj.ijir.3900557>
64. Новиков Р.В., Пономарева О.И., Новиков С.Н. PRIAPOS trial: новая концепция патогенеза постбрэхитерапевтической эректильной дисфункции. *Онкоурология* 2021;17(1):71-81. [Novikov R.V., Ponomareva O.I., Novikov S.N. PRIAPOS trial: a new concept of the pathogenesis of post-brachytherapy erectile dysfunction. *Onkourologiya = Oncurology* 2021;17(1):71-81. (In Russian)]. <https://doi.org/10.17650/1726-9776-2021-17-1-71-81>
65. Huyghe E, Delannes M, Wagner F, Delaunay B, Nohra J, Thoulouzan M. Ejaculatory function after permanent 125I prostate brachytherapy for localized prostate cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2009;74(1):126-32. <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2008.07.064>
66. Sullivan JF, Stember DS, Deveci S, Akin-Olugbade Y, Mulhall JP. Ejaculation profiles of men following radiation therapy for prostate cancer. *J Sex Med* 2013;10(5):1410-6. <https://doi.org/10.1111/jsm.12101>

Сведения об авторах:

Акрамов М.М. – аспирант кафедры урологии и оперативной нефрологии с курсом онкоурологии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»; Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-5904-9859>

Красняк С.С. – к.м.н., ведущий научный сотрудник отдела андрологии и репродукции человека НИИ урологии и интервенционной радиологии – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России; Москва, Россия; РИНЦ Author ID 641107, <https://orcid.org/0000-0001-9819-6299>

Перепухов В.М. – младший научный сотрудник отдела онкоурологии НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России; Москва, Россия; РИНЦ Author ID 1227782, <https://orcid.org/0000-0001-7280-2553>

Корякин А.В. – к.м.н., заведующий инновационным отделом НИИ урологии и интервенционной радиологии имени Н.А. Лопаткина – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России; Москва, Россия; РИНЦ Author ID 636115; <https://orcid.org/0000-0001-6595-8234>

Казаченко А.В. – д.м.н., заместитель директора по лечебной работе НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – Филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, профессор кафедры урологии и оперативной нефрологии с курсом онкоурологии ФГАОУ ВО Российской университет дружбы народов, Москва, Россия; РИНЦ Author ID 334714, <https://orcid.org/0000-0003-3198-5933>

Клад автограф:
Акрамов М.М. – обзор публикаций по теме статьи, написание текста статьи, 22,5%
Красняк С.С. – обзор публикаций по теме статьи, написание текста статьи, 22,5%
Перепухов В.М. обзор публикаций по теме статьи, написание текста статьи, 22,5%
Корякин А.В. – обзор публикаций по теме статьи, написание текста статьи, 22,5%
Казаченко А.В. – разработка дизайна статьи, 10%

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: Статья подготовлена без финансовой поддержки.

Статья поступила: 12.03.2025

Результаты рецензирования: 18.05.2025

Исправления получены: 23.06.2025

Принята к публикации: 05.08.2025

Information about authors:

Акрамов М.М. – постgraduate student of the Department of Urology and Operative Nephrology with a course in oncurology, RUDN University; Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-5904-9859>

Красняк С.С. – PhD, Leading Researcher of Department of Andrology and Human Reproduction of N. Lopatkin Scientific Research Institute of Urology and Interventional Radiology – Branch of the National Medical Research Centre of Radiology of the Ministry of Health of Russian Federation; Moscow, Russia; RSCI Author ID 641107, <https://orcid.org/0000-0001-9819-6299>

Перепухов В.М. – junior Researcher, Department of Oncurology of N. Lopatkin Scientific Research Institute of Urology and Interventional Radiology – Branch of the National Medical Research Centre of Radiology of the Ministry of Health of Russian Federation; Moscow, Russia; RSCI Author ID 1227782, <https://orcid.org/0000-0001-7280-2553>

Корякин А.В. – PhD, Head of the Innovation Department of N. Lopatkin Scientific Research Institute of Urology and Interventional Radiology – Branch of the National Medical Research Centre of Radiology of the Ministry of Health of Russian Federation; Moscow, Russia; RSCI Author ID 636115; <https://orcid.org/0000-0001-6595-8234>

Казаченко А.В. – Dr. Sci., Deputy Director for Medical Work of N. Lopatkin Scientific Research Institute of Urology and Interventional Radiology – Branch of the National Medical Research Centre of Radiology of the Ministry of Health of Russian Federation; Professor of the Department of Urology and Operative Nephrology with a course of oncurology of RUDN University; Moscow, Russia; RSCI Author ID 334714, <https://orcid.org/0000-0003-3198-5933>

Authors' contributions:
Акрамов М.М. – review of publications on the topic of the article, writing the text of the article, 22.5%
Красняк С.С. – review of publications on the topic of the article, writing the text of the article, 22.5%
Перепухов В.М. – review of publications on the topic of the article, writing the text of the article, 22.5%
Корякин А.В. – review of publications on the topic of the article, writing the text of the article, 22.5%
Казаченко А.В. – article design development, 10%

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

Financing. The article was made without financial support.

Received: 12.03.2025

Peer review: 18.05.2025

Corrections received: 23.06.2025

Accepted for publication: 05.08.2025