



*Р.В. Новиков^{1,2}, О.И. Пономарева¹, С.Н. Новиков¹, Е.Е. Самарцева¹,
В.К. Карандашов², В.В. Протошчак², А.И. Арсеньев^{1,3}, Н.Д. Ильин¹, Ю.О. Мережко¹,
С.М. Гозалишвили², Н.Ю. Игловиков²*

МР-семиотика результатов трансперинеального введения «спейсера» на основе синтетического коллагена животного происхождения для оптимизации лучевого лечения рака предстательной железы

¹ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России, Санкт-Петербург

²Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург

³ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России, Санкт-Петербург

R.V. Novikov^{1,2}, O.I. Ponomareva¹, S.N. Novikov¹, E.E. Samartseva¹, V.K. Karandashov²,
V.V. Protoshchak², A.I. Arsenyev^{1,3}, N.D. Ilyin¹, Yu.O. Merezko¹, S.M. Gozalishvili², N.Yu. Igloukov²

MRI Findings of the Results of Transperineal Insertion of a «Spacer» Based on Synthetic Collagen of Animal Origin to Optimize Radiation Treatment of Prostate Cancer

¹N.N. Petrov National Medicine Research Center of Oncology, St. Petersburg, the Russian Federation

²S.M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, the Russian Federation

³North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, the Russian Federation

Цель. Оценка результатов имплантации коллагенового спейсера с помощью анализа магнитно-резонансных изображений (МРТ).

Материалы и методы. В исследование включено 50 больных раком предстательной железы, которым перед проведением стереотаксической лучевой терапии вводился спейсер между предстательной железой и прямой кишкой. Спейсер на основе синтетического коллагена животного происхождения устанавливался по стандартной методике под УЗИ контролем. Во всех случаях после установки спейсера выполнялась топометрическая МРТ.

Результаты. Представлены стандартные подходы к оценке качества при введении спейсера с помощью контрольной топометрической МРТ. Представлены возможные варианты успешной, удовлетворительной и неудовлетворительной установки спейсера. Из 50 случаев введения спейсера в 2 наблюдения отмечены осложнения — введение спейсера в стенку прямой кишки. При использовании спейсера на основе животного коллагена указанные осложнения не имели клинических проявлений и не повлияли на тактику лечения больных.

Выводы. В работе представлены типичные МР-изображения, которые подтверждают эффективность и безопасность использования первого отечественного спейсера на основе коллагена животного происхождения.

Ключевые слова: рак предстательной железы; лучевая терапия; спейсер; коллаген; лучевая токсичность; лучевой проктит

Для цитирования: Новиков Р.В., Пономарева О.И., Новиков С.Н., Самарцева Е.Е., Карандашов В.К., Протошчак В.В., Арсеньев А.И., Ильин Н.Д., Мережко Ю.О., Гозалишвили С.М., Игловиков Н.Ю. МР-семиотика результатов трансперинеального введения «спейсера» на осно-

Aim. To evaluate the results of collagen spacer implantation, using magnetic resonance image (MRI) analysis.

Materials and methods. The study included 50 patients with localized prostate cancer who had a spacer placed between the rectum and prostate before stereotactic radiotherapy (SRT) was performed. Introduction of the spacer based on synthetic collagen of animal origin was conducted according to the standard procedure under US control. In all cases, topometric MRI was done after spacer placement.

Results. We conducted standard procedure to assess the quality of the spacer insertion using MRI imaging that represent various cases of excellent, acceptable and unsatisfactory spacer placement. Complications occurred in 2 out of 50 cases, specifically related to inserting an animal collagen-based spacer into the rectum wall. These complications did not manifest clinically and did not affect the treatment strategy.

Conclusion. Presented MRI images illustrate efficacy and safety of collagen spacers in routine clinical practice.

Keywords: prostate cancer; radiation therapy; spacer; collagen; radiation toxicity; radiation proctitis

For citation: Novikov RV, Ponomareva OI, Novikov SN, Samartseva EE, Karandashov VK, Protoshchak VV, Arsenyev AI, Ilyin ND, Merezko YuO, Gozalishvili SM, Igloukov NYu. MRI findings of the results of transperineal insertion of a «spacer» based on synthetic collagen of animal origin to opti-

ве синтетического коллагена животного происхождения для оптимизации лучевого лечения рака предстательной железы. *Вопросы онкологии*. 2023;6(69):1039–1048. doi: 10.37469/0507-3758-2023-69-6-1039-1048

✉ Контакты: Новиков Роман Владимирович, e-mail: novikov-spb@mail.ru

Введение

Различные варианты лучевой терапии (дистанционная лучевая терапия, брахитерапия, сочетанная лучевая терапия и др.) рассматриваются в качестве приоритетных методов лечения больных раком предстательной железы (РПЖ) [1]. Схожий взгляд на современную роль лучевых методов лечения представлен и в актуальных рекомендациях наиболее авторитетного отечественного онкологического сообщества — Российского общества клинической онкологии (RUSSCO 2022) [2]. Исследования последних лет говорят, об очевидных преимуществах эскалации дозы при облучении при РПЖ [3]. Однако повышение величины суммарной очаговой дозы выше определенных значений (порядка 70 Гр) неизбежно ведет к риску выраженных осложнений. Топография органов малого таза определяет клинически значимые виды лучевой токсичности, регистрируемые после облучения предстательной железы. Ранние и поздние осложнения со стороны прямой кишки занимают важное место в структуре радиационно-индуцированных осложнений. Длительное время используются два способа повышения безопасности лучевой терапии, которые заключаются в выборе оптимального режима фракционирования дозы, основанного на особенностях радиобиологии опухолевой и нормальных тканей, а также в применении радиомодификаторов. В последнее десятилетие отмечается стремительно растущий интерес к использованию другого способа оптимизации лучевого лечения — механическому увеличению расстояния между облучаемой предстательной железой и передней стенкой прямой кишки. Решение этой задачи достигается введением биодеградирующих субстанций (спейсеров), которые создают временный дополнительный объем между мишенью и прилежащими нормальными тканями. Эффективность и безопасность этого подхода наглядно продемонстрирована в ряде рандомизированных исследований [4]. Описаны дополнительные преимущества использования БДС в виде уменьшения амплитуды интрафракционных смещений железы и снижения величины подводимой дозы на область сосудисто-нервных пучков, коррелирующей с рисками развития радиационно-индуцированной эректильной дисфункции [5–7]. Начиная с 2021 г., эксперты Европейской ассоциации урологов рассматривают применение спейсеров в качестве возможной терапевтиче-

mize radiation treatment of prostate cancer. *Voprosy Onkologii = Problems in Oncology*. 2023;69(6):1039–1048 (In Russ.). doi: 10.37469/0507-3758-2023-69-6-1039-1048

ской опции. По мере накопления отдаленных результатов, имплантация спейсеров может превратиться в общепризнанный стандарт радиотерапевтического лечения РПЖ.

Методика имплантации спейсера на основе коллагена животного происхождения

Методика имплантации спейсера на основе синтетического коллагена животного происхождения (СфероГЕЛЬ®) и его характеристики подробно описана ранее (рис. 1) [8]. Она осуществляется в литотомической позиции под контролем трансректального УЗИ и мало чем отличается от процедуры применения зарубежных БДС (SpaceOARTM и BarrigelTM) [4]. Однако опыт работы с коллагеном различной плотности показал, что формирование финального объема и формы спейсера продолжается в течение первых суток после имплантации. На этот процесс оказывает влияние несколько факторов: 1. абсорбция в окружающие ткани низкомолекулярной фракции коллагенового имплантата; 2. «растекание» (миграция) БДС вдоль предстательной железы вследствие жидкой консистенции; 3. динамическое воздействие газов и каловых масс, заполняющих прямую кишку. Все эти факторы увеличивают вероятность смещения определенного объема БДС в краниальном направлении, что, в некоторых случаях, приводит к формированию субоптимального пространства между предстательной железой и прямой кишкой. Дальнейшее изменение формы и объема БДС возможно за счет его гидратации. Однако эти процессы не столь существенны. Предотвратить негативный эффект чрезмерного краниального смещения препарата возможно за счет введения всего объема коллагена в область верхушки (апекса) предстательной железы, сразу после прохождения иглой-интродьюсером мочеполовой диафрагмы, элементы которой хорошо видны при УЗИ-сканировании в сагиттальной плоскости (рис. 1). Эта структура является барьером для миграции БДС в каудальном направлении и способствует равномерному распределению спейсера вдоль простаты. Объем вводимого коллагена за одну процедуру составляет 10–15 мл.

Методика визуализации (магнитно резонансная томография)

Выполнение магнитно-резонансной томографии (МРТ) в рамках предлучевой подготовки обусловлено недостаточно четкой визуализаци-



Рис. 1. Принципиальная схема промежностного введения биodeградируемого полимера «СфероГЕЛЬ®»

ей контуров предстательной железы на всем ее протяжении и отдельных анатомических структур (внутренняя половая артерия, ножки кавер-

нозных тел, передняя стенка прямой кишки на уровне верхушки простаты) при топометрической компьютерной томографии (КТ) (рис. 2, а). КТ является стандартной методикой, дающей информацию не только об анатомии пациента, но и плотностных характеристиках облучаемых тканей, необходимых для расчета процентно-глубинных доз. Кроме того, КТ используется в качестве методики визуального контроля положения мишени и критических органов перед каждым сеансом облучения (КТ в конусном пучке). Поэтому наиболее высокотехнологичные методики лучевой терапии РПЖ (стереотаксическая лучевая терапия (СТЛТ)) требуют одновременного получения двух типов изображений (КТ и МРТ) перед планированием лучевой терапии.

Таблица 1. Основные характеристики МР-последовательностей

Параметры	axial T2 space	axial TIRM
TR (время реакции) (мс)	1600	10940
TE (время отклика) (мс)	93	80
FOV (размер поля) (мм)	250 × 250	399 × 399
толщина среза (мм)	1	2

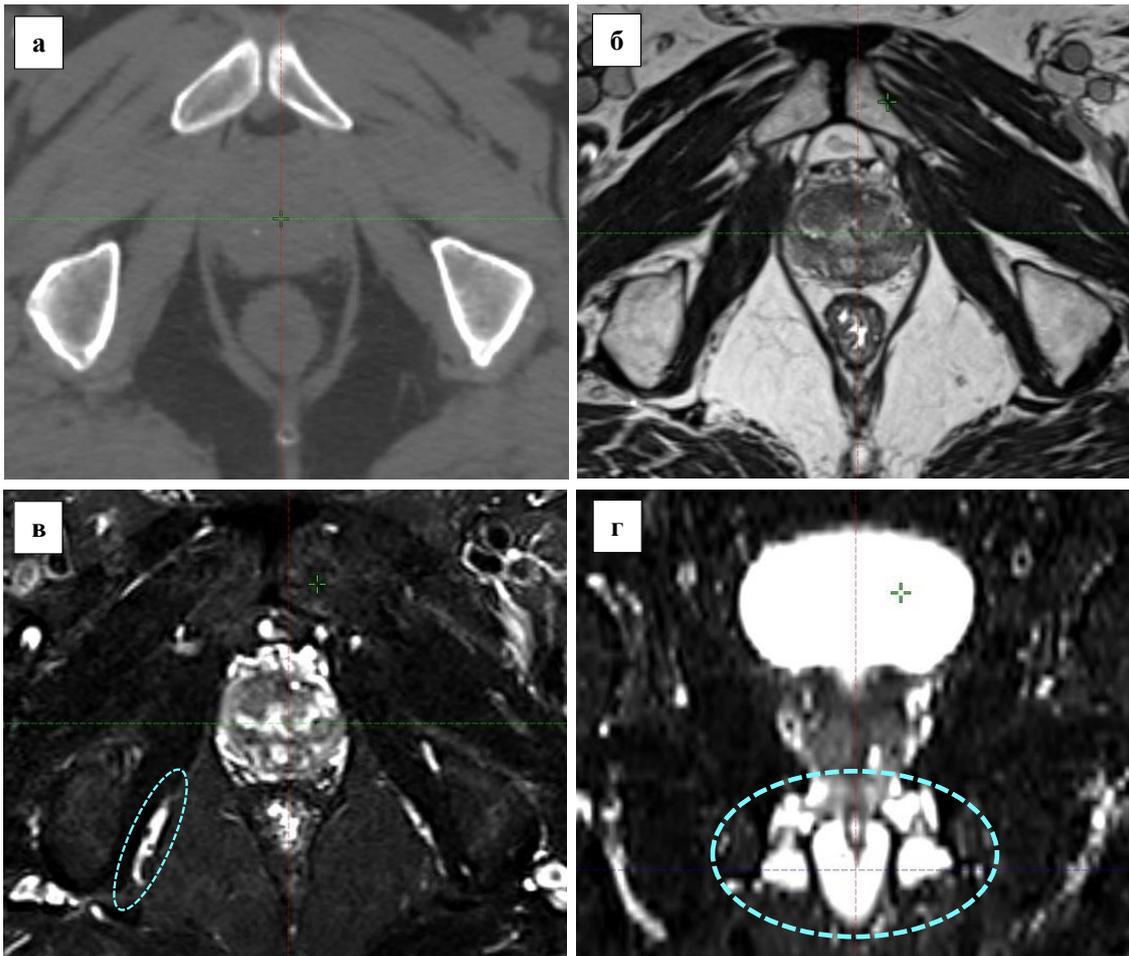


Рис. 2. Примеры стандартных изображений, получаемых в ходе предлучевой подготовки при планировании СТЛТ РПЖ (пациент п. 65 лет): а — КТ-топометрия (аксиальный скан); б — МР-топометрия (axial T2 space); в — МР-топометрия (axial TIRM), пунктирной линией отмечена внутренняя половая артерия; г — МР-топометрия (реконструкция coronal TIRM), пунктирной линией отмечены базальные структуры полового члена (протокол ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России)

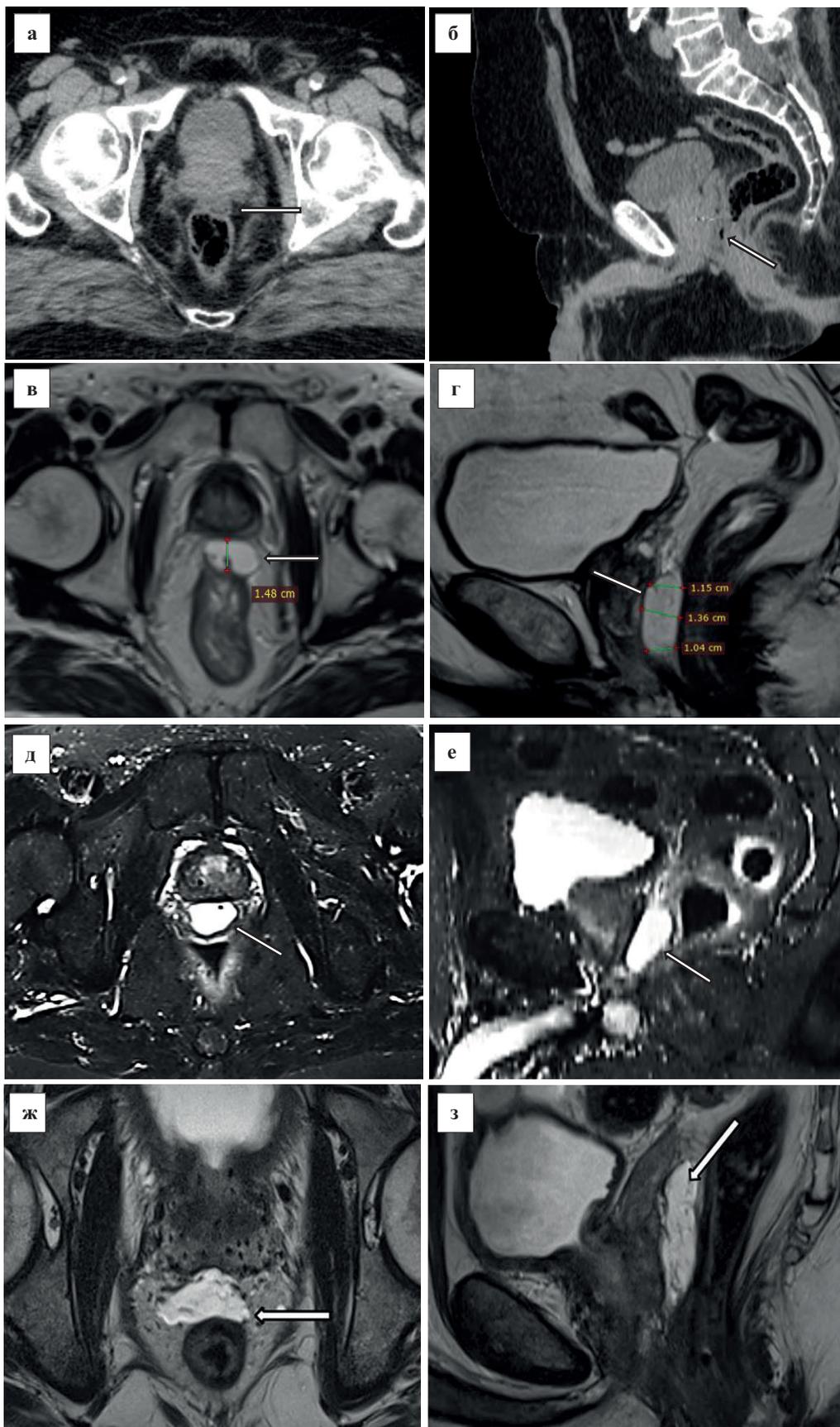


Рис. 3. Примеры успешной имплантации БДС: а — КТ-топометрия, демонстрирующая недостаточно четкую визуализацию границ спейсера (аксиальный скан) (СфероГЕЛЬ®); б — КТ-топометрия (сагиттальный скан), видны постимплантационные пузырьки воздуха в объеме введенного препарата (СфероГЕЛЬ®); в — МР-топометрия (axial T2 space) (СфероГЕЛЬ®); г — МР-топометрия (sagittal T2 space) (СфероГЕЛЬ®); д — МР-топометрия (axial TIRM) (СфероГЕЛЬ®); е — МР-топометрия (реконструкция sagittal TIRM) (СфероГЕЛЬ®); ж — МР-топометрия после имплантации БДС на основе ПЭГ (SpaceOARTM) (axial T2) [10]; з — МР-топометрия после имплантации БДС на основе ПЭГ (SpaceOARTM) (sagittal T2) [10]

В отделении радиотерапии ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России разработан оригинальный протокол топометрической МРТ у больных РПЖ. Все топометрические МРТ исследования выполняются на МР томографе с напряжением магнитного поля не менее 1,5 Тл. Протокол сканирования состоит из двух МР-последовательностей: axial T2 space и axial TIRM, основные характеристики которых представлены в табл. 1.

Стандартное T2-взвешанные изображения (ВИ) (axial T2 space) используется для оконтуривания мишени и основных критических органов (рис. 2, б). Выбор последовательности axial TIRM основан на потребности в точной визуализации дополнительных сосудистых структур (внутренние половые артерии) в рамках реализации протокола сосудосохраняющей СТЛТ РПЖ (рис. 2, в) [9]. Характеристики этой МР-последовательности позволяют получить высокое качество изображения сосудов (безконтрастная МР-ангиография), а небольшая толщина среза (1–2 мм) — качественную реконструкцию недостающих аксиальных и сагиттальных изображений. Для оконтуривания дополнительных критических сосудистых образований так называемых базальных структур полового члена, к числу которых относятся луковица полового члена и ножки кавернозных тел, мы дополнительно используем реконструкцию изобра-

жения в коронарной проекции (coronal TIRM) (рис. 2, г).

Оптимальная имплантация спейсера

Наиболее распространенные БДС, независимо от состава (ПЭГ, гиалуроновая кислота, коллаген), плохо видны на КТ-изображениях из-за схожей рентгеновской плотности БДС и тканей предстательной железы (рис. 3, а, б). Напротив, контуры БДС отчетливо определяются на топометрических МРТ в виде повышенной интенсивности сигнала на T2 space и TIRM изображениях (рис. 3, в-е).

Идеальное положение БДС — в пределах параректального жира, между передней стенкой прямой кишки и задней поверхностью предстательной железы. При этом апоневроз Денонвилье должен находиться кпереди от введенной субстанции (рис. 1). Оптимальная имплантация БДС должна приводить к формированию симметричного пространства с обеих сторон прямой кишки, что отчетливо видно на аксиальных сканах. Допустима некоторая степень асимметрии положения спейсера, описанная в 50 % наблюдений [11]. Помимо центральной симметрии, адекватную имплантацию характеризует максимально равномерное распределение введенного вещества от основания до вершины предстательной железы, определяемое в сагиттальной плоскости.

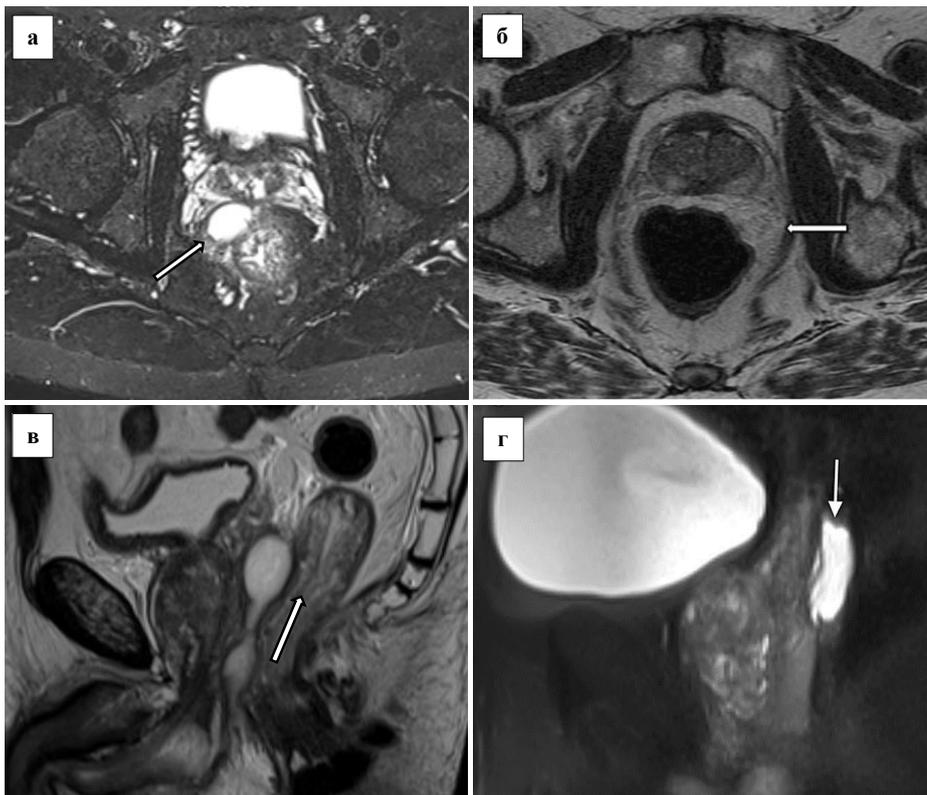


Рис. 4. Примеры погрешностей имплантации БДС: а — латерализация право (axial TIRM) (СфероГЕЛЬ®); б — латерализация вправо (SpaceOARTM) (axial T2) [10]; в — краниальная миграция спейсера в зону семенных пузырьков (sagittal T2 space) (СфероГЕЛЬ®); г — краниальная миграция спейсера в зону семенных пузырьков (sagittal T2) (SpaceOARTM) [15]

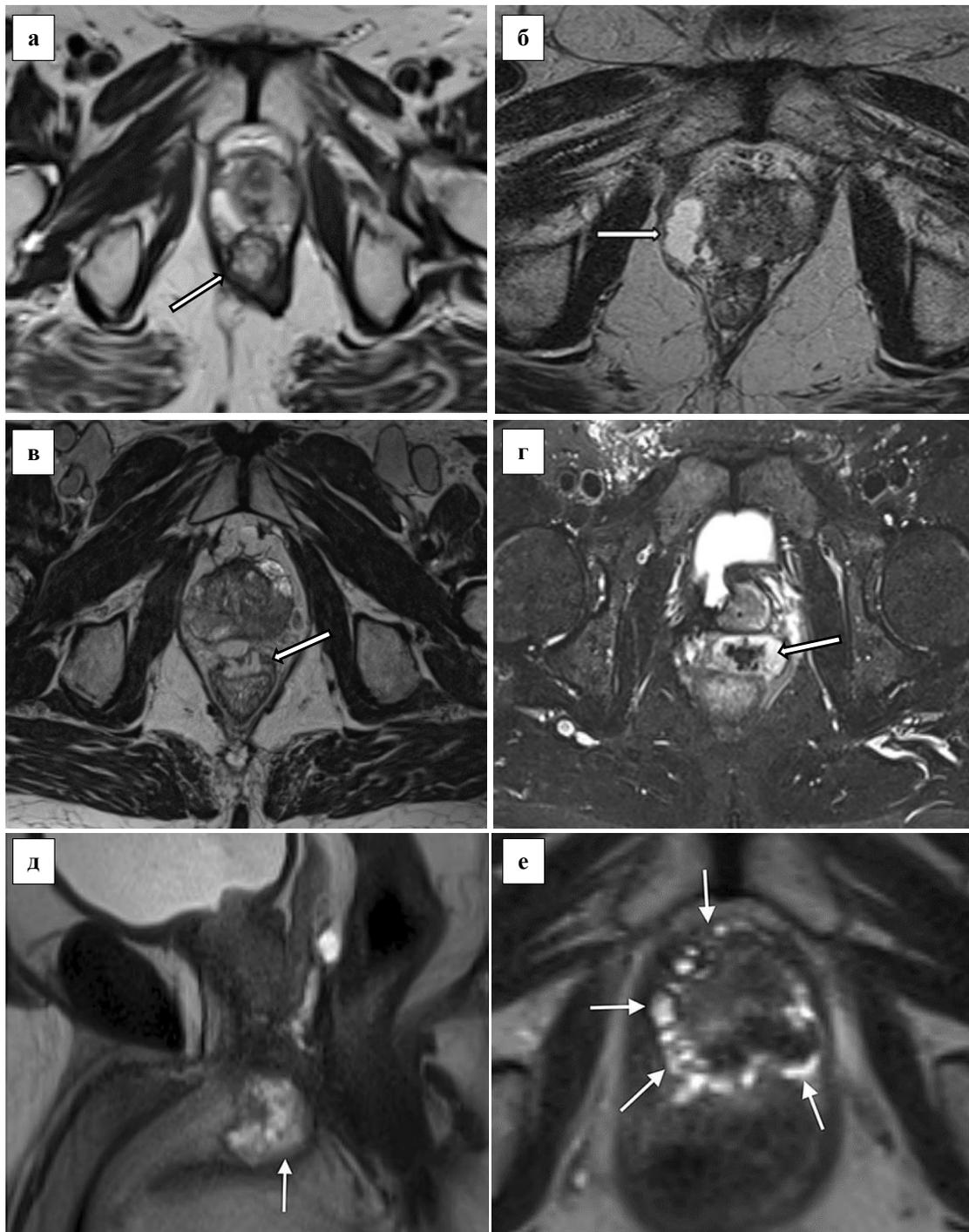


Рис. 5. Клинически не значимые осложнения имплантации БДС: а — подкапсульное введение спейсера (axial T2 space) (СфероГЕЛЬ®); б — подкапсульное введение спейсера (SpaceOARTM) (axial T2) [10]; в — частичное введение спейсера под мезоректальную фасцию (axial T2 space) (СфероГЕЛЬ®); г — имбиция спейсера кровью (гематома) (СфероГЕЛЬ®) (axial TIRM); д — введение спейсера в луковичу полового члена (SpaceOARTM) (sagittal T2) [15]; е — имбиция ПЭГ парапростатических вен (SpaceOARTM) (axial T2) [15]

В настоящее время общепринятым критерием эффективности процедуры имплантации БДС является создание расстояния между прямой кишкой и предстательной железой равного или превышающего 1 см [12]. Опыт применения коллагена высокой плотности показал, что в случае технически правильной имплантации полимера в 90 % наблюдений удается достигнуть целевого показателя [8]. По данным систе-

матического обзора, опубликованного в 2021 г., величина этого показателя при использовании наиболее распространённого и изученного спейсера (SpaceOARTM) лежит в интервале от 7,7 до 16 мм [13]. Важно отметить, что даже незначительное увеличение расстояния между прямой кишкой и предстательной железой (более 1–3 мм) дает преимущества при последующем облучении.

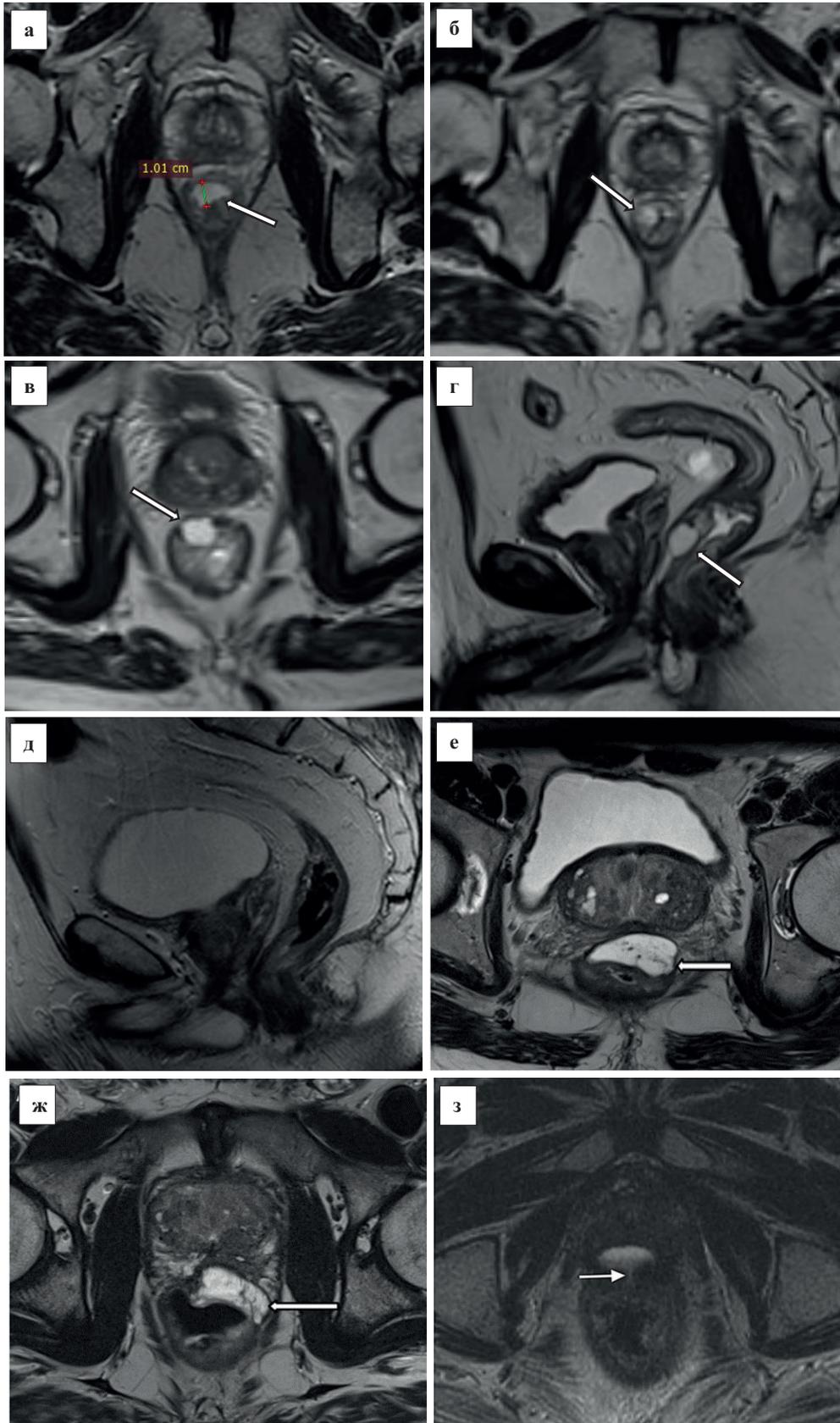


Рис. 6. Инфильтрация стенки прямой кишки вследствие имплантации спейсера: а — межфинктерное введение спейсера (axial T2 spase) (СфероГЕЛЬ®); б — контрольное исследование того же больного через 6 мес., демонстрирующее биодеградацию большого объема препарата (axial T2 spase) (СфероГЕЛЬ®); в — введение спейсера в стенку прямой кишки (axial T2 spase) (СфероГЕЛЬ®); г — введение спейсера в стенку прямой кишки (SpaceOARTM) (saggital T2); д — контрольное исследование того же больного через 9 мес., демонстрирующее полную биодеградацию препарата (SpaceOARTM) (saggital T2); е — инфильтрация передней стенки прямой кишки спейсером с отслоением адвентиции от мышечного слоя (SpaceOARTM) (axial T2) [10]; ж — инфильтрация всех слоев передней стенки прямой кишки спейсером (SpaceOARTM) (axial T2) [10]; з — сформировавшийся после имплантации прямокишечный свищ (SpaceOARTM) (axial T2) [15]

Погрешности техники имплантации спейсера (асимметрия)

Погрешности техники введения БДС или его асимметрия клинически не проявляются, но снижают эффективность процедуры. В литературе они представлены под общим названием — неуспешная имплантация [15]. В зависимости от направления миграции спейсера различают его латерализацию и краниальную миграцию (рис. 4).

По мере накопления опыта имплантаций ее результативность в достижении требуемых пространственных параметров повышается.

Осложнения процедуры имплантации спейсера

Имплантация спейсера может приводить к ряду нежелательных явлений. Помимо общих (инфекция, реакция организма на введенный имплантат и др.), наблюдаются местные осложнения, обусловленные повреждением структур и органов, расположенных в зоне введения БДС. Степень тяжести этих состояний варьирует от клинически не значимых до требующих хирургической коррекции.

К числу не опасных и, как правило, бессимптомных осложнений относятся:

- введение спейсера под капсулу железы (рис. 5, а, б);
- введение спейсера под мезоректальную фасцию (рис. 5, в);
- формирование небольших гематом (рис. 5, г);
- введение спейсера в область луковицы полового члена (рис. 5, д);
- эмболия веществом спейсера парапростатического венозного сплетения (рис. 5, е).

Наиболее опасным, с точки зрения возможных последствий, является введение спейсера в стенку прямой кишки. При подозрении на это состояние необходимо немедленно прекратить дальнейшее введение БДС. По данным обзора L. Karsh и соавт., МР-признаки инфильтрации стенки кишки встречаются в 6 % от всех случаев применения спейсеров [16]. Инфильтрация хорошо видна при выполнении топометрического МР-исследования как гиперинтенсивное образование в стенке прямой кишки (рис. 6).

В нашей практике, включающей 50 процедур, зафиксированы два случая введения препарата в стенку прямой кишки (рис. 6, а-д). В обоих наблюдениях клинические проявления отсутствовали. Вместе с тем, даже незначительная инфильтрация в адвентицию стенки прямой кишки может вызвать повышение радиационной нагрузки на прямую кишку при облучении пред-

стательной железы, поскольку неудачная имплантация снижает смещаемость прямой кишки относительно простаты. Полная инфильтрация стенки кишки (рис. 6, ж) может являться противопоказанием к выполнению или продолжению лучевой терапии с отсрочкой до 6–9 мес. пока спейсер полностью не биодеградирует.

Для последующего анализа техники имплантации БДС и ее оптимизации, М. Mathur и соавт. предложен образец отчета, в котором отмечаются различные параметры процедуры [15]. Он включает в себя информацию об основных размерах сформированного пространства, его положении по отношению к простате и прямой кишке, а также наблюдаемых осложнениях. Модифицированный вариант отчета, используемый в нашей повседневной практике представлен в виде табл. 2.

Таблица 2. Отчет о процедуре имплантации БДС

Размеры БДС	
Кранио-каудальный размер	см
Переднезадний размер (базис)	см
Переднезадний размер (средняя часть)	см
Переднезадний размер (апекс)	см
Качество имплантации	
Оптимальная	да/нет
Субоптимальная:	да/нет
латерализация импланта	да/нет
краниальная миграция импланта	да/нет
Осложнения	
Инфильтрация стенки прямой кишки	да/нет
Прочие осложнения	да/нет
Примечания	

Заключение

Имплантация БДС с целью оптимизации лучевого лечения РПЖ находит все большее распространение в клинической практике США и Европы, постепенно приобретая статус стандарта. В последние годы возрастает интерес к применению БДС на территории Российской Федерации. В данной работе представлены типичные МР-изображения, описывающие результаты использования первого отечественного спейсера на основе коллагена животного происхождения.

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией данной статьи.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики

Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом по биомедицинской этике ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России. Протокол № 137 от 12.03.2019. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Compliance with patient rights and principles of bioethics

The study protocol was approved by the biomedical ethics committee of NMRC of Oncology named after N.N. Petrov of MoH of Russia. Protocol № 137 from 12.03.2019. All patients gave written informed consent to participate in the study.

Финансирование

Работа выполнена без спонсорской поддержки.

Funding

The work was performed without external funding.

Участие авторов

Новиков Р.В. — автор идеи, сбор литературных данных, написание текста статьи;

Пономарева О.И. — интерпретация МР-данных, рецензирование;

Новиков С.Н. — автор идеи, редактирование текста статьи;

Самарцева Е.Е., Карандашев В.К., Протошак В.В., Арсеньев А.И., Ильин Н.Д., Мережко Ю.О., Гозалишвили С.М., Игловиков Н.Ю. — редактирование текста статьи.

Authors' contributions

Novikov R.V. conceived the idea of publication processed the material, participated in article writing, performed data analysis and interpretation;

Ponomareva O.I. performed interpretation of MR data and carried out scientific editing;

Novikov S.N. suggested the idea of publication, performed scientific editing;

Samartseva E.E., Karandashov V.K., Protoschak V.V., Arseniev A.I., Ilyin N.D., Merezko Yu.O., Gozalishvili S.M. and Igloukov N.Yu. performed scientific editing.

ЛИТЕРАТУРА

- Schaeffer EM, Srinivas S, Adra N, et al. NCCN Guidelines® Insights: Prostate Cancer, Version 1.2023.
- Носов Д.А., Волкова М.И., Гладков О.А. и др. Практические рекомендации по лечению рака предстательной железы. Злокачественные опухоли: практические рекомендации RUSSCO #3s2. 2022;12:607-26 [Nosov DA, Volkova MI, Gladkov OA, et al. Practical recommendations for the treatment of prostate cancer. Malignant Tumors: Practical Guidelines RUSSCO #3s2. 2022;12:607-26 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.18027/2224-5057-2022-12-3s2-607-626>.
- Zelevsky MJ, Goldman DA, Hopkins M, et al. Predictors for post-treatment biopsy outcomes after prostate stereotactic body radiotherapy. *Radiother Oncol.* 2021;159:33-38. <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2021.02.008>.
- Новиков Р.В., Новиков С.Н. Технологии снижения лучевой токсичности у больных раком предстательной железы: спейсеры – простое и эффективное решение. *Онкоурология.* 2021;17(3):64-77 [Novikov RV, Novikov SN. Technologies to reduce radiation toxicity in prostate cancer patients: spacers - a simple and effective solution. *Cancer Urology.* 2021;17(3):64-77 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17650/1726-9776-2021-17-3-64-77>.
- Hwang ME, Mayeda M, Shaish H, et al. Dosimetric feasibility of neurovascular bundle-sparing stereotactic body radiotherapy with periprostatic hydrogel spacer for localized prostate cancer to preserve erectile function. *Br J Radiol.* 2021;94(1119):20200433. <https://doi.org/10.1259/bjr.20200433>.
- Hamstra DA, Mariados N, Sylvester J, et al. Sexual quality of life following prostate intensity modulated radiation therapy (IMRT) with a rectal/prostate spacer: Secondary analysis of a phase 3 trial. *Pract Radiat Oncol.* 2018;8(1):e7-e15. <https://doi.org/10.1016/j.prro.2017.07.008>.
- Cuccia F, Mazzola R, Nicosia L, et al. Impact of hydrogel peri-rectal spacer insertion on prostate gland intra-fraction motion during 1.5 T MR-guided stereotactic body radiotherapy. *Radiation Oncology.* 2020;15(1). <https://doi.org/10.1186/s13014-020-01622-3>.
- Новиков С.Н., Новиков Р.В., Ильин Н.Д. и др. Первый опыт клинического применения спейсера на основе животного коллагена отечественного производства для оптимизации лучевого лечения рака предстательной железы: показания, методика и осложнения. *Вопросы онкологии.* 2022;68(6):797-804 [Novikov SN, Novikov RV, Ilyin ND, et al. The first experience of clinical application of an animal collagen-based spacer of domestic production to optimize the radiation treatment for prostate cancer: indications, technique and complications. *Voprosy Onkologii = Problems in Oncology.* 2022;68(6):797-804 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.37469/0507-3758-2022-68-6-797-804>.
- Новиков Р.В., Пономарева О.И., Литинский С.С., Новиков С.Н. Анатомо-топографическое обоснование «сосудосохраняющей» лучевой терапии рака предстательной железы. *Экспериментальная и клиническая урология.* 2020;2:84-91 [Novikov RV, Ponomareva OI, Litinskiy SS, Novikov SN. Anatomic-topographic justification of «vessel-sparing» radiation therapy for prostate cancer. *Experimental and Clinical Urology.* 2020;2:84-91 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2020-12-2-84-91>.
- Rohr A, Werth K, Shen X, et al. MRI findings of absorbable hydrogel spacer for prostate cancer therapy: a pictorial review. *Abdominal Radiology.* 2018;44(1):247-51. <https://doi.org/10.1007/s00261-018-1685-y>
- Fischer-Valuck BW, Chundury A, Gay H, et al. Hydrogel spacer distribution within the perirectal space in patients undergoing radiotherapy for prostate cancer: Impact of spacer symmetry on rectal dose reduction and the clinical consequences of hydrogel infiltration into the rectal wall. *Practical Radiation Oncology.* 2017;7(3):195-202. <https://doi.org/10.1016/j.prro.2016.10.004>.
- Müller AC, Mischinger J, Klotz T, et al. Interdisciplinary consensus statement on indication and application of a hydrogel spacer for prostate radiotherapy based on experience in more than 250 patients. *Radiology and Oncology.* 2016;50(3):329-36. <https://doi.org/10.1515/raon-2016-0036>.
- Vaggers S, Rai BP, Chedgy ECP, et al. Polyethylene glycol-based hydrogel rectal spacers for prostate brachytherapy: a systematic review with a focus on technique. *World Journal of Urology.* 2020;39(6):1769-80. <https://doi.org/10.1007/s00345-020-03414-6>.
- Harvey M, Ong WL, Chao M, et al. Comprehensive review of the use of hydrogel spacers prior to radiation therapy for prostate cancer. *BJU International.* 2022;131(3):280-7. <https://doi.org/10.1111/bju.15821>.

15. Mathur M, Asch D, Israel G. Polyethylene glycol-based gels for treatment of prostate cancer: pictorial review of normal placement and complications. *Abdom Radiol (NY)*. 2022;47(11):3847-3854. <https://doi.org/10.1007/s00261-022-03630-1>.
16. Karsh LI, Gross ET, Pieczonka CM, et al. Absorbable hydrogel spacer use in prostate radiotherapy: a comprehensive review of phase 3 clinical trial published data. *Urology*. 2018;115:39-44. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2017.11.016>.

Поступила в редакцию 14.07.2023
Прошла рецензирование 21.08.2023
Принята в печать 31.08.2023

Сведения об авторах

Новиков Роман Владимирович / Novikov Roman Vladimirovich / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1873-1293>.

Новиков Сергей Николаевич / Novikov Sergei Nikolaevich / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7185-1967>.

Пономарева Ольга Игоревна / Ponomareva Olga Igorevna / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8314-3722>.

Самарцева Екатерина Евгеньевна / Samartseva Ekaterina Evgenevna / ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-8585-0982>.

Карандашев Василий Кириллович / Karandashov Vasili Kirillovich / ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-5155-9491>.

Протошак Владимир Владимирович / Protoshchak Vladimir Vladimirovich / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4996-2927>.

Арсеньев Андрей Иванович / Arsenyev Andrey Ivanovich / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3100-6451>.

Ильин Николай Дмитриевич / Ilyin Nikolai Dmitrievich / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6472-0427>.

Мережко Юрий Олегович / Verezhko Urii Olegovich / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1491-2644>.

Гозалишвили Сергей Медгарович / Gozalishvili Sergei Medgarovich / ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-3354-7981>.

Игловиков Николай Юрьевич / Iglouikov Nikolai Yurevich / ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-2027-9573>.