

DOI: <https://doi.org/10.18027/2224-5057-2026-069>

Стереотаксическая лучевая терапия раннего рака предстательной железы в условиях региональной онкологической службы: опыт одного учреждения

А. В. Шейко¹, А. В. Черниченко², А. Г. Зирин¹

¹ ГБУЗ Владимирской области «Областной клинический онкологический диспансер»; Россия, 600020 Владимир, улица Каманина, 21;

² Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П. А. Герцена — филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России; Россия, 125284 Москва, 2-й Боткинский пр-д, 3

Контакты: Андрей Владимирович Шейко andreysheyko87@gmail.com

Резюме

Введение: Лучевая терапия (ЛТ) является стандартом радикального лечения раннего рака предстательной железы (РПЖ). Возможности стереотаксической ЛТ (СТЛТ) в лечении локализованного РПЖ в настоящее время изучаются. По мнению большинства исследователей, СТЛТ является высокоэффективным методом, не уступающим по онкологическим результатам классическим методикам облучения. Вопросы эффективности и безопасности СТЛТ без применения дополнительных методов визуализации (золотых маркеров) и анатомических протекторов (биodeградируемые периректальные спейсеры) остаются дискуссионными, поэтому разработка и апробация методики СТЛТ РПЖ на современном линейном ускорителе актуальна и имеет большое научно-практическое значение.

Цель исследования: улучшение результатов радикального лучевого лечения больных с локализованным раком предстательной железы за счет разработки методики СТЛТ без установки золотых маркеров и биodeградируемых периректальных спейсеров на линейном ускорителе в условиях регионального онкологического центра.

Материалы и методы: Проведено одноцентровое проспективное нерандомизированное исследование применения СТЛТ у пациентов с локализованным РПЖ. В изучаемую группу включено 80 пациентов с гистологически подтвержденным РПЖ низкого или промежуточного риска, проходивших СТЛТ (СОД — 36,25 Гр за 5 фракций 3 раза в неделю) в Областном онкологическом диспансере г. Владимира с декабря 2021 года по март 2023 года.

Результаты: Двухлетняя выживаемость без биохимического рецидива (БРВ) составила 97,5%. Острой урогенитальной и ректальной токсичности 3 степени зарегистрировано не было. Острая урогенитальная токсичность 2 степени по CTCv5.0 — 6,2%. Поздняя урогенитальная токсичность ≥ 2 степени через 2 года — 15%. Острая ректальная токсичность 2 степени — 1,2%. Поздняя ректальная токсичность ≥ 2 степени через 2 года — 3,7%.

Заключение: Разработанную и апробированную на линейном ускорителе методику СТЛТ следует признать эффективным методом радикального лечения локализованного РПЖ. Высокий уровень биохимического контроля при удовлетворительном профиле безопасности получен без установки золотых маркеров и биodeградируемых периректальных спейсеров.

Ключевые слова: рак предстательной железы, стереотаксическая лучевая терапия, выживаемость без биохимического рецидива

Для цитирования: Шейко А.В., Черниченко А.В., Зирин А.Г. Стереотаксическая лучевая терапия раннего рака предстательной железы в условиях региональной онкологической службы: опыт одного учреждения. Злокачественные опухоли 2026;16(1):73–81. DOI: <https://doi.org/10.18027/2224-5057-2026-069>

Stereotactic body radiotherapy for early localized prostate cancer in a regional oncology care: a single-institution experience

A. V. Sheiko¹, A. V. Chernichenko², A. G. Zirin¹

¹ Regional Clinical Oncology Dispensary; 21 Kamanina St., Vladimir 600020, Russia;

² P. A. Hertsen Moscow Oncology Research Institute—branch of the National Medical Research Radiological Center, Ministry of Health of Russia; 32nd Botkinskiy proezd, Moscow 125284, Russia

Contacts: Andrei Vladimirovich Sheiko andreysheyko87@gmail.com

Abstract

Introduction: Radiation therapy (RT) is the standard of care for radical treatment of early prostate cancer (PCa). The use of stereotactic radiotherapy (SBRT) in the treatment of localized PCa is currently being studied. Most researchers believe that SBRT is a highly effective RT method, comparable in oncologic outcomes to conventional radiation techniques. The efficacy and safety of SBRT without the use of additional imaging techniques (gold fiducials) and anatomical protectors (biodegradable perirectal spacers) remain controversial. Therefore, the development and testing of SBRT for PCa using a modern “standard” linear accelerator is relevant and has significant scientific and practical significance.

The aim of the study: improving the results of radical radiation treatment for patients with localized prostate cancer by developing a method of SBRT without using of gold fiducials and biodegradable perirectal spacers on a linear accelerator in a regional oncology center.

Materials and methods: A single-center, prospective, non-randomized study of the use of SBRT in patients with localized PCa was conducted. The study group included 80 patients with histologically confirmed low or intermediate risk PCa who underwent SBRT (36.25 Gy/5 fractions, 3 times per week) at the Vladimir Regional Clinical Oncology Dispensary from December 2021 to March 2023.

Results: The two-year biochemical relapse-free survival was 97.5%. No grade 3 acute genitourinary or rectal toxicity was recorded. Grade 2 acute genitourinary toxicity according to CTCAE v5.0 was 6.2%. Late genitourinary toxicity of grade ≥ 2 at 2 years was 15%. Grade 2 acute rectal toxicity was 1.2%. Late rectal toxicity grade ≥ 2 at 2 years was 3.7%.

Conclusion: Developed and tested on a linear accelerator, SBRT should be recognized as an effective method for the radical treatment of localized PCa. A high level of biochemical control with a tolerable safety profile was achieved without the use of gold fiducials or biodegradable perirectal spacers.

Keywords: prostate cancer, stereotactic body radiotherapy, biochemical relapse-free survival

For citation: Sheiko A.V., Chernichenko A.V., Zirin A.G., et al. Stereotactic body radiotherapy for early localized prostate cancer in a regional oncology care: a single-institution experience. *Zlokachestvennie opuholi* = Malignant Tumors 2026;16(1):73–81 (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18027/2224-5057-2026-069>

АКТУАЛЬНОСТЬ

К 2022 году РПЖ занял второе место в мире по распространенности среди мужского населения и составил 14,2% в общей заболеваемости злокачественными новообразованиями (ЗНО) среди мужчин с ежегодным приростом более 1400000 новых случаев [1]. В Российской Федерации распространенность РПЖ за последние десять лет увеличилась более чем в два раза (103,8 на 100 тыс. населения в 2013 году и 213,8 на 100 тыс. населения в 2023 году). В 65,2% случаев РПЖ выявляется на I–II стадии заболевания. Летальность в течение года с момента установления диагноза РПЖ в Российской Федерации остается достаточно низкой — 5,8% [2].

Стандарты радикального лечения локализованного РПЖ I–II стадии в группах низкого и промежуточного риска допускают как хирургическое лечение, например, радикальную простатэктомию (РПЭ), так и все возможные варианты лучевой терапии (ЛТ) с подведением радикальных доз в различных режимах фракционирования дистанционно или при внутритканевом введении источников излучения с высокой (HDR) или низкой мощностью дозы (LDR). При определенных клинических ситуациях возможна комбинация с неoadъювантной или адъювантной андрогендепривационной терапией (АДТ). Также

может быть рекомендована тактика активного наблюдения (АН) [3].

В тоже время при сравнении результатов АН, РПЭ и ЛТ на основании 15-летних наблюдений Hamdy и соавт. в своей работе показали, что при одинаково высокой специфической по РПЖ выживаемости частота локорегионарного прогрессирования и отдаленного метастазирования была выше в группе АН и составила 25,9%, 10,5%, 11,0% и 9,4%, 4,7%, 5,0% соответственно [4]. Полученные результаты показывают, что тактика АН возможно целесообразна при высоком риске развития осложнений после радикального лечения.

Стереотаксическая лучевая терапия (СТЛТ) является одним из альтернативных вариантов радикального лечения раннего РПЖ. Возможности СТЛТ в лечении локализованного РПЖ в настоящее время изучаются и, по мнению большинства исследователей, СТЛТ является высокоэффективным методом ЛТ, не уступающим по онкологическим результатам классическим методикам облучения [5–9]. С 2021 года Клинические рекомендации Министерства здравоохранения Российской Федерации регламентируют возможность реализации режимов гипофракционирования при раннем РПЖ в специализированных центрах, обладающих соответствующим уровнем технического оснащения, подготовленным персоналом и клиническим опытом

выполнения данной технологии [10]. Известные методики СТЛТ РПЖ разработаны для специального «радиохирургического» ускорителя кибер-нож. При этом технология контроля положения мишени в режиме on line предполагает обязательную инвазивную установку рентген-контрастных маркеров в предстательную железу [11–15]. Методики проведения СТЛТ РПЖ на других ускорительных комплексах, без установки рентген-контрастных меток требуют изучения. Поэтому разработка и апробация методики СТЛТ РПЖ на современном «стандартном» линейном ускорителе актуальна и имеет большое научно-практическое значение.

Цель исследования — улучшение результатов радикального лучевого лечения больных с локализованным раком предстательной железы за счет разработки методики СТЛТ без установки золотых маркеров и биodeградируемых периректальных спейсеров на линейном ускорителе в условиях регионального онкологического центра.

Задачи исследования: разработать и апробировать методику СТЛТ РПЖ групп низкого и промежуточного риска на линейном ускорителе электронов без установки золотых маркеров и биodeградируемых периректальных спейсеров; изучить частоту и степень выраженности острой урогенитальной и ректальной токсичности у пациентов после СТЛТ; изучить частоту и степень выраженности поздней урогенитальной и ректальной токсичности у пациентов после СТЛТ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Критериями включения в исследование являлись наличие гистологически верифицированного РПЖ групп низкого и промежуточного риска (подгрупп благоприятного и неблагоприятного прогнозов), удовлетворительный общесоматический статус, отсутствие клинически значимой инфравезикальной обструкции (максимальная скорость мочеиспускания по данным урофлоуметрии менее 12 мл/с, объем остаточной мочи более 50 мл), возможность выполнения МРТ, отсутствие имплантированных эндопротезов и металлоконструкций в анатомической зоне интереса; отсутствие в анамнезе предшествующего облучения органов малого таза или брахитерапии предстательной железы, а также срок проведенных хирургических вмешательств на предстательной железе (ТУР предстательной железы, аденомэктомия и др.) более 6 месяцев.

Из исследования были исключены пациенты, получавшие до или после СТЛТ гормональную терапию.

Всем пациентам проведена СТЛТ на ускорительных комплексах "Varian TrueBeam" и "Varian TrueBeam STX" по методике объемно-модулированной ротационной конформной ЛТ без сглаживающего фильтра (VMAT-FFF) в режиме гипофракционирования с подведением суммарной очаговой дозы (СОД) 36,25 Гр за 5 фракций 3 раза в неделю через день на весь объем предстательной железы при РПЖ низкого риска и на весь объем предстательной железы с захватом



Рисунок 1А. Удовлетворительная подготовка перед КТ-топометрией

Figure 1A. Satisfactory preparation before CT simulation



Рисунок 1В. Неудовлетворительная подготовка перед КТ-топометрией (недостаточно наполненный мочевой пузырь)

Figure 1B. Inadequate preparation before CT simulation (insufficiently filled bladder)



Рисунок 1С. Неудовлетворительная подготовка перед КТ-топометрией (перераздутая газом ампула прямой кишки)

Figure 1C. Inadequate preparation before CT simulation (gas-inflated rectal ampulla)



Рисунок 2. Оконтурирование органов риска при планировании СТЛТ РПЖ промежуточного риска (сагиттальная проекция) (1 — мочевой пузырь, 2 — прямая кишка, 3 — предстательная железа с проксимальным отделом семенных пузырьков, 4 — уретра, 5 — планируемый объем уретры, т. е. уретра + 2 миллиметра, 6 — луковица полового члена)

Figure 2. Contouring of organs at risk for SBRT of intermediate-risk prostate cancer (sagittal projection) (1—bladder, 2—rectum, 3—prostate gland with proximal seminal vesicles, 4—urethra, 5—planning volume of the urethra, i. e. urethra + 2 millimeters, 6—penile bulb)

проксимальных 10 мм семенных пузырьков при РПЖ промежуточного риска. При разработке методики СТЛТ особое внимание мы уделяли предлучевой подготовке, которую начинали за 7 дней до компьютерной томографической (КТ) топометрии. Для уменьшения метеоризма рекомендовали исключить из рациона питания способствующие газообразованию продукты и назначали прием пеногасителей (симетикон или аналоги) 3 раза в день после еды ежедневно до завершения лучевого лечения. Очистительные клизмы назначали накануне на ночь и утром в дни КТ-разметки и сеансов СТЛТ. За 45–60 минут перед КТ-разметкой и каждым сеансом СТЛТ пациенты выпивали по 300–400 мл воды.

КТ-топометрию (шаг сканирования — 1 мм) проводили в положении лежа на спине с использованием индивидуальных подголовников и упоров для фиксации нижних конечностей без внутривенного контрастирования и без предварительной установки рентген-контрастных маркеров и периректальных спейсеров. Подготовку к КТ-топометрии считали удовлетворительной в случае умеренно наполненного мочевого пузыря и пустой ампулы прямой кишки (рис. 1А). В случае неудовлетворительных результатов КТ-топометрии (рис. 1В, 1С) пациенту рекомендовали пройти подготовку повторно.

Оконтурирование клинического объема мишени (CTV) (весь объем предстательной железы при РПЖ низкого риска или весь объем предстательной железы с захватом проксимальных 10 мм семенных пузырьков при РПЖ промежуточного риска) и органов риска проводили после совмещения изображений КТ-разметочных снимков с данными диагностической МРТ и в некоторых клинических ситуациях с данными ПЭТ-КТ (рис 2, 3). Отступ от CTV до планируемого объема облучения (PTV) составлял 5 мм изотропно и 3 мм в сторону передней стенки прямой кишки.

Расчет дозиметрического плана проводили на планирующей системе Eclipse. Предписания к расчету доз на мишень и органы риска представлены в таблице 1.

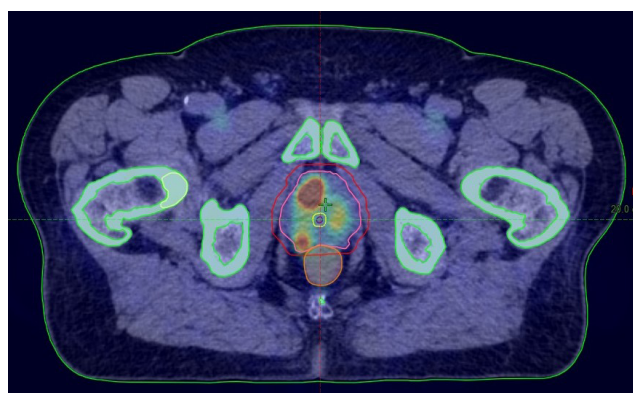


Рисунок 3. Оконтурирование CTV после совмещения топометрической КТ и диагностической ПЭТ-КТ

Figure 3. Contouring of CTV after registration of simulation CT and diagnostic PET-CT

Адекватным для проведения СТЛТ признавали дозиметрический план, не превышающий дозовые ограничения на вышеуказанные органы риска, а также удовлетворяющий следующим критериям: покрытие 100% дозы не менее 100% CTV, покрытие 98% дозы не менее 100% PTV, минимальная доза в PTV не менее 34,4 Гр (95%), максимальная — не более 38,78 Гр (107%), локализация «горячих» точек вне зоны PRV уретры.

Перед каждым сеансом СТЛТ проводили объемную верификацию положения мишени облучения.

Таблица 1. Дозовые предписания для расчета дозиметрического плана

Table 1. Dose prescriptions for calculating the dosimetric plan

Структура Structure	Дозо-объемные ограничения Dose-volume constraints
CTV (предстательная железа) CTV (prostate)	V100% = 100% (36,25 Гр/ Gy)
PTV	Dmin > 95% (34,4 Гр/ Gy) Dmax < 107% (38,78 Гр/ Gy)
Прямая кишка Rectum	D10% < 32,63 Гр/ Gy D20% < 29 Гр/ Gy D50% < 18,13 Гр/ Gy Dmax ≤ 38,06 Гр/ Gy D1 см ³ < 36 Гр/ D1 cc < 36 Gy D3 см ³ < 34,4 Гр/ D3 cc < 34.4 Gy
Мочевой пузырь Bladder	D5 см ³ < 37 Гр/ D5 cc < 37 Gy D50% < 18,12 Гр/ Gy Dmax ≤ 38,06 Гр/ Gy
Уретра с изотропным отступом 3 мм (PRV) Urethra_PRV 3 mm isotropic margin	Dmax < 38,78 Гр/ Gy
Петли кишечника Bowel	Dmax < 30 Гр/ Gy D5 см ³ < 18,1 Гр/ D5 cc < 18.1 Gy D25 см ³ < 20 Гр/ D25 cc < 20 Gy
Луковица полового члена Penile_Bulb	Dmax < 36,25 Гр/ Gy D3 см ³ < 19,9 Гр/ D3 cc < 19.9 Gy D50% < 29 Гр/ Gy
Головки бедренных костей Femoral_Heads	D1 см ³ < 19,9 Гр/ D1 cc < 19.9 Gy D10 см ³ < 15,6 Гр/ D10 cc < 15.6 Gy D5% < 14,5 Гр/ Gy
Кожа Skin	D1 см ³ < 15,6 Гр/ D1 cc < 15.6 Gy D10 см ³ < 10,9 Гр/ D10 cc < 10.9 Gy

CTV — клинический целевой объем; PTV — планируемый объем мишени; PRV — планируемый объем критического органа; V100% — стопроцентный объем структуры; Dmin — минимальная доза в структуре; Dmax — максимальная доза в структуре; DX% или DXсм³ — минимальная доза в наиболее «горячей» части объема структуры (в процентах или кубических сантиметрах).

CTV—clinical target volume; PTV—planning target volume; PRV—planning organ at risk volume; V100% — one hundred percent volume of the structure; Dmin—minimum dose in the structure; Dmax—maximum dose in the structure; DX% or DXcc—minimum dose in the “hottest” part of the structure’s volume (in percent or cubic centimeters).

Острую и позднюю токсичность ЛТ оценивали согласно критериям шкалы общих терминологических критериев нежелательных явлений (СТСАЕ) v. 5.0.

Статистический анализ проводили с использованием программы StatTech v. 4.8.1 (разработчик — ООО «Статтех», Россия).

РЕЗУЛЬТАТЫ

В Областном клиническом онкологическом диспансере г. Владимира с декабря 2021 года по март 2023 года 80 пациентам с I–II стадией локализованного РПЖ без неoadъювантной АДТ в анамнезе была проведена СТЛТ. Клинические характеристики пациентов представлены в таблице 2.

Таблица 2. Клинические характеристики пациентов

Table 2. Clinical characteristics of patients

Характеристика Characteristic	СТЛТ SBRT (n = 80)
Возраст (лет), Me Age (years), Me	71,0 [66,8; 73,2]
Стартовый ПСА перед началом ЛТ (нг/мл), Me Initial PSA before RT (ng/mL), Me	7,90 [6,07; 11,92]
Объем CTV (см ³), Me CTV volume (cc), Me	56,50 [43,00; 71,00]
Индекс Gleason, абс. (%) Gleason score, abs. (%)	Gleason 3 + 2 5 (6,2%) Gleason 3 + 3 51 (63,7%) Gleason 3 + 4 18 (22,5%) Gleason 4 + 3 6 (7,5%)
Стартовый ПСА перед началом ЛТ, абс. (%) Initial PSA before RT, abs. (%)	< 10 нг/мл < 10 ng/mL 51 (63,7%) > 10 нг/мл > 10 ng/mL 29 (36,2%)
T-индекс, абс. (%) T-stage, abs. (%)	T1b 1 (1,2%) T1c 2 (2,5%) T2a 12 (15,0%) T2b 32 (40,0%) T2c 33 (41,2%)
Группа риска, абс. (%) Risk group, abs. (%)	Низкий Low 12 (15,0%) Промежуточный благоприятный Intermediate favorable 31 (38,8%) Промежуточный неблагоприятный Intermediate unfavorable 37 (46,2%)

СТЛТ — стереотаксическая лучевая терапия; ПСА — простатический специфический антиген; ЛТ — лучевая терапия; CTV — клинический целевой объем.

SBRT—stereotactic body radiation therapy; PSA—prostate-specific antigen; RT—radiation therapy; CTV—clinical target volume.

Таблица 3. Частота и степень выраженности урогенитальной и ректальной токсичности

Table 3. Frequency and severity of genitourinary and rectal toxicity

Токсичность Toxicity	Степень по СТСАЕ v5.0 СТСАЕ v5.0 grade	Количество пациентов (%) Number of patients (%)
Острая урогенитальная токсичность Acute genitourinary toxicity	Степень 0 Grade 0	13 (16,2%)
	Степень 1 Grade 1	62 (77,5%)
	Степень 2 Grade 2	5 (6,2%)
Поздняя урогенитальная токсичность через 3–12 месяцев после ЛТ Late genitourinary toxicity 3–12 months after RT	Степень 0 Grade 0	28 (35,0%)
	Степень 1 Grade 1	34 (42,5%)
	Степень 2 Grade 2	17 (21,2%)
	Степень 3 Grade 3	1 (1,2%)
Поздняя урогенитальная токсичность через 24 месяца после ЛТ Late genitourinary toxicity 24 months after RT	Степень 0 Grade 0	45 (56,2%)
	Степень 1 Grade 1	23 (28,7%)
	Степень 2 Grade 2	8 (10,0%)
	Степень 3 Grade 3	4 (5,0%)
Острая ректальная токсичность Acute rectal toxicity	Степень 0 Grade 0	77 (96,2%)
	Степень 1 Grade 1	2 (2,5%)
	Степень 2 Grade 2	1 (1,2%)
Поздняя ректальная токсичность через 3–12 месяцев после ЛТ Late rectal toxicity 3–12 months after RT	Степень 0 Grade 0	69 (86,2%)
	Степень 1 Grade 1	4 (5,0%)
	Степень 2 Grade 2	4 (5,0%)
	Степень 3 Grade 3	3 (3,8%)
Поздняя ректальная токсичность через 24 месяца после ЛТ Late rectal toxicity 24 months after RT	Степень 0 Grade 0	73 (91,2%)
	Степень 1 Grade 1	4 (5,0%)
	Степень 2 Grade 2	1 (1,2%)
	Степень 3 Grade 3	2 (2,5%)

СТСАЕ — шкала общих терминологических критериев нежелательных явлений; ЛТ — лучевая терапия.

СТСАЕ—Common Terminology Criteria for Adverse Events; RT—radiation therapy.

Средний возраст пациентов составил 71 год (66,8–73,2); 85% больных относились к группе промежуточного риска. Медиана стартового ПСА перед началом ЛТ составила 7,9 нг/мл (6,07–11,92).

Медиана наблюдения составила 23 месяца (3,0–39,0).

Двухлетняя специфическая выживаемость составила 100%. Двухлетняя выживаемость без биохимического рецидива (БРВ) составила 97,5%.

Динамика снижения средних показателей ПСА представлены на рисунке 3.

Темп демпинга ПСА через 3 месяца после окончания СТЛТ оказался достаточно высоким со средним надиром через 24 месяца на уровне 0,2 нг/мл.

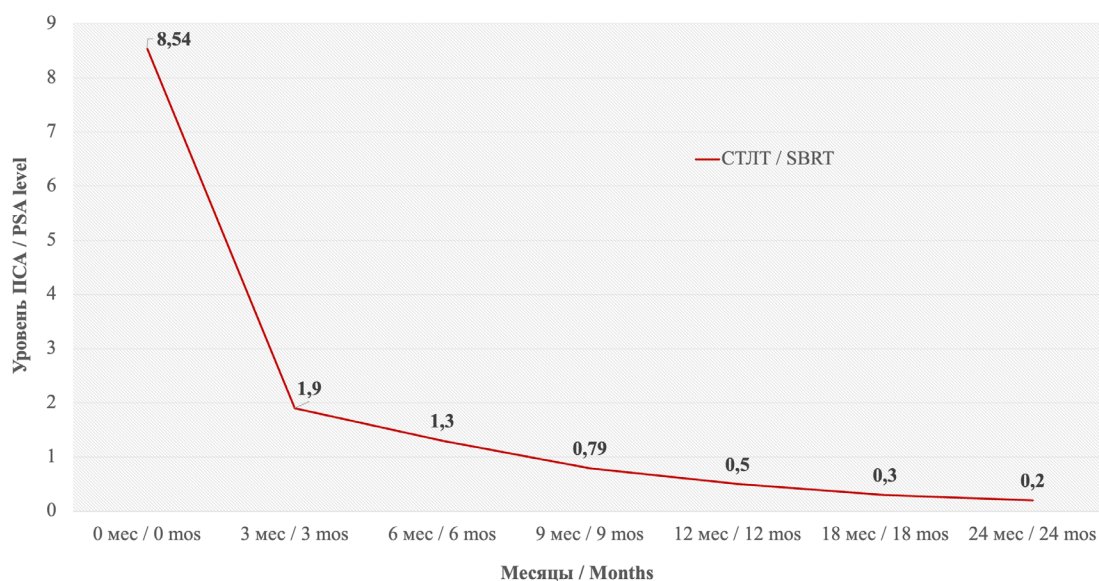
Частота и тяжесть лучевых реакций и осложнений при динамическом наблюдении представлены в таблице 3.

Острая урогенитальная токсичность 2 степени (умеренная поллакиурия, умеренная странгурия, ноктурия более двух раз, микрогематурия, переходящие умеренные тазовые боли, переходящая гемоспермия) отмечена у 5 (6,2%) больных. Проявлений острой урогенитальной токсичности 3–4 степени не было. Поздняя урогенитальная токсичность 2–3 степени (выраженная поллакиурия, выраженная странгурия, ноктурия более двух-четырёх раз, переходящие умеренные тазовые боли, макрогематурия, приводящая к клинически значимой анемии и необходимости консервативной терапии лучевого цистита в условиях стационара) через 2 года зарегистрирована у 12 (15%) пациентов.

Острая ректальная токсичность 2 степени (диарея до 4–6 раз в сутки, дискомфорт или периодические умеренные боли в проекции прямой кишки, редкие эпизоды примеси крови и слизи в кале) отмечена у 1 (1,2%) пациента. Острой ректальной токсичности 3 степени зарегистрировано не было. Поздняя ректальная токсичность 2–3 степени (диарея более 7 раз в сутки, выраженные боли в проекции прямой кишки, эпизоды каловой инконтиненции, требующие ежедневного использования гигиенических прокладок, выраженная обильная гематохезия, приводящая к клинически значимой анемии и необходимости консервативной терапии лучевого ректита в условиях стационара) через 2 года зарегистрирована у 3 (3,7%) больных.

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные нами показатели БРВ (97,5%) показывают высокую эффективность разработанной методики СТЛТ. Они сопоставимы с результатами БРВ (95,8%) в группе СТЛТ в исследовании PACe-B [16]. Медиана надир ПСА в нашем исследовании (0,2 нг/мл) оказалась на необходимом целевом уровне (менее 0,5 нг/мл), что при дальнейшем динамическом наблюдении может стать значимым маркером благоприятного прогноза для данной группы пациентов. В обзоре Avkshtol и соавт. продемонстрированы сопоставимые онкологические результаты СТЛТ РПЖ на линейных ускорителях и кибер-ноже по критериям: 5-летней био-



СТЛТ — стереотаксическая лучевая терапия; ПСА — простатический специфический антиген.

SBRT—stereotactic body radiation therapy; PSA—prostate-specific antigen.

Рисунок 4. Динамика среднего уровня ПСА после СТЛТ

Figure 4. Dynamics of median PSA level after SBRT

химической БРВ > 90%; выраженности токсичности (< 6% пациентов с токсичностью 3–4 степени), а также показано хронологическое преимущество СТЛТ на линейном ускорителе (среднее время сеанса 15 минут против 45 минут на кибер-ноже) [17]. Wogowicz и соавт. и Serra и соавт. в своих работах показали, что с точки зрения физики и дозиметрии технология облучения VMAT-FFF на линейном ускорителе не имеет значимых отличий от технологии роботизированного кибер-ножа и может быть альтернативой [18,19]. В одном из крупнейших сравнительных исследований HURO-RT-PC, в группе СТЛТ (42,7 Гр за 7 фракций) отмечена более высокая частота острой урогенитальной и ректальной токсичности ≥ 2 степени по сравнению с группой конформной ЛТ (78 Гр за 39 фракций) (28% и 23% соответственно ($p = 0,0066$)) [6]. В исследовании PACe-V острая урогенитальная и ректальная токсичность оказались без статистически значимой разницы между группами [8]. По результатам нашего исследования выявлена достаточно низкая частота острой урогенитальной токсичности 2 степени (6,2%) и острой ректальной токсичности любой степени (1,2%). Сравнивая показатели двухлетней токсичности исследования PACe-V с результатами разработанной нами методики можно заключить, что частота и тяжесть поздней токсичности не имеет каких-либо значимых отличий. Так, мочеполовая токсичность ≥ 2 степени после СТЛТ на линейных ускорителях составила 17% и 15% соответственно. Ректальная токсичность ≥ 2 степени — 5% и 3,7% соответственно. При этом в исследовании PACe-V был

выявлен статистически значимый рост частоты поздней урогенитальной и ректальной токсичности в группе СТЛТ на линейных ускорителях по сравнению с группой СТЛТ на кибер-ноже: урогенитальная токсичность 2 и более выраженной степени по шкале CTCAE через 2 года составила 17% и 6% соответственно ($p = 0,002$), желудочно-кишечная токсичность 2 и более выраженной степени по шкале CTCAE через 2 года составила 5% и 1% соответственно ($p = 0,016$) [9,20]. Таким образом, разработанная нами методика СТЛТ по показателям эффективности и безопасности сопоставима с имеющимися данными литературы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная и апробированная на линейном ускорителе в условиях регионального онкологического центра методика СТЛТ — эффективный метод радикального лечения локализованного РПЖ. Высокий уровень биохимического контроля при удовлетворительном профиле безопасности получен без установки золотых маркеров и биодеградируемых периректальных спейсеров. Полученные результаты лечения локализованного РПЖ показывают перспективу целесообразности продолжения и расширения проведенного исследования.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Ferlay J, Ervik M, Lam F et al. Global Cancer Observatory: Cancer Today 2024. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer. Available at: <https://gco.iarc.who.int/today>
2. Состояние онкологической помощи населению России в 2023 году. Под ред. А.Д. Каприн, В.В. Старинского, А.О. Шахзадовой 2024. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2024. 262 с.
The state of oncological care for the population of Russia in 2023. Eds.: A.D. Kaprin, V.V. Starinsky, A.O. Shakhzadova. Moscow: P.A. Herzen Moscow State Medical Research Institute – branch of the Federal State Budgetary Institution “NMIC of Radiology” Ministry of Health of Russia, 2024. 262 p. (in Russ)
3. Носов Д.А., Волкова М.И., Гладков О.А. и соавт. Практические рекомендации по лекарственному лечению рака предстательной железы. Практические рекомендации RUSSCO, часть 1. Злокачественные опухоли 2023;13(3s2):640–660. DOI: <https://doi.org/10.18027/2224-5057-2023-13-3s2-1-640-660>.
Nosov D.A., Volkova M.I., Gladkov O.A. et al. Practical recommendations for drug treatment of prostate cancer. Practical recommendations RUSSCO, part 1. Malignant tumors 2023;13(3s2):640–660. <https://doi.org/10.18027/2224-5057-2023-13-3s2-1-640-660> (In Russ.)
4. Hamdy F.C., Donovan J.L., Lane J.A., et al. Fifteen-year outcomes after monitoring, surgery, or radiotherapy for prostate cancer. *N Engl J Med* 2023;388(17):1547-1558. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2214122>
5. Zaorsky N.G., Shaikh T., Murphy C.T., et al. Comparison of outcomes and toxicities among radiation therapy treatment options for prostate cancer. *Cancer Treat Rev* 2016;48:50-60. <https://doi.org/10.1016/j.ctrv.2016.06.006>
6. Widmark A., Gunnlaugsson A., Beckman L., et al. Ultra-hypofractionated versus conventionally fractionated radiotherapy for prostate cancer: 5-year outcomes of the HYPO-RT-PC randomised, non-inferiority, phase 3 trial. *Lancet* 2019;394(10196):385-395. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)31131-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)31131-6)
7. Wolf F., Sedlmayer F., Aebbersold D., et al. Ultrahypofractionation of localized prostate cancer : Statement from the DEGRO working group prostate cancer. *Strahlenther Onkol* 2021;197(2):89-96. <https://doi.org/10.1007/s00066-020-01723-8>
8. Brand D.H., Tree A.C., Ostler P., et al. Intensity-modulated fractionated radiotherapy versus stereotactic body radiotherapy for prostate cancer (PACE-B): acute toxicity findings from an international, randomised, open-label, phase 3, non-inferiority trial. *Lancet Oncol* 2019;20(11):1531-1543. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(19\)30569-8](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(19)30569-8)
9. Tree A.C., Ostler P., van der Voet H., et al. Intensity-modulated radiotherapy versus stereotactic body radiotherapy for prostate cancer (PACE-B): 2-year toxicity results from an open-label, randomised, phase 3, non-inferiority trial [published correction appears in *Lancet Oncol* 2023 May;24(5):e192. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(23\)00177-8](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(23)00177-8)]. *Lancet Oncol* 2022;23(10):1308-1320. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(22\)00517-4](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(22)00517-4)
10. Клинические рекомендации Министерства здравоохранения Российской Федерации. Рак предстательной железы, 2021. Доступно по: https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/12_3 (дата обращения: 30.08.2025).
Clinical guidelines of the Ministry of Health of the Russian Federation. Prostate cancer, 2021. Available at: https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/12_3 (accessed: 30.08.2025)
11. King C.R., Lehmann J., Adler J.R., Hai J. CyberKnife radiotherapy for localized prostate cancer: rationale and technical feasibility. *Technol Cancer Res Treat* 2003;2(1):25-30. <https://doi.org/10.1177/153303460300200104>
12. Friedland J.L., Freeman D.E., Masterson-McGary M.E., Spellberg D.M. Stereotactic body radiotherapy: an emerging treatment approach for localized prostate cancer. *Technol Cancer Res Treat* 2009;8(5):387-392. <https://doi.org/10.1177/153303460900800509>
13. Lei S., Piel N., Oermann E.K., et al. Six-Dimensional Correction of Intra-Fractional Prostate Motion with CyberKnife Stereotactic Body Radiation Therapy. *Front Oncol* 2011;1:48. <https://doi.org/10.3389/fonc.2011.00048>
14. Oliai C., Lanciano R., Sprandio B., et al. Stereotactic body radiation therapy for the primary treatment of localized prostate cancer. *J Radiat Oncol* 2013;2(1):63-70. <https://doi.org/10.1007/s13566-012-0067-2>
15. Park Y., Park H.J., Jang W.I., et al. Long-term results and PSA kinetics after robotic SBRT for prostate cancer: multicenter retrospective study in Korea (Korean radiation oncology group study 15-01). *Radiat Oncol* 2018;13(1):230. <https://doi.org/10.1186/s13014-018-1182-z>
16. van As N., Griffin C., Tree A., et al. Phase 3 Trial of Stereotactic Body Radiotherapy in Localized Prostate Cancer. *N Engl J Med* 2024;391(15):1413-1425. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2403365>
17. Avkshol V., Dong Y., Hayes S.B., et al. A comparison of robotic arm versus gantry linear accelerator stereotactic body radiation therapy for prostate cancer. *Res Rep Urol* 2016;8:145-158. <https://doi.org/10.2147/RRU.S58262>

18. Borowicz D.M., Skrobala A., Kruszyna-Mochalska M., Malicki J. Does CyberKnife improve dose distribution versus IMRT and VMAT on a linear accelerator in low-risk prostate cancer? *Radiol Oncol* 2022;56(2):259-266. <https://doi.org/10.2478/raon-2022-0010>
19. Serra M., De Martino F., Savino F., et al. SBRT for Localized Prostate Cancer: CyberKnife vs. VMAT-FFF, a Dosimetric Study. *Life (Basel)* 2022;12(5):711. <https://doi.org/10.3390/life12050711>
20. Ratnakumaran R., Hinder V., Brand D., et al. The Association between Acute and Late Genitourinary and Gastrointestinal Toxicities: An Analysis of the PACE B Study. *Cancers (Basel)* 2023;15(4):1288. <https://doi.org/10.3390/cancers15041288>.

ВКЛАД АВТОРОВ

Шейко А. В.: разработка концепции исследования, анализ данных, написание оригинального текста;

Черниченко А. В.: экспертный анализ, редактирование текста, консультации по научным аспектам работы;

Зирин А. Г.: экспертный анализ, консультации по научным аспектам работы.

Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.

ORCID АВТОРОВ

Андрей Владимирович Шейко
<https://orcid.org/0000-0002-9914-8990>

Андрей Вадимович Черниченко
<https://orcid.org/0009-0007-7014-7496>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Финансирование. Статья подготовлена без спонсорской поддержки.

Статья поступила в редакцию журнала 25.11.2025, прошла рецензирование 29.01.2026, принята к печати 09.02.2026

AUTHORS' CONTRIBUTION

Sheiko A. V.: research concept development, data analysis, writing the original text;

Chernichenko A. V.: expert analysis, text editing, consultations on scientific aspects of the work;

Zirin A. G.: expert analysis, consultations on scientific aspects of the work.

All authors have approved the final version of the article before publication, agreed to assume responsibility for all aspects of the work, implying proper review and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.

ORCID OF AUTHORS

Andrey Vladimirovich Sheiko
<https://orcid.org/0000-0002-9914-8990>

Andrey Vadimovich Chernichenko
<https://orcid.org/0009-0007-7014-7496>

Conflict of interest. The authors declare that there are no possible conflicts of interest.

Funding. The article was prepared without sponsorship.

Received 25 November 2025.
Reviewed 29 January 2026.
Accepted for publication 9 February 2026