Онкология. Журнал им. П.А. Герцена
2025, Т. 14, №4, с. 86–90
https://doi.org/10.17116/onkolog20251404186

P.A. Herzen Journal of Oncology
2025, Vol. 14, №4, pp. 86–90
https://doi.org/10.17116/onkolog20251404186

Место стереотаксической лучевой терапии в лечении рака почки

© И.В. КОРНИЛОВ, А.В. ЧЕРНИЧЕНКО, Н.В. ВОРОБЬЕВ

Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П.А. Герцена — филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

В статье представлен обзор современного состояния применения стереотаксической лучевой терапии (СТЛТ) при лечении рака почки. Проанализированы результаты ведуших ретроспективных и проспективных исследований последних лет, включая данные многоцентровых международных консорциумов. Отмечены высокая эффективность СТЛТ по критериям локального контроля и общей выживаемости, а также хорошая переносимость лечения и сохранение функции почек особенно у функционально неоперабельных пациентов. Показано, что СТЛТ может служить альтернативой хирургическому лечению у отдельных категорий больных.

Ключевые слова: *стереотаксическая лучевая терапия, рак почки.*

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:
Корнилов И.В. — https://orcid.org/0009-0007-5917-7125
Черниченко А.В. — https://orcid.org/0009-0007-7014-7496
Воробьёв Н.В. — https://orcid.org/0000-0001-5597-9533
Автор, ответственный за переписку: Корнилов И.В. — e-mail: kornilov_i@mail.ru

КАК ЦИТИРОВАТЬ:
Корнилов И.В., Черниченко А.В., Воробьев Н.В. Место стереотаксической лучевой терапии в лечении рака почки. *Онкология. Журнал им. П.А. Герцена*. 2025;14(4):86–90. https://doi.org/10.17116/onkolog20251404186

The place of stereotactic radiotherapy in the treatment of renal cancer

© I.V. KORNILOV, A.V. CHERNICHENKO, N.V. VOROBYOV

P. Herzen Moscow Oncology Research Institute, Branch, National Medical Research Radiological Centre, Moscow, Russia

ABSTRACT

Article presents a review of the current state of stereotactic body radiotherapy (SBRT) in the treatment of renal cell carcinoma. The analysis includes recent retrospective and prospective studies, including data from leading international multicenter consortia. SBRT demonstrates high efficacy in terms of local control and overall survival, as well as good tolerability and preservation of renal function, particularly in functionally inoperable patients. The evidence suggests that SBRT may serve as a promising alternative to surgery in selected cases.

Keywords: *stereotactic body radiation therapy, renal cancer.*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Kornilov I.V. — https://orcid.org/0009-0007-5917-7125
Chernichenko A.V. — https://orcid.org/0009-0007-7014-7496
Vorobyov N.V. — https://orcid.org/0000-0001-5597-9533
Corresponding author: Kornilov I.V. — e-mail: kornilov_i@mail.ru

TO CITE THIS ARTICLE:
Kornilov IV, Chernichenko AV, Vorobyov NV. The place of stereotactic radiotherapy in the treatment of renal cancer. *P.A. Herzen Journal of Oncology*. 2025;14(4):86–90. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/onkolog20251404186

Известно, что курение, ожирение, артериальная гипертензия и хроническая болезнь почек являются установленными факторами риска развития почечно-клеточного рака (ПКР) [1].

В России в 2023 г. впервые выявлено 24 849 случаев злокачественных новообразований (ЗНО) почек, что составляет 3,9% от всех 674 857 впервые выявленных ЗНО. В структуре онкологической заболеваемости рак почки занимает 9-е место и составляет 4,9% среди всех состоящих на диспансерном учете пациентов с онкологическими заболеваниями [2].

ЗНО почки объединяют гетерогенную группу различных гистологических подтипов, которая составляет более 90% всех новообразований почек [3]. Наиболее часто выявляют ПКР светлоклеточный, папиллярный и хромофобный. Онкоцитарный рак и рак собирательных трубочек встречаются редко [4]. ПКР чаще диагностируют у пожилых людей (средний возраст 65 лет) и у мужчин (соотношение мужчин/женщин 1,65) [5, 6]. Благодаря прогрессу в развитии методов визуализации органов брюшной полости и забрюшинного пространства выявляемость новообразований почек на ранних стадиях за последние 10-летия увеличилась, при этом более половины новообразований диагностируют случайно [7, 8].

Хирургический метод лечения считается единственным вариантом радикального лечения рака почки. Нефрэкто-

мию или резекцию почки выполняют у 93,8% больных [9, 10]. При ранних стадиях ПКР действующие международные стандарты лечения рекомендуют выполнение нефросберегающей резекции почки при T1a. При T1b производят резекцию почки, в случае невозможности ее выполнения — нефрэктомию [11].

По данным ряда исследований [12—18], органосохраняющие операции (резекция почки) и нефрэктомия при локализованном раке почки демонстрируют сопоставимую отдаленную онкологическую эффективность, включая безрецидивную выживаемость.

Таким образом, хирургическое лечение является высокоэффективным вариантом противоопухолевого лечения больных ЗНО почки.

В то же время существует достаточно большое число пациентов, хирургическое лечение которым по функциональным показателям невозможно. Так, например, в России в 2023 г. таких пациентов было 901 [2]. У функционально неоперабельных больных с локализованным раком почки в соответствии с существующими стандартами лечения рекомендовано проведение радиочастотной абляции (РЧА) или криоабляции (КА). Однако ни в каких клинических рекомендациях какой-либо вариант абляции (РЧА или КА) не обсуждается как равно эффективный метод выбора при лечении функционально операбельных больных.

По данным ретроспективных исследований [19], показатели локального контроля и выживаемости после КА и РЧА уступают хирургическому лечению особенно при локализованном раке почки T1a у пациентов старше 65 лет.

Известно, что ПКР представляет собой радиорезистентную опухоль. Это подтверждено исследованиями как *in vitro,* так и *in vivo*. При сравнении клеточных линий *in vitro* было показано, что ПКР — одна из наиболее радиорезистентных опухолей, при этом нормальная почечная паренхима входит в ряд наиболее низкой толерантности к ионизирующему излучению тканей [20]. Следовательно, при ПКР неприменение лучевой терапии с использованием классических режимов фракционирования экспериментально подтверждено и теоретически оправдано. Именно поэтому лучевая терапия рака почки не показана ни в одной из действующих клинических рекомендаций и стандартах лечения.

Одним из способов преодоления радиорезистентности является повышение разовой очаговой дозы (РОД). Толерантность нормальной почечной ткани может быть соблюдена при минимизации объемов ее облучения. Эти задачи могут быть решены при использовании принципов стереотаксической лучевой терапии (СТЛТ), которая хорошо зарекомендовала себя как высокоэффективный метод лечения, в том числе при таких радиорезистентных новообразованиях, как опухоли головного мозга, рак предстательной железы и легких [21—23]. Теоретически подведение высоких РОД вызывает активацию ферментов, способствующих накоплению церамида на мембранах клеток эндотелия, что приводит к так называемому церамид-индуцированному апоптозу эндотелия у достаточно хорошо васкуляризованных опухолях почки. Подобное обоснование позволяет предположить, что СТЛТ может иметь хороший терапевтический эффект при лечении ПКР [24, 25].

В настоящее время, опираясь на радиобиологические предпосылки, несмотря на отсутствие клинических рекомендаций, для лечения пациентов с локализованным начальным раком почки все большее число исследователей изучают возможности СТЛТ.

За последние 5—6 лет в одной из обобщающих работ Американского общества радиационных онкологов (ASTRO), выполненной группой Международного радиохирургического онкологического консорциума лечения почек (IROCK), был проведен анализ результатов СТЛТ 223 пациентов с диагнозом рака почки. У 189 (84,8%) диагноз был верифицирован, у 34 (15,2%) пациентов СТЛТ проводили без верификации диагноза. Среднюю суммарную очаговую дозу (СОД) 25 (14—26) Гр за одну фракцию подвели 118 пациентам, а у 105 пациентов средняя СОД СТЛТ составила 40 (24—70) Гр, которую подводили за 2—10 фракций (в среднем за 4 фракции). Несмотря на большую вариабельность РОД и СОД, авторы обобщили непосредственные и отдаленные результаты СТЛТ различных режимов подведения СОД. Постлучевые реакции I–II степени наблюдали у 169 (75,8%), III–IV — у 3 (1,3%) пациентов с одинаковой частотой по группам. Большая частота постлучевых гастроинтерстициальных реакций, которые можно отнести к общим лучевым реакциям, была зарегистрирована в группе однофракционного облучения (17 и 6,8% соответственно). Функцию почек после лечения контролировали по показателям скорости клубочковой фильтрации (СКФ). Среднее снижение СКФ (одинаковое по группам и функционально незначимое) составило 5,5 мл/мин, что соответствовало среднему повышению уровня креатинина сыворотки крови на 28,1 млмоль/л. При динамическом наблюдении в первые 2 года после лечения у 3 (1,3%) был выявлен местный рецидив и у 16 (7,2%) — отдаленные метастазы. Через 4 года наблюдения локальный контроль, онкоспецифическая, общая и выживаемость без прогрессирования составили 97,8, 91,9, 70,7 и 65,4% соответственно [26].

В следующем году группа IROCK опубликовала результаты СТЛТ 81 пациента с единственной почкой, выделив их из 223 пациентов после проведенного ранее анализа. Верификация диагноза ПКР была выполнена у 91,4% пациентов. Средний размер опухоли единственной почки был меньше, чем в группе с двумя почками (3,7 и 4,3 см соответственно). Средняя СОД составила 25 Гр (14—70 Гр). Среднее снижение СКФ было одинаковым для обеих групп: 5,8±10,8 мл/мин в группе пациентов с одной почкой и 5,3±14,3 мл/мин в группе с двумя почками. Ни один из пациентов с единственной почкой не нуждался в диализе. При среднем сроке наблюдения 2,6 года двухлетний локальный контроль у пациентов с одной почкой составил 97,5%, у пациентов с двумя почками — 97,8%. Показатели общей выживаемости между группами также не различалась: 81 и 82% соответственно [27].

Продолжая работу с американской базой данных, R.E. Wegner и соавт. [28] в поисках предикторов выживаемости изучили данные 347 пациентов с ПКР, которым была проведена СТЛТ в 2004—2016 гг. Средний возраст пациентов 74 года. Распространенность: T1, T2 — 80%, T3, T4 — 20%, *N*1 — 3% пациентов. Размеры опухоли 2,8—5,2 см. СОД 35—54 Гр при средней BED_{10} 112,5 Гр. При размере опухоли до 25 мм медиана выживаемости составила 92 мес, при 26—35 мм — 88 мес, при 36—50 мм — 44 мес, для образований более 5 см — 26 мес. Полученные результаты позволили авторам установить, что размер опухоли более 4 см, местно-распространенный процесс (N1) и возраст старше 74 лет являются предикторами худшего прогноза локального контроля и выживаемости.

Изменение размеров, а также скорость роста новообразования, определяемые на основании рентгенологических данных, являются общепринятыми критериями оценки ди-

намики развития опухолевого процесса. Эти критерии используют в том числе и для оценки эффективности СТЛТ.

В журнале «American Journal of Roentgenology» R.M. Sun и соавт. [29] опубликовали интересные данные о скорости роста 41 опухоли почки до и после проведения СТЛТ. Средний диаметр опухоли до начала лечения 3,9 см, СОД 21—48 Гр подводили за 3 фракции. Авторы, используя данные рентгенологического анамнеза, определяли скорость роста каждой опухоли до и после лечения. Средний период наблюдения до лечения составил 416 дней, после СТЛТ — 561 день. Расчетная средняя скорость роста опухоли до лечения составила+0,68 см/год. За период наблюдения после СТЛТ расчетная средняя скорость уменьшения размеров опухоли составила –0,37 см/год.

Опубликовано достаточное число работ, базирующихся на небольшом числе ретроспективно отобранных клинических наблюдений, совокупно подтверждающих эффективность СТЛТ при начальных формах рака почки у функционально неоперабельных больных. Некоторые из них процитированы ниже.

В ретроспективном исследовании клиники «Шарите» (Берлин, Германия), опубликованном в 2019 г., были проанализированы результаты лечения 10 пациентов с 13 верифицированными опухолями почки на начальных стадиях ПКР. При СТЛТ 13 опухолей использовали три варианта подведения дозы: однократно при РОД 24 Гр, 25 Гр либо с СОД 36 Гр, подведенных за 3 фракции. При медиане наблюдения 27 мес стабилизация размеров опухоли после СТЛТ наблюдали в 38,5% случаев, частичный ответ — в 30,8%, полный ответ — в 23,1%. Значимых различий в зависимости от разных вариантов подведения дозы отмечено не было. Через 5 мес динамического наблюдения после СТЛТ в 1 (7,7%) из 13 образований был выявлен продолженный рост опухоли. Несмотря на небольшое число пациентов, авторы [30] с оптимизмом смотрят на возможности развития методик СТЛТ при лечении пациентов с ПКР.

A.V. Peddada и соавт. [31] привели данные лечения 21 пациента с верифицированным раком почки после СТЛТ на ускорителе Кибернож. У 19 пациентов размеры опухоли были менее 4 см (T1a), у 2 — более 4 см (T2a). PTV=GTV+3—5 мм. За 3 фракции 20 больным была подведена СОД 48 Гр, 1 — СОД 42 Гр. Среднее уменьшение размеров опухоли через 1 год после лечения составило 5,3%, через 2 года — 15,6% и достигло 48,8% при дальнейшем динамическом наблюдении. При этом среднее снижение СКФ через 1 год составило 1,5%, через 2 года – 7% и через 5 лет – 14,2%. При среднем периоде наблюдения 78 мес ни у одного пациента не было выявлено локального рецидива или отдаленных метастазов, 3 пациента умерли от сопутствующих заболеваний через 3, 22, и 93 мес.

T. Yamamoto и соавт. [32] ретроспективно изучили результаты СТЛТ 30 опухолей почек у 29 больных (T1a, T1b и rT1a). Без учета распространенности и локализации опухоли за 10 фракций облучения проводили СОД 70, 60 или 50 Гр в РОД 7 Гр (18 опухолей), РОД 6 Гр (5 опухолей) или РОД 5 Гр (7 опухолей). Анализ результатов проведен во всей группе без учета уровня подведенной СОД. Среднее снижение СКФ после СТЛТ составило 5,4 мл/мин/1,73 м^2. При медиане наблюдения 57 мес стабилизация размеров опухоли отмечена в 22 случаях, частичный ответ — в 8. У 2 пациентов через 38 и 40 мес после СТЛТ выявлены рецидивы в той же почке, однако оба вне зоны полей облучения. У 5 пациентов зарегистрированы отдаленные метастазы в легких, костях, печени, щитовидной железе. При этом 5-летний локальный контроль, локорегионарный контроль и выживаемость без прогрессирования составили 94, 88 и 50% соответственно. Показатели 5-летней онкоспецифической и общей выживаемости составили 96 и 68%.

В работе L. Grelier и соавт. [33] приведены результаты лечения 23 пациентов с раком почки (T1a — 13, T1b — 9 и T2 — 1 пациент), которым СТЛТ была проведена в 2016 — 2020 гг. Четыре варианта фракционирования: 35 Гр за 5 фракций (10 пациентов), 35 Гр за 7 фракций (7 пациентов), 36 Гр за 3 фракции (4 пациента) и 24 Гр за 3 фракции (1 пациент). Лучевые реакции I–II степени наблюдали у 5 (21,7%) пациентов. Лучевые повреждения III–IV степени выявлены не были. За период наблюдения (медиана 22 мес) у 1 пациента установлен метастаз в регионарном лимфатическом узле, у 2 реализовались отдаленные метастазы. Зафиксировано 4 летальных исхода, из них 1 связан с прогрессированием заболевания, причины 3 не связанны с развитием онкологического заболевания. Показатели онкоспецифической и общей выживаемости составили 96 и 83% соответственно.

В работе A. Zarkar и соавт. [34], приведены результаты первого опыта Бирмингемского госпиталя имени Королевы Елизаветы по применению СТЛТ на аппарате CyberKnife у 19 пациентов с морфологически верифицированным ПКР. У 11 пациентов подводили СОД 42 Гр за 3 фракции, у 8 — СОД 26 Гр однократно. Среднее снижение показателей СКФ через 6 мес составило 5,4 мл/мин, через 12 мес — 8,7 мл/мин. При среднем времени наблюдения 17 мес локальный контроль через 12 мес составил 94,4%, общая одногодичная выживаемость — 78,3%.

В последние годы все большее число исследователей обращают внимание на изучение качества жизни после проведения лучевого лечения, в том числе и при раке почки. Так, A. Swaminath и соавт. [35] провели анализ изменения качества жизни 28 пациентов после СТЛТ новообразований почек с СОД 35—45 Гр (5 фракций). Анализ качества жизни проводили через 1 нед, 1, 3, 6 мес после СТЛТ на основании заполнения анкет по шкалам EuroQol-5D-3L, EORTC-QLQ-C30 и FACT FKSI-19. Авторы не отметили значимого снижения показателей качества жизни. Если через 1 неделю у ряда пациентов наблюдалась тенденция к снижению качества жизни в виде быстрой утомляемости, изменения эмоционального фона, снижения аппетита и появления тошноты, не требующих обезболивания болевых ощущений, то через 3—6 мес все нежелательные симптомы полностью регрессировали. Авторы делают вывод о хорошей переносимости СТЛТ в указанных дозах пациентами с новообразованиями почек без развития каких-либо значимых лучевых реакций.

В 2022 г. наши белорусские коллеги опубликовали результаты лечения 20 пациентов с ПКР (5 см и менее), проходивших лечение в РНПЦ ОМР им. Н.Н. Александрова. На ускорителе TrueBeam STx СОД 48 Гр подводили за 4 фракции. За период наблюдения (медиана 20,1 мес) у 16 отмечена стабилизация, у 3 — частичная и у 1 полная регрессия опухоли. 3-летний локальный контроль 100%. У 1 пациента зарегистрированы отдаленные метастазы. Безметастатическая выживаемость 93,7%. За период наблюдения 3 пациента умерли от причин, не связанных с раком почки. 3-летняя скорректированная выживаемость составила 100%, общая выживаемость — 78,3% [36].

Коллеги из Челябинского ОКЦО и ЯМ представили результаты лечения 42 пациентов с подтвержденным диагнозом рака почки, из них у 6 рецидив выявлен после хирурги-

ческого лечения. СТЛТ проводили на ускорителе CyberKnife в СОД 30 — 45 Гр за 3 фракции. Средний объем опухоли составил 28,1 см³. Через 3 мес после СТЛТ у 23,8% пациентов отмечена нефротоксичность, однако в течение первого года наблюдения функция почек у этих пациентов была восстановлена. По критериям RECIST 1.1 через 3—6 мес после СТЛТ стабилизацию процесса наблюдали в 66,8% случаев, частичную резорбцию — в 26,2%, прогрессирование — в 7%. Локальный контроль через год 93%. Показатели 1-, 3- и 5-летняя общая выживаемость составили 94,1, 88,7и 72,6% соответственно [37].

Таким образом, все работы, процитированные выше, свидетельствуют о положительных результатах проведения СТЛТ рака почки и, несмотря на небольшое число клинических наблюдений, авторы считают оправданным ее применение у функционально неоперабельных больных ПКР. Необходимо подчеркнуть, что работ с описанием негативного мнения о возможностях СТЛТ рака почки в доступной нам литературе мы не встретили.

Одной из важных и пока нерешенных проблем СТЛТ рака почки является оценка эффективности проведенного лечения. Так, например, как оценивать рентгенологически стабильные размеры опухоли после СТЛТ при отсутствии «рентгенологического» анамнеза и невозможности определения скорости роста опухоли до лечения? Для оценки эффективности СТЛТ рака почки R. Hannan и соавт. [38] предложили дополнительно использовать морфологический метод. Авторы опубликовали результаты лечения 16 пациентов с морфологически верифицированными новообразованиями почки (средний размер 3,2 см) после СТЛТ, из которых 6 была подведена СОД 40 Гр за 5 фракций, а 10 — СОД 36 Гр за 3 фракции. У всех 16 пациентов при среднем «рентгенологическом» анамнезе 12 мес до лечения отмечено среднее увеличение размеров опухоли на 0,8 см/год. При среднем времени наблюдения 36 мес после СТЛТ у 11 больных отмечена стабилизация, у 3 — уменьшение размеров, у 2 — продолженный рост опухоли. Локальный контроль 88%. Для морфологической оценки изменений у 12 из 16 пациентов авторы провели повторную биопсию опухоли через 1 год после СТЛТ. В результате изучения биопсийного материала с проведением ИГХ-исследования отмечены гиалинизация и фиброз опухолевой ткани с уменьшением количества опухолевых клеток и значительным снижением индексов CA-IX/Ki-67. Безусловно, с учетом гетерогенности опухоли оценивать изменения структуры опухоли после СТЛТ на основании анализа биопсийного материала не совсем корректно. Поэтому очевидно, что морфологическая оценка эффекта СТЛТ после повторной биопсии не всегда целесообразна и у большинства больных не будет использоваться, однако в определенных клинических ситуациях может иметь диагностическое значение для определения дальнейшей тактики лечения.

В настоящее время продолжается этап накопления клинического материала с эмпирически выбранными РОД, СОД, режимов фракционирования. Так, в 2024 г. S. Siva и соавт. [39] обобщили опыт 2-й фазы нерандомизированного исследования по лечению 70 пациентов с ПКР, лечившихся в клиниках Австралии, Австрии, Голландии и Новой Зеландии. Средний возраст 77 лет. Средний размер опухоли 4,6 см. До начала лечения у 49 (70%) пациентов была возможность оценить постепенное увеличение размеров опухоли. 47 пациентам СТЛТ была проведена в СОД 42 Гр за 3 фракции, а 23 — в СОД 26 Гр за 1 фракцию. У 7 (10%) пациентов были отмечены лучевые реакции: тошнота (3 пациента), боль в животе или в зоне полей облучения (4 пациента), обструкция толстой кишки (2 пациента), диарея (1 пациент). Медиана наблюдения 43 мес. Локальный контроль через 12 мес 100%.

Таким образом, анализ данных литературы показывает, что, несмотря на отсутствие стандартов и клинических рекомендаций, за последнее 10-летие отмечается значимый рост интереса к изучению возможностей СТЛТ рака почки у функционально неоперабельных больных в различных клиниках мира. Полученные авторами результаты локального контроля, общей выживаемости при отсутствии значимых лучевых реакций и осложнений свидетельствуют об эффективности метода. Можно сказать, что эра 1-й фазы завершена. Для определения места СТЛТ в алгоритме лечения больных раком почки наступило время проведения многоцентровых рандомизированных исследований. Возможно, это займет не одно 10-летие. Известно, что для общего признания эффективности лучевой терапии при раке предстательной железы потребовалось более 20 лет.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Capitanio U, Bensalah K, Bex A, Boorjian S, Bray F, Coleman J, Gore JL, Sun M, Wood C, Russo P. Epidemiology of renal cell carcinoma. *Eur Urol.* 2019;75(1):74-84. https://doi.org/10.1016/j.eururo.2018.08.036
2. Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О., ред. *Состояние онкологической помощи населению России в 2023 году*. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России; 2024. Kaprin AD, Starinskii VV, Shakhzadova AO, eds. *The state of cancer care for the Russian population in 2023.* Moscow: MNIOI im. P.A Gertsena — filial FGBU «NMITs radiologii» Minzdrava Rossii; 2024. (In Russ.).
3. Hsieh JJ, Purdue MP, Signoretti S, Swanton C, Albiges L, Schmidinger M, Heng DY, Larkin J, Ficarra V. Renal cell carcinoma. *Nat Rev Dis Primers.* 2017;3:17009. https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.9
4. Nabi S, Kessler ER, Bernard B, Flaig TW, Lam ET. Renal cell carcinoma: a review of biology and pathophysiology. *F1000Res.* 2018;7:307. https://doi.org/10.12688/f1000research.13179.1
5. Woldrich JM, Mallin K, Ritchey J, Carroll PR, Kane CJ. Sex differences in renal cell cancer presentation and survival: an analysis of the National Cancer Database, 1993-2004. *J Urol.* 2008;179:1709-1713. https://doi.org/10.1016/j.juro.2008.01.024
6. Thompson RH, Ordonez MA, Iasonos A, Secin FP, Guillonneau B, Russo P, Touijer K. Renal cell carcinoma in young and old patients — is there a difference? *J Urol.* 2008;180(4):1262-1266, discussion 1266. https://doi.org/10.1016/j.juro.2008.06.037
7. Siva S, Correa RJM, Warner A, Staehler M, Ellis RJ, Ponsky L, Kaplan ID, Mahadevan A, Chu W, Gandhidasan S, et al. Stereotactic ablative radiotherapy for ⩾T1b primary renal cell carcinoma: a report from the International Radiosurgery Oncology Consortium for Kidney (IROCK). *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2020;108(4):941-949. https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2020.06.014
8. Escudier B, Porta C, Schmidinger M, Rioux-Leclercq N, Bex A, Khoo V, Gruenvald V, Horwich A.; ESMO Guidelines Committee. Renal cell carcinoma: ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up. *Ann Oncol.* 2016;27(suppl. 5):v58-v68. https://doi.org/10.1093/annonc/mdw328
9. Алексеев Б.Я., Калпинский А.С., Тараки И.А., Мухомедьярова А.А., Нюшко К.М., Воробьев Н.В. Возможности органосберегающего лечения больных с множественными опухолями почек. *Исследования и практика в медицине.* 2017;4(2):54-60.

Alekseev BYa, Kalpinskii AS, Taraki IA, Mukhomed'yarova AA, Nyushko KM, Vorob'ev NV. Possibilities of organ-preserving treatment of patients with multiple renal tumors. *Research and Practical Medicine Journal*. 2017;4(2):54-60. (In Russ.).
https://doi.org/10.17709/2409-2231-2017-4-2-7

10. Huang WC, Levey AS, Serio AM, Snyder M, Vickers AJ, Raj GV. Chronic kidney disease after nephrectomy in patients with renal cortical tumours: a retrospective cohort study. *Lancet Oncol*. 2006;7(9):735-740.
https://doi.org/10.1016/S1470-2045(06)70803-8
11. Ljungberg B, Bensalah K, Canfield S, Dabestani S, Hofmann F, Hora M, Kuczyk MA, Lam T, Marconi L, Merseburger AS, et al. EAU guidelines on renal cell carcinoma: 2014 update. *Eur Urol*. 2015;67(5):913-924.
https://doi.org/10.1016/j.eururo.2015.01.005
12. Lau WK, Blute ML, Weaver AL, Torres VE, Zincke H. Matched comparison of radical nephrectomy vs nephron-sparing surgery in patients with unilateral renal cell carcinoma and a normal contralateral kidney. *Mayo Clin Proc*. 2000;75(12):1236-1242.
https://doi.org/10.4065/75.12.1236
13. Kim SP, Thompson RH, Boorjian SA, Weight CJ, Han LC, Murad MH, Shippee ND, Erwin PJ, Costello BA, Chow GK, et al. Comparative effectiveness for survival and renal function of partial and radical nephrectomy for localized renal tumors: a systematic review and meta-analysis. *J Urol*. 2012;188(1):51-57.
https://doi.org/10.1016/j.juro.2012.03.006
14. Smaldone MC, Kutikov A, Egleston B, Simhan J, Canter DJ, Teper E, Viterbo R, Chen DY, Greenberg RE, Uzzo RG. Assessing performance trends in laparoscopic nephrectomy and nephron-sparing surgery for localized renal tumors. *Urology*. 2012;80(2):286-291.
https://doi.org/10.1016/j.urology.2012.02.067
15. Andrews JR, Atwell T, Schmit G, Lohse CM, Kurup AN, Weisbrod A, Callstrom MR, Cheville JC, Boorjian SA, Leibovich BC, et al. Oncologic outcomes following partial nephrectomy and percutaneous ablation for cT1 renal masses. *Eur Urol*. 2019;76(2):244-251.
https://doi.org/10.1016/j.eururo.2019.04.026
16. Kane CJ, Mallin K, Ritchey J, Cooperberg MR, Carroll PR, Peter R. Renal cell cancer stage migration: analysis of the National Cancer Data Base. *Cancer*. 2008;113(1):78-83.
https://doi.org/10.1002/cncr.23518
17. Bernhard JC, Pantuck AJ, Wallerand H, Crepel M, Ferrière JM, Bellec L, Maurice-Tison S, Robert G, Albouy B, Pasticier G, et al. Predictive factors for ipsilateral recurrence after nephron-sparing surgery in renal cell carcinoma. *Eur Urol*. 2010;57(6):1080-1086.
https://doi.org/10.1016/j.eururo.2010.02.019
18. Мухомедьярова А.А., Алексеев Б.Я., Калпинский А.С. Отдаленные результаты лечения больных несветлоклеточным почечно-клеточным раком. *Онкоурология*. 2021;17(3):39-46.
Mukhomed'yarova AA, Alekseev BYa, Kalpinskii AS. Long-term treatment outcomes of patients with non-clear cell renal cell carcinoma. *Cancer Urology*. 2021;17(3):39-46. (In Russ.).
https://doi.org/10.17650/1726-9776-2021-17-3-39-46
19. Kunkle DA, Uzzo RG. Cryoablation or radiofrequency ablation of the small renal mass. *Cancer*. 2008;113(10):2671-2680.
https://doi.org/10.1002/cncr.23896
20. Deschavanne PJ, Fertil B. A review of human cell radiosensitivity in vitro. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 1996;34(1):251-266.
https://doi.org/10.1016/0360-3016(95)02029-2
21. Nanda RH, Liu Y, Gillespie TW, Mikell JL, Ramalingam SS, Fernandez FG, Curran WJ, Lipscomb J, Higgins KA. Stereotactic body radiation therapy versus no treatment for early stage non-small cell lung cancer in medically inoperable elderly patients: a National Cancer Data Base analysis. *Cancer*. 2015;121(23):4222-4230.
https://doi.org/10.1002/cncr.29640
22. Gómez-Aparicio MA, Valero J, Caballero B, García R, Hernando-Requejo O, Montero Á, Gómez-Iturriaga A, Zilli T, Ost P, López-Campos F, et al. Extreme hypofractionation with SBRT in localized prostate cancer. *Curr Oncol*. 2021;28(4):2933-2949.
https://doi.org/10.3390/curroncol28040257
23. Kennedy TAC, Corkum MT, Louie AV. Stereotactic radiotherapy in oligometastatic cancer. *Chin Clin Oncol*. 2017;6(Suppl. 2):S16.
https://doi.org/10.21037/cco.2017.06.20
24. De Meerleer G, Khoo V, Escudier B, Joniau S, Bossi A, Ost P, Briganti A, Fonteyne V, Van Vulpen M, Lumen N, et al. Radiotherapy for renal-cell carcinoma. *Lancet Oncol*. 2014;15(4):e170-e177.
https://doi.org/10.1016/S1470-2045(13)70569-2
25. Kolesnick R, Fuks Z. Radiation and ceramide-induced apoptosis. *Oncogene*. 2003;22(37):5897-5906.
https://doi.org/10.1038/sj.onc.1206702
26. Siva S, Louie AV, Warner A, Muacevic A, Gandhidasan S, Ponsky L, Ellis R, Kaplan I, Mahadevan A, Chu W, et al. Pooled analysis of stereotactic ablative radiotherapy for primary renal cell carcinoma: a report from the International Radiosurgery Oncology Consortium for Kidney (IROCK). *Cancer*. 2018;124(5):934-942.
https://doi.org/10.1002/cncr.31156
27. Correa RJM, Siva S, Staehler M, Warner A, Gandhidasan S, Ponsky L, Ellis RJ III, Kaplan ID, Mahadevan A, Chu W, et al. Renal SABR in patients with a solitary kidney: an individual-patient pooled analysis from the International Radiosurgery Oncology Consortium for Kidney (IROCK). *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2018;102(3S):S108-S109.
https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2018.06.275
28. Wegner RE, Abel S, Vemana G, Mao S, Fuhrer R. Utilization of stereotactic ablative body radiation therapy for intact renal cell carcinoma: trends in treatment and predictors of outcome. *Adv Radiat Oncol*. 2019;5(1):85-91.
29. Sun RM, Brook A, Powell MF, Kaliannan K, Wagner AA, Kaplan ID, Pedrosa I. Effect of stereotactic body radiotherapy on the growth kinetics and enhancement pattern of primary renal tumors. *Am J Roentgenol*. 2016;206:544-553.
https://doi.org/10.2214/AJR.14.14099
30. Senger C, Conti A, Kluge A, Pasemann D, Kufeld M, Acker G, Lukas M, Grün A, Kalinauskaite G, Budach V, et al. Robotic stereotactic ablative radiotherapy for renal cell carcinoma in patients with impaired renal function. *BMC Urol*. 2019;19(1):96.
https://doi.org/10.1186/s12894-019-0531-z
31. Peddada AV, Anderson D, Blasi OC, McCollough K, Jennings SB, Monroe AT. Nephron-sparing robotic radiosurgical therapy for primary renal cell carcinoma: single-institution experience and review of the literature. *Adv Radiat Oncol*. 2019;5(2):204-211.
https://doi.org/10.1016/j.adro.2019.10.001
32. Yamamoto T, Kawasaki Y, Umezawa R, Kadoya N, Matsushita H, Takeda K, Ishikawa Y, Takahashi N, Suzuki Y, Takeda K, et al. Stereotactic body radiotherapy for kidney cancer: a 10-year experience from a single institute. *J Radiat Res*, 2021;62(3):533-539.
https://doi.org/10.1093/jrr/rrab031
33. Grelier L, Baboudjan M, Gondran-Tellier B, Couderc AL, McManuss R, Deville JL, Carballeira A, Delonca R, Delaporte V, Padovani L, et al. Stereotactic body radiotherapy for frail patients with primary renal cell carcinoma: preliminary results after 4 years of experience. *Cancers (Basel)*. 2021;13(13):3129.
https://doi.org/10.3390/cancers13133129
34. Zarkar A, Henderson D, Carver A, Heyes G, Harrop V, Tutill S, Kilkenny J, Marshall A, Elbeltagi N, Howard H. First UK patient cohort treated with stereotactic ablative radiotherapy for primary kidney cancer. *BJUI Compass*. 2023;4(4):464-472.
https://doi.org/10.1002/bco2.199
35. Swaminath A, Cheung P, Glicksman RM, Donovan EK, Niglas M, Vesprini D, Kapoor A, Erler D, Chu W. Patient-reported quality of life following stereotactic body radiation therapy for primary kidney cancer — results from a prospective cohort study. *Clin Oncol (R Coll Radiol)*. 2021;33(7):468-475.
https://doi.org/10.1016/j.clon.2021.03.002
36. Демешко П.Д. Результаты применения экстракраниальной стереотаксической лучевой терапии при почечно-клеточном раке. *Вестник Витебского государственного медицинского университета,* 2022;21(3):86-93.
Dziameshko PD. The results of the application of extracranial stereotaxic method in renal cell carcinoma. *Vestnik VGMU*. 2022;21(3):86-93. (In Russ.).
https://doi.org/10.22263/2312-4156.2022.3.86
37. Сабельникова Ж.Е., Сарычева М.М., Мозеровая Е.Я. Применение стереотаксической лучевой терапии в лечении неоперабельных пациентов с локализованным раком почки. *Сибирский онкологический журнал*. 2023;22(2):120-128.
Sabel'nikova ZhE, Sarycheva MM, Mozerovaya EYa, Stereotactic body radiation therapy for inoperable localized kidney cancer. *Siberian Journal of Oncology*. 2023;22(2):120-128. (In Russ.).
https://doi.org/10.21294/1814-4861-2023-22-2-120-128
38. Hannan R, McLaughlin MF, Pop LM, Pedrosa I, Kapur P, Garant A, Ahn C, Christie A, Zhu J, Wang T, et al. Phase 2 trial of stereotactic ablative radiotherapy for patients with primary renal cancer. *Eur Urol*. 2023;84(3):275-286.
https://doi.org/10.1016/j.eururo.2023.02.016
39. Siva S, Bressel M, Sidhom M, Sridharan S, Vanneste BGL, Davey R, Montgomery R, Ruben J, Foroudi F, Higgs B, et al.; FASTRACK II Investigator Group. Stereotactic ablative body radiotherapy for primary kidney cancer (TROG 15.03 FASTRACK II): a non-randomised phase 2 trial. *Lancet Oncol*. 2024;25(3):308-316.
https://doi.org/10.1016/S1470-2045(24)00020-2

Поступила 04.09.2024
Received 04.09.2024
Принята в печать 25.09.2024
Accepted 25.09.2024