

УДК 616.61-006-073.75:615.832.9

<http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2026-17-1-55-65>

## ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КТ-ПЕРФУЗИИ ПРИ КРИОАБЛЯЦИИ ОПУХОЛЕЙ ПОЧЕК: РЕТРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

<sup>1</sup>Т. Ю. Лунева<sup>✉</sup>, <sup>1</sup>Д. С. Лужанский<sup>✉</sup>, <sup>1</sup>Н. Б. Волконская<sup>✉</sup>, <sup>1</sup>С. М. Пакус<sup>✉</sup>, <sup>1</sup>И. А. Абоян<sup>✉</sup>, <sup>2</sup>В. В. Капустин<sup>✉</sup>

<sup>1</sup>Клинико-диагностический центр «Здоровье», Ростов-на-Дону, Россия

<sup>2</sup>Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А. И. Бурназяна, Москва, Россия

**ВВЕДЕНИЕ:** Современное хирургическое лечение локализованного почечно-клеточного рака (ПКР) ориентировано на органосохраняющие методы, включая абляционные технологии (радиочастотную, микроволновую абляцию и криоабляцию). Несмотря на безопасность абляционных методов, остается риск неполной абляции и локальных рецидивов опухолей почек, что требует эффективных инструментов ранней диагностики. Перфузионная компьютерная томография (КТП) предоставляет возможность количественной оценки микроциркуляции в зоне абляции и выявления сохраненной васкуляризации.

**ЦЕЛЬ:** Анализ возможностей КТП для оценки лечебного эффекта криоабляции опухолей почек в раннем и отдаленном послеоперационном периодах.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ:** В исследовании проанализированы данные стандартной мультифазной компьютерной томографии (Ст-КТ) и КТП у 40 пациентов с почечно-клеточным раком в возрасте 36–76 лет до, на 5–7-й день и через 3 месяца после криоабляции. По результатам КТ у 37 пациентов определялась полная абляция опухолевого узла, у 3 пациентов — неполная. Оценивались показатели артериального кровотока (AF), объема кровотока (BV) и проницаемости сосудистой стенки (CL) в зоне опухоли.

**РЕЗУЛЬТАТЫ:** В группе пациентов с полной криоабляцией (n=37) выявлено статистически значимое снижение максимальной КТ-плотности и перфузионных показателей (BV, AF, CL) опухоли на 5–7-й день и через 3 месяца после процедуры, отражающее ишемические изменения и регресс опухолевой ткани. У пациентов с неполной абляцией опухоли в раннем послеоперационном периоде визуализировались участки гиперперфузии в зоне криодеструкции и отмечалось незначительное снижение максимальных денситометрических значений (HU) и перфузионных показателей (BV, AF, CL) в опухолевом узле. При динамическом наблюдении через 3 месяца (n=2) выявлялись увеличение плотности и дальнейший рост перфузионных параметров в остаточной опухоли, что свидетельствовало о сохранении ангиогенеза.

**ОБСУЖДЕНИЕ:** Результаты проведенного исследования согласуются с работами других авторов и подтверждают, что КТП может служить дополнительной методикой мониторинга после криоабляции опухолей почек. Снижение показателей КТП в зоне криоабляции свидетельствовало о полной деструкции опухолевого узла, в то время как повышение значений КТП в локальных участках постоперационной области указывало на сохранение жизнеспособных опухолевых клеток и служило индикатором их активности, что выражалось в наличии остаточной опухоли.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ:** КТ-перфузия позволяет оценить лечебный эффект криоабляции на раннем послеоперационном этапе за счет оценки изменения количественных характеристик микроциркуляторного русла в солидном компоненте опухоли почки.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** КТ-перфузия, рак почки, криоабляция

\* Для корреспонденции: Лунева Татьяна Юрьевна, e-mail: [Luta-06@mail.ru](mailto:Luta-06@mail.ru)

Для цитирования: Лунева Т.Ю., Лужанский Д.С., Волконская Н.Б., Пакус С.М., Абоян И.А., Капустин В.В. Возможности применения КТ-перфузии при криоабляции опухолей почек: ретроспективное исследование // *Луцевая диагностика и терапия*. 2026. Т. 17, № 1. С. 55–65, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2026-17-1-55-65>.

## POSSIBILITIES OF CT PERFUSION IN RENAL TUMOR CRYOABLATION: A RETROSPECTIVE STUDY

<sup>1</sup>Tatiana Yu. Luneva<sup>✉</sup>, <sup>1</sup>Daniil S. Luzhanskiy<sup>✉</sup>, <sup>1</sup>Natalya B. Volkonskaya<sup>✉</sup>, <sup>1</sup>Sergey M. Pakus<sup>✉</sup>,

<sup>1</sup>Igor A. Aboyan<sup>✉</sup>, <sup>2</sup>Vladimir V. Kapustin<sup>✉</sup>

<sup>1</sup>KDC «Zdorovie», Rostov-on-Don, Russia

<sup>2</sup>A. I. Burnazyan Federal Medical and Biophysical Center, Moscow, Russia

**INTRODUCTION:** Modern surgical treatment of localized renal cell carcinoma (RCC) is focused on organ-preserving methods, including ablative technologies (radiofrequency ablation, microwave ablation, and cryoablation). Despite the safety of ablative methods, the risk of incomplete ablation and local recurrence of kidney tumors remains, necessitating effective tools for early diagnosis. Perfusion computed tomography (CTP) offers the possibility of quantitative assessment of microcirculation in the ablation zone and detection of preserved vascularization.

**OBJECTIVE:** To analyze the potential of CTP for assessing the treatment effect of renal tumor cryoablation in the early and long-term postoperative periods.

**MATERIALS AND METHODS:** The study analyzed data from standard multiphase computed tomography (Std-CT) and CTP of 40 patients with renal cell carcinoma aged 36–76 years before, on days 5–7, and 3 months after cryoablation. Based on CT results, 37 patients were determined to have complete ablation of the tumor node, and 3 patients had incomplete ablation. Arterial flow (AF), blood volume (BV), and vascular wall permeability (CL) in the tumor area were assessed.

**RESULTS:** In the group of patients with complete cryoablation ( $n=37$ ), a statistically significant decrease in maximum CT density and perfusion parameters (BV, AF, CL) of the tumor was revealed on days 5–7 and 3 months after the procedure, reflecting ischemic changes and regression of tumor tissue. In patients with incomplete tumor ablation in the early postoperative period, areas of hyperperfusion in the cryodestruction zone were visualized, and a slight decrease in maximum densitometric values (HU) and perfusion parameters (BV, AF, CL) in the tumor node was noted. During follow-up at 3 months ( $n=2$ ), an increase in density and a further rise in perfusion parameters in the residual tumor were detected, indicating preserved angiogenesis.

**DISCUSSION:** The results of this study are consistent with the works of other authors and confirm that CTP can serve as an additional technique for monitoring after renal tumor cryoablation. A decrease in CTP parameters in the cryoablation zone indicated complete destruction of the tumor node, while an increase in CTP values in local areas of the postoperative region indicated the preservation of viable tumor cells and served as an indicator of their activity, which was expressed in the presence of residual tumor.

**CONCLUSION:** CT perfusion allows for assessing the treatment effect of cryoablation in the early postoperative period by evaluating changes in the quantitative characteristics of the microcirculatory bed in the solid component of the kidney tumor.

**KEYWORDS:** CT perfusion, kidney cancer, cryoablation

\* For correspondence: Tatiana Yu. Luneva, e-mail: Luta-06@mail.ru

**For citation:** Luneva T.Yu., Luzhanskiy D.S., Volkonskaya N.B., Pakus S.M., Aboyan I.A., Kapustin V.V. Possibilities of CT perfusion in renal tumor cryoablation: a retrospective study // *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2026. Vol. 17, No. 1. P. 55–65, <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2026-17-1-55-65>.

**Введение.** Рак почки (почечно-клеточный рак, ПКР) является наиболее распространенной гистологической формой злокачественных новообразований (ЗНО) мочеполовой системы. Данная патология занимает 14-е место в мире по распространенности среди всех ЗНО, при этом уровень смертности от ПКР достигает 30–40% [1–2]. В России рак почки составляет 3% всех онкоурологических заболеваний, по количеству летальных исходов занимает первое место [3]. Подавляющее большинство (около 90%) случаев ПКР составляет его светлоклеточный гистологический вариант [4].

Современная стратегия хирургического лечения локализованного ПКР основана на выполнении органосохраняющих вмешательств и включает в себя различные варианты резекции почки, а также абляционное лечение, которое в последнее время рассматривается как эффективный способ ведения пациентов с множественными сопутствующими заболеваниями или тех, кому хирургическое вмешательство противопоказано [4, 5]. Пациенты с небольшими кортикальными опухолями (T1a) являются оптимальными кандидатами для проведения таких малоинвазивных методов лечения ПКР, как радиочастотная абляция (РЧА), микроволновая абляция (МВА) и криоабляция (Кра). Эти аблятивные вмешательства могут быть особенно эффектив-

ны для пациентов с выраженной сопутствующей патологией, высоким хирургическим риском, а также у пациентов с единственной почкой или выраженным нарушением функции почек. Следует подчеркнуть, что дополнительными показаниями являются рецидивы после предыдущих операций [4, 6]. При этом вариантами первой линии лечения часто выступают РЧА и Кра [7].

Естественно, абляционные методы лечения пациентов с ПКР сопряжены с риском так называемой «неполной абляции» и/или развитием локального рецидива (ЛР) [8]. В исследовании J. Lolo и соавт. были проанализированы данные 1265 пациентов, где в 77 случаях (6,1%) через медиану в 13,7 мес (диапазон от 1 до 65 мес) после абляции были выявлены рентгенологические признаки остаточной опухоли или рецидива заболевания. Из них у 47 пациентов отмечалась картина «неполной абляции» — остаточной опухоли в зоне деструкции; у 29 пациентов — ЛР рецидив в ипсилатеральной почке, у одного пациента — отдаленный метастаз [9].

ЛР после аблятивного лечения опухоли возникают примерно в 3% случаев, чаще при более крупных опухолях и на более поздних стадиях [10].

По данным Европейской ассоциации урологов, абляционные методы сопровождаются небольшим

количеством осложнений. Наряду с этим их «онкологическая» эффективность в настоящее время четко не определена [11]. И поэтому своевременное выявление признаков остаточной опухоли («неполной абляции») и/или возникновения рецидивов у данной группы пациентов является одной из основных задач лучевых методов исследования.

Основным показателем «технического успеха» аблативных методик считаются изменения в структуре постоперационной зоны в виде отсутствия патологического накопления контрастного вещества и уменьшения зоны абляции, что определяется с помощью стандартной мультифазной компьютерной томографии (Ст-КТ) или МРТ почек [12].

Как известно, методики оценки КТ-перфузии позволяют не только анализировать структурные изменения зоны абляции, но и выполнять визуальную и количественную оценку кровотока на микроциркуляторном уровне путем расчета различных перфузионных показателей с обнаружением участков сохраненной васкуляризации [13, 14].

В работе E. Squillaci и соавт. проанализированы данные 15 пациентов с опухолями почек после криоабляции с использованием показателей КТП. В рамках исследования изучались: эффективность криотерапии и возникновение ранних ЛР в зоне криодеструкции опухоли. В ходе анализа выявлено снижение показателей перфузии AF, BV, CL и увеличение МТТ в зонах деструкции опухолевой ткани по сравнению с исходными данными до криоабляции [13].

Таким образом, в доступной нам современной литературе мы нашли лишь единичные исследования, посвященные возможностям применения КТП для оценки лечебного эффекта криодеструкции при опухолях почек.

**Цель.** Анализ собственного опыта возможности применения КТП для оценки лечебного эффекта КрА опухолей почки в раннем послеоперационном периоде, а также через 3 месяца после проведения процедуры.

**Материалы и методы.** Исследование одобрено этическим комитетом МБУ ИНО ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России, протокол № 127 от 17 октября 2025 г. Информированное согласие получено от каждого пациента.

Проанализированы результаты мультифазного СтКТ и КТП у 40 пациентов (18 мужчин и 22 женщины) в возрасте от 36 до 76 лет. По локализации: у 16 пациентов опухоль локализовалась в левой почке, у 24 пациентов — в правой почке.

Исследования выполнялись до КрА опухоли почки, на 5–7-й день (послеоперационное исследование (ПО-КТ) и через 3 месяца после оперативного вмешательства. На предоперационном этапе всем пациентам были выполнены Ст-КТ и КТП, на 5–7-й день исследования всем пациентам — КТП анализ кортикомедуллярной фазы, через 3 месяца после операции — 18 пациентам проведены мультифазное

СтКТ и КТП. По эффективности лечения по данным КТ пациенты распределялись на группу с полной абляцией (37 человек) и подгруппу с неполной абляцией (3 человека). В группу с неполной абляции опухолей почек входили:

1. Пациент Т., женщина, 71 год, опухоль единственной правой почки, максимальным диаметром 24 мм, объемом 6,6 см<sup>3</sup>, по результатам гистологического анализа — почечно-клеточная, светлоклеточная карцинома.

2. Пациент Н., мужчина, 38 лет, опухоль единственной левой почки, максимальным диаметром 3,2 мм, объемом 14,4 см<sup>3</sup>, по результатам гистологического анализа — почечно-клеточная, светлоклеточная карцинома.

3. Пациент А., мужчина, 64 года, опухоль правой почки, максимальным диаметром 2,8 мм, объемом 8,3 см<sup>3</sup>, по результатам гистологического анализа — почечно-клеточная, светлоклеточная карцинома.

Алгоритм проведения КрА под контролем КТ включал: разметку зоны операции, точное позиционирование кризондов в области опухоли под КТ навигацией, тонкоигольную биопсию опухоли (где у 39 пациентов выявлена светлоклеточная почечно-клеточная карцинома, у одного пациента — онкоцитомы), гидродиссекцию органов брюшной полости при близком расположении к кишечнику или другим органам для безопасного отведения окружающих тканей. Сам этап КрА состоял из проведения двух (трех) циклов замораживания и оттаивания.

В ходе всей процедуры проводился промежуточный контроль зоны абляции с оценкой границ ледяного шара. В среднем продолжительность всей процедуры составляла 2–2,5 часа. После ее завершения производилось удаление кризондов. Критерием технического успеха считалось формирование ледяного шара с покрытием здоровой зоны паренхимы на 5–10 мм.

Выполнение КТП осуществлялось на компьютерном томографе Canon Aquilion One (Япония), 640 срезов, шириной рабочей зоны детектора 160 мм с использованием следующего протокола и параметров сканирования (табл. 1).

Положение пациента при КТП сканировании: лежа на спине, позиция «ногами в направлении гентри». Для получения постконтрастных и перфузионных изображений контрастный препарат (КП) омнипак с концентрацией йода 350–370 мг/мл, вводился в кубитальную вену при положении рук пациента за головой. Использовался катетер 18G и удлинитель 140 см диаметром 3 мм, с подключением к инъекторной системе двухпоршневого шприцевого насоса (Opti Vintage), который программировался на выполнение двух этапов введения: самого контрастного вещества и 0,9% раствора натрия хлорида (физиологического раствора). Объем контрастного вещества рассчитывался из расчета 0,5 мл/кг массы тела пациента. Протяженность

зоны исследования составляла 160 мм. Длительность сканирования была фиксированной и равнялась 8 секундам. Скорость введения КП рассчитывалась как: (1 кг массы пациента × 0,5 мл):

лось с помощью ROI в наиболее гиперваскулярном однородном участке опухолевого узла.

На полученных перфузионных картах оценивались абсолютные количественные показатели опу-

Таблица 1

## Технические параметры перфузионной компьютерной томографии почек

Table 1

## Technical parameters of renal CTP

|  |  |
|--|--|
| Напряжение трубки  | 100 kV                                   |
| Сила тока  | 100 mAc                                  |
| Матрица  | 512×512 пикселей                         |
| Толщина срезов   | 0,5                                      |
| Время одного оборота трубки  | 0,5                                      |
| Длительность сканирования  | 98 секунд (23 повтора)                   |
| Количество контрастного вещества (Омнипак 370 мг/мл) при внутривенном введении | Из расчета 0,5 мл/кг массы тела пациента |
| Скорость введения контрастного препарата                                       | 5,2–6,5 мл/сек                           |
| Концентрация контрастного вещества   | 350–370 мг/мл                            |

8 секунд, и составляла от 5,5 до 6 мл/сек. Затем вводился физиологический раствор в объеме 20 мл с той же скоростью, что и КП.

Для уменьшения амплитуды смещения почек во время поверхностного дыхания при сканировании — на область мезогастрия нами накладывались два стандартных фиксирующих ремня, входящих в комплект томографа, длиной 55 см, шириной 20 см.

Постпроцессинговая обработка осуществлялась на рабочей станции Vitrea (специализированное приложение Olea) с использованием программного

холи: «эквивалентный» объем крови (Equivalent Blood Volume, BV, мл/100 г), артериальный кровоток (Arterial Flow, AF, мл/100г/мин) и проницаемость сосудистой стенки (Clearance, CL, мл/100/мин).

**Результаты.** Значения максимальной КТ-плотности и перфузионных показателей (BV, AF, CL) в подгруппах сравнения в зависимости от времени проведения СтКТ и КТП представлены в табл. 2.

В результате проведенного исследования в группе пациентов с КТ-картиной полной КрА были выявля-

Таблица 2

## Статистические характеристики показателей КТ-плотности и КТ-перфузии у пациентов с полной криоабляцией опухолей почки

Table 2

## Statistical Characteristics of CT Density and CT Perfusion Indices in Patients with Complete Renal Tumor Cryoablation

| КТ-показатель | Кол-во, абс. | Med   | Min  | Max   | Перцентили |       | Значение p |
|---------------|--------------|-------|------|-------|------------|-------|------------|
|               |              |       |      |       | 25         | 75    |            |
| HU_0          | 37           | 131,0 | 61,0 | 281,0 | 93,5       | 160,5 | 0,000      |
| HU_PO         | 37           | 32,0  | 12,0 | 54,0  | 24,5       | 38,0  |            |
| HU_3mo        | 18           | 19,0  | 13,0 | 32,0  | 15,0       | 23,5  |            |
| BV_0          | 37           | 62,0  | 17,0 | 158,0 | 55,5       | 88,0  | 0,000      |
| BV_PO         | 37           | 19,0  | 8,0  | 36,0  | 14,5       | 29,0  |            |
| BV_3mo        | 18           | 17,5  | 4,0  | 27,0  | 12,8       | 25,0  |            |
| AF_0          | 37           | 139,0 | 57,0 | 335,0 | 109,0      | 230,5 | 0,000      |
| AF_PO         | 37           | 32,0  | 14,0 | 54,0  | 23,0       | 42,0  |            |
| AF_3mo        | 18           | 23,0  | 6,0  | 49,0  | 21,0       | 34,0  |            |
| CL_0          | 37           | 17,0  | 4,0  | 36,0  | 11,0       | 23,5  | 0,000      |
| CL_PO         | 37           | 5,0   | 1,0  | 19,0  | 3,0        | 8,5   |            |
| CL_3mo        | 18           | 4,0   | 1,0  | 7,0   | 2,8        | 5,0   |            |

пакета «Body Perfusion 4D» и последующим построением перфузионных карт по методике Патлака. Измерение плотностных показателей и абсолютных показателей перфузии осуществля-

ны статистически значимые различия как в значениях максимальной КТ-плотности опухолевого узла (HU), так и во всех показателях КТП между подгруппами исходных значений (0), данных послеопе-

рационного КТ-исследования (РО) и при динамическом наблюдении через 3 месяца после КрА (3 мо).

Как видно из таблицы, у всех пациентов с КТ-признаками полной абляции опухоли ( $n=37$  человек) на дооперационном этапе отмечались достаточно высокие показатели плотности и значений перфузионных характеристик в опухолевом узле.

В этой группе пациентов на 5–7-й день после процедуры при оценке денситометрических показателей наблюдалось их выраженное снижение по сравнению с исходным уровнем, с дальнейшим их снижением к третьему месяцу, что, вероятно отражало прогрессирующее снижение объема активной опухолевой ткани («опухолевой паренхимы»). При анализе показателей КТП (BV, AF, CL) в послеоперационном периоде (5–7-е сутки после КрА) было также отмечено значительное снижение абсолютных значений указанных величин, характеризующих ишемические изменения в зоне абляции. При динамическом наблюдении (через 3 месяца) отмечалось дальнейшее снижение показателей КТП, причем оно было более выражено для AF и CL.

У пациентов с КТ-признаками неполной КрА опухоли почки были выявлены следующие особенности. В зоне деструкции на 5–7-й день определялись участки с более высокими показателями перфузии (относительно основной массы криоаблированной опухоли), с дальнейшим ростом в динамике через 3 месяца у двух пациентов. Значения КТ-плотности на 5–7-й день после процедуры были снижены у всех пациентов, а через 3 месяца в динамике у пациентов Н. и Т. фиксировалось повышение денситивности участка предполагаемой остаточной опухоли (табл. 3).

Денситометрические показатели и характеристики перфузионных свойств опухолевого узла у пациентов с КТ-признаками неполной КрА представлены в табл. 3.

На 5–7-й день после процедуры определялось слабо выраженное снижение денситометрических показателей (HU) и показателей перфузии (AF, BV, CL) по сравнению с основной группой с последующим повышением всех перечисленных характеристик у пациентов Т. и Н. к 3-му месяцу. При этом у пациента Т. наблюдалось значительное повышение плотностных параметров (HU) и скорости кровотока (AF) относительно раннего послеоперационного периода, а объем кровотока (BV) достиг исходной величины. У пациента Н. фиксировалось незначительное повышение значений всех перечисленных показателей (HU, AF, BV, CL) по сравнению с 5–7-м днем после операции, а параметры объема кровотока и клиренса, как и у Т., практически приблизились к исходным значениям.

Сравнение максимальных денситометрических значений в опухолевом узле (HU) и показателей всех исследуемых перфузионных характеристик (BV, AF, CL) в группе с полной КрА опухолей почек в динамике, а также пациентов с КТ-признаками неполной деструкции опухолевого узла представлено на рис. 1–4.

В группе пациентов с полной КрА опухолей почек отмечалось выраженное снижение показателей плотности (HU) на 5–7-й день после оперативного вмешательства, с дальнейшим менее выраженным снижением их к 3-му месяцу. При этом у пациентов с неполной деструкцией опухолей плотностные показатели в ранний постоперационный период снижались, но не так выражено, а в динамике через 3 месяца отмечался их рост (рис. 1).

На рис. 2 отражена динамика показателей объема кровотока (BV), где определялось их заметное снижение во все временные промежутки, с максимальными значениями в ранний послеоперационный период. У пациентов с неполной деструкцией опухо-

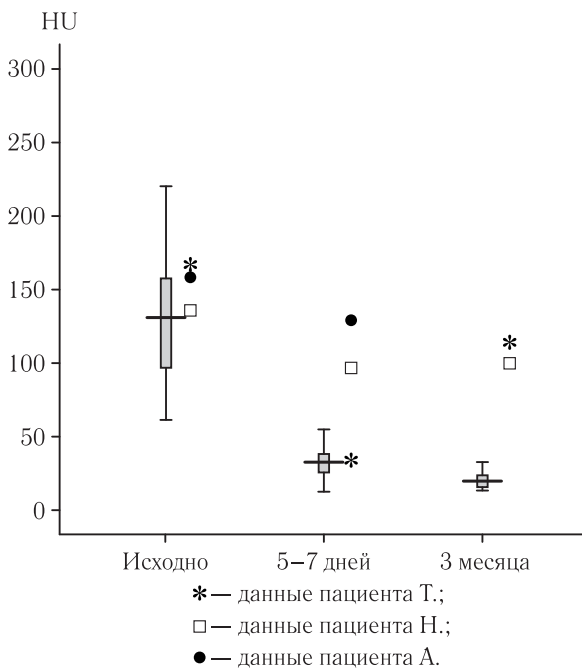
Таблица 3  
Показатели КТ-плотности и КТ-перфузии в группе пациентов с КТ-картиной неполной абляции опухоли почки

Table 3  
CT Density and CT Perfusion Indices in the Group of Patients with CT Evidence of Incomplete Renal Tumor Ablation

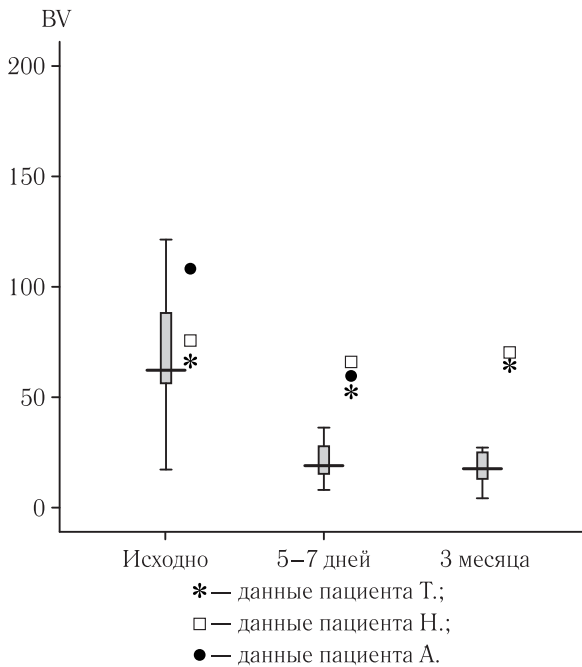
| КТ-показатель | Сроки КТ-исследования | Пациент Т. | Пациент Н. | Пациент А. |
|---------------|-----------------------|------------|------------|------------|
| HU            | Исходно               | 167,1      | 134,4      | 156,6      |
|               | 5–7-й день после КрА  | 31,5       | 80,7       | 127,0      |
|               | Через 3 месяца        | 116,5      | 81,1       | Не опр.    |
| BV            | Исходно               | 65,0       | 72,2       | 116,1      |
|               | 5–7-й день после КрА  | 51,3       | 63,6       | 56,9       |
|               | Через 3 месяца        | 65,4       | 68,3       | Не опр.    |
| AF            | Исходно               | 232,9      | 204,9      | 402,2      |
|               | 5–7-й день после КрА  | 65,2       | 80,8       | 150,8      |
|               | Через 3 месяца        | 216,8      | 82,6       | Не опр.    |
| CL            | Исходно               | 31,9       | 12,2       | 16,3       |
|               | 5–7-й день после КрА  | 13,6       | 10,1       | 10,5       |
|               | Через 3 месяца        | 14,5       | 11,3       | Не опр.    |

Как видно из таблицы, у всех пациентов ( $n=3$ ) на дооперационном этапе также отмечались высокие значения плотности и перфузионных показате-

левого узла фиксировалось их незначительное снижение в сравнении с основной группой и дальнейшее увеличение к 3-му месяцу.

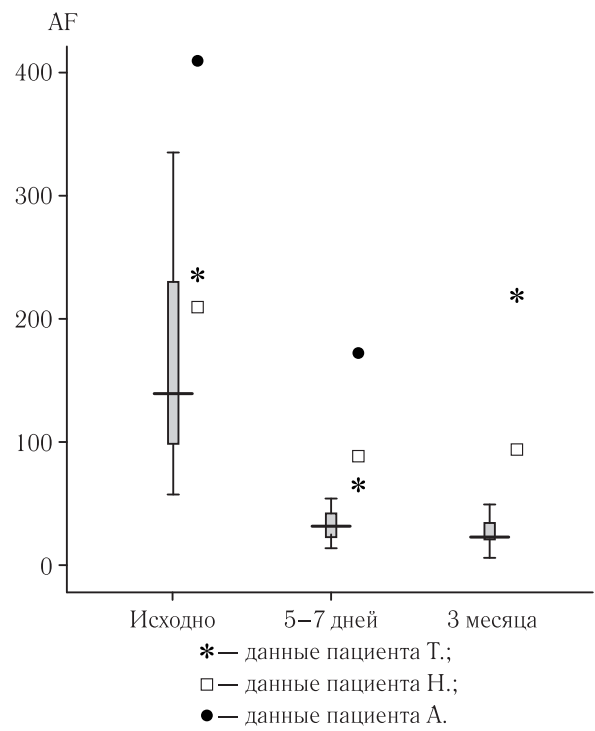


**Рис. 1.** Графическое отображение (boxplot) изменений денситометрической плотности опухолевого узла (HU) в различные сроки проведения КТ-исследования  
**Fig. 1.** Graphical representation (boxplot) of changes in the densitometric density (HU) of the tumor node at different time points of the CT study

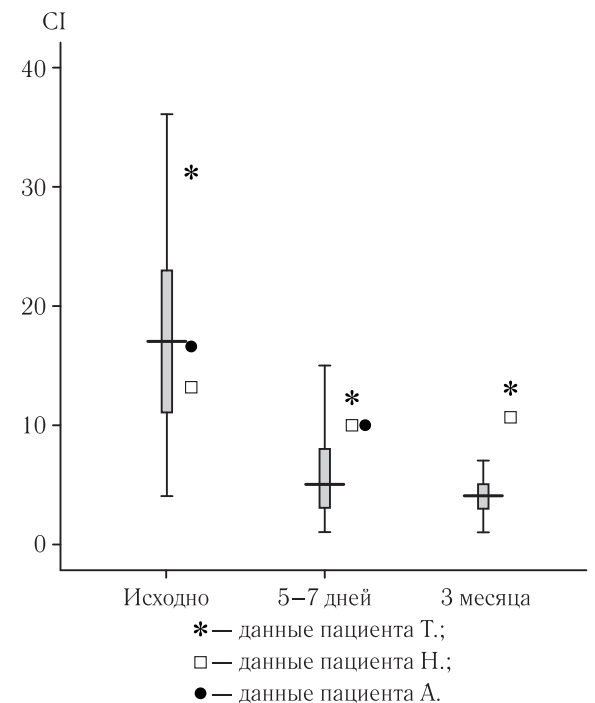


**Рис. 2.** Графическое отображение (boxplot) изменений объема кровотока опухолевого узла (BV) в различные сроки проведения КТ-исследования  
**Fig. 2.** Graphical representation (boxplot) of changes in the blood volume (BV) of the tumor node at different time points of the CT study

В динамике показателей скорости кровотока (AF) абсолютные их значения на 5-7-й день в группе пациентов с полной деструкцией опухоли выражено снижались, с последующим менее выраженным снижением к 3-му месяцу. У пациентов с неполной КрА перфу-



**Рис. 3.** Графическое отображение (boxplot) изменений скорости кровотока опухолевого узла (AF) в различные сроки проведения КТ-исследования  
**Fig. 3.** Graphical representation (boxplot) of changes in the arterial flow (AF) of the tumor node at different time points of the CT study



**Рис. 4.** Графическое отображение (boxplot) изменений клиренса опухолевого узла (CL) в различные сроки проведения КТ-исследования  
**Fig. 4.** Graphical representation (boxplot) of changes in the permeability (CL) of the tumor node at different time points of the CT study

зионные значения сохранялись на достаточно высоком уровне, с последующим ростом в динамике (рис. 3).

Анализ клиренса (CL) в основной группе показал его постепенное снижение, которое проявлялось слабее на 5–7-й день по сравнению с другими перфузионными параметрами, но становилось более выраженным к 3-му месяцу наблюдения. У пациентов с неполной КрА перфузионные показатели оставались относительно высокими и в последующем характеризовались незначительным ростом (рис. 4).

**Обсуждение.** Полученные нами исходные показатели плотности (HU) и перфузии (AF, BV, CL) опухолевого узла у пациентов (n=39) с верифицированным светлоклеточным почечно-клеточным раком в значительной степени сходны с данными исследования Н. А. Рубцова и соавт. (2021), а их высокие абсолютные значения связаны с активным ростом сосудов (неоангиогенезом), который приводит к увеличению кровотока и перфузии в опухолевой ткани, что проявляется в особенностях васкуляризации опухолевого узла и его перфузионных характеристиках по сравнению с неизменной тканью почки [15].

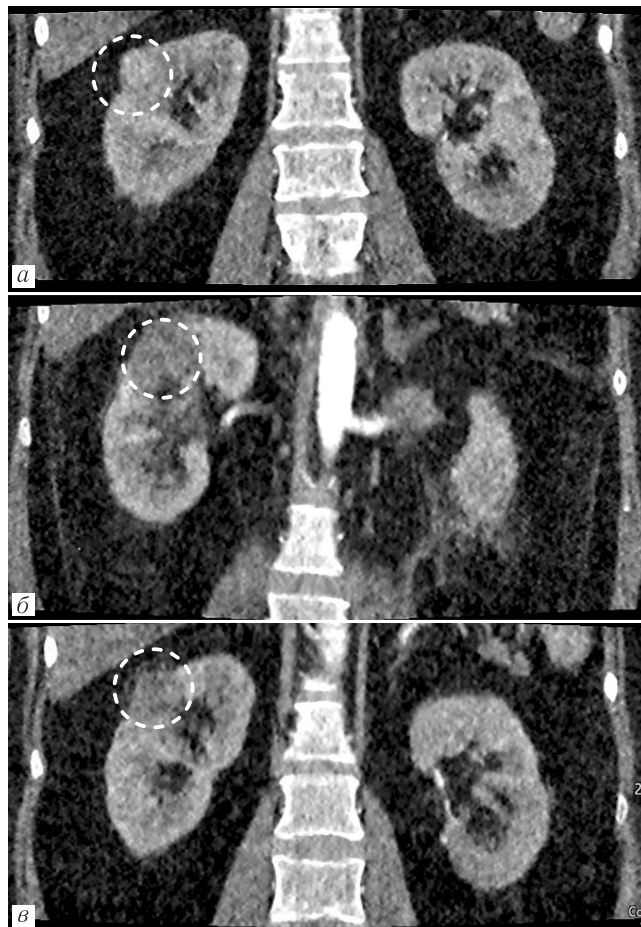
В исследовании E. Squillaci и соавт. (2009) пациентам (n=14), прошедшим процедуру криоабляции опухоли почек, провели сравнительный анализ данных КТП (AF, BV, CL, МТТ) между зоной криодеструкции и нормальной паренхимой почки, полученных методом деконволюции через 6 месяцев после оперативного вмешательства. Данные этого исследования также в целом совпадали с результатами нашей работы, где в зоне КрА с полной деструкцией опухолевого узла наблюдалось выраженное снижение значений КТП (BV, BF и CL) в раннем послеоперационном периоде и через 3 месяца, что связано с развитием ишемии, вызванной повреждением микрососудов в процессе замораживания опухоли.

В этой же работе определены повышенные значения КТП (BV, BF и CL) в остаточной опухолевой ткани у пациента с неполной КрА опухоли почки, в сравнении с нормальной паренхимой, что также соответствует нашим показателям и, по-видимому, может быть использовано в качестве маркера жизнеспособности опухоли [13].

В качестве иллюстрации приводим два клинических случая с полной и неполной КрА опухоли почки. В обоих случаях проведено Ст-КТ и КТП до КрА и через три месяца после оперативного вмешательства. На 5–7-й день после оперативного вмешательства — КТП с оценкой кортикомедуллярной фазы.

1. Пациент Г., 43 года. Определена опухоль верхнего сегмента правой почки, T1N0M0, D<sub>max</sub>. 27 мм (V 8,0 см<sup>3</sup>), по гистологической структуре представлена почечно-клеточной, светлоклеточной карциномой. До операционного вмешательства проведены: Ст-КТ с болюсным усилением и КТП почек с построением перфузионных карт и вычислением абсолютных плотностных и перфузионных показателей в зоне интереса. Они составили: плотность +104,1 Нu, BV — 75,5 мл/100 г; AF — 250,4 мл/100 г/мин и CL — 17,0 мл/100 г/мин.

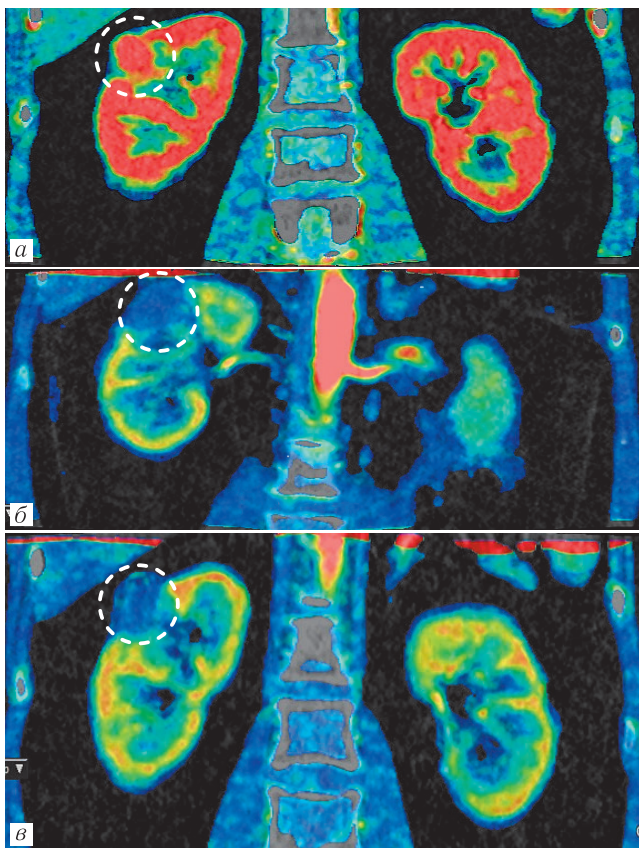
При проведении «раннего» контроля эффективности криоабляции (на 5-й день после вмешательства), а также в динамике через 3 месяца определялось снижение плотностных и перфузионных показателей в зоне криоабляции, которая характеризовалась однородностью структуры и уменьшением размеров к 3-му месяцу. Таким образом, в этом случае был достигнут устойчивый лечебный эффект за счет полной деваскуляризации опухолевого узла (рис. 5, 6).



**Рис. 5.** Пациент Г., 43 года. Объем опухолевого узла 8,0 см<sup>3</sup>. Лучевая картина почечно-клеточного рака правой почки. Ст-КТ-изображения в корональной плоскости в кортикомедуллярную (артериальную) фазу. Опухоль обведена пунктирной линией: а — до проведения криоабляции; б — на 5-й день после оперативного вмешательства; в — в динамике через 3 месяца

**Fig. 5.** Patient G., 43 years old. Tumor node volume 8.0 cm<sup>3</sup>. Imaging appearance of RCC of the right kidney. Std-CT images in the coronal plane during the corticomedullary (arterial) phase. The tumor is outlined with a dashed line: a — before cryoablation; б — on day 5 after surgery; в — at 3-month follow-up

2. Пациент Т., 70 лет. Опухоль единственной правой почки, T1N0M0, D<sub>max</sub>. 24 мм (V 6,6 см<sup>3</sup>), при гистологическом анализе выявлена почечно-клеточная, светлоклеточная карцинома. До операционного вмешательства показатели плотности опухоли составляли +167,1 Нu, показатели перфузии: BV —



**Рис. 6.** Цветовые перфузионные карты пациента Г., 43 года. Опухоль обведена пунктирной линией: Картирование скорости артериального кровотока (AF): *a* — до проведения криоабляции; *б* — на 5-й день после оперативного вмешательства; *в* — в динамике через 3 месяца

**Fig. 6.** Color perfusion maps of patient G., 43 years old. The tumor is outlined with a dashed line: Arterial flow (AF) mapping: *a* — before cryoablation; *б* — on day 5 after surgery; *в* — at 3-month follow-up

65,0 мл/100 г; AF — 232,9 мл/100 г/мин и CL — 31,9 мл/100 г/мин.

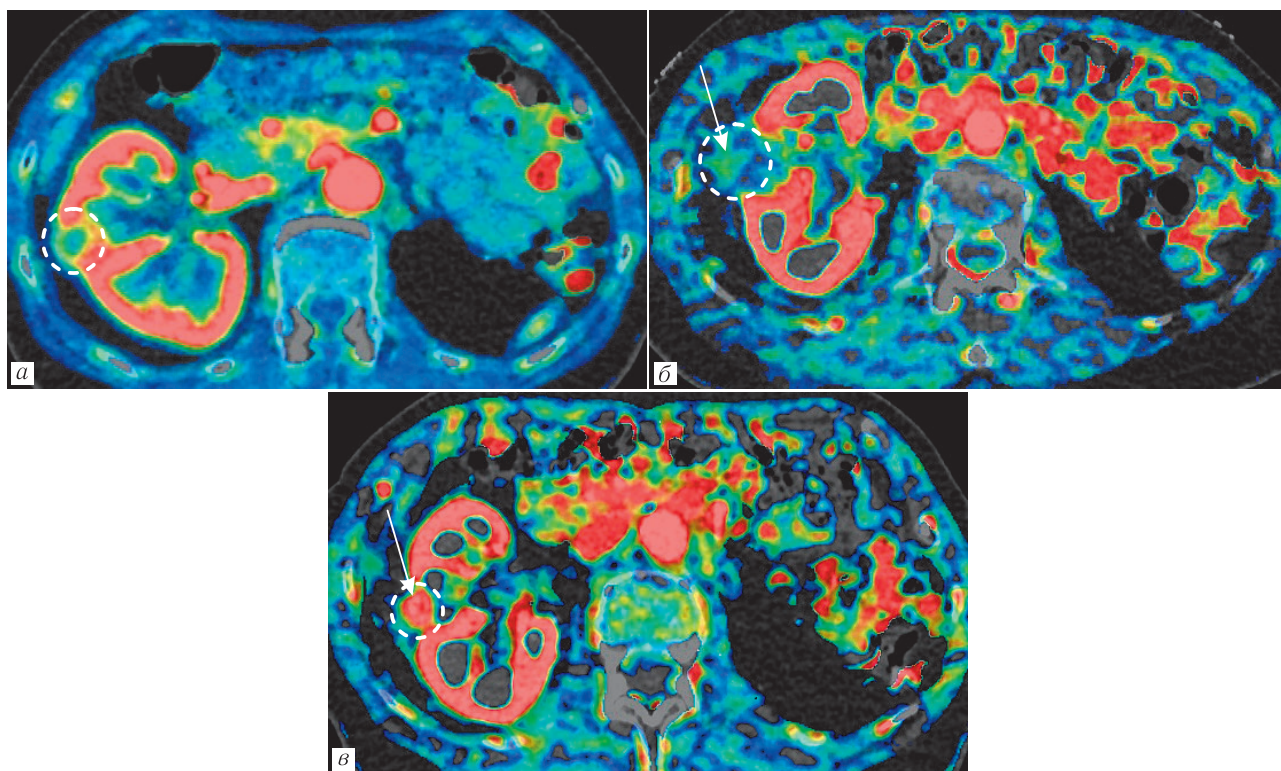
При проведении «раннего» контроля эффективности криоабляции (на 7-й день после процедуры), при анализе перфузионных карт зона криоабляции характеризовалась неоднородностью структуры, за счет наличия участка гиперперфузии в периферических ее отделах (представлен в зеленом тоне цветового спектра), с повышенными показателями перфузии относительно основной массы криоаблированной области, что позволило нам предположить наличие остаточной опухоли. При этом зона криодеструкции в кортикомедуллярную фазу отличалась однородностью структуры и выраженным снижением показателей плотности по сравнению с дооперационным периодом. В динамике через 3 месяца участок предполагаемого остаточного опухолевого узла характеризовался выраженным повышением как денситометрических, так и перфузионных характеристик (представлен в красном тоне цветового спектра), что позволило говорить о неполной деструкции опухоли и продолжающемся неоангиогенезе (рис. 7, 8).



**Рис. 7.** Пациент Т., 70 лет. Объем опухолевого узла 6,6 см<sup>3</sup>. Лучевая картина ПКР единственной правой почки. Ст-КТ-изображения в аксиальной плоскости в кортикомедуллярную (артериальную) фазу: *a* — опухоль до проведения криоабляции, обведена пунктирной линией; *б* — зона криодеструкции однородной структуры на 7-й день после оперативного вмешательства, обведена пунктирной линией; *в* — в уменьшенной зоне криодеструкции (обведена пунктирной линией) — остаточный гипervasкулярный опухолевый узел в динамике через 3 месяца, указан стрелкой

**Fig. 7.** Patient T., 70 years old. Tumor node volume 6.6 cm<sup>3</sup>. Imaging appearance of RCC of the solitary right kidney. Std-CT images in the axial plane during the cortico-medullary (arterial) phase: *a* — tumor before cryoablation, outlined with a dashed line; *б* — cryodestruction zone of homogeneous structure on day 7 after surgery, outlined with a dashed line; *в* — within the reduced cryodestruction zone (outlined with a dashed line) — a residual hypervascular tumor node at 3-month follow-up, indicated by an arrow

Таким образом, проведение КТП в динамике на 7-й день после криодеструкции опухоли почки позволило более точно оценить особенности васкуляризации в зоне оперативного вмешательства



**Рис. 8.** Цветовые перфузионные карты пациента Т., 70 лет. Картирование объема артериального кровотока (BV): *а* — опухоль до проведения криоабляции, обведена пунктирной линией; *б* — зона криоабляции на 7-й день после оперативного вмешательства (указана пунктирной линией), с наличием участка повышенного перфузионного показателя в зеленом тоне цветового спектра, указан стрелкой; *в* — зона криоабляции через 3 месяца после оперативного вмешательства (обведена пунктирной линией), визуализируется остаточный опухолевый узел (указан стрелкой) в красном тоне цветового спектра с увеличенными значениями перфузионных параметров — неполная абляция

**Fig. 8.** Color perfusion maps of patient T., 70 years old. Blood volume (BV) mapping: *a* — tumor before cryoablation, outlined with a dashed line; *б* — cryoablation zone on day 7 after surgery (outlined with a dashed line), with an area of increased perfusion parameter in the green tone of the color spectrum, indicated by an arrow; *в* — cryoablation zone 3 months after surgery (outlined with a dashed line), a residual tumor node is visualized (indicated by an arrow) in the red tone of the color spectrum with increased perfusion parameter values — incomplete ablation

и заподозрить остаточную опухолевую ткань, а также оценить лечебный эффект криоабляции на раннем послеоперационном этапе за счет оценки изменения количественных характеристик микроциркуляторного русла в солидном компоненте опухоли.

**Заключение.** У всех пациентов с КТ-картиной полной КрА опухоли ( $n=37$ ) при выполнении КТ-исследований в послеоперационном периоде было отмечено выраженное снижение как максимальных денситометрических значений в опухолевом узле (HU), так и показателей всех исследуемых перфузионных характеристик (BV, AF, CL). При динамическом наблюдении (через 3 месяца,  $n=18$ ) регистрировалось дальнейшее (также статистически значимое), но менее выраженное снижение всех перечисленных показателей.

КТ-картина опухолей у пациентов с признаками неполной КрА характеризовалась заметными различиями в динамике изменений как КТ-плотности, так и исследуемых перфузионных показателей, а именно: в раннем послеоперационном периоде — незначительное снижение максимальных денситометрических значений (HU) и показателей перфузии (BV, AF, CL) в опухолевом узле. При динамическом наблюдении через 3 месяца ( $n=2$ ) определялось увеличение значений плотности и дальнейший рост параметров перфузии в остаточной опухоли почки.

Таким образом, КТП может быть использована в качестве дополнительной методики мониторинга после малоинвазивного оперативного лечения с целью оценки опухолевого ангиогенеза и возможного выявления остаточной опухоли или ранних рецидивов.

#### Сведения об авторах:

Лулева Татьяна Юрьевна — врач-рентгенолог кабинета компьютерной томографии отделения рентгеновской диагностики государственного бюджетного учреждения Ростовской области «КДЦ «Здоровье»; 344011, Ростов-на-Дону, пер. Долломановский, д. 70/3; ORCID 0009-0001-5980-8704;

Лужанский Даниил Сергеевич — врач по рентгенэндоваскулярным методам диагностики и лечения государственного бюджетного учреждения Ростовской области «КДЦ «Здоровье»; 344011, Ростов-на-Дону, пер. Долломановский, д. 70/3; ORCID 0000-0002-0788-1256;

Волконская Наталья Бориславовна — заведующий отделением рентгеновской диагностики государственного бюджетного учреждения Ростовской области «КДЦ «Здоровье»; 344011, Ростов-на-Дону, пер. Доломановский, д. 70/3; ORCID 0009-0003-6766-6253;

Пакус Сергей Михайлович — кандидат медицинских наук, заведующий отделением онкоурологии государственного бюджетного учреждения Ростовской области «КДЦ «Здоровье»; 344011, Ростов-на-Дону, пер. Доломановский, д. 70/3; ORCID 0000-0001-6468-5983;

Абоян Игорь Артемович — доктор медицинских наук, профессор, главный врач государственного бюджетного учреждения Ростовской области «КДЦ «Здоровье»; 344011, Ростов-на-Дону, пер. Доломановский, д. 70/3; ORCID 0000-0002-2798-368X;

Капустин Владимир Викторович — доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры лучевой диагностики с курсом радиологии Медико-биологического университета инноваций и непрерывного образования федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медико-биофизический центр имени А. И. Бурназяна»; 123098, Москва, ул. Маршала Новикова, д. 23; ORCID 0000-0002-3771-1354.

#### Information about the authors:

Tatiana Yu. Luneva — Radiologist of the Computed Tomography Cabinet of the X-ray Diagnostics Department, State-Financed Institution of Rostov Region KDC «Zdorovie», Rostov-on-Don, 70/3 Dolomanovsky Pereulok Street; ORCID 0009-0001-5980-8704;

Daniil S. Luzhanskiy — Medical Specialist in X-ray Endovascular Methods of Diagnostics and Treatment, State-Financed Institution of Rostov Region KDC «Zdorovie», Rostov-on-Don, 70/3 Dolomanovsky Pereulok Street; ORCID 0000-0002-0788-1256;

Natalya B. Volkonskaya — Head of the X-ray Diagnostics Department, State-Financed Institution of Rostov Region KDC «Zdorovie», Rostov-on-Don, 70/3 Dolomanovsky Pereulok Street; ORCID 0009-0003-6766-6253;

Sergey M. Pakus — Cand. of Sci. (Med.), Head of urologic oncology department, State-Financed Institution of Rostov Region KDC «Zdorovie», Rostov-on-Don, 70/3 Dolomanovsky Pereulok Street; ORCID 0000-0001-6468-5983;

Igor A. Aboyan — Dr. of Sci. (Med.), Professor, Chief Medical Officer, State-Financed Institution of Rostov Region KDC «Zdorovie», Rostov-on-Don, 70/3 Dolomanovsky Pereulok Street; ORCID 0000-0002-2798-368X;

Vladimir V. Kapustin — Dr. of Sci. (Med.), Assistant Professor, Chair professor of diagnostic radiology and roentgenology at the Medical and Biological Innovations and Continuous Education University under the Federal State Budget-funded Institution State Scientific Center of Russian Federation — A. I. Burnazyan Federal Medical and Biophysical Center of the RFMBA, Moscow, 23, Marshal Novikov str.; ORCID 0000-0002-3771-1354.

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределен следующим образом: концепция и план исследования — Т. Ю. Лулева, В. В. Капустин; И. А. Абоян; сбор и математический анализ данных — С. М. Пакус, Н. Б. Волконская, Д. С. Лужанский; подготовка рукописи — Т. Ю. Лулева, В. В. Капустин, И. А. Абоян.

**Authors' contribution.** All authors met the ICMJE authorship criteria (All authors made a significant contribution to the concept development, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special contribution: TYL, VVK, IAA aided in the concept and plan of study; SMP, NBV, DSL provided collection and mathematical analysis of data; spreparation of the manuscript TYL, VVK, IAA.

**Потенциальный конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Disclosure:** the authors declares that they have no competing interests.

**Соответствие принципам этики:** исследование одобрено этическим комитетом МБУ ИНО ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России, протокол № 127 от 17 октября 2025 г. Информированное согласие получено от каждого пациента.

**Adherence to ethical standards:** the study was approved by the Ethics Committee of the MBU INO of the Burnazyan SSC FMBC of the FMBA of Russia, Protocol No. 127 dated October 17, 2025. Informed consent was obtained from each patient.

Поступила/Received: 18.10.2025

Принята к печати/Accepted: 25.02.2026

Опубликована/Published: 29.03.2026

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Bahadoram S., Davoodi M., Hassanzadeh S. et al. Renal cell carcinoma: An overview of the epidemiology, diagnosis, and treatment // *G. Ital. Nefrol.* 2022. Vol. 39. P. 3.
2. Bukavina L., Bensalah K., Bray F. et al. Epidemiology of Renal Cell Carcinoma: 2022 Update // *Eur. Urol.* 2022. Vol. 82, No. 5. P. 529–542. doi: 10.1016/j.eururo.2022.08.019.
3. Кострицкий С.В., Широкопад В.И., Семенов Д.В. и др. Эффективность современной иммунотерапии в комбинированном лечении больных раком почки с костными метастазами // *Онкоурология.* 2024. Т. 20, № 2. С. 15–25. [Kostritskiy S.V., Shirokorad V.I., Semenov D.V. et al. Effectiveness of modern immunotherapy in combination treatment of patients with renal cancer and bone metastases. *Cancer Urology*, 2024, Vol. 20, No. 2, pp. 15–25 (In Russ.)]. doi: 10.17650/1726-9776-2024-20-2-15-25.
4. Escudier B., Porta C., Schmidinger M. et al. Renal cell carcinoma: ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up // *Ann. Oncol.* 2019. Vol. 30, No. 5. P. 706–720. doi: 10.1093/annonc/mdz056.
5. Gao H., Zhou L., Zhang J. et al. Comparative efficacy of cryoablation versus robot-assisted partial nephrectomy in the treatment of cT1 renal tumors: a systematic review and meta-analysis // *BMC Cancer.* 2024. Vol. 24, No. 1150. <https://doi.org/10.1186/s12885-024-12917-z>.
6. McClure T., Lansing A, Ferko N. et al. A Comparison of Microwave Ablation and Cryoablation for the Treatment of Renal Cell Carcinoma: A Systematic Literature Review and Meta-analysis // *Urology.* 2023. Vol. 180. P. 1–8. doi: 10.1016/j.urology.2023.06.001.

7. Campbell S.C., Clark P.E., Chang S.S. et al. Renal Mass and Localized Renal Cancer: Evaluation, Management, and Follow-Up: AUA Guideline: Part 1 // *J. Urol.* 2021. Vol. 206, No. 2. P. 199–208. doi: 10.1097/JU.0000000000001911.
8. Rosenblad A.K., Hashim B.M., Lindblad P. et al. Recurrences after nephron-sparing treatments of renal cell carcinoma: a competing risk analysis // *World J. Urol.* 2024. Vol. 42, No. 474. <https://doi.org/10.1007/s00345-024-05172-1>.
9. Loloi J., Shingleton W.B., Nakada S.Y. et al. Management of Residual or Recurrent Disease Following Thermal Ablation of Renal Cortical Tumors // *J. Kidney Cancer VHL.* 2020. Vol. 7, No. 2.1. P.1–5. doi: 10.15586/jkevhl.2020.133.
10. Almdalal T., Rosenblad A.K. Predictive characteristics for disease recurrence and overall survival in non-metastatic clinical T1 renal cell carcinoma — results from the National Swedish Kidney Cancer Register // *Scand. J. Urol.* 2023. Vol. 57, No. 1–6. P. 67–74. doi: 10.1080/21681805.
11. Abu-Ghanem Y., Fernández-Pello S., Bex A. et al. Limitations of Available Studies Prevent Reliable Comparison Between Tumour Ablation and Partial Nephrectomy for Patients with Localised Renal Masses: A Systematic Review from the European Association of Urology Renal Cell Cancer Guideline Panel // *Eur. Urol. Oncol.* 2020. Vol. 3, No. 4. P. 433–452. doi: 10.1016/j.euo.2020.02.001.
12. Abou Elkassem A.M., Lo S.S., Gunn A.J. et al. Role of Imaging in Renal Cell Carcinoma: A Multidisciplinary Perspective // *Radiographics.* 2021. Vol. 41, No. 5. P. 1387–1407. doi: 10.1148/rg.2021200202.
13. Squillaci E., Manenti G., Ciccio C. et al. Perfusion-CT monitoring of cryo-ablated renal cells tumors // *J. Exp. Clin. Cancer Res.* 2009. Vol. 28, No. 1. P. 138. <http://doi: 10.1186/1756-9966-28-138>.
14. Ломоносова Е.В., Гольбиц А.Б., Рубцова Н.А. и др. Перфузионная компьютерная томография в диагностике заболеваний почек (обзор литературы) // *Медицинская визуализация.* 2023. Т. 27, № 2. С. 85–98 [Lomonosova E.V., Golbits A.B., Rubtsova N.A. et al. Application of perfusion computed tomography in renal diseases (review of literature). *Medical Visualization.* 2023. Vol. 27, No 2, pp. 85–98 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1220>.
15. Рубцова Н.А., Гольбиц А.Б., Крянева Е.В. и др. Роль КТ-перфузии в диагностике солидных опухолей почек // *Лучевая диагностика и терапия.* 2021. Т. 12, No. 2. P. 70–78. [Rubtsova N.A., Golbitc A.B., Kryaneva E.V. et al. The role of CT-perfusion for diagnostic of solid renal tumors. *Diagnostic radiology and radiotherapy.* 2021. Vol. 12, No. 2, pp. 70–78 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.22328/2079-5343-2021-12-2-70-78>.

### Уважаемые коллеги!



В монографии, подготовленной в виде научных очерков, представлены наиболее значимые события становления в России направления народосбережения и охраны здоровья. Исторические события изложены в сочетании следующих важных факторов — демографии и народонаселения, прироста и потерь населения, длительности жизни, заболеваний, влияющих на численность населения, и других факторов. Рассмотрены основные критерии оценки народосбережения: количественные (рождаемость, численность, заболеваемость, потери и др.) и качественные (удовлетворенность и качество жизни, коэффициент счастья, географические и материальные влияния и др.). Описаны психологические и социальные причины воздействия на рождаемость и смертность от разных причин и др. В подготовке книги участвовали ведущие специалисты — представители различных отраслей науки: врачи, эпидемиологи, психологи, биологи и демографы и др. Книга по содержанию и изложению носит междисциплинарный характер, что расширяет круг заинтересованных читателей. Изложенные материалы могут быть интересны и познавательны для специалистов, работающих в сфере народосбережения, ученых, преподавателей, студентов университетов и иных читателей.

**Подробная информация о книге**  
на сайте издательства <https://www.bmos-spb.ru>.