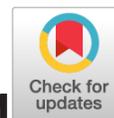


DOI: <https://doi.org/10.17816/uroved96357>

Научная статья



Криоабляция локализованного рака почки на криотерапевтической установке «МКС» с жидким азотом в качестве хладоагента: функциональная и онкологическая эффективность методики

Н.А. Щекутеев, А.К. Носов, Г.Г. Прохоров, И.А. Буровик

Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Петрова, Санкт-Петербург, Россия

Актуальность. Абляция — способ разрушения патологического очага с помощью подводимого контролируемого температурного или иного воздействия. Наиболее перспективным из аблятивных методов лечения локализованного рака почки на сегодняшний день можно назвать криоабляцию.

Цель — провести анализ функциональных и онкологических результатов криоабляции локализованного рака почки с применением жидкого азота в качестве хладоагента.

Материалы и методы. В период с 2017 по 2020 г. в НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова наблюдались и лечились 56 пациентов с подозрением на локализованный рак почки. При морфологической верификации почечно-клеточный рак выявлен у 19 (65,5 %) пациентов, хромофобный вариант — у 3 (10,4 %), онкоцитома — у 3 (10,4 %), в 4 (13,8 %) случаях в морфологическом материале опухоль не выделена. Всем пациентам в качестве лечебной опции была проведена криоабляция с использованием криотерапевтической установки «МКС» (Россия) с жидким азотом в качестве хладоагента [под ультразвуковой навигацией в 4 (7,1 %) случаях, под компьютерно-томографической — в 46 (82,1 %) наблюдениях и лапароскопически — у 6 (10,7 %) пациентов].

Результаты. Почечную функцию в данном исследовании оценивали по уровню креатинина и скорости клубочковой фильтрации до и после криоабляции. Уровень креатинина до криовмешательства составлял 101 ± 18 мкмоль/л, после — $113,8 \pm 18$ мкмоль/л ($p = 0,21$), скорости клубочковой фильтрации до операции — 63 ± 13 мл/мин, после — 65 ± 13 мл/мин. Данные различия не были достоверны ($p = 0,87$). Локальный контроль над заболеванием по данным визуализирующих методов был достигнут в 100 % случаев. Двухлетняя общая и специфическая выживаемость пациентов исследуемой группы составила 100 % (один пациент погиб на четвертом году наблюдения от синхронного первично множественного рака), при этом специфическая выживаемость составила 100 %, выживаемость до рецидива была равна $90,9 \pm 3,9$ %, бессобытийная — $70,2 \pm 6,6$ %. За период наблюдения были диагностированы 9 (16 %) рецидивов заболевания.

Заключение. Криоабляция дает возможность сохранять большой объем почечной паренхимы, не снижая функциональную способность почки. Кроме того, результаты и показатели выживаемости такого вмешательства достаточно высоки, что делает ее альтернативной опцией других нефрон-сберегающих операций.

Ключевые слова: рак почки; криоабляция; почечная функция; отдаленные результаты.

Как цитировать:

Щекутеев Н.А., Носов А.К., Прохоров Г.Г., Буровик И.А. Криоабляция локализованного рака почки на криотерапевтической установке «МКС» с жидким азотом в качестве хладоагента: функциональная и онкологическая эффективность методики // Урологические ведомости. 2022. Т. 12. № 1. С. 55–62. DOI: <https://doi.org/10.17816/uroved96357>

DOI: <https://doi.org/10.17816/uroved96357>

Research Article

Cryoablation of localized renal cancer on the MKS cryotherapy unit with liquid nitrogen as a cryogen: functional and oncological efficiency of the method

Nikita A. Shchekuteev, Alexander K. Nosov, Georgii G. Prokhorov, Iliya A. Burovik

N.N. Petrov National Medical Research Center of Oncology, Saint Petersburg, Russia

BACKGROUND: Ablation is a method of destroying a pathological focus using a controlled temperature or other effect. The most promising ablative treatment for localized kidney cancer today is cryoablation.

AIM: To analyze functional and oncological results of cryoablation of localized kidney cancer using liquid nitrogen as cryogen.

MATERIALS AND METHODS: Between 2017 and 2020, 56 patients with suspected localized kidney cancer were observed and treated at the N.N. Petrov National Medical Research Center of Oncology. With morphological verification, renal cell carcinoma was detected in 19 (65.5%) patients, chromophobe renal cell carcinoma – in 3 (10.4%), oncocytoma – in 3 (10.4%), in 4 (13.8%) cases the tumor was not detected in morphological material. All patients underwent cryoablation using the MKS cryotherapy unit with liquid nitrogen as a cryogen (ultrasound-guide cryotherapy was performed in 4 (7.1%) cases, CT-guide – in 46 (82.1%), laparoscopically – in 6 (10.7%) patients).

RESULTS: Renal function in this study was assessed by creatinine level and glomerular filtration rate (GFR) before and after cryoablation. The creatinine level before cryoablation was $101 \pm 18 \mu\text{mol/l}$, after – $113.8 \pm 18 \mu\text{mol/l}$ ($p = 0.21$), GFR before cryoablation – $63 \pm 13 \text{ ml/min}$, after – $65 \pm 13 \text{ ml/min}$. These differences were not significant ($p = 0.87$). Local disease control was achieved in 100% of cases. The overall and specific survival rate were 100% (one patient died from synchronous primary multiple cancer at 4 years of observation), the survival rate to recurrence was $90.9 \pm 3.9\%$, and the event-free survival was $70.2 \pm 6.6\%$. During the follow-up period, 9 (16%) recurrences of the disease were diagnosed.

CONCLUSIONS: Cryoablation makes it possible to maintain a large volume of renal parenchyma, thereby not reducing the functional ability of the kidney. In addition, the outcomes and survival rates are quite high, making it an alternative option for other nephron-saving operations.

Keywords: renal cancer; cryoablation; renal function; long-term results.

To cite this article:

Shchekuteev NA, Nosov AK, Prokhorov GG, Burovik IA. Cryoablation of localized renal cancer on the MKS cryotherapy unit with liquid nitrogen as a cryogen: functional and oncological efficiency of the method. *Urology reports (St. Petersburg)*. 2022;12(1):55-62. DOI: <https://doi.org/10.17816/uroved96357>

Received: 13.01.2022

Accepted: 28.02.2022

Published: 30.03.2022

АКТУАЛЬНОСТЬ

Абляция — способ разрушения патологического очага с помощью подводимого контролируемого температурного или иного воздействия. Наиболее перспективным из аблятивных методов лечения при локализованном раке почки на сегодняшний день можно назвать криоабляцию. Криоабляцию под визуализационной навигацией можно рассматривать как альтернативную опцию резекции почки. Показанием для такого воздействия могут быть не только небольшие размеры опухоли, но и сниженный функциональный почечный резерв у пациентов с единственной почкой или у пациентов с наследственными синдромами, предрасполагающими к развитию хронической почечной недостаточности, например синдромом Гиппеля – Линдау или наследственной светлоклеточной почечной карциномой. Первое криохирургическое оборудование появилось в 60-х годах прошлого века. В 1964 г. I.S. Cooreg заявил, что замораживание ткани при температуре -20°C в течение 1 мин достаточно для развития ее некроза [1]. В литературе описано большое количество криобиологических экспериментов (успешных и не очень), до сих пор ведется много споров по вопросам оптимальной индуцирующей полной некроз температуры, продолжительности циклов замораживания и оттаивания, ограничений и вариантов использования криоагента в связи с эффектом дросселирования Джоуля – Томпсона и высокого парциального давления газа в системе охлаждения криотерапевтических установок [2–4].

В настоящее время российскими инженерами создано оборудование нового поколения с азотным хладагентом и малоинвазивными многоразовыми инструментами, которое по мощности превосходит зарубежные аналоги. Данная медицинская криотерапевтическая система («МКС», регистрационное удостоверение № рЗн 2014/2273 от 20 января 2015 г.) успешно прошла клинические испытания на базе ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России и сегодня ее активно применяют в клинической практике. Однако обобщающих и целостных работ по использованию жидкого азота для криоабляции локализованного рака почки крайне мало [5, 6].

Цель исследования — провести анализ функциональных и онкологических результатов криоабляции локализованного рака почки с применением жидкого азота в качестве хладагента.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В период с 2017 по 2020 г. в НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова наблюдались и лечились 56 пациентов с подозрением на локализованный рак почки, из них 26 (46,4 %) мужчин, 30 (53,6 %) женщин. Возраст пациентов варьировал от 40 до 86 лет, средний возраст составил $66 \pm 7,9$ года (95 % доверительный интервал 43–99 лет). Функциональное состояние больных по шкале

ECOG (Eastern Cooperative Oncology Group — Восточная кооперативная группа исследования рака) составило 0–1 балл.

При трепанбиопсии образований почки, выполненной до криогенной абляции, морфологически были верифицированы следующие варианты образований: почечно-клеточный рак выявлен у 19 (65,5 %) пациентов, у 3 (10,4 %) — хромофобный вариант почечно-клеточного рака, у 3 (10,4 %) — онкоцитомы, в 4 (13,8 %) случаях в морфологическом материале опухоль не выделена.

Всем пациентам в качестве лечебной опции была проведена криоабляция. Данная процедура выполнена с использованием аппарата «МКС» с жидким азотом в качестве подаваемого хладагента. Аппарат «МКС» производства ООО «Международный институт криомедицины» (Россия) разрешен к обращению на территории Российской Федерации. Клинические испытания нового оборудования проходили в ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России. Там же прошла клиническое испытание и технология малоинвазивной чрескожной пункционной криодеструкции труднодоступных опухолей. В данном устройстве используются иглообразные зонды, в которых жидкий азот расширяется в большую камеру внутри зонда. Это быстрое расширение создавало температуру ниже -190°C на зонде, который охлаждал окружающую ткань за счет пассивной диффузии. С целью максимального разрушения опухоли все сеансы криоабляции проводили по одной и той же методике с числом циклов «замораживание – оттаивание» от 1 до 3. Продолжительность цикла зависела от размеров опухоли и, как следствие, размеров ледяной сферы, формирующейся за пределами образования почки. Протокол оттаивания включал пассивное нагревание в течение 5–10 мин между двумя циклами замораживания. После обезболивания и прокола кожи при перкутанном доступе под ультразвуковой (УЗИ) или компьютерно-томографической (КТ) навигацией в направлении опухоли вводили пилотный зонд, который останавливали в зоне наружной границы опухоли. Затем по нему проводили интродьюсер, в просвет которого для проведения трепанбиопсии вводили стандартную биопсийную иглу. После ее извлечения в просвет интродьюсера вставляли криозонд. Криокамеру криозонда погружали в опухоль на глубину канала биопсии 15–20 мм. Далее выполняли процедуру криодеструкции. Гибель опухолевой ткани происходила при температуре -40°C , при этом в криозонд подавали жидкий азот с температурой -195°C . Контроль за зоной воздействия хладагента осуществляли с использованием УЗИ или КТ, при этом можно контролировать границу ледяного шара. Для увеличения объема криовоздействия в большинстве случаев были использованы одномоментно несколько криозондов. Их располагали на расстоянии до 10 мм под углом друг к другу, образуя равнобедренную пирамиду. Это позволяло сформировать полноценный ледяной шар с расчетной зоной крионекроза 4 см.

Для наибольшего эффекта выполняли несколько циклов «замораживание – оттаивание». Для достижения максимального крионекроза диаметром 4 см и максимального освобождения молекул воды из коллоидных соединений интервалы между циклами составляли 10–15 мин.

Исследование было разработано в соответствии с этическими стандартами, изложенными в Хельсинкской декларации, и одобрено локальным комитетом по этике НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова (Санкт-Петербург). Все анамнестические, клинические и лабораторные данные, содержащие конфиденциальную информацию о пациентах, были деидентифицированы, чтобы обеспечить анализ только анонимных данных.

Статистическая обработка проведена с использованием программного обеспечения Statistica. В ходе анализа использовали следующие показатели описательной статистики: среднее значение, стандартное отклонение, медиану, а также минимальные и максимальные значения для непрерывных переменных и частотные и процентные значения для категориальных переменных.

Переменные, определяемые временем до наступления конкретного события, представлены в сводном виде с использованием графиков по методу Каплана – Майера, а также с расчетом 95 % доверительного интервала для коэффициента выживаемости. Учитывая средний период наблюдения за пациентами (29 мес.), оценке подверглись двухлетние показатели выживаемости. Общая выживаемость представляла собой промежуток времени от даты криоабляции рака почки до смерти от любой причины или до даты последней явки пациента; бессобытийная выживаемость — промежуток времени от даты операции до любого «отрицательного» события или до даты последней явки пациента, если «отрицательного события» не произошло. Под «отрицательным» событием понимались прогрессирование, отсутствие полной ремиссии после окончания программы лечения, рецидив, смерть от любой причины, а также возникновение второй опухоли или любого другого позднего осложнения лечения,

угрожающего жизни пациента. Выживаемость до рецидива — это промежуток времени от даты криоабляции до даты рецидива или даты последней явки больного, если рецидив не выявлялся. Специфическую выживаемость определяли как промежуток времени от даты криоабляции до смерти от прогрессирования основного заболевания или до даты последней явки больного.

РЕЗУЛЬТАТЫ

У пациентов исследуемой группы минимальный размер опухоли составил 8 мм (среднее значение 22 ± 7 мм), максимальный — 73 мм (среднее значение 26 ± 8 мм). Нефрометрическая балльная система R.E.N.A.L (шкала R.E.N.A.L) показала низкую степень сложности выполнения резекции (оценка нефрометрии 4–6 баллов) у 37 (66,1 %) пациентов, умеренную степень сложности (7–9 баллов) — у 19 (33,9 %) человек. Доступ для криоабляции был осуществлен перкутанным способом под УЗИ-навигацией в 4 (7,1 %) случаях, под КТ-навигацией — в 46 (82,1 %) наблюдениях и лапароскопически — у 6 (10,7 %) пациентов. Количество зондов — от 1 до 4 (в среднем — 2). Диаметр зондов варьировал от 1,5 до 3 см. Число циклов «замораживание — оттаивание» колебалось от 1 до 3 (среднее значение — 2). Продолжительность операции составляла от 50 до 180 мин ($95,5 \pm 17,5$ мин). У 17 (30,4 %) пациентов органосохраняющую операцию проводили на единственной почке (в анамнезе уже была нефрэктомия).

В послеоперационном периоде подкапсульная гематома с максимальным объемом до 100 мл была диагностирована у 26 (46,4 %) пациентов, послеоперационный термический ожог кожи — у 2 (3,6 %). В одном наблюдении выявлен спонтанный пневмоторакс. Все осложнения были купированы консервативно. Описанные осложнения классифицированы по системе Clavien – Dindo как I–II степени тяжести.

Характеристики лечения с применением криоабляции представлены в таблице.

Таблица. Характеристика процедуры криоабляции у пациентов с локализованным раком почки

Table. Characteristics of the cryoablation procedure in patients with localized kidney cancer

Показатель	Параметры
Перкутанный доступ	50 (89,3 %)
• под УЗИ-навигацией	4 (5,4 %)
• под КТ-навигацией	46 (82,1 %)
Лапароскопический доступ	6 (10,7 %)
Среднее количество криозондов (мин.–макс.)	2 (1–4)
Средний размер зонда, см (мин.–макс.)	2,6 (1,5–3)
Число циклов «замораживание – оттаивание»	2 (1–3)
Среднее время процедуры, мин (мин.–макс.)	95,5 (50–180)
Успешность процедуры	56 (100 %)
Среднее число дней госпитализации (мин.–макс.)	3 (0–7)

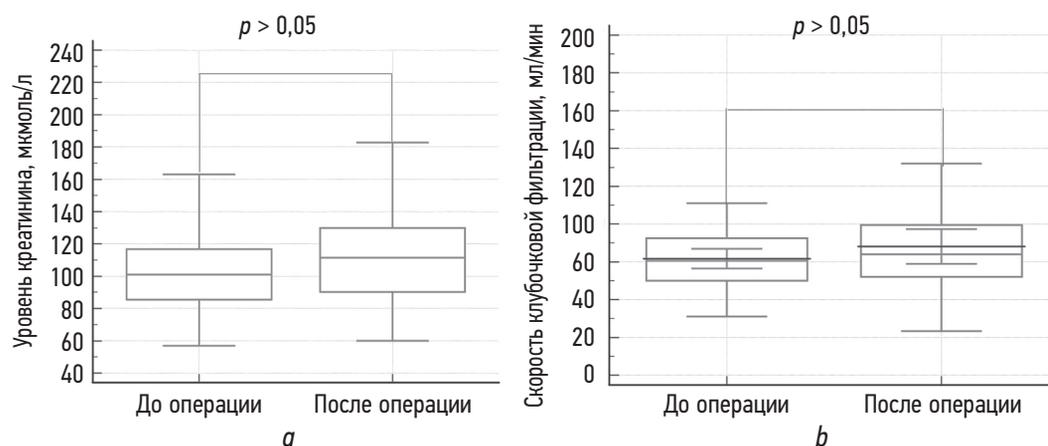


Рис. 1. Функциональная способность почки у больных локализованным раком почки до и после криоабляции ($n = 56$)
Fig. 1. Functional capacity of the kidney in patients with localized kidney cancer before and after cryoablation ($n = 56$)

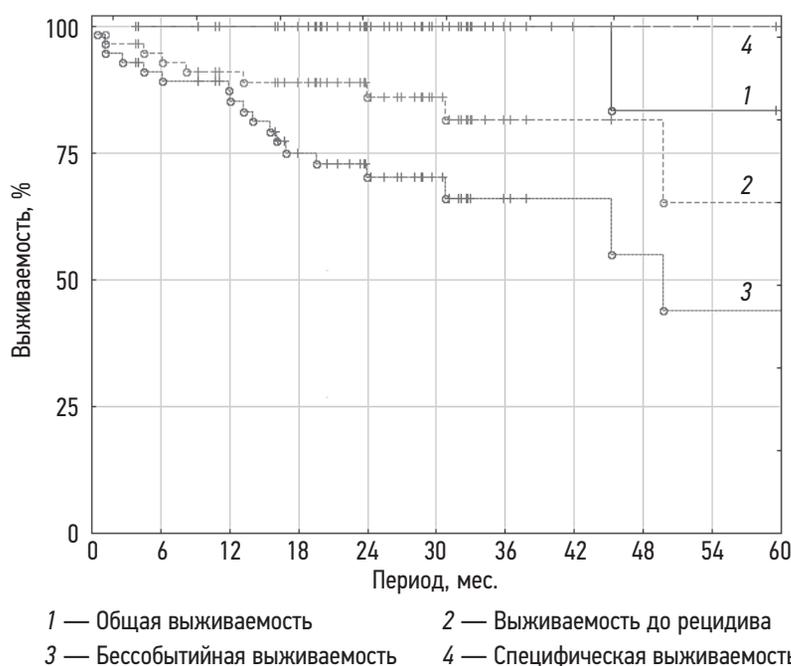


Рис. 2. Показатели выживаемости пациентов после криоабляции локализованного рака почки ($n = 56$)
Fig. 2. Survival rates of patients after cryoablation of localized kidney cancer ($n = 56$)

Оценка функциональной способности почек после криоабляции локализованного рака

Почечную функцию в данном исследовании оценивали по уровню креатинина и скорости клубочковой фильтрации до и после криоабляции. Уровень креатинина до криомешательства составлял 101 ± 18 мкмоль/л, после — $113,8 \pm 18$ мкмоль/л ($p = 0,21$), скорость клубочковой фильтрации до операции — 63 ± 13 мл/мин, после — 65 ± 13 мл/мин (рис. 1). Данные различия не были достоверны ($p = 0,87$). Это доказывает, что криоабляцию можно назвать щадящей для выделительной функции почек методикой.

Онкологическая эффективность криоабляции локализованного рака почки

Локальный контроль над заболеванием по данным визуализирующих методов был достигнут в 100 % случаев. Период наблюдения за больными составил от 4 до 71,5 мес. (медиана 28 мес.). Двухлетняя общая и специфическая выживаемость пациентов исследуемой группы составила 100 % (один пациент погиб на 4-м году наблюдения от синхронного первично множественного рака), выживаемость до рецидива была равна $90,9 \pm 3,9$ %, бессобытийная — $70,2 \pm 6,6$ % (рис. 2). За период наблюдения были диагностированы 9 (16 %) рецидивов заболевания.

ОБСУЖДЕНИЕ

В структуре онкологической заболеваемости рак почки занимает третье место среди всех злокачественных заболеваний мочеполовой системы, составляя около 5 % у мужчин и 3 % у женщин. Ежегодно в России регистрируется более 24 тыс. новых случаев карциномы данной локализации, при этом на долю ранних стадий (I–II стадии) приходится более 60 % [7]. Верификация локализованного (cT1a–1b) почечно-клеточного рака в довольно большом проценте случаев, несомненно, связана с точностью визуализирующих методов диагностики, которая особенно высока у компьютерной и магнитно-резонансной томографии (КТ и МРТ) [8].

Золотым стандартом в лечении при опухолях почки I стадии (размерами в наибольшем измерении 4 см или менее) является лапароскопическая резекция [9]. Высокие результаты 5-летней опухоль-специфической выживаемости (95 %) при данной операции дают возможность задуматься о менее травматичных альтернативных методиках, например аблятивных вариантах удаления образований почек стадий T1a и T1b. Особенно это актуально у пациентов пожилого возраста с выраженной коморбидной патологией, у которых любое хирургическое вмешательство может повлечь необратимые последствия в виде декомпенсации хронических заболеваний. Кроме того, показанием для такого воздействия может быть и сниженный функциональный почечный резерв у пациентов с единственной почкой или с наследственными синдромами, предрасполагающими к развитию хронической почечной недостаточности (например, синдромом Гиппеля – Линдау или наследственной светлоклеточной почечной карциномой).

Криоабляция под визуализационной навигацией стала альтернативной опцией резекций почки. Показания для криоабляции опухоли: размер опухоли не более 4 см, отсутствие региональных и отдаленных метастазов, множественное поражение почки, единственная почка, снижение функции почек или двустороннее поражение. Криогеном для криоаппарата может быть любое вещество, позволяющее достигнуть на выходе из криозонда температуры, губительной для ткани. В качестве криоагентов используют окись азота, аргон и жидкий азот. Окись азота и аргон, применяемые в аппаратах типа Джоуля – Томпсона, охлаждают быстро, но не достигают нужной низкой температуры, а также необходимого объема замораживания в ткани. Напротив, жидкий азот отвечает всем этим условиям [4].

По данным литературных источников, криодеструкция имеет свои преимущества, так как дает возможность сохранять большой объем почечной паренхимы, тем самым не снижая функциональную способность почки. Кроме того, результаты и показатели выживаемости такого вмешательства достаточно высоки [10]. Однако для проведения криодеструкции рака почки необходимы

определенные условия (мастерство и опыт хирурга, техническое оснащение и т. д.). Публикаций на тему тепловых воздействий в качестве нефронсберегающих процедур на сегодняшний день очень мало, выводы их нередко противоречивы [11–13].

В настоящем исследовании нам удалось доказать целесообразность и безопасность криоабляции с использованием оборудования нового поколения с азотным хладагентом и малоинвазивными многоцветными инструментами («МКС» с жидким азотом в качестве подаваемого хладагента), которая не сопровождалась изменением функции почек в сравнительном анализе сывороточного креатинина и скорости клубочковой фильтрации ($p = 0,21$ и $p = 0,87$ соответственно для значений до и после операции). Показатели выживаемости при использовании данной методики оставались высокими, особенно это касается опухоль-специфической и общей выживаемости, которые составили 100 %. Это также свидетельствует о целесообразности данной процедуры. Представленные цифры сопоставимы с данными литературы [5, 10, 14]. Выживаемость до рецидива у наблюдаемых нами пациентов оказалась несколько ниже, чем представленные в публикациях C.S. Georgiades и соавт. [5] и D.J. Vreen и соавт. [10], что можно объяснить апробацией новой методики и накоплением опыта работы на медицинской криотерапевтической системе «МКС».

Что касается технических аспектов процедуры, то показатель первичного технического успеха в 100 % снова был сопоставим с данными, приведенными в литературе (от 95,6 до почти 100 %). Тем не менее этого следовало ожидать, поскольку в данной когорте нефрометрическая балльная система R.E.N.A.L показала низкую степень сложности выполнения резекции у двух третей пациентов (37 человек, или 66,1 %), умеренную степень сложности — у трети (19 человек, или 33,9 %), и средний диаметр опухоли был меньше 3 см, что можно рассматривать как рекомендуемое значение для мини-инвазивных операций согласно недавнему консенсусу Европейской ассоциации урологов [15, 16].

Наше исследование имело определенные недостатки: небольшая когорта пациентов, использование для оценки функции почек только расчета скорости клубочковой фильтрации (а не реносцинтиграфии), короткий период наблюдения за пациентами после криоабляции. Тем не менее это проспективное одноцентровое исследование стало одним из первых, в которых сравниваются функциональные, онкологические исходы и безопасность криодеструкции у пациентов с локализованным раком почки.

ВЫВОДЫ

Выбирая тип аблятивного вмешательства необходимо руководствоваться не только показаниями для данного лечения, но и перспективой «чистоты» его выполнения, качеством жизни после терапии, ожидаемой продолжительностью жизни и коморбидностью пациента.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

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

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Cooper I.S. Cryobiology as viewed by the surgeon // *Cryobiology*. 1964. Vol. 1, No. 1. P. 44–54. DOI: 10.1016/0011-2240(64)90019-7
- Gill W., Fraser J., Carter D.C. Repeated freeze-thaw cycles in cryosurgery // *Nature*. 1968. Vol. 219. P. 410–413. DOI: 10.1038/219410a0
- Gage A.A., Augustynowicz S., Montes M., et al. Tissue impedance and temperature measurements in relation to necrosis in experimental cryosurgery // *Cryobiology*. 1985. Vol. 22, No. 3. P. 282–288. DOI: 10.1016/0011-2240(85)90148-8
- Hewitt P.M., Zhao J., Akhter J., Morris D.L. A comparative laboratory study of liquid nitrogen and argon gas cryosurgery systems // *Cryobiology*. 1997. Vol. 35, No. 4. P. 303–308. DOI: 10.1006/cryo.1997.2039
- Georgiades C.S., Rodriguez R. Efficacy and safety of percutaneous cryoablation for stage 1A/B renal cell carcinoma: results of a prospective, single-arm, 5-year study // *Cardiovasc Interv Radiol*. 2014. Vol. 37. P. 1494–1499. DOI: 10.1007/s00270-013-0831-8
- Gunn A.J., Joe W.B., Salei A., et al. Percutaneous cryoablation of stage T1b renal cell carcinoma: safety, technical results, and clinical outcomes // *Cardiovasc Interv Radiol*. 2019. Vol. 42. P. 970–978. DOI: 10.1007/s00270-019-02226-5
- Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О. Злокачественные новообразования в России в 2020 году (заболеваемость и смертность). Москва: МНИОИ им. П.А. Герцена — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2021.
- Auer T., Heidegger I., de Zordo T., et al. Fusion Imaging of Contrast-enhanced Ultrasound With CT or MRI for Kidney Lesions // *In Vivo*. 2019. Vol. 33, No. 1. P. 203–208. DOI: 10.21873/invivo.11460
- Abushamma F., Barqawi A., Al-Jabi S.W., et al. Global Analysis of Research Trends on Kidney Function After Nephron-Sparing Surgery: A Bibliometric and Visualised Study // *Cancer Manag Res*. 2021. Vol. 13. P. 7479–7487. DOI: 10.2147/CMAR.S324284
- Breen D.J., King A.J., Patel N., et al. Image guided cryoablation for sporadic renal cell carcinoma: three- and 5 year outcomes in 220 patients with biopsy-proven renal cell carcinoma // *Radiology*. 2018. Vol. 289, No. 2. P. 554–561. DOI: 10.1148/radiol.2018180249
- Gervais D.A. Cryoablation versus radiofrequency ablation for renal tumor ablation: time to reassess? // *J Vasc Interv Radiol*. 2013. Vol. 24, No. 8. P. 1135–1138. DOI: 10.1016/j.jvir.2013.05.030
- Zhou W., Herwald S.E., McCarthy C., et al. Radiofrequency ablation, cryoablation, and microwave ablation for T1a renal cell carcinoma: a comparative evaluation of therapeutic and renal function outcomes // *J Vasc Interv Radiol*. 2019. Vol. 30, No. 7. P. 1035–1042. DOI: 10.1016/j.jvir.2018.12.013
- Zhou W., Arellano R.S. Thermal ablation of T1c renal cell carcinoma: a comparative assessment of technical performance, procedural outcome, and safety of microwave ablation, radiofrequency ablation, and cryoablation // *J Vasc Interv Radiol*. 2018. Vol. 29, No. 7. P. 943–951. DOI: 10.1016/j.jvir.2017.12.020
- Gunn A.J., Parikh N.S., Bhatia S. Society of Interventional Radiology quality improvement standards on percutaneous ablation in renal cell carcinoma // *J Vasc Interv Radiol*. 2020. Vol. 31, No. 2. P. 195–201.e3. DOI: 10.1016/j.jvir.2019.11.004
- Katsanos K., Mailli L., Krokidis M., et al. Systematic review and meta-analysis of thermal ablation versus surgical nephrectomy for small renal tumors // *Cardiovasc Interv Radiol*. 2014. Vol. 37. P. 427–437. DOI: 10.1007/s00270-014-0846-9
- El Dib R., Touma N.J., Kapoor A. Cryoablation vs radiofrequency ablation for the treatment of renal cell carcinoma: a meta-analysis of case series studies // *BJU Int*. 2012. Vol. 110, No. 4. P. 510–516. DOI: 10.1111/j.1464-410X.2011.10885.x

REFERENCES

- Cooper IS. Cryobiology as viewed by the surgeon. *Cryobiology*. 1964;1(1):44–54. DOI: 10.1016/0011-2240(64)90019-7
- Gill W, Fraser J, Carter DC. Repeated freeze-thaw cycles in cryosurgery. *Nature*. 1968;219:410–413. DOI: 10.1038/219410a0
- Gage AA, Augustynowicz S, Montes M, et al. Tissue impedance and temperature measurements in relation to necrosis in experimental cryosurgery. *Cryobiology*. 1985;22(3):282–288. DOI: 10.1016/0011-2240(85)90148-8
- Hewitt PM, Zhao J, Akhter J, Morris DL. A comparative laboratory study of liquid nitrogen and argon gas cryosurgery systems. *Cryobiology*. 1997;35(4):303–308. DOI: 10.1006/cryo.1997.2039
- Georgiades CS, Rodriguez R. Efficacy and safety of percutaneous cryoablation for stage 1A/B renal cell carcinoma: results of a prospective, single-arm, 5-year study. *Cardiovasc Interv Radiol*. 2014;37:1494–1499. DOI: 10.1007/s00270-013-0831-8
- Gunn AJ, Joe WB, Salei A, et al. Percutaneous cryoablation of stage T1b renal cell carcinoma: safety, technical results, and clinical outcomes. *Cardiovasc Interv Radiol*. 2019;42:970–978. DOI: 10.1007/s00270-019-02226-5
- Kaprin AD, Starinskii VV, Shakhzadova AO. *Zlokachestvennye novoobrazovaniya v Rossii v 2020 godu (zabolevaemost' i smertnost')*. Moscow: MNIОI im. P.A. Gertsena – filial FGBU “NMITs radiologii” Minzdrava Rossii, 2021. (In Russ.)
- Auer T, Heidegger I, de Zordo T, et al. Fusion Imaging of Contrast-enhanced Ultrasound With CT or MRI for Kidney Lesions. *In Vivo*. 2019;33(1):203–208. DOI: 10.21873/invivo.11460

9. Abushamma F, Barqawi A, Al-Jabi SW, et al. Global Analysis of Research Trends on Kidney Function After Nephron-Sparing Surgery: A Bibliometric and Visualised Study. *Cancer Manag Res.* 2021;13:7479–7487. DOI: 10.2147/CMAR.S324284
10. Breen DJ, King AJ, Patel N, et al. Image guided cryoablation for sporadic renal cell carcinoma: three- and 5 year outcomes in 220 patients with biopsy-proven renal cell carcinoma. *Radiology.* 2018;289(2):554–561. DOI: 10.1148/radiol.2018180249
11. Gervais DA. Cryoablation versus radiofrequency ablation for renal tumor ablation: time to reassess? *J Vasc Interv Radiol.* 2013;24(8):1135–1138. DOI: 10.1016/j.jvir.2013.05.030
12. Zhou W, Herwald SE, McCarthy C, et al. Radiofrequency ablation, cryoablation, and microwave ablation for t1a renal cell carcinoma: a comparative evaluation of therapeutic and renal function outcomes. *J Vasc Interv Radiol.* 2019;30(7):1035–1042. DOI: 10.1016/j.jvir.2018.12.013
13. Zhou W, Arellano RS. Thermal ablation of T1c renal cell carcinoma: a comparative assessment of technical performance, procedural outcome, and safety of microwave ablation, radiofrequency ablation, and cryoablation. *J Vasc Interv Radiol.* 2018;29(7):943–951. DOI: 10.1016/j.jvir.2017.12.020
14. Gunn AJ, Parikh NS, Bhatia S. Society of Interventional Radiology quality improvement standards on percutaneous ablation in renal cell carcinoma. *J Vasc Interv Radiol.* 2020;31(2):195–201.e3. DOI: 10.1016/j.jvir.2019.11.004
15. Katsanos K, Mailli L, Krokidis M, et al. Systematic review and meta-analysis of thermal ablation versus surgical nephrectomy for small renal tumors. *Cardiovasc Interv Radiol.* 2014;37:427–437. DOI: 10.1007/s00270-014-0846-9
16. El Dib R, Touma NJ, Kapoor A. Cryoablation vs radiofrequency ablation for the treatment of renal cell carcinoma: a meta-analysis of case series studies. *BJU Int.* 2012;110(4):510–516. DOI: 10.1111/j.1464-410X.2011.10885.x

ОБ АВТОРАХ

***Никита Андреевич Щекутеев**, врач-онколог хирургического отделения онкоурологии; адрес: Россия, 197758, Санкт-Петербург, пос. Песочный, ул. Ленинградская, д. 68; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9625-3907>; eLibrary SPIN: 5837-8625; e-mail: dr.shchekuteev@gmail.com

Александр Константинович Носов, канд. мед. наук, заведующий хирургическим отделением онкоурологии, старший научный сотрудник; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3850-7109>; eLibrary SPIN: 1711-1476; e-mail: nakuro@yandex.ru

Георгий Георгиевич Прохоров, д-р мед. наук, профессор, вед. научн. сотр.; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9015-3817>; eLibrary SPIN: 9166-4705; e-mail: gprokhorov@mail.ru.

Илья Александрович Буровик, канд. мед. наук, врач-рентгенолог; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4714-1228>; eLibrary SPIN: 1923-6457; e-mail: burovick_ilya@mail.ru

AUTHORS' INFO

Nikita A. Shchekuteev, Oncologist; address: 68, Leningradskaya st., Pesochnyj village, Saint Petersburg, 197758, Russia; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9625-3907>; eLibrary SPIN: 5837-8625; e-mail: dr.shchekuteev@gmail.com

Alexander K. Nosov, Cand. Sci. (Med.), Head of the Surgical Oncological Department, Senior Researcher; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3850-7109>; eLibrary SPIN: 1711-1476; e-mail: nakuro@yandex.ru

Georgii G. Prokhorov, Dr. Sci. (Med.), Professor, Leading Researcher; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9015-3817>; eLibrary SPIN: 9166-4705; e-mail: gprokhorov@mail.ru

Iliya A. Burovick, MD, Cand. Sci. (Med.), Radiologist; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4714-1228>; eLibrary SPIN: 1923-6457; e-mail: burovick_ilya@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author