

Трансартериальная эмболизация почечно-клеточного рака (современный обзор)

С.В. Попов¹⁻³, Р.Г. Гусейнов^{1,2,4}, С.Г. Винцовский¹, А.В. Алхазышвили¹, К.В. Сивак¹, В.В. Перепелица^{1,2}, Р.О. Грушевский¹, И.О. Шмидт¹, Н.С. Буненков^{1,5,6}, Т.А. Лелявина¹

¹СПб ГБУЗ Клиническая больница Святителя Луки; Россия, 194044 Санкт-Петербург, ул. Чугунная, 46;

²ЧОУ ВО «Санкт-Петербургский медико-социальный институт»; Россия, 195271 Санкт-Петербург, Кондратьевский пр-кт, 72, лит. А;

³ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России; Россия, 194044 Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, 37;

⁴ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»; Россия, 199034 Санкт-Петербург, Университетская набережная, 7–9;

⁵ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России; Россия, 197022 Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, 6–8;

⁶ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России; Россия, 197341 Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, 2

Контакты: Руслан Гусейнович Гусейнов r.guseynov@spbu.ru

В настоящее время почечно-клеточный рак – одно из наиболее распространенных злокачественных новообразований, основным методом лечения которого является хирургическое вмешательство. В ряде случаев оперативное лечение может сопровождаться ухудшением почечной функции, что диктует необходимость поиска альтернативных методов лечения. В данном обзоре рассматриваются возможности минимально инвазивной, рентгенохирургической процедуры – трансартериальной эмболизации почечных артерий при лечении почечно-клеточного рака. Приводятся варианты выполнения этой процедуры и показания к ним, анализируются результаты применения трансартериальной эмболизации почечных артерий при почечно-клеточном раке, описываются возможные осложнения. Обозначены преимущества метода. Актуализируется необходимость дальнейших широкомасштабных научных исследований, посвященных изучению эффективности и безопасности трансартериальной эмболизации почечной артерии при почечно-клеточном раке.

Ключевые слова: почечно-клеточный рак, трансартериальная эмболизация, химиоэмболизация

Для цитирования: Попов С.В., Гусейнов Р.Г., Винцовский С.Г. и др. Трансартериальная эмболизация почечно-клеточного рака (современный обзор). Онкоурология 2024;20(3):152–8.

DOI: <https://doi.org/10.17650/1726-9776-2024-20-3-152-158>

Transarterial embolization of renal cell carcinoma (modern review)

S.V. Popov¹⁻³, R.G. Guseynov^{1,2,4}, S.G. Vintsovskiy¹, A.V. Alkhazishvili¹, K.V. Sivak¹, V.V. Perepelitsa^{1,2}, R.O. Grushevskiy¹, I.O. Shmidt¹, N.S. Bunenkov^{1,5,6}, T.A. Lelyavina¹

¹St. Luka's Clinical Hospital; 46 Chugunnaya St., Saint Petersburg 194044, Russia;

²Saint Petersburg Medical-Social Institute; Lit. A, 72 Kondratyevskiy Prospekt, Saint Petersburg 195271, Russia;

³S.M. Kirov Military Medical Academy, Ministry of Defense of Russia; 37 Akademika Lebedeva St., Saint Petersburg 194044, Russia;

⁴Saint Petersburg State University; 7–9 Universitetskaya Naberezhnaya, Saint Petersburg 199034, Russia;

⁵I.P. Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, Ministry of Health of Russia; 6–8 L'va Tolstogo St., Saint Petersburg 197022, Russia;

⁶V.A. Almazov National Medical Research Centre, Ministry of Health of Russia; 2 Akkuratova St., Saint Petersburg 197341, Russia

Contacts: Ruslan Guseynovich Guseynov r.guseynov@spbu.ru

Currently, renal cell carcinoma is one of the most common malignant neoplasms, the main treatment method of which is surgery. However, surgical treatment in some cases may be accompanied by deterioration of renal function, which dictates the need to search for alternative treatment methods. This review examines the possibilities of a minimally

invasive, radiosurgical procedure – transarterial embolization of the renal arteries in the treatment of renal cell carcinoma. Options for performing this procedure and indications for them are given, the results of using transarterial embolization of the renal arteries for renal cell carcinoma are analyzed, and possible complications are described. The advantages of the method are indicated. The need for further large-scale scientific research devoted to studying the effectiveness and safety of transarterial embolization of the renal artery for renal cell carcinoma is urgent.

Keywords: renal cell carcinoma, transarterial embolization, chemoembolization

For citation: Popov S.V., Guseynov R.G., Vintskovskiy S.G. et al. Transarterial embolization of renal cell carcinoma (modern review). *Onkourologiya = Cancer Urology* 2024;20(3):152–8. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.17650/1726-9776-2024-20-3-152-158>

Введение

Почечно-клеточный рак (ПКР) является наиболее распространенным типом злокачественных новообразований мочеполовой системы, составляя более 90 % случаев рака почки (РП) [1, 2]. Заболеваемость ПКР существенно возросла за последние десятилетия и продолжает увеличиваться, что во многом обусловлено совершенствованием диагностических визуализирующих и морфологических тестов. Несмотря на рост общей заболеваемости за последние годы, особенно в развитых странах, смертность от ПКР существенно снизилась благодаря ранней диагностике и своевременной терапии [3]. В то же время у пациентов достаточно часто встречаются местно-распространенные формы ПКР и отдаленные метастазы [4]. Так, в России в 2022 г. РП III стадии составил 14 % из числа впервые выявленных злокачественных новообразований, а РП IV стадии – 18,7 % [5].

Основным методом лечения ПКР на сегодняшний день является хирургическое вмешательство. При этом в случае ранних локализованных стадий предпочтительным методом лечения считается парциальная (частичная) нефрэктомия (резекция почки), а при наличии крупных и центрально расположенных опухолей показана радикальная нефрэктомия [6]. Однако хирургическое лечение при ПКР в долгосрочной перспективе может отрицательно влиять на функцию почек и выживаемость пациентов [7, 8]. Ввиду этого интерес исследователей вызывают консервативные и минимально инвазивные нефросберегающие методы лечения (лапароскопическая, роботизированная частичная нефрэктомия, криотерапия, радиочастотная абляция) [2, 9]. Однако при сопоставимых с хирургическим лечением показателях выживаемости пациентов данные методы сопровождаются большей частотой местных рецидивов, а также достаточно высоким риском таких осложнений, как кровотечение из почечных сосудов, образование абсцесса и др. [10]. Поэтому на сегодняшний день поиск эффективных органосохраняющих методов лечения ПКР является актуальной задачей в онкоурологической практике.

Цель исследования – изучить возможности трансартериальной эмболизации (ТАЭ) при лечении ПКР.

Материалы и методы

В поисковых базах Pubmed, Google Scholar, Springer, Elibrary на русском и английском языках выполнен поиск современной литературы, посвященной применению ТАЭ при ПКР. Для поиска использовали ключевые слова: почечно-клеточный рак, трансартериальная эмболизация, химиоэмболизация, renal cell carcinoma, transarterial embolization, chemoembolization.

Критерии включения в обзор: ретроспективные, проспективные, аналитические, описательные исследования, клинические рекомендации, систематические обзоры, метаанализы по анализируемой теме. Критерии исключения: тезисы конференций, описания клинических случаев, письма в редакцию журналов; диссертационные работы. В настоящий обзор включены 42 публикации.

Результаты и обсуждение

Впервые эмболизация почечных артерий была выполнена в 1969 г. А.Ф. Lalli и соавт. в экспериментальном исследовании у собак [11]. В клинической практике данный метод первыми использовали L.E. Almgård и соавт. в 1973 г. у пациента с опухолью почки [12]. ТАЭ представляет собой минимально инвазивную рентгенохирургическую процедуру, предполагающую окклюзию почечной артерии, которая вследствие нарушения кровоснабжения приводит к развитию острого ишемического некроза ткани новообразования [13, 14]. В качестве эмболизирующих агентов на сегодняшний день используются спирали, спирты, кровоостанавливающие губки, цианоакриловые клеи, микросферы и др. [15, 16].

Результаты исследований свидетельствуют, что применение ТАЭ позволяет снизить риск кровотечения во время операции, уменьшить объем опухолевой ткани и предотвратить ее дальнейший рост, а также снизить частоту рецидивов заболевания [17–19]. Имеются данные о стимуляции иммунного противоопухолевого ответа после ТАЭ за счет попадания в кровоток значительного количества антигенов при гибели опухолевых клеток [17, 20]. Так, изучение иммунного статуса у пациентов с опухолью почки размером >7 см (T ≥2) показало, что процедура ТАЭ снижает супрессивное действие неопластических клеток на иммунную систему,

приводит к нормализации нарушенного соотношения субпопуляций лимфоцитов (CD4, CD8) и усиливает противовоспалительный ответ, повышая уровень некоторых цитокинов – интерлейкина 10 и интерлейкина 1RA [21].

Выделяют 2 варианта ТАЭ. При суперселективной эмболизации перекрываются отдельные ветви почечной артерии, что целесообразно при поражении обеих почек, наличии выраженной почечной недостаточности [22, 23]. Тотальная эмболизация предполагает полную окклюзию просвета почечной артерии. Такой вариант чаще проводится, если планируется радикальная нефрэктомия или же при паллиативном характере процедуры. Нередко ТАЭ при лечении ПКР дополняется регионарной химиотерапией (химиоэмболизация), когда в почечные сосуды вводят химиопрепараты в высокой концентрации, которые ингибируют рост опухоли [24, 25].

Следует отметить, что на начальном этапе основным показанием к применению ТАЭ при РП было купирование массивной гематурии. Однако по мере накопления клинического опыта показания были расширены и ТАЭ стала применяться при лечении метастатического РП, у пациентов с нерезектабельной опухолью, при наличии противопоказаний к хирургическому вмешательству [20]. Более того, для пациентов с РП и выраженной коморбидной патологией, у которых имеют место высокий анестезиологический риск и противопоказания к хирургическому лечению, ТАЭ почечных артерий является методом выбора, поскольку позволяет уменьшить клинические проявления заболевания, продлить жизнь больного и повысить качество его жизни [26]. В настоящее время ТАЭ при ПКР применяется в основном в следующих ситуациях [20]:

- в качестве паллиативной процедуры при далеко зашедших стадиях ПКР для купирования выраженных гематурии и болей в поясничной области;
- эмболизация крупных, высоковаскуляризованных новообразований перед хирургическим лечением;
- эмболизация метастазов с высокой васкуляризацией (например, метастазов в позвонках).

В то же время следует отметить, что крупных проспективных рандомизированных исследований, посвященных оценке эффективности и безопасности ТАЭ у пациентов с ПКР, в последние годы не проводилось.

В систематическом обзоре и метаанализе 9 исследований изучено влияние ТАЭ в монорежиме у пациентов с ПКР на такие симптомы, как боль и гематурия, которые были выявлены у 60 из 237 больных [27]. После ТАЭ боль уменьшилась у 98,3 %, а гематурия – у 95 % пациентов. Медиана выживаемости пациентов варьировалась от 1 до 39 мес, но только в одном исследовании сообщалось о выживаемости без прогресси-

рования 10,5 мес. Еще в одном исследовании было продемонстрировано статистически значимое увеличение общей выживаемости при ТАЭ по сравнению с таковой у пациентов, не подвергавшихся ТАЭ ($p = 0,02$). Уменьшение размера опухоли было достигнуто у 34,7 % пациентов. Нежелательные явления при ТАЭ включали лихорадку (48,5 %), боль в боку (30,4 %), тошноту (24,5 %), гематурию (5,1 %), артериальную гипертензию (5,1 %), снижение скорости клубочковой фильтрации (2,5 %), гематомы (2,5 %) и кишечную непроходимость (1,3 %).

Y. Vi и соавт. изучили эффективность и безопасность химиоэмболизации с применением шариков, нагруженных доксорубицином, у 35 пациентов с неоперабельным ПКР. В 21 случае предварительно была проведена трансартериальная инфузия цисплатина или оксалиплатина. Медиана наблюдения составила 9,0 (1,8–43,6) мес. Авторы продемонстрировали, что химиоэмболизация с применением шариков, нагруженных доксорубицином, эффективна и не сопровождается серьезными побочными эффектами. Частота объективного ответа составила 47,1; 94,1 и 29,0 % через 1, 3 и 6 мес после химиоэмболизации соответственно. Медиана выживаемости без прогрессирования равнялась 21,4 мес, а показатели выживаемости без прогрессирования через 3, 6 и 12 мес составили 84,7; 73,7 и 62,3 % соответственно. Смертельных исходов, связанных с лечением, или тяжелых нежелательных явлений не было. У 1 пациента была отмечена гематурия, потребовавшая введения гемостатиков; в 3 случаях наблюдалась умеренная лихорадка продолжительностью 2–3 дня, купированная физическим охлаждением [28].

В работе A. Karalli и соавт. продемонстрирован лучший циторедуктивный эффект химиоэмболизации по сравнению с ТАЭ почечной артерии у больных ПКР, которым была показана нефросберегающая операция или радикальная нефрэктомия. Трансартериальная химиоэмболизация ($n = 6$) приводила к значительно более высокой степени некроза опухоли по сравнению с ТАЭ ($n = 5$) – 88,3 % против 29,4 % соответственно при оценке по данным компьютерной томографии ($p = 0,018$). Гистопатологическая оценка продемонстрировала аналогичные результаты: средняя степень некроза при химиоэмболизации была 87,5 %, при ТАЭ – 26 % ($p = 0,016$) [25].

Как уже упоминалось, процедура ТАЭ может применяться на этапе подготовки к хирургическому лечению ПКР. Особенно это касается категории пациентов, имеющих злокачественное новообразование в единственной или единственной функционирующей почке, а также с двусторонним опухолевым поражением почек, так как в этих случаях имеется высокий риск потери функции почки или функциональной недостаточности почки после хирургического лечения [29].

Оптимальной тактикой ведения таких пациентов является применение суперселективной ТАЭ почечной артерии с последующей лапароскопической резекцией почки [30].

Помимо уменьшения васкуляризации опухоли и минимизации интраоперационной кровопотери предоперационная ТАЭ почечной артерии позволяет сократить время операции, а также приводит к формированию четко отграниченной зоны некроза, что может служить ориентиром при резекции опухоли [31, 32]. Кроме этого, применение ТАЭ перед хирургическим вмешательством способствует сохранению функции почек после частичной нефрэктомии. Стандартно во время операции пережимается основной ствол почечной артерии во избежание сильной кровопотери, однако при этом развивается ишемия почки, что впоследствии может отрицательно сказываться на ее функции [33]. Применение селективной ТАЭ позволяет избежать этого.

Оптимальные сроки проведения хирургического лечения после ТАЭ не определены. Так, по данным E.C. Çelebioğlu и соавт., при костных метастазах ПКР хирургическое вмешательство предпочтительно выполнять в течение 1 дня после ТАЭ, поскольку именно в этом случае удастся добиться минимальной интраоперационной кровопотери по сравнению с проведением операции в сроки от 1 до 7 дней [34].

Схожие данные были представлены S. Kato и соавт., которые предлагают по возможности проводить операцию в 1 день с ТАЭ. Авторы показали, что среди пациентов с тотальной ТАЭ при ПКР с костными метастазами интраоперационная кровопотеря, а также потребность в периоперационном переливании крови были значительно меньше у пациентов, которым операция проводилась в тот же день, что и эмболизация, по сравнению с теми, кому операция была выполнена на следующий день: объем кровопотери составил 433 ± 376 мл против 1012 ± 974 мл ($p = 0,01$), а потребность в переливании — $1,5 \pm 1,7$ ед. против $4,2 \pm 4,1$ ед. ($p = 0,04$) соответственно [35].

Однако, несмотря на достаточно большое число сообщений о положительном опыте применения предоперационной ТАЭ, имеются и противоположные данные. Так, в недавнем ретроспективном исследовании S. Koob и соавт. не выявлено преимуществ предоперационной эмболизации при костных метастазах ПКР. Авторы отметили, что у пациентов, которым была проведена эмболизация, наблюдалось статистически значимое увеличение интраоперационной кровопотери, потребности в инфузионной терапии и переливании эритроцитов по сравнению с группой пациентов, которым не выполнялась эмболизация почечной артерии [36].

При невозможности хирургического лечения ПКР применяется сочетание ТАЭ с другими терапевтичес-

кими методами, в частности с радиочастотной аблацией [37]. Такой подход у пациентов с ПКР T1a со сложной локализацией, T1b или T2 не сопровождается ухудшением функции почек и позволяет свести к минимуму осложнения [38, 39].

Согласно результатам ретроспективного исследования A. Kobe и соавт., комбинированное лечение с помощью селективной ТАЭ и чрескожной аблации крупной (>3 см) центрально расположенной опухоли почки позволяет достичь отличных онкологических отдаленных результатов. При наблюдении 11 пациентов с ПКР, имеющих противопоказания к хирургическому лечению, в течение $5,2 \pm 2,5$ года уровень контроля над первичной и вторичной локальной опухолью составил 82 и 100 % соответственно. Не было изменений в уровнях креатинина сыворотки и скорости клубочковой фильтрации по сравнению со значениями до лечения [40].

Схожие данные получены S. LaRussa и соавт. при наблюдении в течение 419,5 (27–747) дня 11 пациентов со средним размером опухоли почки 4,5 см, перенесших ТАЭ в комбинации с микроволновой аблацией. Не зарегистрировано ни одного случая рецидива заболевания [41].

Ш.Х. Ганцев и соавт. описали собственный успешный опыт сочетанного использования ТАЭ почечной артерии с последующей таргетной терапией у 22 пациентов с РП IV стадии. Продолжительность жизни 6 пациентов с метастазами в костях скелета составила $16,4 \pm 2,1$ мес; время дожития 15 пациентов, получивших ТАЭ почечной артерии, нефрэктомии и таргетную терапию, равнялось $41,7 \pm 15,3$ мес; у 1 пациентки с двусторонним поражением почек продолжительность жизни составляет более 10 лет [42].

Несмотря на то что метод ТАЭ малоинвазивный и в целом хорошо переносится пациентами, одним из наиболее частых осложнений процедуры является постэмболизационный синдром, который чаще развивается при тотальной ТАЭ, проявляется болью в пояснице и лихорадкой, купируется, как правило, на 2–3-и сутки на фоне противовоспалительной, анальгетической, антипиретической и инфузионной терапии. В упомянутом выше исследовании [42] постэмболизационный синдром был диагностирован у 13 пациентов с тотальной ТАЭ почечной артерии.

Таким образом, по данным литературы, можно выделить следующие преимущества ТАЭ при лечении ПКР:

- устранение симптомов (боль и гематурия);
- уменьшение размера опухоли;
- снижение объема интраоперационной кровопотери;
- возможность сохранения функции почки при частичной нефрэктомии;
- снижение радикальности лечения: у ряда пациентов после ТАЭ почечной артерии хирургический

план может быть изменен в пользу лапароскопии вместо открытой операции или в пользу резекции почки вместо радикальной нефрэктомии;

- уменьшение продолжительности операции;
- повышение продолжительности и качества жизни больных с IV стадией заболевания.

Заключение

Трансартериальная эмболизация является эффективной малоинвазивной процедурой с благоприятным профилем безопасности у пациентов с ПКР, которая позволяет добиться локального контроля над опу-

лью. ТАЭ может быть применена перед хирургическим вмешательством в целях повышения его эффективности или использована как паллиативная процедура при крупных неоперабельных опухолях, преимущественно с интенсивными кровотечениями и/или болями. Процедура может использоваться на разных стадиях ПКР и выполняться в комбинации с другими методами лечения. Однако сведения об эффективности ТАЭ при лечении пациентов с ПКР противоречивы и основаны на небольшом количестве наблюдений, что требует проведения более масштабных проспективных исследований.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Bray F, Ferlay J., Soerjomataram I. et al. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin* 2018;68(6):394–424. DOI: 10.3322/caac.21492
2. Bahadoram S., Davoodi M., Hassanzadeh S. et al. Renal cell carcinoma: an overview of the epidemiology, diagnosis, and treatment. *G Ital Nefrol* 2022;39(3):2022–vol3.
3. Medina-Rico M., Ramos H.L., Lobo M. et al. Epidemiology of renal cancer in developing countries: review of the literature. *Can Urol Assoc J* 2018;12(3):154–62. DOI: 10.5489/cuaj.4464
4. Vasudev N.S., Wilson M., Stewart G.D. et al. Challenges of early renal cancer detection: symptom patterns and incidental diagnosis rate in a multicentre prospective UK cohort of patients presenting with suspected renal cancer. *BMJ* 2020;10(5):e035938. DOI: 10.1136/bmjopen-2019-035938
5. Состояние онкологической помощи населению России в 2022 году. Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, А.О. Шахзадовой. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2022. 239 с. State of oncological care in Russia in 2021. Eds.: A.D. Kaprin, V.V. Starinskiy, A.O. Shachzadova. Moscow: MNIОI im. P.A. Gertsena – filial FGBU “NMITS radiologii” Minzdrava Rossii, 2022. 239 p. (In Russ.).
6. Escudier B., Porta C., Schmidinger M. et al. Renal cell carcinoma: ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up. *Ann Oncol* 2019;30(5):706–20. DOI: 10.1093/annonc/mdz056
7. Lee M., Wang Q., Wanchoo R. et al. Chronic kidney disease in cancer survivors. *Adv Chronic Kidney Dis* 2021;28(5):469–76.e1. DOI: 10.1053/j.ackd.2021.10.007
8. Wood A.M., Benidir T., Campbell R.A. et al. Long-term renal function following renal cancer surgery: historical perspectives, current status, and future considerations. *Urol Clin North Am* 2023;50(2):239–59. DOI: 10.1016/j.ucl.2023.01.004
9. Hora M., Eret V., Trávníček I. et al. Surgical treatment of kidney tumors – contemporary trends in clinical practice. *Cent European J Urol* 2016;69(4):341–6. DOI: 10.5173/cej.2016.845
10. Cho S., Kang S.H. Current status of cryotherapy for prostate and kidney cancer. *Korean J Urol* 2014;55(12):780–8. DOI: 10.4111/kju.2014.55.12.780
11. Lalli A.F., Peterson N., Bookstein J.J. Roentgen-guided infarctions of kidneys and lungs. A potential therapeutic technic. *Radiology* 1969;93(2):434–5. DOI: 10.1148/93.2.434
12. Almgård L.E., Fernström I., Haverling M., Ljungqvist A. Treatment of renal adenocarcinoma by embolic occlusion of the renal circulation. *Br J Urol* 1973;45(5):474–9. DOI: 10.1111/j.1464-410x.1973.tb06806.x
13. Melchiorre F., Patella F., Pescatori L. et al. DEB-TACE: a standard review. *Fut Oncol* 2018;14(28):2969–84. DOI: 10.2217/fon-2018-0136
14. Gao X., Chen Z., Chen Z. et al. Visualization and evaluation of chemoembolization on a 3D decellularized organ scaffold. *ACS Biomater Sci Eng* 2021;7(12):5642–53. DOI: 10.1021/acsbomaterials.1c01005
15. Jonasch E. Updates to the management of kidney cancer. *J Natl Compr Canc Netw* 2018;16(5S):639–41. DOI: 10.6004/jnccn.2018.0039
16. Dabestani S., Marconi L., Kuusk T., Bex A. Follow-up after curative treatment of localised renal cell carcinoma. *World J Urol* 2018;36(12):1953–9. DOI: 10.1007/s00345-018-2338-z
17. Reitz M., Mende K.C., Cramer C. et al. Surgical treatment of spinal metastases from renal cell carcinoma-effects of preoperative embolization on intraoperative blood loss. *Neurosurgical Rev* 2018;41:861–7. DOI: 10.1007/s10143-017-0935-8
18. Ratasvuori M., Sillanpää N., Wèdin R. et al. Surgery of non-spinal skeletal metastases in renal cell carcinoma: No effect of preoperative embolization? *Acta Orthopaedica* 2016;87:183–8. DOI: 10.3109/17453674.2015.1127726
19. Mohakud S., Tripathy S., Bag N.D., Mishra N. Multidisciplinary management of solitary hypervascular metastatic recurrence of renal cell carcinoma presenting with pathological femoral fracture. *BMJ Case Rep* 2021;14(11):e245422. DOI: 10.1136/bcr-2021-245422
20. Zielinski H., Syrylo T., Szmigielski S. Renal artery embolization in treatment of renal cancer with emphasis on response of immune system. In: Jindong Chen (editor) *Renal Tumor*. London: IntechOpen; 2013. Available at: <https://www.intechopen.com/chapters/42633>. DOI: 10.5772/54116
21. Syrylo T. Influence of renal artery embolization on efficacy of immune system in patients with renal cancer [In Polish]. D.M.Sc. thesis. Military Institute of Medicine, Warsaw, Poland, 2012. 90 p.
22. Bouvier A., Besnier L., Paisant A. et al. Blue dye embolization of renal tumor: a new technique to improve tumor localization during laparoscopic partial nephrectomy. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 2020;30(3):299–303. DOI: 10.1089/lap.2019.0686
23. Максимов А.В., Мартов А.Г., Иванов П.М. др. Безопасность суперселективной баллонной эмболизации сегментарной почечной артерии при резекции почки. *Экспериментальная и клиническая урология* 2019;(3):79–83. Maksimov A.V., Martov A.G., Ivanov P.M. et al. Safety of superselective balloon embolization of the segmental renal artery during partial nephrectomy. *Eksperimental'naya i klinicheskaya urologiya* = Experimental and Clinical Urology 2019;(3):79–83. (In Russ.).
24. Максимов А.В., Иванов П.М., Иванова Ф.Г., Неустроев П.А. Противорецидивная таргетная химиоэмболизация – дополнение

- к резекции рака почки. Якутский медицинский журнал 2021;(1):33–6.
Maksimov A.V., Ivanov P.M., Ivanova F.G., Neustroev P.A. Anti-relapse targeted chemoembolization as an adjunct to kidney cancer resection. Yakutskiy meditsinskiy zhurnal = Yakutsk Medical Journal 2021;(1):33–6. (In Russ.).
25. Karalli A., Ghaffarpour R., Axelsson R. et al. Transarterial chemoembolization of renal cell carcinoma: a prospective controlled trial. *J Vasc Interv Radiol* 2017;28(12):1664–72. DOI: 10.1016/j.jvir.2017.08.001
 26. Карпов В.К., Камалов Д.М., Шапаров Б.М. и др. Суперселективная эмболизация почечной артерии в качестве монотерапии рака почки у пациентки с высоким анестезиологическим риском. *Хирургическая практика* 2021;(4):61–7. DOI: 10.38181/2223-2427-2021-4-61-67
Karpov V.K., Kamalov D.M., Shaparov B.M. et al. Superselective renal artery embolization as monotherapy for kidney cancer in a patient with high anesthetic risk. *Khirurgicheskaya praktika* 2021;(4):61–7. (In Russ.). DOI: 10.38181/2223-2427-2021-4-61-67
 27. Wright B., Johnson B.S., Vassar M. et al. Trans-arterial embolization of renal cell carcinoma: a systematic review and meta-analysis. *Abdom Radiol (NY)* 2022;47(6):2238–43. DOI: 10.1007/s00261-022-03502-8
 28. Bi Y., Shi X., Ren J. et al. Transarterial chemoembolization of unresectable renal cell carcinoma with doxorubicin-loaded CalliSpheres drug-eluting beads. *Sci Rep* 2022;12(1):8136. DOI: 10.1038/s41598-022-12334-x
 29. Андреев С.С., Титяев И.И., Неймарк Б.А., Василенко А.А. Ранние признаки нарушения функции единственной почки после нефрэктомии по поводу рака почки. *Уральский медицинский журнал* 2022;21(4):13–8. DOI: 10.1038/s41598-022-12334-x
Andreev S.S., Tityaev I.I., Neimark B.A., Vasilenko A.A. Early signs of dysfunction of a single kidney after nephrectomy for kidney cancer. *Ural'skiy meditsinskiy zhurnal = Ural Medical Journal* 2022;21(4):13–8. (In Russ.).
 30. Асташов В.Л., Шаповалов В.В., Баланык В.В. и др. Первый опыт суперселективной эмболизации артерий, кровоснабжающих опухоль, с последующей лапароскопической резекцией почки. *Онкоурология* 2021;17(3):30–6. DOI: 10.17650/1726-9776-2021-17-3-30-36
Astashov V.L., Shapovalov V.V., Balanyuk V.V. et al. First experience of superselective embolization of renal arteries supplying the tumor with subsequent laparoscopic kidney resection. *Onkourologiya = Cancer Urology* 2021;17(3):30–6. (In Russ.). DOI: 10.17650/1726-9776-2021-17-3-30-36.
 31. Tsuji Y., Miura H., Hirota T. et al. Transarterial ethiodised oil marking before CT-guided renal cryoablation: evaluation of tumour visibility in various renal cell carcinoma subtypes. *Clin Radiol* 2023;78(4):279–85. DOI: 10.1016/j.crad.2022.12.010
 32. Gunn A.J., Patel A.R., Rais-Bahrami S. Role of angioembolization for renal cell carcinoma. *Curr Urol Rep* 2018;19(10):76. DOI: 10.1007/s11934-018-0827-7
 33. Bravi C.A., Vertosick E., Benfante N. et al. Impact of acute kidney injury and its duration on long-term renal function after partial nephrectomy. *Eur Urol* 2019;76(3):398–403. DOI: 10.1016/j.eururo.2019.04.040
 34. Çelebioğlu E.C., Bilgiç S., Merter A. et al. Scheduling surgery after transarterial embolization: does timing make any difference to intraoperative blood loss for renal cell carcinoma bone metastases? *Diagn Interv Radiol* 2021;27(6):740–5. DOI: 10.5152/dir.2021.21011
 35. Kato S., Hozumi T., Takaki Y. et al. Optimal schedule of preoperative embolization for spinal metastasis surgery. *Spine (Phila Pa 1976)* 2013;38(22):1964–9. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3182a46576
 36. Koob S., Schulze-Steinen H., Plöger M.M. et al. Preoperative embolization of renal cell carcinoma metastases to the bone prior to stabilization procedures does not result in reduction in intraoperative blood loss. *Clin Exp Metastasis* 2023;40(1):117–22. DOI: 10.1007/s10585-022-10195-2
 37. Wessendorf J., König A.M., Heers H., Mahnken A.H. Efficacy and safety of combined embolization and radiofrequency ablation in stage I renal cell carcinomas. *Rofo* 2022;194(9):1020–5. DOI: 10.1055/a-1770-4724
 38. Salei A., Raymond M., Savage C. et al. Transarterial embolization of T1b and T2a renal cell carcinoma prior to percutaneous cryoablation: a retrospective comparative study. *Abdom Radiol (NY)* 2023;48(2):773–9. DOI: 10.1007/s00261-022-03755-3
 39. Sommer C.M., Pallwein-Prettner L., Vollherbst D.F. et al. Transarterial embolization (TAE) as add-on to percutaneous radiofrequency ablation (RFA) for the treatment of renal tumors: Review of the literature, overview of state-of-the-art embolization materials and further perspective of advanced image-guided tumor ablation. *Eur J Radiol* 2017;86:143–62. DOI: 10.1016/j.ejrad.2016.10.024
 40. Kobe A., Tselikas L., Deschamps F. et al. Thermal ablation combined with selective transarterial embolization of centrally located renal cell carcinomas measuring 3 cm or larger. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2022;45(3):371–9. DOI: 10.1007/s00270-021-03036-4
 41. LaRussa S., Vanden Berg R.W., Craig K.M. et al. Is there a role for combination, single-session selective transarterial embolization and microwave ablation for large renal masses? *Cardiovasc Intervent Radiol* 2020;43(10):1468–73. DOI: 10.1007/s00270-020-02568-5
 42. Ганцев Ш.Х., Юн В., Жумагулова А.К. и др. Эмболизация почечной артерии в комбинированном лечении больных раком почки IV стадии. *Креативная хирургия и онкология* 2020;10(3):205–11. DOI: 10.24060/2076-3093-10-3-205-211
Gantsev Sh.H., Yun V., Zhumagulova A.K. et al. Renal artery embolization in the combined treatment of patients with stage IV kidney cancer. *Kreativnaya khirurgiya i onkologiya = Creative Surgery and Oncology* 2020;10(3):205–11. (In Russ.). DOI: 10.24060/2076-3093-10-3-205-211

Вклад авторов

С.В. Попов, Р.Г. Гусейнов: разработка дизайна исследования;
С.Г. Винцовский, А.В. Алхазизвили, Р.О. Грушевский, И.О. Шмидт: получение данных для анализа, анализ полученных данных;
К.В. Сивак, В.В. Перепелица: написание текста статьи;
Н.С. Буненков, Т.А. Лелявина: обзор публикаций по теме статьи, анализ полученных данных.

Authors' contributions

S.V. Popov, R.G. Guseynov: developing the research design;
S.G. Vintsovskiy, A.V. Alkhazhizvili, R.O. Grushevskiy, I.O. Schmidt: obtaining data for analysis, analysis of the obtained data;
K.V. Sivak, V.V. Perepelitsa: article writing;
N.S. Bunenkov, T.A. Lelyavina: reviewing of publications of the article's theme, analysis of the obtained data.

ORCID авторов / ORCID of authors

С.В. Попов / S.V. Popov: <https://orcid.org/0000-0003-2767-7153>
Р.Г. Гусейнов / R.G. Guseynov: <https://orcid.org/0000-0001-9935-0243>
С.Г. Винцовский / S.G. Vintsovskiy: <https://orcid.org/0000-0001-7717-4285>
А.В. Алхазшвили / A.V. Alkhazishvili: <https://orcid.org/0000-0002-7250-6786>
К.В. Сивак / K.V. Sivak: <https://orcid.org/0000-0003-4064-5033>
В.В. Перепелица / V.V. Perepelitsa: <https://orcid.org/0000-0002-7656-4473>
Р.О. Грушевский / R.O. Grushevskiy: <https://orcid.org/0009-0006-9032-7729>
И.О. Шмидт / I.O. Shmidt: <https://orcid.org/0000-0003-0653-6757>
Н.С. Буненков / N.S. Bunenkov: <https://orcid.org/0000-0003-4331-028X>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.
Funding. The work was performed without external funding.