

УДК 616.61-006

<http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2021-12-2-70-78>

© Рубцова Н.А., Гольбиц А.Б., Крянева Е.В., Кабанов Д.О., Алексеев Б.Я., Каприн А.Д., 2021 г.

РОЛЬ КТ-ПЕРФУЗИИ В ДИАГНОСТИКЕ СОЛИДНЫХ ОПУХОЛЕЙ ПОЧЕК

¹Н. А. Рубцова, ¹А. Б. Гольбиц, ¹Е. В. Крянева, ¹Д. О. Кабанов, ^{1,2}Б. Я. Алексеев, ^{1,3}А. Д. Каприн¹Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П. А. Герцена, Москва, Россия²Московский государственный университет пищевых производств, Москва, Россия³Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Введение. В настоящее время КТ и/или МРТ не обладают достаточной специфичностью при дифференциальной диагностике доброкачественных образований почек (онкоцитомы и ангиомиолипомы с низким содержанием жира) от злокачественных опухолей, в связи чем все пациенты подвергаются хирургическому лечению.

Целью исследования являлось оценить диагностическую эффективность перфузионной компьютерной томографии (ПКТ) в дифференциальной диагностике солидных образований почек.

Материалы и методы. В исследовании проанализированы данные 60 пациентов ($61,28 \pm 8,46$ года) с первичными солидными опухолями почки, которым на дооперационном этапе была выполнена ПКТ. Оценивались 4 показателя перфузии для образования и кортикального слоя паренхимы почки: BV, BF, PS и МТТ.

Результаты. По результатам проведенного статистического анализа перфузионные параметры BV, BF, PS коркового вещества почки были достоверно выше, чем в опухоли любого гистологического типа ($p < 0,05$). Статистически значимая разница выявлена между светлоклеточным, хромофобным и папиллярным типами рака почки в показателях BV и BF ($p < 0,05$), между доброкачественными и злокачественными образованиями — в показателе МТТ.

Заключение. ПКТ обладает большим потенциалом в оценке неоангиогенеза и дифференциальной диагностике солидных образований почек.

Ключевые слова: КТ-перфузия, солидные опухоли почек, рак почки, ангиогенез опухоли.

Контакт: Гольбиц Александра Борисовна, a_golbits@mail.ru

© Rubtsova N.A., Golbits A.B., Kryaneva E.V., Kabanov D.O., Alekseev B.Ya., Kaprin A.D., 2021

THE ROLE OF CT-PERFUSION FOR DIAGNOSTIC OF SOLID RENAL TUMORS

¹Natalia A. Rubtsova, ¹Aleksandra B. Golbits, ¹Elena V. Kryaneva, ¹Dmitry O. Kabanov, ^{1,2}Boris Ya. Alekseev, ^{1,3}Andrey D. Kaprin¹Moscow Research Oncology Institute named after P. A. Herzen, Moscow, Russia²Moscow State University of Food Production, Moscow, Russia³Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

Introduction. Nowadays, CT and/or MRI do not have sufficient specificity for the differential diagnosis of benign renal masses (oncocytoma and angiomyolipoma with minimal fat) from malignant tumors, and therefore all patients undergo surgical treatment.

Purpose and objectives. The aim of the study was to evaluate the diagnostic effectiveness of perfusion computed tomography (PCT) for the differential diagnosis of solid renal masses.

Materials and methods. The data of 60 patients ($61,28 \pm 8,46$ years) with primary founded solid renal tumors, who underwent PCT at the preoperative stage, were analyzed. Four perfusion indicators, such as BV, BF, PS and MTT, for the renal masses and normal cortex were evaluated.

Results. According to the results of the statistical analysis, the perfusion parameters BV, BF, PS of the renal cortex were significantly higher than in tumors of any histological type ($p < 0,05$). A statistically significant difference was found between clear cell, chromophobe and papillary types of renal cell carcinoma in terms of BV and BF ($p < 0,05$), between benign and malignant tumors — in MTT.

Conclusions. PCT has great potential in the assessment of neoangiogenesis and differential diagnosis of solid renal masses.

Key words: CT perfusion, solid renal tumors, renal cell carcinoma, tumor angiogenesis.

Contact: Golbits Aleksandra Borisovna, a_golbits@mail.ru

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Рубцова Н.А., Гольбиц А.Б., Крянева Е.В., Кабанов Д.О., Алексеев Б.Я., Каприн А.Д. Роль КТ-перфузии в диагностике солидных опухолей почек // *Лучевая диагностика и терапия*. 2021. Т. 12, № 2. С. 70–78, <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2021-12-2-70-78>.

Funding. The study was performed without external funding.

Conflict of interests: the authors stated that there is no potential conflict of interests.

For citation: Rubtsova N.A., Golbitc A.B., Kryaneva E.V., Kabanov D.O., Alekseev B.Ya., Kaprin A.D. The role of ct-perfusion for diagnostic of solid renal tumors // *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2021. Vol. 12, No 2. P. 70–78, <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2021-12-2-70-78>.

Введение. Ежегодно в мире регистрируют до 403 тысяч новых случаев почечно-клеточного рака (ПКР), смертность от которого достигает 175,1 на 100 тысяч населения [1, с. 293]. В 2019 г. в Российской Федерации заболеваемость РП составила 128,2 на 100 тысяч человек, по этому показателю опухоли почки занимают 8-е место среди злокачественных новообразований (ЗНО) у лиц старше 18 лет [2, с. 16]. Прирост заболеваемости ПКР за период с 2007 г. по 2017 г. составил 24,1% [3, с. 6]. Такая динамика обусловлена как истинным ростом заболеваемости ПКР, так и оптимизацией профилактических осмотров, в сочетании с развитием и внедрением современных методов лучевой визуализации.

Наиболее распространенными морфологическими видами почечно-клеточного рака являются светлоклеточный (сПКР), на долю которого приходится 80–90% всех вариантов ПКР, папиллярный (пПКР) — 10–15% и хромофобный (хрПКР) — 4–5% [1, с. 307]. При этом сПКР и пПКР II типа характеризуются более агрессивным течением, в отличие от хрПКР, обладающего в большинстве случаев более благоприятным прогнозом.

По данным компьютерной томографии (КТ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ) солидные новообразования почек принято подразделять на две условные группы: гиперваскулярные и гиповаскулярные, в зависимости от интенсивности накопления контрастного вещества (КВ) в кортико-медуллярную фазу, по сравнению с кортикальным слоем паренхимы почек [4, с. 41]. Большинство сПКР, метанефрическая аденома, опухоли сосудистого генеза, такие как гемангиома, характеризуются гиперваскулярным типом контрастирования [5, с. 3; 6, с. 1; 7, с. 7–8]. Группу гиповаскулярных образований составляют пПКР, хрПКР и более редкие варианты, относящиеся к мезенхимальному ряду (лейомиома, лейомиосаркома) [8, с. 1268; 9, с. 317]. Характер контрастирования онкоцитом и ангиомиолипом (АМЛ) может существенно варьировать, в зависимости от выраженности клеточного и интерстициального компонентов в первом случае и соотношения гладкомышечной ткани и аномальных кровеносных сосудов во втором [10, с. 2028; 11, с. 100, 104].

В связи с особенностями в подходах ведения пациентов с различными гистологическими формами новообразований почек одной из важнейших задач медицинской визуализации на этапе обследования является их дифференциальная диагностика. В настоящее время КТ и/или МРТ характеризуются

высокой информативностью в выявлении ПКР, однако не обладают достаточной специфичностью при дифференциальной диагностике онкоцитомы и АМЛ с низким содержанием жира от злокачественных опухолей [12, с. E709].

Онкоцитома относится к доброкачественным опухолям с медленными темпами роста (в среднем увеличение размеров за год не превышает 14 мм), что позволяет выбрать тактику активного наблюдения у пациентов с данной патологией [13, с. 33–34; 14, с. 1220–1221]. Среди всех новообразований почек солидной структуры частота встречаемости онкоцитомы составляет 3–7%, при размерах менее 4 см — до 18% [12, с. E709]. Учитывая, что достоверно определить характер солидного образования почки малых размеров бывает затруднительно, при выборе лечебной тактики, согласно рекомендациям Российского общества онкоурологов (РООУ) и Европейской ассоциацией урологов (EAU) для гистологической верификации допускается выполнение биопсии [3, с. 16; 15, с. 801–802]. Информативность биопсии новообразований почки коррелирует с гетерогенностью структуры опухоли и зоной забора материала. В исследовании Н. Patel и соавт. (2017) сопоставление результатов морфологического анализа биопсийного и послеоперационного материалов продемонстрировало ограничение возможностей данного метода. У 31,2% больных с верифицированной по данным биопсии онкоцитомой, по результатам послеоперационного гистологического исследования был установлен ПКР и в 4,2% — доброкачественные образования другой этиологии [16, с. 663]. Кроме того, выполнение биопсии является инвазивным методом диагностики и может быть сопряжено с рисками развития осложнений, таких как кровотечение, либо возникновения имплантационных метастазов по ходу биопсийного канала, что чаще встречается при пПКР (12,5%) [17, с. 865]. В свою очередь, на основе рекомендаций профессиональных сообществ по лечению солидных образований почек «неясного генеза» пациентам может быть предложена тактика активного наблюдения, не ухудшающая прогноз течения заболевания, либо хирургическое лечение. Анализ опубликованных работ показал, что в 20% случаев резекции почек и нефрэктомии были выполнены у пациентов с доброкачественными опухолями, которые могли бы быть оставлены под динамическое наблюдение [18, с. 496]. Все это демонстрирует необходимость поиска новых современных критериев дифференциальной диагностики, позволяющих

с высокой точностью определять характер новообразования.

Одной из отличительных особенностей ЗНО по сравнению с доброкачественными процессами является структура микроциркуляторного русла. Сосудистая архитектура опухолей отличается от таковой в неизмененных тканях за счет наличия извитого неровного хода капилляров и повышенной проницаемости сосудистой стенки вследствие фенестрации эндотелиальных клеток и деструкции базальных мембран. Кроме того, новообразованные сосуды инертны по отношению к механизмам регуляции капиллярного кровотока, так как в них отсутствуют сфинктеры и периваскулярные сократительные клетки — перicytes [19, с. 729].

Существуют инвазивные методы оценки микроциркуляторного русла, такие как определение фактора роста эндотелия сосудов (vascular endothelial growth factor, VEGF), плотности сосудов мелкого калибра (microvascular density, MVD) и CD-34 при морфологическом исследовании биопсийного материала с применением иммуногистохимического типирования [19, с. 734; 20, с. 9]. Однако забор материала для такого анализа ассоциирован с рядом возможных осложнений, таких как кровотечение и инфицирование раневого канала, что противопоставляет диагностическую ценность полученной информации потенциальным рискам для здоровья пациента.

Перфузионная компьютерная томография (ПКТ) дает возможность количественно и качественно оценивать микроциркуляторное русло тканей *in vivo* [21, с. 3370].

По данным исследований, опубликованных в течение последних 6 лет, ПКТ почек позволяет провести дифференциальную диагностику между различными гистологическими типами ПКР, АМЛ с низким содержанием жира и онкоцитомой [21, с. 3370; 22, с. 1; 23, с. 170; 24, с. 1; 25, с. 1464]. В большинстве работ для постпроцессинговой обработки изображений применялся метод Патлака, позволяющий рассчитать значения только трех перфузионных показателей: скорость кровотока, объем кровотока и проницаемость сосудистой стенки [21, с. 3370; 22, с. 1; 23, с. 170, 24, с. 1; 25, с. 1464]. В исследованиях с использованием математической модели деконволюции определяли корреляцию между 4 параметрами перфузии для разных гистологических форм опухолей почек, включая доброкачественные новообразования и ПКР с различной степенью злокачественного потенциала. Однако опубликованные работы не могут считаться статистически достоверными из-за маленькой и гетерогенной выборки пациентов [21, с. 3370; 24, с. 1]. В связи с этим методика ПКТ с постпроцессинговой обработкой изображений деконволюционным методом обладает определенным потенциалом в дифференциальной диагностике образований почек и представляет научный интерес, но требует дальнейшего изучения.

Цель исследования: оценить диагностическую эффективность перфузионной компьютерной томографии в дифференциальной диагностике солидных образований почек.

Материалы и методы. В исследование включены 60 пациентов в возрасте от 32 до 75 лет (средний возраст $61,28 \pm 8,46$ года) с первичными солидными опухолями почки диаметром от 10 до 52 мм, проходивших обследование и лечение в клиниках МНИОИ им. П.А. Герцена — филиале ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, в период с февраля 2018 по май 2020 г. Всем больным на дооперационном этапе была выполнена КТ-перфузия почек с применением деконволюционного метода на 64-срезовом компьютерном томографе Optima CT660 фирмы General Electric (США) с шириной детектора 4 см с использованием следующих параметров сканирования: 100 кВ, 70–160 мА, 512×512 пикселей, общее время сканирования 173 секунды.

Подготовка системы и пациента к исследованию была аналогична таковой при проведении рутинной КТ почек с внутривенным введением рентгеноконтрастного препарата. Особенности методики, необходимыми для ограничения экскурсии передней брюшной стенки и минимизации двигательных артефактов, являлись фиксация пациента мягким поясом на уровне мезогастрия и равномерное поверхностное дыхание.

После катетеризации кубитальной вены (устанавливался периферический катетер размером не менее $1,0 \times 32$ мм (20G) и подключения к инъекторной системе, выполнялось нативное сканирование органов брюшной полости и забрюшинного пространства.

По данным бесконтрастного исследования определялись границы зоны интереса для перфузионной КТ, задаваемые соответствующими номерами срезов. Протяженность выделенной области при ПКТ по оси Z составляла 35 мм (с учетом особенностей используемого оборудования), оставшиеся 5 мм томограф автоматически включал в сканирование каудальнее указанных значений.

Исследование, необходимое для построения перфузионных изображений, начиналось с одновременным внутривенным введением КВ с концентрацией йода не менее 370 мг/мл. Объем КВ и скорость его введения являлись фиксированными величинами, не зависящими от массы тела пациента: сканирование выполнялось с внутривенным введением 60 мл КВ со скоростью 5 мл/с, с последующим введением 30 мл изотонического раствора натрия хлорида с той же скоростью. Общее время сканирования составляло 173 секунды.

С целью снижения лучевой нагрузки во время исследования для каждого больного индивидуально выбирали технические параметры, ориентируясь на выраженность его подкожной и висцеральной

жировой клетчатки. Так, в случае низкого индекса массы тела пациента уменьшение напряжения (кВ) и силы тока (мА) на рентгеновской трубке позволяло снизить эквивалентную дозу (ЭД) без потери качества получаемого изображения. Например, при проведении исследования больному массой менее 60 кг со слабовыраженной жировой клетчаткой устанавливались параметры сканирования 100 кВ 70 мА, полученные значения ЭД не превышали 12 мЗв.

Постпроцессинговая обработка производилась на рабочей станции Advanced workstation Volume Share 5 с применением приложения CT Kidney Perfusion. При загрузке изображений для построения перфузионных карт устанавливалась ROI (region of interest) на брюшной отдел аорты, после чего осуществлялся автоматический анализ изображений (рис. 1).

цаемости (мл/100 г/мин) — permeability surface area product (PS) и среднего времени прохождения крови по сосудам (с) — mean transit time (MTT). Для определения значений вышеуказанных параметров на выбранном уровне перфузионной карты на образование почки в зоне максимальной гомогенности структуры, исключая кистозные и аваскулярные участки, выставлялась ROI эллипсоидной формы (рис. 2). Аналогичным образом производился анализ для кортикального слоя паренхимы пораженной почки. С целью оценки достоверного результата получаемого критерия учитывалось стандартное отклонение (SD или STD), количественное значение которого не превышало основной показатель.

Всем пациентам было выполнено хирургическое лечение в объеме резекции почки (в том числе билатеральной) или нефрэктомии с последующим плано-

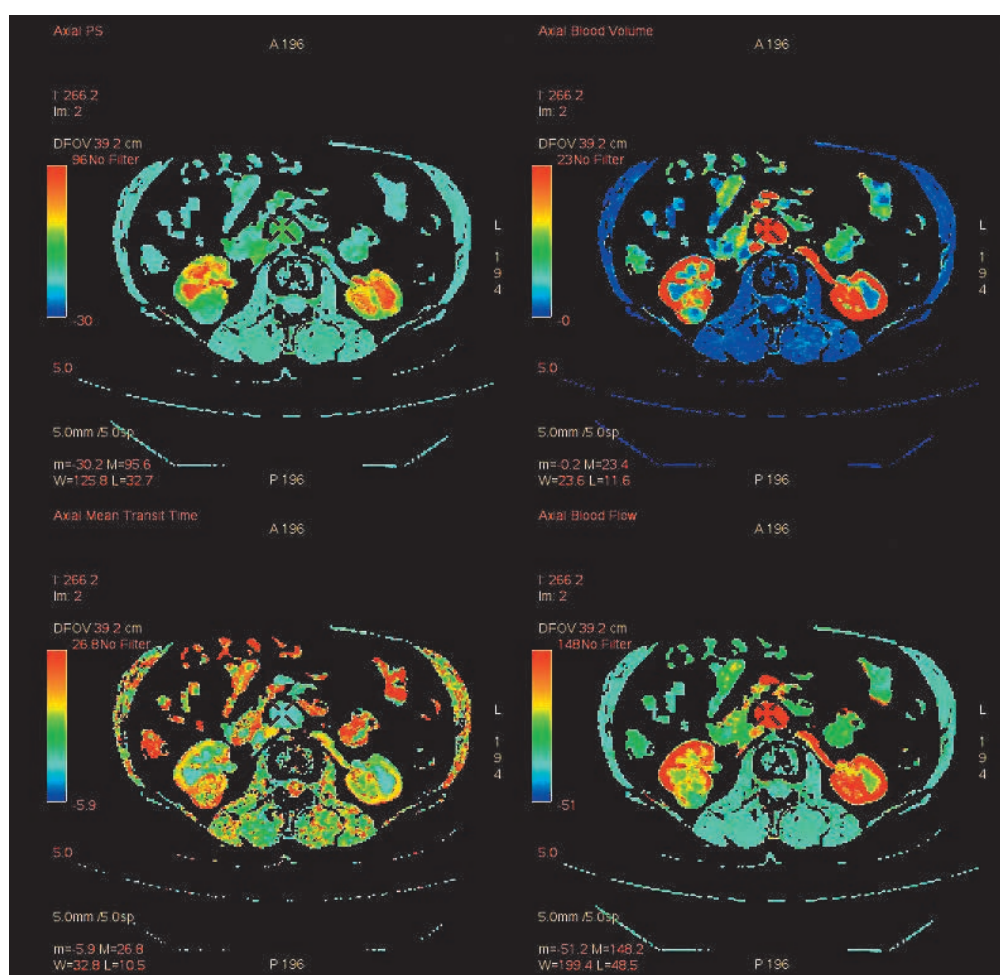


Рис. 1. Перфузионные карты пациента с опухолью правой почки. Изображение демонстрирует цветные карты показателей скорости кровотока (BF), объема кровотока (BV), проницаемости сосудистой стенки (PS), среднего времени прохождения (MTT)

Fig. 1. Perfusion maps of the patient with tumor of the right kidney. The image shows color maps of indicators of blood flow (BF), blood volume (BV), permeability (PS), mean transit time (MTT)

Далее выполнялась количественная оценка 4 показателей перфузии для опухолевого образования и кортикального слоя почки на стороне поражения: объема кровотока (мл/100 г) — blood volume (BV), скорости кровотока (мл/100 г/мин) — blood flow (BF), прони-

вым гистологическим исследованием операционного материала. По результатам морфологического заключения исследуемые пациенты были разделены на 4 группы: 1) сПКР G1-G3 (n=38); 2) хрПКР (n=10); 3) пПКР (n=7); 4) доброкачественные

образования (n=5, среди которых 3 онкоцитомы, 1 АМЛ, 1 лейомиома).

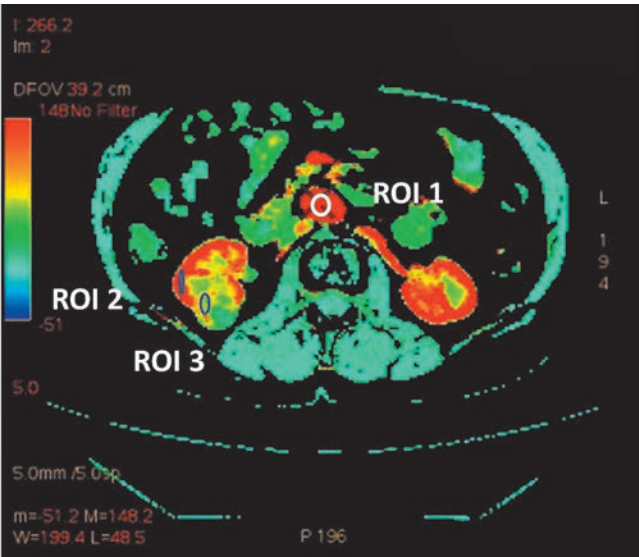


Рис. 2. Перфузионная карта показателя Blood Flow (BF) у пациента с опухолью правой почки с установленными ROI: ROI 1 — брюшная аорта; ROI 2 — корковое вещество правой (пораженной) почки; ROI 3 — опухоль правой почки (наиболее однородный участок)

Fig. 2. Blood Flow (BF) perfusion map in a patient with right kidney tumor with established ROI: ROI 1 — abdominal aorta; ROI 2 — cortex of the right (affected) kidney; ROI 3 — tumor of the right kidney (the most homogeneous area)

Перфузионные показатели опухолей различных гистологических типов были сопоставлены между собой и аналогичными параметрами кортикального слоя паренхимы почки. Статистический анализ данных выполнен с использованием программ Statsoft Statistica Professional 12 и Microsoft Excel 2016. Для количественных признаков предварительно оценивалось соответствие закону нормального распределения

по критерию Шапиро–Уилка, с последующим сравнением групп с помощью критерия Манна–Уитни.

Результаты и их обсуждение. По результатам морфологического послеоперационного исследования сПКР, хрПКР, пПКР и образования доброкачественного характера составили 38 случаев (63%), 10 (17%), 7 (12%) и 5 (8%), соответственно.

Полученные значения перфузионных показателей для различных гистологических типов ПКР и гетерогенной группы доброкачественных узлов представлены в табл. 1–4.

По результатам проведенного анализа перфузионные параметры BV, BF, PS кортикального слоя паренхимы были достоверно выше, чем в опухоли любой из групп ($p<0,05$).

Установлено, что значение показателя МТТ для доброкачественных образований статистически значимо ($p<0,05$) выше, чем для ПКР, вне зависимости от гистологического варианта (рис. 3). Достоверных различий значений BV, BF и PS между сПКР, пПКР, хрПКР, с одной стороны, и АМЛ, онкоцитомой и лейомиомой — с другой, а также при попарном сравнении этих патологий, выявлено не было. Статически значимые ($p<0,05$) различия показателей BV и BF были выявлены между хромофобным, светлоклеточным и папиллярным ПКР, при этом в группе пПКР значения данных параметров были достоверно ниже относительно других подтипов рака почки (рис. 4–7).

Значимых различий в значении показателей МТТ и PS между гистологическими вариантами ПКР выявлено не было.

Показатель PS по результатам проведенного анализа не является значимым для проведения дифференциальной диагностики опухолей почек.

Полученные результаты исследования подчеркивают наличие статистически значимой разницы в васкуляризации оцениваемых образований

Таблица 1

Перфузионные показатели в группе пациентов с верифицированным светлоклеточным почечно-клеточным раком

Table 1

Perfusion parameters in the group of patients with verified clear cell RCC

Параметр	Светлоклеточный ПКР				Кортикальный слой почки			
	BV	BF	PS	MTT	BV	BF	PS	MTT
N	38	38	38	38	38	38	38	38
Mean	22,41	124,41	15,02	12,83	33,58	187,34	52,04	11,41
Median	21,44	117,85	14,505	13,14	35,26	186,35	53,69	11,54
Min	2,53	27,86	0,01	3,38	12,31	103,7	6,04	2
Max	44,52	319,7	41,19	21,03	49,64	371,2	101,7	15,79
25per.	14,32	75,76	3,24	11,12	31	164	40,44	10,32
75per.	29,29	152,7	26,48	15	38,04	203	62,48	13,04
Range	41,99	291,84	41,18	17,65	37,33	267,5	95,66	13,79
SD	10,68	70,69	12,17	3,49	8,20	45,56	19,90	2,68

Примечание: BV — blood volume (объем кровотока, мл/100 г); BF — blood flow (скорость кровотока, мл/100 г/мин); PS — permeability surface area product (проницаемость, мл/100 г/мин); MTT — mean transit time (среднее время прохождения крови по сосудам, с)

Таблица 2

Перфузионные показатели в группе пациентов с верифицированным хромофобным почечно-клеточным раком

Table 2

Perfusion parameters in the group of patients with verified chromophobe RCC

Параметр	Хромофобный ПКР				Кортикальный слой почки			
	BV	BF	PS	MTT	BV	BF	PS	MTT
N	10	10	10	10	10	10	10	10
Mean	24,28	140,60	12,31	13,64	37,87	239,10	46,67	10,43
Median	23,465	126,75	4,995	14,875	40,69	198,40	48,09	11,08
Min	5,89	33,33	0,04	4,72	23,39	168,9	14,38	3,1
Max	44,35	307,1	53,02	18,93	46,45	466,7	76,33	16,26
25per.	14,6	65,6	0,18	11,74	30,665	179,4	24,885	7,795
75per.	35,02	172,9	14,51	16,6	45,21	260,8	68,33	13,175
Range	38,46	273,77	52,98	14,21	23,06	297,8	61,95	13,16
SD	12,49	92,75	17,97	4,31	8,69	100,72	24,06	4,20

П р и м е ч а н и е: BV — blood volume (объем кровотока, мл/100 г); BF — blood flow (скорость кровотока, мл/100 г/мин); PS — permeability surface area product (проницаемость, мл/100 г/мин); MTT — mean transit time (среднее время прохождения крови по сосудам, с)

Таблица 3

Перфузионные показатели в группе пациентов с верифицированным папиллярным почечно-клеточным раком

Table 3

Perfusion parameters in the group of patients with verified papillary RCC

Параметр	Папиллярный ПКР				Кортикальный слой почки			
	BV	BF	PS	MTT	BV	BF	PS	MTT
N	7	7	7	7	7	7	7	7
Mean	4,70	26,82	13,77	13,11	34,68	214,44	56,17	10,84
Median	3,11	18,57	11,75	12,51	37,87	202,35	55,19	11,24
Min	1,18	10,33	7,67	9,92	15,39	149,2	45,2	3,31
Max	11	70,65	27,07	16,98	44,09	323,7	66,8	17,75
25per.	1,57	11,16	9,33	11,54	29,9	179,95	47,825	8,615
75per.	8,71	43,53	16,23	16,51	41,205	239	65,68	12,96
Range	9,82	60,32	19,40	7,06	28,7	174,5	21,6	14,44
SD	3,84	22,37	6,45	2,65	9,36	54,08	9,06	4,21

П р и м е ч а н и е: BV — blood volume (объем кровотока, мл/100 г); BF — blood flow (скорость кровотока, мл/100 г/мин); PS — permeability surface area product (проницаемость, мл/100 г/мин); MTT — mean transit time (среднее время прохождения крови по сосудам, с)

Таблица 4

Перфузионные показатели в группе пациентов с верифицированными доброкачественными образованиями почек

Table 4

Perfusion parameters in the group of patients with verified benign renal masses

Параметр	Доброкачественные образования				Кортикальный слой почки			
	BV	BF	PS	MTT	BV	BF	PS	MTT
N	5	5	5	5	5	5	5	5
Mean	12,99	62,47	23,98	19,98	33,24	191,58	60,71	12,00
Median	15,75	45,85	13,33	20,26	31,16	188,65	59,32	11,33
Min	2,87	11,34	6,48	10,3	24,64	104,1	34,22	6,39
Max	17,7	147,4	51,69	27	43,86	284,6	87,78	18,03
25per.	12,82	43,38	6,68	19,51	30,08	157,8	45,48	10,11
75per.	15,8	64,4	41,72	22,85	38,55	225,7	78,14	14,84
Range	14,83	136,06	45,21	16,70	19,22	180,5	53,56	11,64
SD	5,92	51,17	21,22	6,15	6,84	61,28	20,00	4,02

П р и м е ч а н и е: BV — blood volume (объем кровотока, мл/100 г); BF — blood flow (скорость кровотока, мл/100 г/мин); PS — permeability surface area product (проницаемость, мл/100 г/мин); MTT — mean transit time (среднее время прохождения крови по сосудам, с)

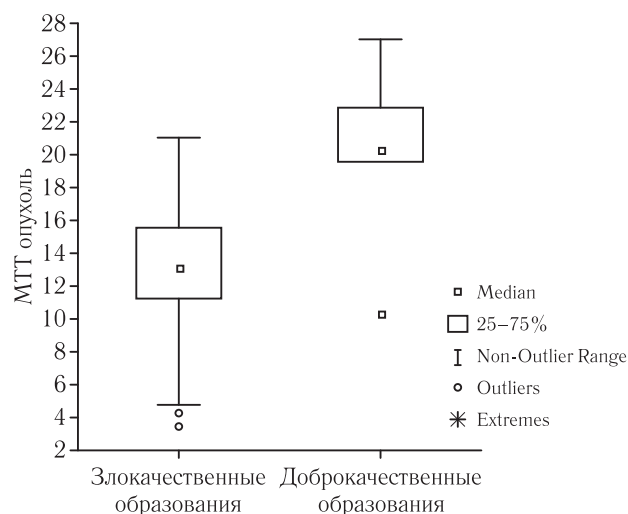


Рис. 3. Диаграмма размаха для показателя МТТ в группах доброкачественных и злокачественных опухолей почек

Fig. 3. Box plot for MTT in groups of benign and malignant renal tumors

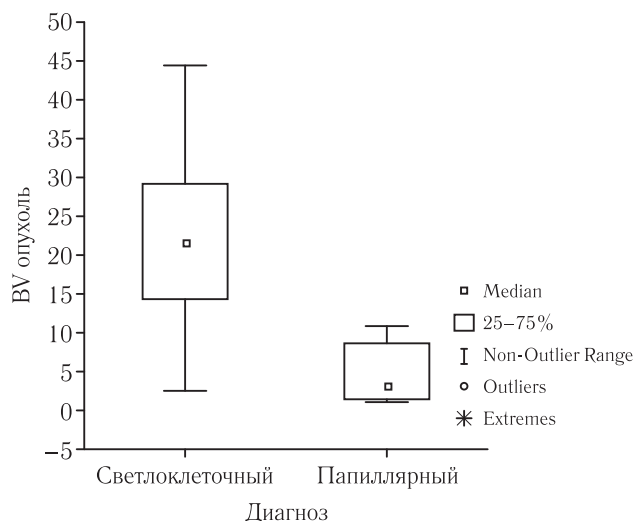


Рис. 5. Диаграмма размаха для показателя BV в группах светлоклеточного и папиллярного почечно-клеточного рака

Fig. 5. Box plot for BV in groups of clear cell and papillary RCC

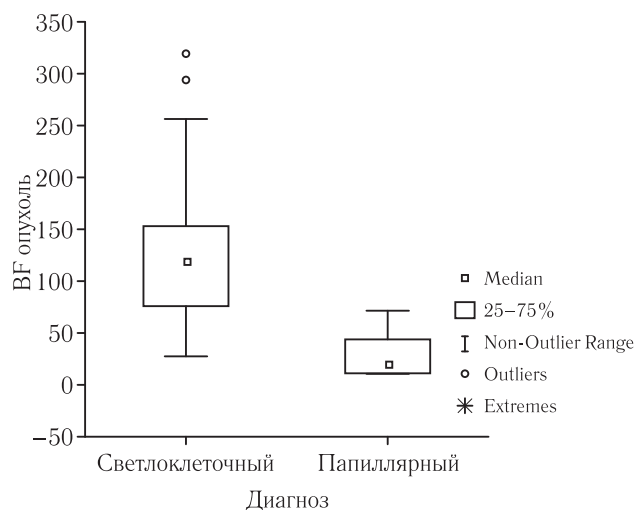


Рис. 4. Диаграмма размаха для показателя BF в группах светлоклеточного и папиллярного почечно-клеточного рака

Fig. 4. Box plot for BF in groups of clear cell and papillary RCC

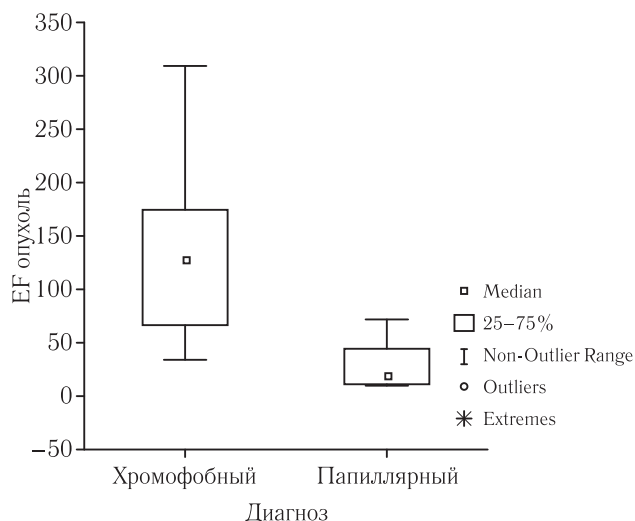


Рис. 6. Диаграмма размаха для показателя BF в группах хромофобного и папиллярного почечно-клеточного рака

Fig. 6. Box plot for BF in groups of chromophobe and papillary RCC

и неизменной ткани почек. Установлены различия между светлоклеточным, хромофобным и папиллярным типами рака почки в показателях перфузии BV и BF ($p < 0,05$), между доброкачественными и злокачественными образованиями — в значении параметра МТТ ($p < 0,05$).

Для кортикального слоя неизменной почечной паренхимы характерны более высокие значения перфузионных параметров по сравнению с опухолями, как гипо-, так и гипervasкулярными по данным КТ. Полученные результаты можно объяснить большей плотностью сосудов микроциркуляторного русла в единице объема неизменной ткани органа вследствие наличия мальпигиевых телец, отсутствующих в неопластическом узле, а также в целом

меньшим количеством капилляров в структуре опухоли из-за разницы в скорости неопластического ангиогенеза и темпов пролиферации злокачественных клеток.

При сопоставлении между собой показателей перфузии разных морфологических вариантов ПКР значимых различий для МТТ и PS выявлено не было. Однако статистическая значимая разница отмечена в перфузионных параметрах BV и BF, наиболее низкие значения которых характерны для пПКР. При выполнении стандартной мультифазной КТ пПКР также характеризуется слабоинтенсивным накоплением КВ по сравнению с другими гистологическими формами ПКР, являющимися преимущественно гипervasкулярными. Полученные результаты коррелируют с данными ряда работ, опубликованных

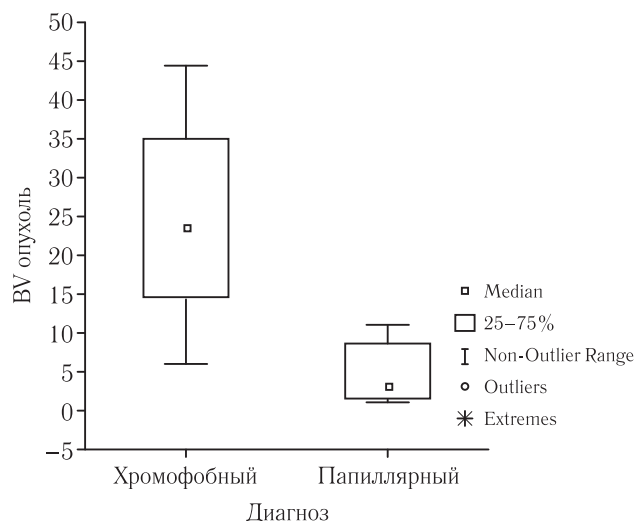


Рис. 7. Диаграмма размаха для показателя BV в группах хромофобного и папиллярного почечно-клеточного рака

Fig. 7. Box plot for BV in groups of chromophobe and papillary RCC

за последние 6 лет [21, с. 3370; 22, с. 1; 23, с. 170; 24, с. 1; 25, с. 1464]. С. Chen и соавт. (2014), установили статистически значимую разницу для показателей BV и BF между хрПКР, сПКР и пПКР, с самыми низкими значениями в группе папиллярной карциномы [22, с. 5]. Однако авторами были выявлены различия в значении параметра проницаемости (PS) при сравнении пПКР и хрПКР, в то время как в нашей работе показатель PS не являлся значимым для проведения дифференциальной диагностики опухолей почек, что вероятно обусловлено применением разных методов постпроцессинговой обработки данных (Патлака и деконволюционного).

В проведенном исследовании более половины доброкачественных образований ($n=3$, 60%) были представлены онкоцитомами. При КТ и МРТ паттерны контрастирования и структурные особенности для данной группы опухолей многообразны и не являются патогномоничными, что затрудняет их идентификацию. Узлы размерами более 4 см часто имеют гетерогенную структуру за счет наличия центрального рубца, который сложно дифференцировать от центральных зон распада при ПКР, в том числе и хрПКР.

По результатам проведенного исследования отличительным признаком доброкачественных опухолей почек малых размеров является более высокое значение показателя среднего времени прохождения крови по сосудам (МТТ) по сравнению с таковым в случае злокачественных новообразований. Данный факт вероятно взаимосвязан с наличием в узлах ПКР большего количества сосудов микроциркуляторного русла, не подверженных вазоспазму

в результате отсутствия морфологического субстрата для его осуществления. Это объясняет, что один и тот же объем крови в злокачественных опухолях проходит за меньший промежуток времени, по сравнению с немалигнизированными образованиями, содержащими неизмененные капилляры.

В исследовании С. Chen и соавт. (2014) были сопоставлены перфузионные показатели BV, BF и PS между АМЛ с низким содержанием жира и пПКР, хрПКР, сПКР [22, с. 1]. Параметр BF отличался во всех анализируемых группах с наличием максимальных значений в кластере сПКР, меньших — у пациентов с АМЛ. Показатель скорости кровотока (BV) имел статистически значимые отличия при ангиомиолипомах, в сравнении со сПКР и пПКР. Отличительной особенностью зарубежной публикации является отсутствие онкоцитом в группе доброкачественных образований.

В работе F. Mazzei и соавт. (2014) был проведен сравнительный анализ данных ПКТ с применением деконволюционного метода 41 пациента с 49 доброкачественными и злокачественными опухолями почек. Сопоставлялись значения перфузионных параметров между онкоцитомами ($n=6$) и ПКР ($n=43$) [24, с. 1466]. По результатам исследования выявлены статистически значимые ($p<0,001$) различия показателей проницаемости (PS), среднего времени прохождения (МТТ) и скорости кровотока (BF) между этими двумя группами, в отличие от представленной работы, где значимым являлся только параметр МТТ. Возможно, такие результаты можно объяснить малым количеством пациентов с онкоцитомами.

Таким образом, для получения более достоверных результатов требуется дальнейшее изучение возможностей КТ-перфузии для оценки образований почек небольших размеров с формированием достаточной выборки доброкачественных опухолей.

Заклучение. Перфузионная компьютерная томография может использоваться в клинической практике как неинвазивный метод оценки состояния микроциркуляторного русла, характеризующийся высоким пространственным и временным разрешением. ПКТ обладает высокой информативностью при дифференциальной диагностике злокачественных и доброкачественных образований почек, что является клинически значимым для определения тактики ведения пациентов. Метод перспективен, однако в настоящее время сохраняется ряд вопросов, касающихся стандартизации протоколов сканирования, референсных значений перфузии для здоровых тканей и образований различных гистологических типов, требующих дальнейшего изучения.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Урология. Российские клинические рекомендации / под ред. Ю.Г.Аляева, П.В.Глыбочко, Д.Ю.Пушкаря. М.: Медфорум, 2017. С. 293–357. [Urology. Russian clinical guidelines / eds. Yu.G.Alyayev, P.V.Glybochko,

- D.Yu.Pushkar. Moscow: Publishing house Medforum, 2017, pp. 293–357 (In Russ.).]

2. Состояние онкологической помощи населению России в 2018 году / под ред. А.Д.Каприна, В.В.Старинского, Г.В.Петровой. М.: МНИОИ им. П.А.Герцена — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2019. С. 132–144, 208–214. [The state of cancer care in Russia in 2018 / eds. A.D.Kaprin, V.V.Starinskiy, G.V.Petrova. Moscow: Moscow Research Oncological Institute named after P.A.Herzen, 2018, pp. 27–30, 136–140 (In Russ.).]
3. Рак паренхимы почки. Российские клинические рекомендации / Общероссийский национальный союз «Ассоциация онкологов России», Общероссийская общественная организация «Российское общество онкоурологов», Общероссийская общественная организация «Российское общество клинической онкологии», Общероссийская общественная организация «Российское общество урологов». 2020. [Renal carcinoma. Russian clinical guidelines / Russian National Union «Association of Oncologists of Russia», Russian Public Organization «Russian Society of Urological Oncology», Russian Public Organization «Russian Society of Clinical Oncology», Russian Public Organization «Association of Urologists». 2020. (In Russ.).] https://oncology-association.ru/wp-content/uploads/2020/12/rak-parenhimy-pochki_02.pdf.
4. Sasaguri K., Takahashi N. CT and MR imaging for solid renal mass characterization // *European Journal of Radiology*. 2018. Vol. 99. P. 40–54. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2017.12.008>.
5. Yan et al. The findings of CT and MRI in patients with metanephric adenoma // *Diagnostic Pathology*. 2016. Vol. 11. P. 104. doi 10.1186/s13000-016-0535-x.
6. Tao et al. A case report of a renal anastomosing hemangioma and a literature review: an unusual variant histologically mimicking angiosarcoma // *Diagnostic Pathology*. 2014. Vol. 9. 159 p. <http://www.diagnosticpathology.org/content/9/1/159>.
7. Kay F.U., Pedrosa I. Imaging of solid renal masses // *Radiol. Clin. North Am*. 2016. Vol. 55 (2). P. 243–258 doi: 10.1016/j.rcl.2016.10.003.
8. Raman S.P., Johnson P.T., Allaf M.E. et al. Chromophobe Renal Cell Carcinoma: Multiphase MDCT Enhancement Patterns and Morphologic Features // *AJR*. 2013. December. Vol. 201. doi: 10.2214/AJR.13.10813.
9. Bindayil A. et al. Can multiphase CT scan distinguish between papillary renal cell carcinoma type 1 and type 2? // *Turk. J. Urol*. 2018. Vol. 44 (4). P. 316–322. doi: 10.5152/tud.2018.28938.
10. Vendrami L. et al. Differentiation of solid renal tumors with multiparametric MR Imaging // *RadioGraphics*. 2017. Vol. 37. P. 2026–2042. <https://doi.org/10.1148/rg.2017170039>.
11. Woo S., Cho J.Y. Imaging Findings of Common Benign Renal Tumors in the Era of Small Renal Masses: Differential Diagnosis from Small Renal Cell Carcinoma — Current Status and Future Perspectives // *Korean J. Radiol*. 2015. Vol. 16 (1). P. 99–113. <http://dx.doi.org/10.3348/kjr.2015.16.1.99>; pISSN 1229–6929; eISSN 2005–8330.
12. Bhatt N.R. et al. Dilemmas in diagnosis and natural history of renal oncocytoma and implications for management // *Can. Urol. Assoc. J*. 2015. Vol. 9. E709.
13. Liu S. et al. Active surveillance is suitable for intermediate term follow-up of renal oncocytoma diagnosed by percutaneous core biopsy // *BJU Int*. 2016. Vol. 118, Suppl. 3, p. 30.
14. Kawaguchi S. et al. Most renal oncocytomas appear to grow: observations of tumor kinetics with active surveillance // *J. Urol*. 2011. Vol. 186. P. 1218.
15. Ljungberg B., Albiges L., Bensalah K. et al. European Association of Urology Guidelines on Renal Cell Carcinoma: The 2019 Update // *Eur. Urol*. 2019. Vol. 75 (5). P. 799–810. doi: 10.1016/j.eururo.2019.02.011.
16. Patel H.D. et al. Surgical histopathology for suspected oncocytoma on renal mass biopsy: a systematic review and meta-analysis // *BJU Int*. 2017. Vol. 119. P. 661.
17. Macklin P.S. et al. Tumour Seeding in the Tract of Percutaneous Renal Tumour Biopsy: A Report on Seven Cases from a UK Tertiary Referral Centre // *Eur. Urol*. 2019. Vol. 75. P. 861.
18. Crestani A., Rossanese M., Calandriello M. et al. Introduction to small renal tumours and prognostic indicators // *Int. J. Surg*. 2016. Vol. 36. p. 495–503. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jisu.2016.03.038>.
19. Priya K.S., Nagare R.P., Sneha V.S. et al. Tumour angiogenesis-Origin of blood vessels // *Int. J. Cancer*. 2016. Vol. 139 (4). P. 729–735. doi: 10.1002/ijc.30067.
20. García-Figueiras et al. CT Perfusion in Oncologic Imaging: A Useful Tool? // *AJR*. 2000. 2013. Jan. doi: 10.2214/AJR.11.8476.
21. Wang Y. et al. Baseline perfusion CT parameters as potential biomarkers in predicting long-term prognosis of localized clear cell renal cell carcinoma // *Abdominal Radiology*. 2019. Vol. 44. P. 3370–3376 <https://doi.org/10.1007/s00261-019-02087-z>
22. Chen C. et al. Study of 320-Slice dynamic volume CT perfusion in different pathologic types of kidney tumor: preliminary results // *PLoS One*. 2014. Vol. 9 (1). e85522. doi: 10.1371/journal.pone.0085522.
23. Das C.J., Thingujam U., Panda A., Sharma S., Gupta A.K. Perfusion computed tomography in renal cell carcinoma // *World J. Radiol*. 2015. Vol. 7 (7). P. 170–179. doi: 10.4329/wjr.v7.i7.170.
24. Mazzei F.G. et al. CT Perfusion in the Characterisation of Renal Lesions: An Added Value to Multiphase CT // *BioMed. Research International*. 2014. Vol. 2014. 10 p. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/135013>.
25. Chen C. et al. Correlation between CT perfusion parameters and Fuhrman grade in pT1b renal cell carcinoma // *Abdom Radiol*. 2017. Vol. 42. P. 1464–1471. doi: 10.1007/s00261-016-1009-z.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 18.02.2020 г.

Авторство:

Вклад в концепцию и план исследования — Н.А.Рубцова, А.Б.Гольбиц, Е.В.Крянева. Вклад в сбор данных — Н.А.Рубцова, А.Б.Гольбиц, Е.В.Крянева, Д.О.Кабанов. Вклад в анализ данных и выводы — Н.А.Рубцова, А.Б.Гольбиц, Е.В.Крянева, Б.Я.Алексеев, А.Д.Каприн. Вклад в подготовку рукописи — Н.А.Рубцова, А.Б.Гольбиц, Е.В.Крянева.

Сведения об авторах:

Рубцова Наталья Алефтиновна — доктор медицинских наук, руководитель отдела лучевой диагностики Московского научно-исследовательского онкологического института им. П.А.Герцена — филиала федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации; ORCID 0000–0001–8378–4338; персональный идентификатор в РИНЦ: 9712–9091; e-mail: ma17@yandex.ru; Гольбиц Александра Борисовна — врач-рентгенолог отделения компьютерной и магнитно-резонансной томографии Московского научно-исследовательского онкологического института им. П.А.Герцена — филиала федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 249036, Калужская область, г. Обнинск, ул. Королева, д. 4; ORCID 0000–0002–4030–3212; персональный идентификатор в РИНЦ: 5471–5053; e-mail: a_golbits@mail.ru;

Крянева Елена Владимировна — врач-рентгенолог отделения компьютерной и магнитно-резонансной томографии Московского научно-исследовательского онкологического института им. П.А.Герцена — филиала федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 249036, Калужская область, г. Обнинск, ул. Королева, д. 4; ORCID 0000–0002–9474–1074; персональный идентификатор в РИНЦ: 8914–0923; e-mail: kryanevaelena@gmail.com;

Кабанов Дмитрий Олегович — врач-рентгенолог отделения компьютерной и магнитно-резонансной томографии Московского научно-исследовательского онкологического института им. П.А.Герцена — филиала федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 249036, Калужская область, г. Обнинск, ул. Королева, д. 4; ORCID 0000–0003–3550–0139; персональный идентификатор в РИНЦ: 3464–9701; e-mail: dkdjap@gmail.com;

Алексеев Борис Яковлевич — доктор медицинских наук, профессор, заместитель генерального директора по научной работе Московского научно-исследовательского онкологического института им. П.А.Герцена — филиала федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 249036, Калужская область, г. Обнинск, ул. Королева, д. 4; ORCID 0000–0002–3398–4128; персональный идентификатор в РИНЦ: 4692–5705; e-mail: byalekseev@mail.ru;

Каприн Андрей Дмитриевич — доктор медицинских наук, профессор, академик Российской академии наук, член-корреспондент Российской академии образования, генеральный директор федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 249036, Калужская область, г. Обнинск, ул. Королева, д. 4; заведующий кафедрой урологии и оперативной нефрологии с курсом онкоурологии медицинского факультета, медицинского института федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов»; 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; ORCID 0000–0001–8784–8415; персональный идентификатор в РИНЦ: 1759–8101; e-mail: kaprin@mail.ru.