

Анализ корреляции измеряемого коэффициента диффузии в опухолях прямой кишки

К. С. Петров¹, И. А. Трофименко¹, Т. А. Берген^{*, 2}

¹ ГБУЗ «Городская больница № 40», отделение лучевой диагностики, Санкт-Петербург

² НУЗ «Дорожная клиническая больница на ст. Новосибирск-главный»

ОАО «Российские железные дороги», рентгенологическое отделение № 1, Новосибирск

Evaluation of a Apparent Diffusion Coefficient at Rectal Tumors

K. S. Petrov¹, I. A. Trofimenko¹, T. A. Bergen^{*, 2}

¹ State Institution of Health № 40, Department of Radiology, Saint-Petersburg

² Rail-Road Clinical Hospital on the station Novosibirsk-glavnyy, «Russian Railways»

Open Joint Stock Company, Department of Radiology № 1, Novosibirsk

Реферат

Цель работы состояла в определении значений измеряемого коэффициента диффузии (ИКД) доброкачественных и злокачественных опухолей прямой кишки, исследовании зависимости значений ИКД от степени злокачественности опухоли, инвазии за пределы кишечной стенки и метастазов в лимфатические узлы.

Анализ построен на ретроспективном исследовании данных МРТ 191 пациента с новообразованиями прямой кишки. Из них по результатам патоморфологического исследования у 159 пациентов была выявлена аденокарцинома прямой кишки: 37,7 % (n = 72) — высокодифференцированная, 36,6 % (n = 70) — умеренно дифференцированная, 8,9 % (n = 17) — низкодифференцированная; у 32 пациентов — доброкачественная виллонодулярная аденома.

Значение ИКД доброкачественных образований ($1,04 \pm 0,15 \times 10^{-3}$ мм²/с) было статистически достоверно выше, чем злокачественных ($0,70 \pm 0,12 \times 10^{-3}$ мм²/с, $p < 0,0001$). ROC-анализ выявил сильную корреляцию между значением ИКД и малигнизацией опухоли ($p < 0,0001$); пограничное значение ИКД $0,82 \times 10^{-3}$ мм²/с со специфичностью 100 % и чувствительностью 80 % позволяет дифференцировать злокачественные и доброкачественные опухоли.

* **Берген Татьяна Андреевна**, кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог кабинета магнитно-резонансной томографии рентгенологического отделения № 1 НУЗ «Дорожная клиническая больница на ст. Новосибирск-главный» ОАО «Российские железные дороги», г. Новосибирск.

Адрес: 630003, г. Новосибирск, ул. Владимировский спуск, д. 2а.

Тел.: +7 (383) 220-77-77. Электронная почта: tbergen@yandex.ru

Bergen Tatyana Andreevna, Ph. D. Med., Radiologist of Department of Radiology, Rail-Road Clinical Hospital on the station Novosibirsk-glavnyy, «Russian Railways» Open Joint Stock Company, Novosibirsk.

Address: 630003, Russia, Novosibirsk, Vladimirovskiy spusk, 2a.

Phone number: +7 (383) 220-77-77. E-mail: tbergen@yandex.ru

Среднее значение ИКД в группе пациентов без инвазии рака прямой кишки за пределы кишечной стенки составило $0,75 \pm 0,12 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$, в подгруппе с инвазией — $0,68 \pm 0,12 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$, различие между показателями явилось статистически значимым ($p = 0,012$). При ROC-анализе была выявлена корреляция средней силы ($p = 0,008$); пограничное значение составило $0,69 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ (специфичность 69 %, чувствительность 61 %).

Корреляция между значением ИКД и степенью гистологической дифференцировки опухоли и/или наличием метастатических лимфатических узлов оказалась статистически незначимой ($p > 0,005$).

ИКД позволяет с высокой степенью точности дифференцировать доброкачественные и злокачественные новообразования прямой кишки, имеет средней силы корреляцию с распространением опухоли за пределы кишечной стенки. Корреляция между значением ИКД и гистологической градацией неоплазии, наличием лимфогенных метастазов статистически незначима.

Ключевые слова: измеряемый коэффициент диффузии, рак прямой кишки, магнитно-резонансная томография.

Abstract

We were to estimate the apparent diffusion coefficient (ADC) values of benign and malignant rectal tumors, and evaluation of rectal cancer ADC depending on tumor grade, invasion beyond rectal wall and lymph node metastases. We evaluated MR data of 191 patients. According to pathomorphologic findings 159 patients with rectal cancer (adenocarcinoma) and 32 patients with benign rectal tumors (villous adenoma). Most of the malignant tumors were well-differentiated (37,7 %, $n = 72$) and moderately differentiated (36,6 %, $n = 70$), 8,9 % of rectal tumors were poor-differentiated (8,9 %, $n = 17$).

The value of ADC in benign tumors ($1,04 \pm 0,15 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$) was significantly higher than that of malignant tumors ($0,70 \pm 0,12 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$, $p < 0,0001$). ROC analysis showed strong correlation between ADC values and tumor malignancy (area under curve 0,959, $p < 0,0001$); cut-off value of $0,82 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ provided specificity of 100 % and sensitivity of 80 % in discrimination between malignant and benign tumors.

ADC value in T1-2 tumors ($0,75 \pm 0,12 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$) was significantly higher than that in T3-4 tumors ($0,68 \pm 0,12 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$, $p = 0,012$). The correlation was moderate (AUC 0,684, $p = 0,008$); the best results were obtained for cut-off value of $0,69 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ (specificity 69 %, sensitivity 61 %) as predictive of tumor invasion.

ADC provides effective differentiation between benign and malignant rectal tumors with cut-off value of $0,82 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$. Correlation between ADC and tumor invasion beyond rectal wall was moderate. No correlation was determined between tumor grade and ADC values ($p > 0,005$) as well as tumors with and without lymph node metastases.

Key words: Apparent Diffusion Coefficient, Rectal Cancer, Magnetic Resonance Imaging.

Актуальность

Колоректальный рак занимает первое место по частоте встречаемости в группе онкологических заболеваний в США и второе место в странах Западной Европы, уступая раку легкого у мужчин и раку молочной железы у женщин [2].

Основными методами первичного выявления опухолей прямой кишки яв-

ляются ректальное пальцевое исследование и ректороманоскопия с биопсией и гистологической верификацией [4]. Стоит отметить, что опухоли данной локализации нередко бывают множественными, а стеноз пораженного сегмента кишки делает невозможным осмотр более проксимальных ее отделов и взятие

биопсии из других новообразований. Это определяет необходимость дифференциации доброкачественных и злокачественных опухолей прямой кишки неинвазивными методами.

Основным методом лечения злокачественных опухолей прямой кишки является хирургический метод. На ранней стадии заболевания, когда опухоль локализуется в пределах слизистого или подслизистого слоя кишечной стенки (T1 и T2 стадии по классификации TNM 7-го пересмотра), применяется трансректальная резекция опухоли; при наличии опухолевой инвазии в мышечный слой кишечной стенки и за ее пределы прибегают к низкой передней резекции, брюшно-промежностной экстирпации прямой кишки (T3 стадия) или тазовой экзентерации (T4 стадия) [6].

При значимом распространении опухоли за пределы кишечной стенки или поражении регионарных лимфатических узлов оперативному вмешательству зачастую предшествует химиолучевая терапия [1, 6].

Таким образом, при предоперационном исследовании пациентов с раком прямой кишки перед методами лучевой диагностики ставятся следующие задачи:

- 1) оценка распространенности опухоли за пределы кишечной стенки;
- 2) наличие регионарной лимфаденопатии;
- 3) при наличии сопутствующих образований в зонах, затрудненных для осмотра, — определение их природы и распространенности.

Методика МР-диффузии позволяет получать изображения, контрастность которых основана на различиях скорости движения молекул воды в различных тканях. Количественная характеристика диффузионно-взвешенных изображений

(ДВИ) реализована в расчете измеряемого коэффициента диффузии (ИКД), который коррелирует с такими показателями, как плотность расположения клеток в ткани и ядерно-цитоплазматическое соотношение [8]. Большинство злокачественных опухолей характеризуется ограничением диффузии, т. е. имеет яркий сигнал на ДВИ за счет феномена T2-просвечивания и низкий сигнал на картах ИКД, со значениями коэффициента диффузии ниже, чем в неопухолевых тканях [8]. Благодаря этой новой контрастности методика МР-диффузии находит широкое применение в выявлении опухолей молочной железы, тела и шейки матки, предстательной железы, печени, а также в оценке местной распространенности неопластического процесса [3, 8].

Известно, что анализ ИКД позволяет дифференцировать доброкачественные гиперпластические процессы и рак эндометрия [10], а также различать отдельные нозологические типы опухолей головного мозга [9]. Также существует ряд работ, демонстрирующих корреляцию ИКД со степенью тканевой дифференцировки отдельных опухолей, в частности, рака предстательной железы и нейробластом [5].

Исходя из предпосылки, что у опухолей с более агрессивным ростом следует ожидать более низких значений ИКД, мы исследовали зависимость между ИКД-типом опухолей прямой кишки, степенью гистологической дифференцировки злокачественных опухолей, их распространением за пределы кишечной стенки и наличием лимфогенных метастазов.

Материалы и методы

Данный анализ построен на ретроспективном исследовании данных 191 паци-

ента с опухолями прямой кишки, проходившего обследование и получавших лечение в наших учреждениях в период с 2009 по 2013 г. Из них у 159 (83,2 %) были выявлены злокачественные опухоли и у 32 (16,8 %) — доброкачественные новообразования. Группа исследования не включала пациентов с опухолями анального канала; во всех случаях до выполнения МРТ пациентам была выполнена ректороманоскопия ригидным ректоскопом со взятием биопсии.

Средний возраст пациентов со злокачественными опухолями составил $63,8 \pm 11,6$ года, в подгруппе с доброкачественными новообразованиями — $46,1 \pm 15,4$ года.

МРТ таза выполнялось на системе напряженностью поля 1,5 Тл (MagnetomEspree, Siemens) с применением стандартизированного протокола, включавшего 3 серии Т2-взвешенных изображений (Т2-ВИ): в сагиттальной плоскости, вдоль и строго поперек пораженного сегмента кишки (рис. 1, а — в).

В стандартизированный протокол также входили Т1-ВИ в аксиальной плоскости и диффузионно-взвешенные

изображения (ДВИ) в аксиальной плоскости.

Применялись следующие параметры ДВИ: b-факторы 50 и 900 мм²/с, число срезов — 25, толщина среза — 4 мм без расстояния между срезами, матрица 192 × 192 с интерполяцией до 320 × 320, поле обзора — 250 мм, TR — 6800 мс, TE — 119 мс, полоса частот — 898 Гц/пиксель, число усреднений — 5. Измеряемый коэффициент диффузии (ИКД) оценивался по картам, автоматически генерируемым МР-системой. Для этого на Т2-ВИ по короткой оси выбирался срез с максимальной площадью опухоли, на нем вручную обводились контуры опухоли, которые затем копировались на автоматически синхронизированную карту ИКД. При измерениях учитывали среднее значение ИКД в опухолевой ткани.

Все пациенты, вошедшие в группу исследования, получили хирургическое или комбинированное лечение. Результаты МРТ анализировались с учетом данных патоморфологического исследования удаленного операционного материала.

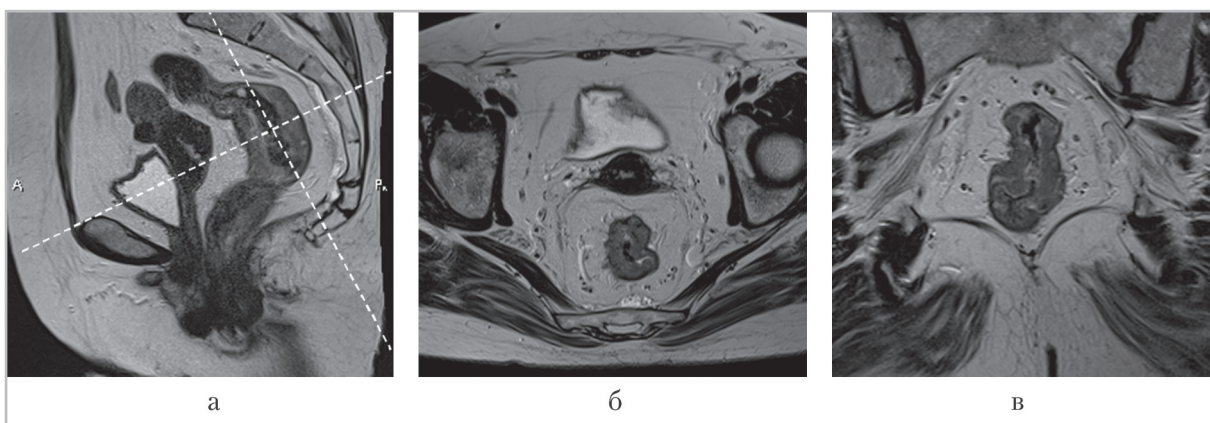


Рис. 1. Планирование плоскостей срезов по короткой и длинной осям. Т2-ВИ в сагиттальной плоскости (а), пунктирная линия соответствует ориентации срезов по короткой и длинной осям; Т2-ВИ по короткой оси (б), выполненное строго перпендикулярно пораженному участку кишки; Т2-ВИ по длинной оси (в), выполненное вдоль пораженного участка

Группа пациентов с доброкачественными опухолями состояла из 32 (16,8 %) пациентов и включала в себя только виллонодулярные аденомы.

Группа больных со злокачественными новообразованиями (гистологический тип — аденокарцинома) состояла из 159 человек (83,2 %). Среди них степень гистологической дифференцировки G1 (высокодифференцированные опухоли) встретилась в 37,7 % (n = 72) случаев, G2 (умеренно дифференцированные) составила 36,6 % (n = 70) пациентов, G3 (низкодифференцированные) — 8,9 % (n = 17) пациентов.

Оценка местной распространенности опухолевого процесса проводилась на основании TNM-классификации 7-го пересмотра от 2009 г. [7]:

T1 стадия (инвазия до подслизистой оболочки кишечной стенки) встретилась в 5 % (n = 8) случаев;

T2 стадия (инвазия до мышечной оболочки кишечной стенки) составила 34,6 % (n = 55);

T3 стадия (инвазия за пределы мышечной оболочки кишечной стенки с выходом в параректальную клетчатку) — 47,2 % (n = 75);

T4a стадия (распространение опухоли на висцеральную брюшину) — 13,2 % (n = 21).

Таким образом, у 63 (40 %) пациентов опухоль не пенетрировала мышечный слой кишечной стенки, у 96 (60 %) имелась инвазия опухоли в параректальную клетчатку или брюшину, покрывающую верхнеампулярный отдел прямой кишки. Оценить зависимость ИКД от наличия регионарных лимфогенных метастазов удалось в подгруппе из 64 пациентов: у 26, по данным патоморфологического исследования, лимфогенных метастазов выявлено не

было, у 38 присутствовала метастатическая лимфаденопатия.

Для статистической обработки полученных данных использовали программу MedCalc (MedCalcSoftware, Бельгия). Принимая во внимание неправильное распределение количественных показателей по выделенным критериям и малые размеры отдельных групп выборки, для оценки различия средних величин в сформированных подгруппах применяли непараметрический тест Манна — Уитни. Корреляция признаков оценивалась с использованием ROC-теста, рассчитывались площадь под кривой и пороговые значения количественных показателей с максимальными значениями специфичности и чувствительности. Статистически значимым считалось значение $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Как доброкачественные, так и злокачественные опухоли прямой кишки характеризовались гиперинтенсивным сигналом на ДВИ (рис. 2, а — в).

В группе пациентов с виллонодулярными аденомами прямой кишки среднее значение ИКД составило $1,04 \pm 0,15 \times 10^{-3}$ мм²/с и явилось значимо больше, чем в группе пациентов с аденокарциномами ($0,70 \pm 0,12 \times 10^{-3}$ мм²/с, $p < 0,0001$) (рис. 3, а — в).

При ROC-анализе значение ИКД показало очень сильную корреляцию с типом опухоли (площадь под кривой 0,959, $p < 0,0001$), пограничное значение ИКД $0,82 \times 10^{-3}$ мм²/с продемонстрировало специфичность 100 % и чувствительность 80 % в дискриминации доброкачественных и злокачественных опухолей (рис. 4, а, б).

Полученные нами данные свидетельствуют о том, что ИКД может выступать одним из опорных факторов при прове-

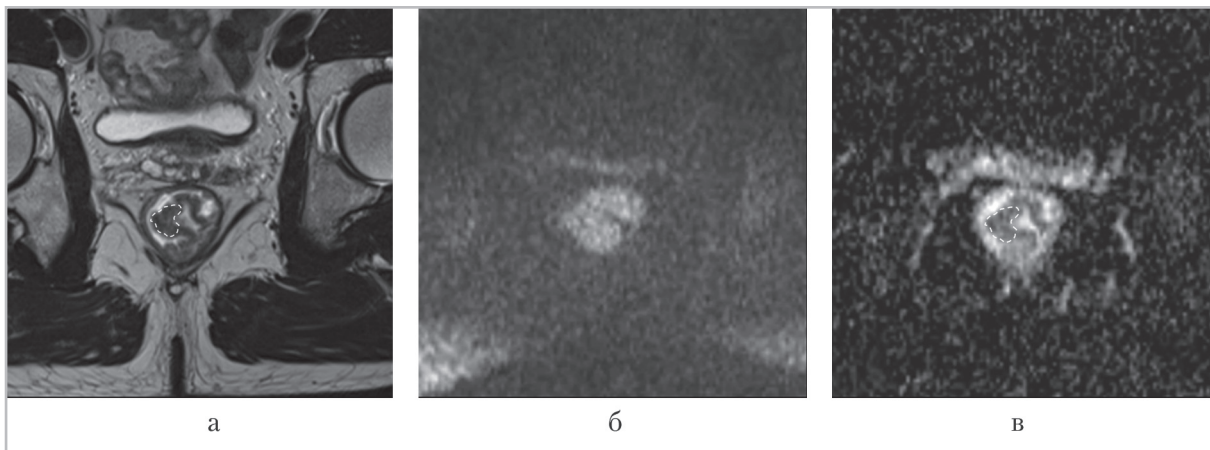


Рис. 2. МР-томограммы доброкачественного новообразования (виллодулярной аденомы) прямой кишки. Т2-ВИ по короткой оси (а), ДВИ по короткой оси (б), ИКД по короткой оси (в), значение ИКД — $0,98 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$; пунктиром отображены ROI, в пределах которых измерялся ИКД

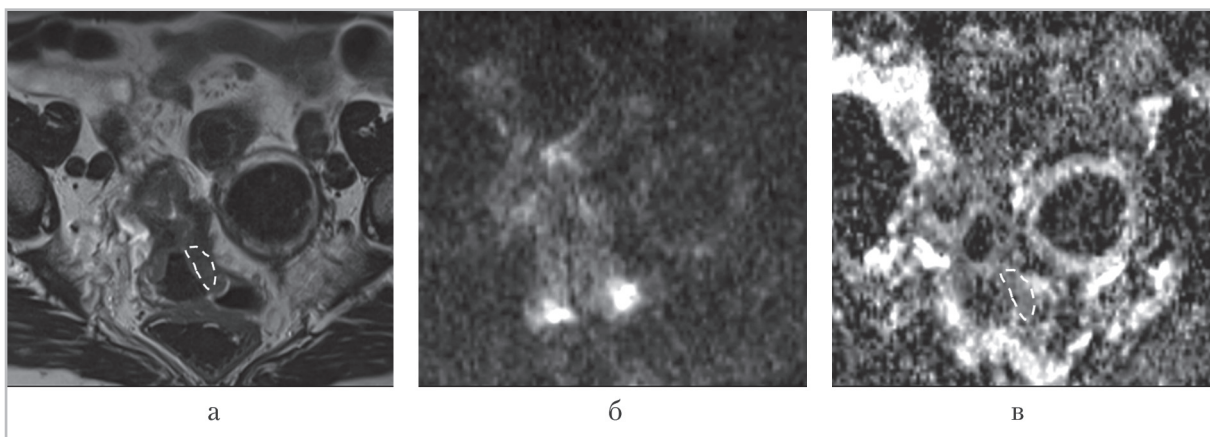


Рис. 3. МР-томограммы злокачественного новообразования (аденокарциномы) прямой кишки. Т2-ВИ по длинной оси (а), ДВИ по длинной оси (б), ИКД по длинной оси (в), значение ИКД — $0,74 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$; пунктиром отображены ROI, в пределах которых измерялся ИКД

дении дифференциальной диагностики доброкачественных и злокачественных образований стенки кишки.

В подгруппах опухолей с различной степенью гистологической дифференцировки средние значения ИКД распределились следующим образом: для G1-опухолей $0,70 \pm 0,12 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$, для G2-опухолей $0,78 \pm 0,09 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ и для G3-опухолей $0,71 \pm 0,09 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$,

различия не явились статистически значимыми ($p > 0,005$). В результате нашей работы было выявлено, что при проведении МРТ невозможно достоверно оценить степень гистологической дифференцировки опухоли.

При оценке такой важной составляющей, как инвазия опухоли за пределы кишечной стенки, необходимо учитывать возможность десмопластической реак-

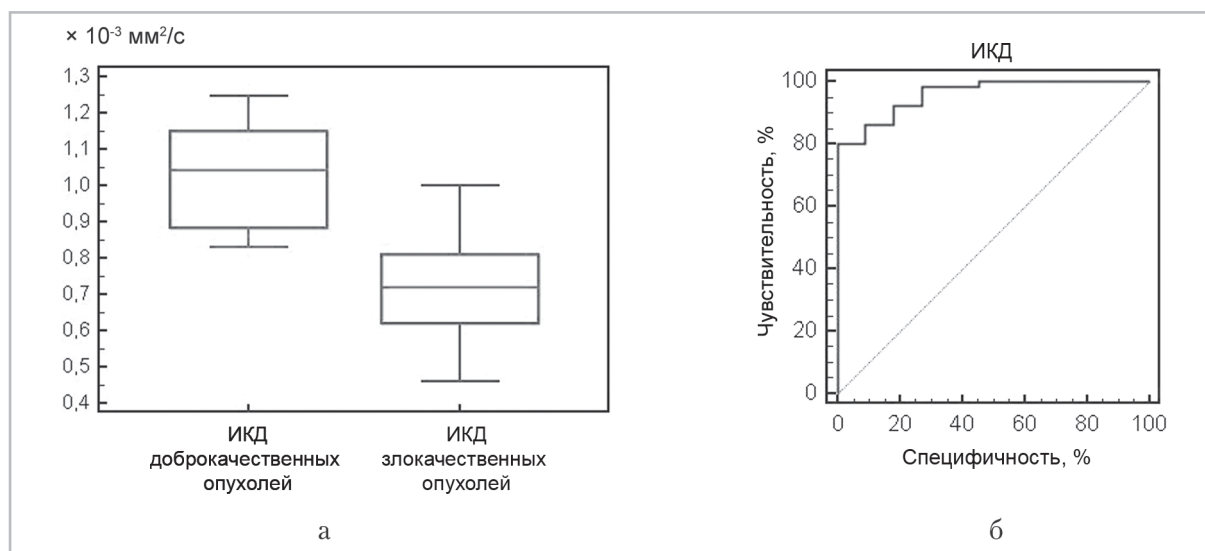


Рис. 4. Ящичная диаграмма и ROC-кривая. Ящичная диаграмма (а), иллюстрирующая различия между средними показателями ИКД доброкачественных и злокачественных опухолей прямой кишки. ROC-кривая (б), отображающая корреляцию между ИКД и типом опухоли (площадь под кривой 0,959, $p < 0,0001$)

ции параректальной клетчатки, которая морфологически представляет собой лимфангоит. На Т2-ВИ десмопластическая реакция будет выглядеть как утрата четкости наружного контура кишечной стенки на уровне опухоли с наличием спикулообразных тяжей в параректальной клетчатке, тем самым имитируя опухолевую инфильтрацию клетчатки. Помимо прочего, известно, что анатомические особенности распределения параректальной клетчатки осложняют диагностику наличия инвазии в нижней трети прямой кишки, поскольку толщина параректальной клетчатки резко уменьшается в дистальном направлении, вплоть до полного истончения на уровне прикрепления мышц, поднимающих задний проход. Таким образом, в сложных диагностических случаях необходимо опираться на дополнительные факторы, такие, как значение ИКД.

Среднее значение ИКД в группе пациентов без инвазии рака прямой киш-

ки за пределы кишечной стенки составило $0,75 \pm 0,12 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$, в подгруппе с инвазией данный показатель составил $0,68 \pm 0,12 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$, различие между показателями явилось статистически значимым ($p = 0,012$).

При ROC-анализе корреляция между средними значениями ИКД и наличием инвазии была подтверждена, оказавшись средней по силе (площадь под кривой 0,684 при $p = 0,008$); пороговое значение ИКД $0,69 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ демонстрировало специфичность 69 % и чувствительность 61 % в дифференциации Т1-2 и Т3-4 стадии опухолей (рис. 5).

Исходя из полученных данных, при оценке местной распространенности опухолей прямой кишки в нижней трети или при наличии десмопластической реакции значение ИКД может служить одним из дополнительных факторов, коррелирующих с инвазивным опухолевым ростом.

В зависимости от наличия лимфогенных метастазов средние значения ИКД распределились следующим образом: у 26 пациентов без поражения регионарных лимфатических узлов среднее значение ИКД составило $0,71 \pm 0,13 \times 10^{-3}$ мм²/с, у 38 пациентов с верифицированными метастазами в лимфатические узлы данный показатель достиг $0,70 \pm 0,12 \times 10^{-3}$ мм²/с. Очевидно, что данные показатели не имели значимых различий. Таким образом, значение ИКД опухоли не может помочь в дифференциальном диагнозе между реактивной и метастатической лимфаденопатией.

Выводы

1. В ходе исследования проанализированы количественные значения ИКД в опухолях прямой кишки в зависимости от типа опухоли, степени ее гистологической дифференцировки, распространения за пределы кишечной стенки и наличия

метастатического поражения регионарных лимфатических узлов.

2. Измеряемый коэффициент диффузии позволяет с высокой степенью точности дифференцировать доброкачественные и злокачественные новообразования прямой кишки. Наиболее эффективным с точки зрения чувствительности и специфичности является пограничное значение ИКД $0,82 \times 10^{-3}$ мм²/с.
3. ИКД имеет средней силы корреляцию с распространением опухоли за пределы кишечной стенки, но не коррелирует со степенью гистологической дифференцировки рака прямой кишки и наличием лимфогенных метастазов.

Список литературы

1. *Dewdney A., Cunningham D., Chau I.* Selecting patients with locally advanced rectal cancer for neoadjuvant treatment strategies // *Oncol.* 2013. V. 18. № 7. P. 833–842.
2. *Ferlay J., Shin H. R., Bray F. et al.* Estimates of worldwide burden of cancer in 2008: GLOBOCAN 2008 // *Int. J. Cancer.* 2010. V. 127. № 12. P. 2893–2917.
3. *Fujii S., Matsusue E., Kigawa J. et al.* Diagnostic accuracy of the apparent diffusion coefficient in differentiating benign from malignant uterine endometrial cavity lesions: initial results // *Eur. Radiol.* 2008. V. 18. № 2. P. 384–389.
4. *Klessen C., Rogalla P., Taupitz M.* Local staging of rectal cancer: the current role of MRI // *Ibid.* 2007. V. 17. P. 379–389.
5. *Nagarajan R., Margolis D., Raman S. et al.* MR spectroscopic imaging and diffusion-weighted imaging of prostate cancer with Gleason scores // *J. Magn. Reson. Imag.* 2012. V. 36. № 3. P. 697–703.

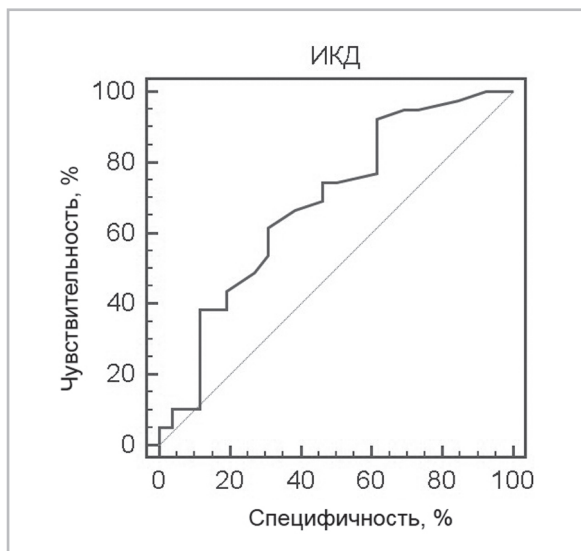


Рис. 5. ROC-кривая, отображающая корреляцию между ИКД опухоли и наличием инвазии за пределы кишечной стенки (площадь под кривой 0,684, $p = 0,008$)

6. Ooi K., Gibbs P., Faragher I. Surgical oncology issues in locally advanced rectal cancer // ANZ J. Surg. 2011. V. 81. № 11. P. 790–796.
7. Sobin L. H., Gospodarowicz M. K., Wittekind C. TNM Classification of Malignant Tumours. 7th ed. Wiley, 2009. 336 p.
8. Thoeny H.C., De Keyzer F. Extracranial applications of diffusion-weighted magnetic resonance imaging // Eur. Radiol. 2007. V. 17. P. 1385–1393.
9. Watanabe M., Liao J. H., Jara H., Sakai O. Multispectral Quantitative MR Imaging of the Human Brain: Lifetime Age-related Effects // Radiograph. 2013. V. 33. № 5. P. 1305–1319.
10. Whittaker Ch., Coady A., Culver L. et al. Diffusion-weighted MR Imaging of Female Pelvic Tumors: A Pictorial Review // Ibid. 2009. V. 29. № 3. P. 759–774.
1. Dewdney A., Cunningham D., Chau I. Selecting patients with locally advanced rectal cancer for neoadjuvant treatment strategies. Oncol. 2013. V. 18. N. 7. P. 833–842.
2. Ferlay J., Shin H. R., Bray F. et al. Estimates of worldwide burden of cancer in 2008: GLOBOCAN 2008. Int. J. Cancer. 2010. V. 127. N. 12. P. 2893–2917.
3. Fujii S., Matsusue E., Kigawa J. et al. Diagnostic accuracy of the apparent diffusion coefficient in differentiating benign from malignant uterine endometrial cavity lesions: initial results. Eur. Radiol. 2008. V. 18. N. 2. P. 384–389.
4. Klessen C., Rogalla P., Taupitz M. Local staging of rectal cancer: the current role of MRI. Eur. Radiol. 2007. V. 17. P. 379–389.
5. Nagarajan R., Margolis D., Raman S. et al. MR spectroscopic imaging and diffusion-weighted imaging of prostate cancer with Gleason scores. J. Magn. Reson. Imag. 2012. V. 36. N. 3. P. 697–703.
6. Ooi K., Gibbs P., Faragher I. Surgical oncology issues in locally advanced rectal cancer. ANZ J. Surg. 2011. V. 81. N. 11. P. 790–796.
7. Sobin L. H., Gospodarowicz M. K., Wittekind C. TNM Classification of Malignant Tumours. 7th ed. Wiley, 2009. 336 p.
8. Thoeny H.C., De Keyzer F. Extracranial applications of diffusion-weighted magnetic resonance imaging. Eur. Radiol. 2007. V. 17. P. 1385–1393.
9. Watanabe M., Liao J. H., Jara H., Sakai O. Multispectral Quantitative MR Imaging of the Human Brain: Lifetime Age-related Effects. Radiographics. 2013. V. 33. N. 5. P. 1305–1319.
10. Whittaker Ch., Coady A., Culver L. et al. Diffusion-weighted MR Imaging of Female Pelvic Tumors: A Pictorial Review. RadioGraphics. 2009. V. 29. N. 3. P. 759–774.

References

Сведения об авторах

Петров Кирилл Сергеевич, врач-рентгенолог кабинета компьютерной томографии, магнитно-резонансной томографии ГБУЗ «Городская больница № 40», г. Санкт-Петербург.
 Адрес: 197706, г. Санкт-Петербург, ул. Борисова, д. 9.
 Тел.: +7 (911) 766-97-70. Электронная почта: kirillpetrov@rambler.ru

Petrov Kirill Sergeevich, Radiologist of Department of Radiology, State Institution of Health № 40, Saint-Petersburg.
 Address: 197706, Russia, Saint-Petersburg, Borisova st., 9.
 Phone number: +7 (911) 766-97-70. E-mail: kirillpetrov@rambler.ru

Трофименко Ирина Анатольевна, кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог кабинета компьютерной томографии, магнитно-резонансной томографии ГБУЗ «Городская больница № 40», г. Санкт-Петербург.
Адрес: 197706, г. Санкт-Петербург, ул. Борисова, д. 9.
Тел.: +7 (911) 766-97-70. Электронная почта: itrof-01@yandex.ru

Trofimenko Irina Anatolevna, Ph. D. Med., Radiologist of Department of Radiology, State Institution of Health № 40, Saint-Petersburg.
Address: 197706, Russia, Saint-Petersburg, Borisova st., 9.
Phone number: +7 (911) 766-97-70. E-mail: itrof-01@yandex.ru

Берген Татьяна Андреевна, кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог кабинета магнитно-резонансной томографии рентгенологического отделения № 1 НУЗ «Дорожная клиническая больница на ст. Новосибирск-главный» ОАО «Российские железные дороги», г. Новосибирск.
Адрес: 630003, г. Новосибирск, ул. Владимировский спуск, д. 2а.
Тел.: +7 (383) 220-77-77; +7 (913) 907-33-77. Электронная почта: tbergen@yandex.ru

Bergen Tatyana Andreevna, Ph. D. Med., Radiologist of Department of Radiology, Rail-Road Clinical Hospital on the station Novosibirsk-glavnyy, «Russian Railways» Open Joint Stock Company, Novosibirsk.
Address: 630003, Russia, Novosibirsk, Vladimirovskiy spusk, 2a.
Phone number: +7 (383) 220-77-77; +7 (913) 907-33-77. E-mail: tbergen@yandex.ru

Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурентных интересов.