

Сравнительная нормальная анатомия шейки матки на T1-, T2- и диффузионно-взвешенных магнитно-резонансных изображениях

С.А. Хоружик^{1,2}, И.С. Дулинец¹

¹ Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова, Минск, Беларусь

² Белорусская медицинская академия последипломного образования, Минск

Comparative Normal Anatomy of Uterine Cervix on T1-, T2-Weighted and Diffusion-Weighted Magnetic Resonance Images

S.A. Kharuzhyk, I.S. Dulinec

Цель исследования – сравнительное изучение нормальной анатомии шейки матки на обычных и диффузионно-взвешенных (ДВИ) МР-изображениях. В исследование включены 25 здоровых женщин в возрасте от 19 до 67 лет (в среднем 45,7 года). На T2ВИ во всех случаях в шейке удавалось дифференцировать гиперинтенсивный эндоцервикс и гипоинтенсивную внутреннюю строму. Наружный слой стромы, имеющий промежуточную интенсивность сигнала, чаще дифференцировался на картах измеряемого коэффициента диффузии (ИКД) – 88% случаев, чем на T2ВИ (72%). На T1ВИ у 76% пациентов в шейке можно было дифференцировать эндоцервикс и внутреннюю строму, наружная строма и параметрий не раз отличались между собой по сигналу. Граница параметриев со стенкой таза, напротив, хорошо дифференцировалась на T1ВИ и картах ИКД. Определено, что толщина эндоцервикса на картах ИКД составляет в среднем 7,0 мм, внутренней стромы – 6,6 мм, наружной стромы – 8,9 мм, параметриев – 24,7 мм. Преимуществом ДВИ является возможность количественной оценки, основной недостаток – подверженность артефактам. Средний ИКД эндоцервикса составил $1,41 \cdot 10^{-3}$ мм²/с, внутренней стромы – $0,44 \cdot 10^{-3}$ мм²/с, наружной стромы – $1,07 \cdot 10^{-3}$ мм²/с, параметриев – $1,64 \cdot 10^{-3}$ мм²/с. Различия ИКД между слоями шейки матки были достоверны. Использование ДВИ с построением карт ИКД позволяет улучшить разделение слоев шейки матки, па-

раметриев и стенки таза.

Ключевые слова: шейка матки, нормальная анатомия, магнитно-резонансная томография, диффузионно-взвешенные изображения, измеряемый коэффициент диффузии.

* * *

The aim of the study was to compare normal anatomy of the uterine cervix in conventional and diffusion-weighted (DWI) MR images. 25 healthy women aged 19 to 67 years (mean age 45,7 years) were included. On T2w images hyperintense endocervix and hypointense inner stroma could be differentiated in the cervix in all cases. Intermediate signal intensity outer layer of the stroma has been differentiated on apparent diffusion coefficient (ADC) maps more often (88%) than on T2w images (72%). On T1w images endocervix and the inner stroma can be differentiated in some patients (76%), outer stroma and the parametria could not be differentiated by a signal intensity. In opposite, border between parametria and pelvic wall differentiated well on T1w images and ADC maps. Measured thickness of the endocervix on ADC maps is an average of 7,0 mm, of the inner stroma – 6,6 mm, outer stroma – 8,9 mm, and parametria – 24,7 mm. The advantage of DWI is the ability of quantitative evaluation while the main drawback is the susceptibility artifacts. Average ADC of endocervix was $1,41 \cdot 10^{-3}$ mm²/sec, inner stroma – $0,44 \cdot 10^{-3}$ mm²/sec,

Для корреспонденции: Хоружик Сергей Анатольевич – 223040, Беларусь, Минский район, пос. Лесной, РНПЦ ОМР им. Н.Н. Александрова, рентгеновское отделение. Тел. раб.: + 375 17 265 32 91. E-mail: skharuzhyk@nld.by

Хоружик Сергей Анатольевич – канд. мед. наук, доцент кафедры лучевой диагностики Белорусской медицинской академии последипломного образования, врач-рентгенолог кабинета МРТ рентгеновского отделения РНПЦ ОМР им. Н.Н. Александрова; Дулинец Ирма Семеновна – врач-патологоанатом патологоанатомического отделения РНПЦ ОМР им. Н.Н. Александрова.



outer stroma – $1,07 \cdot 10^{-3}$ mm²/sec, parametria – $1,64 \cdot 10^{-3}$ mm²/sec. Differences between ADC of cervical layers were significant. The use of DWI with ADC maps calculation can improve separation of the layers of the uterine cervix, pelvic wall and parametria.

Key words: uterine cervix, normal anatomy, magnetic resonance imaging, diffusion-weighted imaging, apparent diffusion coefficient.

* * *

Введение

МРТ обладает хорошим мягкотканым контрастным разрешением, что делает ее одним из лучших методов визуализации органов таза у женщин. Метод МРТ широко используется для определения стадии, оценки эффективности лечения и диагностики рецидивов при раке шейки матки (РШМ) [1–4]. Точность МРТ при определении местной распространенности РШМ достаточно высока и составляет от 75 до 96% [5, 6]. Вместе с тем имеются большие расхождения в отношении диагностики инвазии опухоли в параметральные отделы таза (клиническая стадия T2b) – фактора, определяющего возможность выполнения хирургического вмешательства и прогноз заболевания.

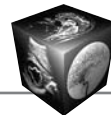
МРТ-диагностика инвазии РШМ в параметрии традиционно строится на получении T2-взвешенных изображений (ВИ) и оценке взаимоотношений опухоли с гипointенсивной стромой шейки матки. Сохранение кольца гипointенсивной стромы позволяет исключить инвазию с высокой точностью (прогностичность отрицательного результата (NPV) 94–100%). Сложнее ситуация с интерпретацией симптомов инвазии. В этих случаях при МРТ возможна гипердиагностика, что видно по достаточно низкой прогностичности положительного результата теста (PPV 57–62%) [1, 7]. Так, в исследовании, включавшем 40 больных РШМ, у 11 из которых морфологически установлена стадия T2b, МРТ-диагностика инвазии опухоли в параметрии была истинно положительной у 8 и ложноположительной у 6 пациенток [1].

Почему при МРТ нередки случаи гипердиагностики инвазии РШМ в параметрии? Одной из причин могут быть сдавление и отек тканей при большом размере опухоли, что затрудняет визуализацию кольца гипointенсивной стромы на T2ВИ [8]. Использование внутривенного контрастного усиления по обычной методике также может стать причиной ложноположительной диагностики [9]. Однако хотелось бы обратить внимание на другую вероятную причину – в радиологической литературе практически игнорируется тот факт, что снару́жи от гипointенсивного кольца стромы имеется еще один слой шейечной стромы, имеющий промежуточную интенсивность сигнала на T2ВИ, и только латеральнее его начинается собственно парамет-

рий, богатый сосудами. Таким образом, выход опухоли за пределы гипointенсивного кольца стромы правильнее было бы расценивать как инвазию в наружный слой стромы шейки матки и только при переходе опухоли еще глубже – думать об инвазии в параметрии. Проблема такого подхода заключается в том, что наружный слой стромы почти или совсем не дифференцируется по интенсивности сигнала от параметральной клетчатки на T2ВИ.

Достаточно новой методикой МРТ-визуализации являются диффузионно-взвешенные изображения (ДВИ). Принцип метода ДВИ заключается в количественной оценке диффузии молекул воды в клетках и межклеточном пространстве. Клеточные мембраны являются естественным ограничителем свободной диффузии. Следовательно, гиперцеллюлярные ткани, в том числе солидные опухоли, характеризуются меньшей диффузией. При наличии широких межклеточных пространств в кистозных образованиях и некротических опухолях диффузия, напротив, повышена [10]. Важными преимуществами ДВИ перед обычными импульсными последовательностями, которые принято называть анатомическими, являются характеристика тканей на основании физиологического параметра – диффузии молекул воды – и возможность количественной оценки с помощью измеряемого коэффициента диффузии (ИКД). При МРТ органов таза у женщин ДВИ использовали для первичной диагностики РШМ [11], дифференциации доброкачественных и злокачественных опухолей тела матки [12], а также для мониторинга при химиолучевом лечении злокачественных опухолей [13]. Имеются немногочисленные публикации, в которых сравнивали значения ИКД злокачественных опухолей и нормальных тканей матки [14–20]. Лишь в двух из них замеры ИКД проводили отдельно для каждого из слоев шейки [19, 20]. При этом полученные значения ИКД существенно варьируют у разных авторов. Нами не найдено публикаций, посвященных изучению только нормальной анатомии шейки матки и анатомии параметриев на ДВИ.

Цель данного исследования – сравнительное изучение нормальной анатомии шейки матки на T1-, T2ВИ и картах ИКД с акцентом на выявление границы между шейкой матки и параметриями, параметриями и стенкой таза. Для этого использовалась как визуальная оценка изображений, так и количественная с помощью измерения толщины слоев шейки матки и параметриев и вычисления ИКД. Мы предполагаем, что ДВИ могут способствовать более четкой визуализации нормальной анатомии шейки матки, что в итоге может привести к повышению точности диагностики местной распространенности РШМ.



Материал и методы

В исследование включены 25 женщин в возрасте от 19 до 67 лет (в среднем 45,7 года), у которых в результате обследования, включая МРТ таза, не было выявлено опухолей шейки матки. При проведении МРТ фаза менструального цикла не учитывалась, поскольку данный фактор не оказывает существенного влияния на зональную анатомию шейки матки [21–24].

Сканирование осуществляли на МР-томографе 1,5 Тл (Magnetom Avanto, Siemens, Германия) с использованием поверхностной туловищной катушки. Перед началом исследования мочевого пузыря должен быть наполнен примерно наполовину. Другой специальной подготовки пациенток не проводилось. Протокол сканирования включал следующие импульсные последовательности: T2ВИ в сагиттальной плоскости (время повторения 4910 мс, время эхо 97 мс, толщина срезов 4,5 мм, расстояние между срезами 1,1 мм, поле реконструкции изображений 230 × 230 мм), T2ВИ в трансверсальной плоскости (4000/97/4/1/230 × 230), T2ВИ в коронарной плоскости (3240/93/4/0,8/300 × 330), T1ВИ в трансверсальной плоскости (598/11/5/1/310 × 310). После этого получали ДВИ таза в трансверсальной плоскости с использованием эхопланарной импульсной последовательности с подавлением сигнала от жира (5400/106/5/1/ 230 × 230, матрица реконструкции 128 × 128, значения фактора диффузии b 0, 500 и 1000 с/см²). Общее время сканирования составляло около 20 мин, в том числе ДВИ – 2 мин. Из ДВИ, используя программное обеспечение сканера, строили карты ИКД. Внутривенное введение контрастных веществ не применялось.

Как видно из приведенных технических параметров, поле реконструкции ДВИ и трансверсальных T2ВИ было одинакового размера. Толщина, расстояние между срезами и количество изображений в этих двух сериях были подобраны таким образом, чтобы протяженность зоны сканирования в краниокаудальном направлении также была одинаковой. Выполнение этих условий значительно облегчало слияние двух серий изображений с целью корреляции анатомических деталей. Для слияния использовали программное обеспечение сканера 3D Fusion.

Анализ МРТ-изображений состоял из качественного и количественного этапов. Вначале проводили визуальную оценку анатомии шейки матки на трансверсальных T1-, T2ВИ и картах ИКД с акцентом на возможность отдельной визуализации трех слоев шейки матки (эндоцервикса, внутренней стромы, наружной стромы) и параметриев (рис. 1).

Количественной оценке подвергали карты ИКД. Для этого на них измеряли толщину и ИКД каждо-

го слоя шейки и параметриев, стараясь избегать артефактных участков. Поскольку продольная ось матки в большинстве случаев не была перпендикулярной плоскости трансверсальных изображений, во избежание завышения толщины слоев исходные карты ИКД предварительно перестраивали в наклоненной плоскости, строго перпендикулярной продольной оси шейки, для чего использовали инструмент мультипланарной реконструкции. Для определения толщины эндоцервикса измеряли суммарный передне-задний размер двух слоев слизистой оболочки шейки вместе с эндоцервикальным каналом. Поскольку слой внутренней стромы обычно имеет форму хорошо выраженного кольца примерно одинаковой толщины по всему периметру шейки матки, измеряли его среднюю толщину. Толщину слоя наружной стромы измеряли аналогичным образом. Глубину параметрия измеряли от латеральной границы наружной стромы до латеральной точки зоны гиперинтенсивного сигнала на стороне, где параметрий был глубже. Для определения ИКД эндоцервикса в большинстве случаев использовали зону интереса (ROI) круглой формы, каждого из слоев стромы и параметрия – произвольной формы, захватывая максимально возможную площадь ROI на срезе. Пример измерения расстояний и нанесения ROI показан на рис. 1.

Поскольку ДВИ подвержены артефактам в значительно большей степени, чем T1- и T2ВИ, качество карт ИКД предварительно оценивали по следующей трехуровневой шкале: артефакты отсутствуют или минимальны; артефакты присутствуют, но не оказывают существенного влияния на измерение размеров и ИКД; выраженные артефакты, делающие невозможным измерение толщины или ИКД хотя бы одного слоя шейки матки или параметрия.

В нескольких случаях проводили морфологическое исследование удаленных препаратов матки с целью корреляции МРТ-анатомии с гистологическими данными. Провести радиологически-морфологическое сопоставление во всех случаях не представлялось возможным, поскольку большинство женщин не оперировались.

Для статистической обработки данных использовали программы MS Excel и Statistica 6.0. ИКД эндоцервикса, внутренней стромы, наружной стромы и параметриев сравнивали с использованием теста Манна–Уитни. Значение $p < 0,05$ считали статистически значимым.

Результаты и их обсуждение

Анализ качества карт ИКД показал следующие результаты: артефакты отсутствовали или были минимальны в 7 (28%) случаях, присутствовали, но не оказывали существенного влияния на измере-

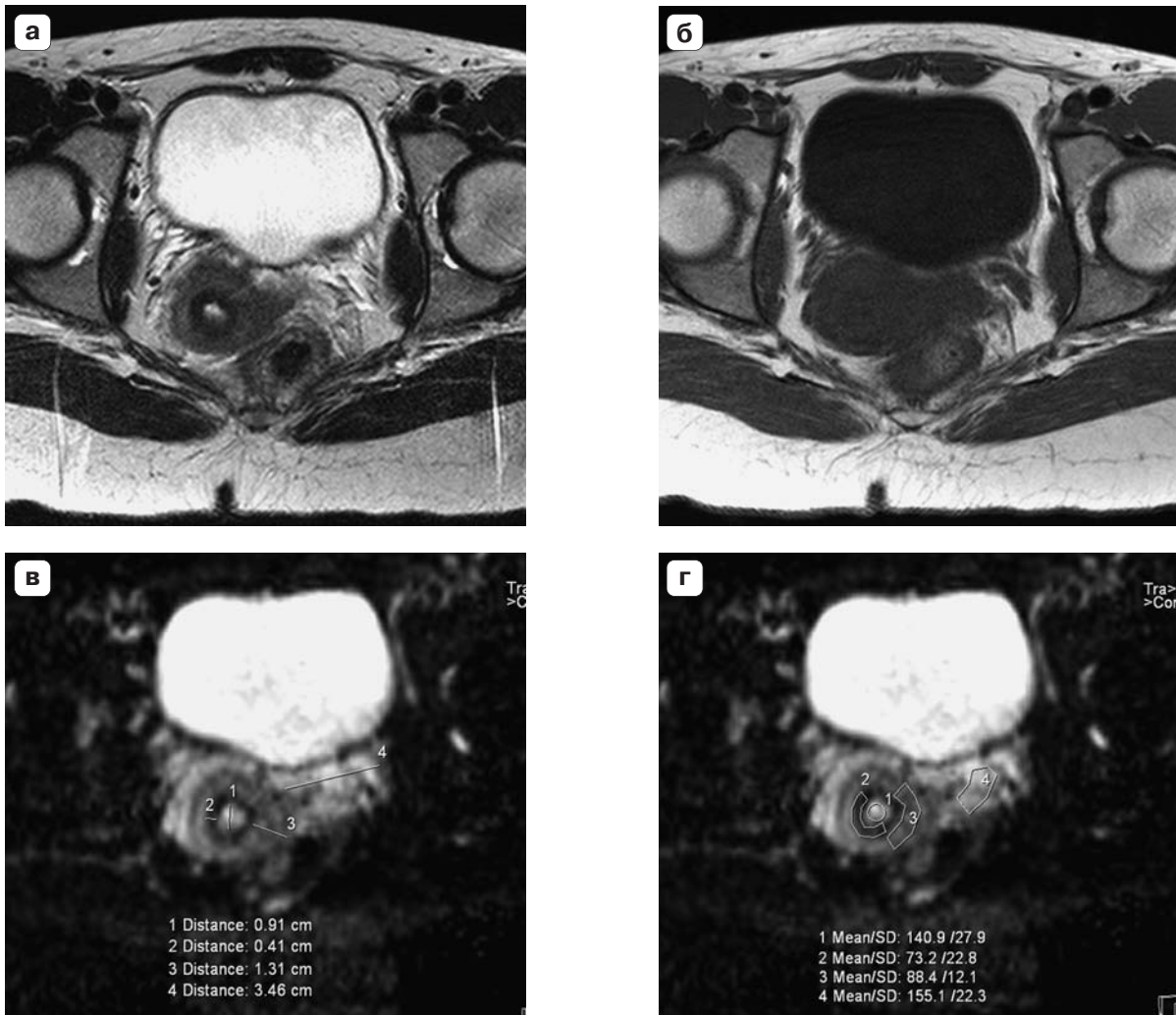


Рис. 1. МРТ-анатомия шейки матки на T2ВИ (а), T1ВИ (б) и картах ИКД (в, г) у женщины 23 лет. Гиперинтенсивный эндоцервикс, гипоинтенсивная внутренняя строма и наружная строма, имеющая промежуточный сигнал, хорошо видны на T2ВИ и картах ИКД, но не дифференцируются на T1ВИ. Указанные слои и параметрии представлены на T1ВИ единым комплексом сниженной интенсивности сигнала. На T2ВИ параметры имеют повышенный сигнал, аналогичный клетчатке стенки таза, ввиду чего границу между ними проследить не удастся. На T1ВИ указанная граница хорошо видна как место перехода гипоинтенсивного сигнала в гиперинтенсивный, на картах ИКД – гиперинтенсивного в резко гипоинтенсивный. Шейка матки отклонена вправо, ввиду чего правый параметрий сужен, левый – расширен. в, г – методика измерения толщины и ИКД соответственно трех слоев шейки и параметрия. 1 – эндоцервикс; 2 – внутренняя строма; 3 – наружная строма; 4 – параметрий.

ние размеров и ИКД – в 15 (60%), были выражены, что делало невозможным измерение толщины или ИКД хотя бы одного слоя шейки матки или параметрия – в 3 (12%) случаях. Следовательно, измерение размеров и ИКД было возможным у большинства пациенток. Причиной артефактов являлся газ в прямой или сигмовидной кишке. На ДВИ и картах ИКД артефакты имели резко сниженную, иногда повышенную интенсивность сигнала и проявлялись в виде искусственного разрыва слоев шейки матки (рис. 2), деформации отдельных слоев или формы всего органа, затемнения тканей вплоть до полного отсутствия визуализации.

На T1ВИ шейка матки была представлена единым комплексом с параметриями овоидной, вытянутой в латеральные стороны формы сниженной интенсивности сигнала (см. рис. 1). У 19 (76%) пациенток удавалось проследить эндоцервикс несколько повышенной интенсивности и внутреннюю строму несколько сниженной интенсивности сигнала. У остальных 6 (24%) пациенток такая дифференциация была невозможной. Контуры кольца внутренней стромы часто были более размытыми, чем на T2ВИ и картах ИКД, из-за чего она казалась толще. Граница между шейкой (наружной стромой) и параметриями не определялась ни в одном

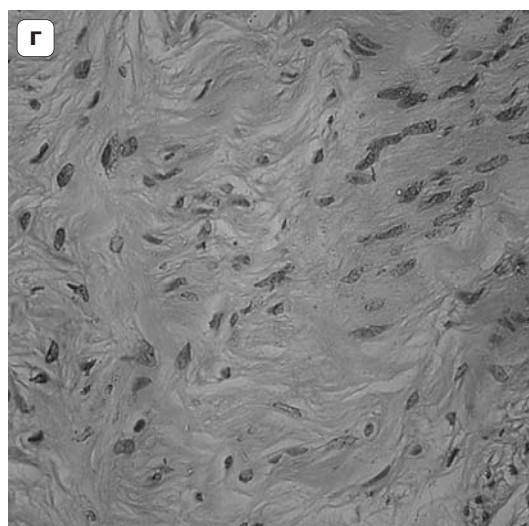
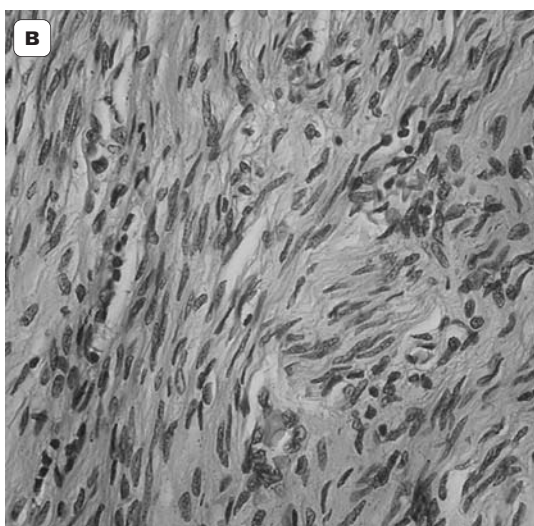
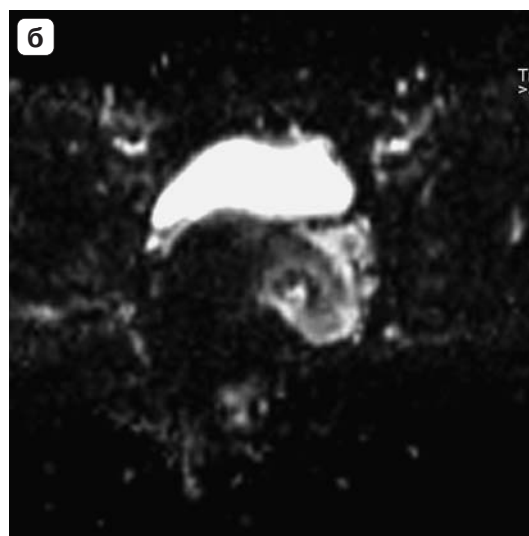
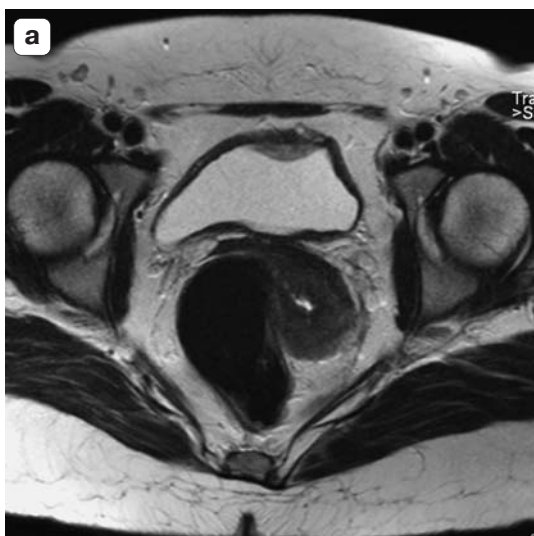
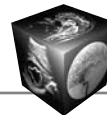


Рис. 2. МРТ-анатомия шейки матки с морфологической корреляцией у женщины 34 лет. В шейке матки на T2ВИ (а) и картах ИКД (б) хорошо видны все 3 слоя. На карте ИКД граница между внутренней и наружной стромой более четкая. Из-за артефактов, связанных с газом в прямой кишке, на карте ИКД определяются деформация формы шейки матки, искажение сигнала от стромы по заднеправому контуру, отсутствует визуализация правого параметрия. При морфологическом исследовании участка внутренней стромы (окраска гематоксилин-эозином, $\times 40$) (в) видно значительно большее количество ядер и сужение межклеточных пространств по сравнению с наружной стромой (г), что объясняет резкое снижение интенсивности сигнала (ограничение диффузии) внутренней стромы на карте ИКД. Параметрий (окраска гематоксилин-эозином, $\times 5$) (д) представлен фиброзно-жировой тканью, визуализируется крупный сосуд мышечно-эластического типа (артерия).

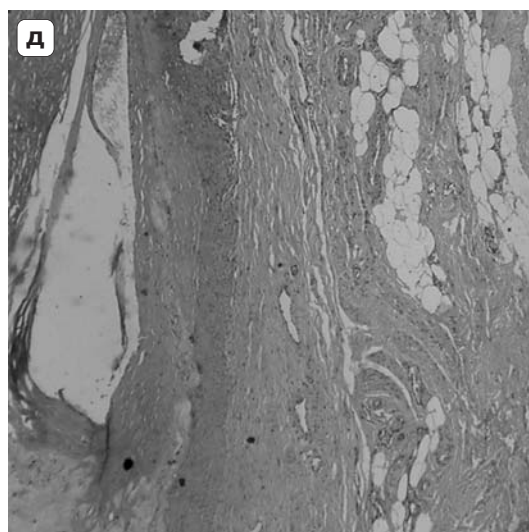




Таблица 1. Толщина слоев шейки матки, параметриев и максимальный диаметр наботковых кист на картах ИКД, мм

Значение	Эндоцервикс (n = 24)	Внутренняя строма (n = 25)	Наружная строма (n = 23)	Параметрий (n = 25)	Наботовы кисты (n = 13)
Среднее \pm σ	7,0 \pm 1,8	6,6 \pm 1,6	8,9 \pm 2,6	24,7 \pm 4,3	7,8 \pm 2,8
Минимальное	3,8	4,2	6,3	17,7	4,0
Максимальное	10,5	9,8	17,3	32,9	13,8

Примечание. Здесь и в табл. 2: σ – стандартное отклонение.

случае. Латеральная граница параметриев визуализировалась достаточно четко как место перехода гипоинтенсивного сигнала комплекса шейка–параметрии в гиперинтенсивный сигнал клетчатки стенки таза. Шейка матки нередко была отклонена вправо или влево. В этих случаях происходило сужение параметрия на стороне, куда шейка отклонена, граница со стенкой таза была представлена на Т1ВИ ровной выходящей наружу линией. Параметрий на противоположной стороне, напротив, расширялся, его латеральный контур был неровным, тяжистым, вероятно, за счет сосудистых элементов.

На Т2ВИ и картах ИКД в шейке матки во всех случаях удавалось дифференцировать эндоцервикс и кольцо внутренней стромы, имеющие высокую и резко сниженную интенсивность сигнала соответственно (см. рис. 1–4). У некоторых пациенток на сагиттальных Т2ВИ прослеживалась тонкая полоска слизи в эндоцервикальном канале, имеющая еще более высокий сигнал, чем шеечный эпителий. Из-за артефактов толщину эндоцервикса было невозможно измерить на картах ИКД у 1 пациентки. Результаты измерений в остальных случаях представлены в табл. 1.

У 16 (64%) пациенток в эндоцервиксе выявлялись наботовы кисты, имевшие на Т2ВИ и картах ИКД высокий сигнал, характерный для негеморрагической жидкости, и в большинстве случаев правильную округлую форму. У 3 пациенток измерить наботовы кисты на картах ИКД не представлялось возможным из-за артефактов.

Внутренний слой стромы имел на Т2ВИ преимущественно однородную структуру, на картах ИКД на фоне в целом гипоинтенсивного сигнала нередко присутствовали включения более высокой интенсивности, соответствующие повышению диффузии. По интенсивности сигнала данные включения были близки к наружному слою стромы, что может свидетельствовать о переходе фиброзно-мышечных элементов из одного слоя стромы в другой. Данное предположение подтверждается морфологическим исследованием (рис. 3). Толщина внутренней стромы могла несколько отличаться по периметру шейки, но при этом слой не терял округлую форму (рис. 4). Наружный контур

внутренней стромы, соответствующий границе с наружной стромы, в большинстве случаев был достаточно четким на обеих сериях изображений, иногда более четким на картах ИКД (см. рис. 3).

Наружный слой стромы удавалось проследить и отграничить от параметриев не всегда: на Т2ВИ у 18 (72%) пациенток, на картах ИКД у 22 (88%). В этих случаях наружная строма имела промежуточный сигнал между гипоинтенсивной внутренней стромой и гиперинтенсивным параметрием. Структура наружной стромы нередко была неоднородной, толщина неравномерной, часто толще в латеральных отделах шейки матки, где могла иметь треугольную форму (см. рис. 4). Слой наружной стромы истончался сверху к зоне перешейка матки, где мог вообще не прослеживаться. Также у нас сложилось впечатление об истончении наружной стромы с возрастом пациенток. В тех случаях, когда наружная строма на Т2ВИ четко не прослеживалась, внутренняя гипоинтенсивная строма была окружена тканями повышенного сигнала, близкого к сигналу параметриев. В ряде таких наблюдений визуализация наружной стромы тем не менее была возможной на ДВИ при факторе диффузии $b = 0$ с/см² и на картах ИКД (см. рис. 4). Измерить толщину наружной стромы на картах ИКД не удалось в 2 случаях: в одном – из-за артефактов, во втором – из-за отсутствия визуализации слоев стенки матки при ее возрастной инволюции.

Параметрии были гиперинтенсивны на Т2ВИ и картах ИКД. На Т2ВИ они не имели четкого отграничения от стенки таза, наружные слои которой представлены жировой клетчаткой, также имеющей высокую интенсивность сигнала. Попытки проследить на Т2ВИ мочеточники как место перехода параметриев в стенку таза были успешными не во всех случаях из-за малого диаметра мочеточников. В то же время на картах ИКД латеральная граница параметриев определялась достаточно четко как неровная линия резкого перепада яркого сигнала параметриев к темному сигналу стенки таза за счет используемого на ДВИ жироподавления. В структуре параметриев на Т2ВИ и картах ИКД определялись извитые, нередко расширенные сосуды. Толщина параметриев варьировала в широком диапазоне (см. табл. 1).

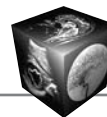
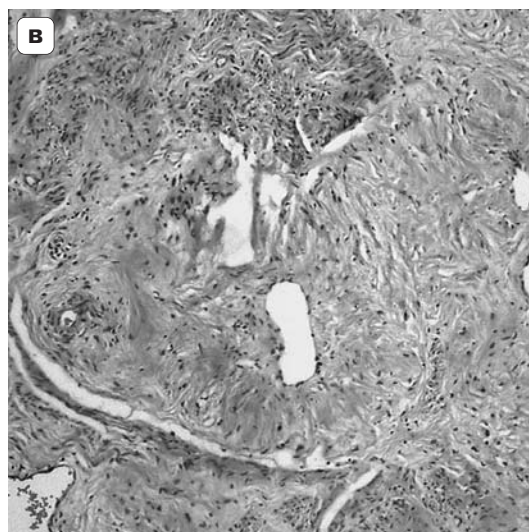


Рис. 3. МРТ-анатомия шейки матки с морфологической корреляцией у женщины 39 лет. На карте ИКД (б) внутренний гипоинтенсивный слой стромы менее однороден, чем на T2ВИ (а), за счет очагов повышения диффузии, соответствующих увеличению сигнала. Наружный слой шеечной стромы на карте ИКД четко ограничен от гиперинтенсивного параметрия, в то время как на T2ВИ – переходит в параметрии без четкой границы. При морфологическом исследовании (окраска гематоксилин-эозином, $\times 10$) (в) визуализируется тяжевидное выпячивание наружной стромы (в правой части изображения, превалирует малоклеточная фиброзно-мышечная ткань с артериальными и венозными сосудами среднего калибра) во внутреннюю (в левой части изображения, с большим количеством ядер), что объясняет неоднородность сигнала внутренней стромы на карте ИКД.



Измерить ИКД эндоцервикса не представлялось возможным у 9 пациенток, у которых диаметр слоя был 5 мм и менее (при размере пикселя 1,8 мм). Такие измерения недостоверны вследствие попадания в ROI соседних тканей. Измерить ИКД внутренней стромы было возможным у всех пациенток, наружной стромы – невозможно у 2 (у одной за счет атрофии матки и потери дифференциации слоев, у второй за счет артефактов), параметриев и наботоновых кист – невозможно в 1 случае из-за артефактов. Еще в 3 случаях значения ИКД наботоновых кист были исключены из анализа из-за малого

размера кист (от 4 до 5,7 мм). Результаты измерения ИКД представлены в табл. 2. Значения ИКД эндоцервикса и внутренней стромы ($p < 0,0001$), эндоцервикса и наботоновых кист ($p < 0,001$), внутренней и наружной стромы ($p < 0,0001$), наружной стромы и параметриев ($p < 0,0001$) статистически достоверно отличались.

Наиболее информативной импульсной последовательностью для визуализации нормальной анатомии матки считаются T2ВИ, на которых в шейке различают 3 слоя: внутренний гиперинтенсивный (эндоцервикс), средний гипоинтенсив-

Таблица 2. Значения ИКД слоев шейки матки, параметриев и наботоновых кист, $\cdot 10^{-3}$ мм²/с

Значение	Эндоцервикс (n = 16)	Внутренняя строма (n = 25)	Наружная строма (n = 23)	Параметрий (n = 24)	Наботовы кисты (n = 12)
Среднее $\pm \sigma$	1,41 \pm 0,25	0,44 \pm 0,18	1,07 \pm 0,29	1,64 \pm 0,27	1,91 \pm 0,32
Минимальное	1,01	0,15	0,6	1,22	1,42
Максимальное	1,76	0,8	1,69	2,06	2,39

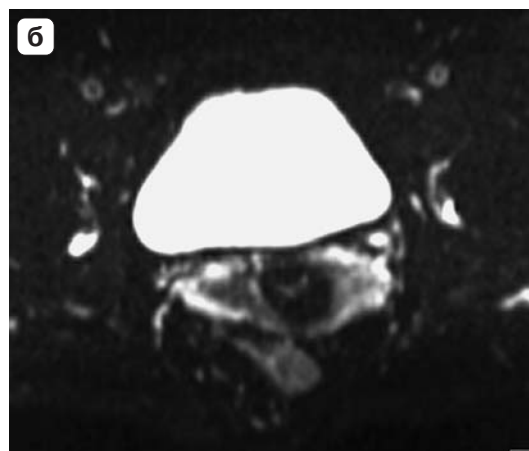


Рис. 4. МРТ-анатомия шейки матки на Т2ВИ (а), ДВИ при $b = 0 \text{ с/см}^2$ (б) и картах ИКД (в) у женщины 56 лет. Внутренняя гипоинтенсивная строма шейки имеет неравномерную толщину, но сохраняет округлую форму. Наружная строма на Т2ВИ практически не дифференцируется, поскольку имеет высокий сигнал, аналогичный сигналу параметриев. На ДВИ и карте ИКД наружный слой стромы, напротив, хорошо прослеживается как участок промежуточной интенсивности сигнала треугольной формы. Латеральнее расположена полоска более высокого сигнала, соответствующая параметриям.

ный (внутренняя компактная строма) и наружный промежуточной интенсивности (наружная рыхлая строма) [21–25]. В эндоцервиксе наряду с эпителиальной выстилкой иногда различается еще более интенсивная центральная полоска слизи. Внутренняя строма состоит преимущественно из эластической фиброзной ткани, ввиду чего ее также называют фиброзной, а на Т2ВИ она имеет сигнал резко сниженной интенсивности. Этот слой шейки матки является продолжением транзитной, или переходной, зоны тела матки. В наружной строме, которую считают продолжением наружного слоя миометрия, преобладают гладкомышечные элементы. Данный слой имеет более высокий сигнал, чем фиброзная строма, иногда неотличимый от сигнала параметриев, ввиду чего визуализация наружной стромы на Т2ВИ возможна не всегда. Параметрии представлены рыхлой соединительной тканью с большим количеством кровеносных и лимфатических сосудов. Границу перехода параметриев в стенку таза наиболее четко можно визуализировать на Т1ВИ. На Т2ВИ это сделать сложнее, главным ориентиром являются мочеточники, расположенные в первом слое стенки таза.

Целью данной работы было изучение нормальной анатомии шейки матки на Т1- и Т2ВИ в сравнении с ДВИ. Необходимость в таком исследовании возникла в связи с существующими сложностями диагностики местной распространенности РШМ. Чувствительность МРТ-диагностики инвазии РШМ в параметрии, по данным разных авторов [3, 4, 7], варьирует в широком диапазоне (от 38 до 76%), что может свидетельствовать о различии подходов к оценке МРТ-симптомов инвазии. Одной из причин таких сложностей является недостаточная дифференцировка слоев шейки матки на Т2ВИ, особенно наружного слоя стромы и его границы с параметриями. В литературе описаны следующие МРТ-симптомы инвазии опухоли в параметрии: 1) разрыв кольца гипоинтенсивной стромы с четким наружным контуром; 2) замещение кольца гипоинтенсивной стромы опухолью на всю толщину с узловатым или тяжистым наружным контуром; 3) выбухание опухоли за пределы гипоинтенсивной стромы с вовлечением параметральных сосудов [1, 4, 8, 9]. Последний из указанных симптомов является наиболее достоверным, но указывает на глубокую инвазию и в ряде случаев может



соответствовать переходу опухоли на стенку таза. В нашей предыдущей работе, включавшей 40 больных РШМ, первый симптом имел высокую чувствительность (91%), но недостаточную специфичность (54%), количество ложноположительных заключений об инвазии параметриев было очень большим – 13 (PPV 44%). Вторым симптомом, который занимает промежуточное положение между двумя другими и используется большинством авторов, имел более высокую специфичность (77%), но гораздо меньшую чувствительность (73%), число истинно положительных случаев диагностики составляло 8, ложноотрицательных – 3, ложноположительных – уменьшалось, но все равно оставалось большим – 6 (PPV 57%). Оба симптома не учитывают существование наружного слоя стромы шейки, что, по нашему мнению, может быть причиной гипердиагностики инвазии опухоли в параметрии.

Как показали результаты настоящего исследования, наружный слой стромы дифференцировался у 72% пациенток на Т2ВИ и у 88% – на картах ИКД. Нередко на картах ИКД наружная строма отграничивалась от параметриев лучше. На основании проведенного сравнительного изучения анатомии шейки матки на Т2ВИ и ДВИ мы считаем, что выход опухоли за пределы гипоинтенсивного кольца стромы стоит расценивать как инвазию в наружный слой стромы шейки и только при переходе опухоли еще глубже – думать об инвазии в параметрии. Поскольку наружный слой стромы на картах ИКД в ряде случаев виден лучше, чем на Т2ВИ, ДВИ потенциально могут улучшить диагностику инвазии РШМ в параметрии. Дополнительно к этому надо отметить, что поскольку на Т2ВИ граница между параметриями и стенкой таза практически не визуализировалась, а на картах ИКД была видна почти во всех случаях, ДВИ имеют потенциал улучшения диагностики инвазии РШМ в стенку таза. Обе гипотезы требуют проверки в отдельном исследовании.

Большим преимуществом ДВИ является возможность количественной оценки с помощью вычисления ИКД с построением соответствующих карт. На данных картах интенсивность сигнала определяется степенью диффузии молекул воды в тканях – более яркий сигнал соответствует более высокой диффузии. Поскольку естественным и основным ограничителем свободной диффузии являются клеточные мембраны, то в тканях с повышенным содержанием клеток диффузия снижена. Этим, в частности, объясняется резко сниженный на картах ИКД сигнал от внутренней стромы шейки по сравнению с наружной стромой – в первой площадь клеточных ядер в 2,5 раза выше (см. рис. 2) [25]. На этом же принципе основана визуализация

РШМ на ДВИ, поскольку злокачественные солидные опухоли характеризуются повышенной клеточностью [10–20].

Нами определены ИКД отдельно для трех слоев шейки матки и параметриев. Причем для повышения точности измерения во всех анатомических зонах, кроме эндоцервикса, проводились с помощью ROI произвольной формы, включающей максимальную площадь зоны на срезе. Этот подход отличается от использованного другими авторами. Например, P.Z. McVeigh и соавт. [16] при измерении ИКД шейки матки исключали из ROI эндоцервикс, т.е. не дифференцировали 2 слоя стромы. O. Kilickesmez и соавт. [14] размещали ROI “в нормальной ткани шейки, исключая строму”. Вероятно, авторы исключали внутреннюю гипоинтенсивную строму, измеряя фактически ИКД наружной стромы. Полученное ими высокое значение ИКД шейки ($1,71 \pm 0,17 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$) позволяет предположить, что в ROI включались ткани параметриев. С. Messiou и соавт. [15] отдельно измеряли ИКД эндоцервикса и стромы шейки (способ нанесения ROI на строму не конкретизирован) и получили значения для эндоцервикса $1,47 \pm 0,22 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$, для стромы – $1,12 \pm 0,26 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$, что очень близко к полученным нами значениям ИКД эндоцервикса и наружной стромы соответственно.

Только в двух работах были определены ИКД отдельно для эндоцервикса и двух слоев шейечной стромы. В первой из них ИКД эндоцервикса, внутренней и наружной стромы составили $1,60 \pm 0,22 \cdot 10^{-3}$, $1,78 \pm 0,25 \cdot 10^{-3}$ и $1,86 \pm 0,23 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ соответственно [19], во второй – $1,56 \pm 0,25 \cdot 10^{-3}$, $1,41 \pm 0,22 \cdot 10^{-3}$ и $1,48 \pm 0,19 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ соответственно [20]. Указанные значения не согласуются с данными других авторов и вызывают большие сомнения. Особенно удивляет более низкое значение ИКД эндоцервикса по сравнению с внутренней стромой в статье [19], поскольку на картах ИКД эндоцервикс имеет более высокий сигнал.

Выводы

1. На Т1ВИ шейка матки не дифференцируется от параметриев, визуализируясь в едином комплексе низкой интенсивности сигнала. В 76% случаев можно визуализировать эндоцервикс несколько повышенной интенсивности сигнала и внутреннюю строму несколько сниженной интенсивности. Наружная строма шейки на Т1ВИ не дифференцируется, граница параметриев и стенки таза хорошо прослеживается.

2. На Т2ВИ хорошо дифференцируются гиперинтенсивный эндоцервикс и резко гипоинтенсивное кольцо внутренней стромы во всех случаях.



В 64% в эндоцервиксе выявлялись nabothovy kisty. Наружный слой стромы дифференцируется у 72% пациенток, у остальных практически не отличается по интенсивности сигнала от параметриев. Параметрии не имеют четкого отграничения от стенки таза на T2ВИ.

3. На картах ИКД дифференциация эндоцервикса и внутренней стромы шейки матки не уступает T2ВИ. Визуализация наружного слоя стромы возможна в большем числе случаев (88%). Параметрии на картах ИКД четко отграничены от стенки таза.

4. Толщина слоя наружной стромы шейки матки варьирует от 6,3 до 17,3 мм (в среднем 8,9 мм), что необходимо учитывать при интерпретации симптомов инвазии РШМ в параметрии.

5. Преимуществом ДВИ перед T1- и T2ВИ является возможность количественной оценки. Получены достоверные отличия ИКД слоев шейки матки и параметриев. Основной недостаток ДВИ – подверженность артефактам.

6. Использование ДВИ с построением карт ИКД дополнительно к стандартным T2- и T1ВИ позволяет улучшить разделение слоев шейки матки и параметриев, параметриев и стенки таза, что в сочетании с количественной оценкой может повысить точность диагностики местной распространенности РШМ. Данный вопрос требует отдельного изучения.

Список литературы

1. Хоружик С.А., Косенко И.А., Матылевич О.П. и др. Возможности магнитно-резонансной томографии в стадировании рака шейки матки и оценке эффективности неоадьювантной химиотерапии. *Онкол. журн.* 2010; 1: 54–60.
2. Ашрафян Л.А., Антонова И.Б., Алешикова О.И. и др. Диагностические критерии и факторы прогноза эффективности неоадьювантной химиотерапии местнораспространенного рака шейки матки (IIВ–IIIВ стадии). *Опухоли женской репродуктивной системы* 2007; 4: 63–71.
3. Choi S.H., Kim S.H., Choi H.J. et al. Preoperative magnetic resonance imaging staging of uterine cervical carcinoma: results of prospective study. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 2004; 28 (5): 620–627.
4. Togashi K., Nishimura K., Sagoh T. et al. Carcinoma of the cervix: staging with MR imaging. *Radiology.* 1989; 171(1): 245–251.
5. Sala E., Wakely S., Senior E., Lomas D. MRI of malignant neoplasms of the uterine corpus and cervix. *Am. J. Radiol.* 2007; 188: 1577–1587.
6. Zand K.R., Reinhold C., Abe H. et al. Magnetic resonance imaging of the cervix. *Cancer Imaging* 2007; 7: 69–76.
7. Chung H.H., Kang S.B., Cho J.Y. et al. Can preoperative MRI accurately evaluate nodal and parametrial invasion in early stage cervical cancer? *Jpn. J. Clin. Oncol.* 2007; 37 (5): 370–375.
8. Reznick R.H., Sahdev A. Imaging in cervical cancer: seeing is believing. *Br. J. Radiol.* 2005; 78: S73–S85.
9. Kaur H., Silverman P.M., Iyer R.B. et al. Diagnosis, staging, and surveillance of cervical carcinoma. *Am. J. Radiol.* 2003; 180 (6): 1621–1631.
10. Kharuzhyk S.A., Petrovskaya N.A., Vosmitel M.A. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging in non-invasive monitoring of antiangiogenic therapy in experimental tumor model. *Exp. Oncol.* 2010; 32 (2): 104–106.
11. Naganawa S., Sato C., Kumada Y. et al. Apparent diffusion coefficient in cervical cancer of the uterus: comparison with the normal uterine cervix. *Eur. Radiol.* 2005; 15: 71–78.
12. 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; 18: 384–389.
13. Harry V.N., Semple S.I., Gilbert F.J. et al. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging in the early detection of response to chemoradiation in cervical cancer. *Gynecol. Oncol.* 2008; 111: 213–220.
14. Kilickesmez O., Bayramoglu S., Inci E. et al. Quantitative diffusion-weighted magnetic resonance imaging of normal and diseased uterine zones. *Acta Radiol.* 2009; 50 (3): 340–347.
15. Messiou C., Morgan V.A., De Silva S.S. et al. Diffusion weighted imaging of the uterus: regional ADC variation with oral contraceptive usage and comparison with cervical cancer. *Acta Radiol.* 2009; 50 (6): 696–701.
16. McVeigh P.Z., Syed A.M., Milosevic M. et al. Diffusion-weighted MRI in cervical cancer. *Eur. Radiol.* 2008; 18 (5): 1058–1064.
17. Liu Y., Bai R., Sun H. et al. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging of uterine cervical cancer. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 2009; 33 (6): 858–862.
18. Xue H.D., Li S., Sun F. et al. Clinical application of body diffusion weighted MR imaging in the diagnosis and preoperative N staging of cervical cancer. *Chin. Med. Sci. J.* 2008; 23 (3): 133–137.
19. Chen Y.B., Hu C.M., Chen G.L. et al. Staging of uterine cervical carcinoma: whole-body diffusion-weighted magnetic resonance imaging. *Abdom. Imaging* 2010 Aug 21 (Epub ahead of print).
20. Zhang Y., Liang B.L., Gao L. et al. Diffusion weighted imaging features of normal uterine cervix and cervical carcinoma. *Chin. J. Cancer* 2007; 26 (5): 508–512.
21. Лучевая диагностика в гинекологии: Руководство для врачей; Под ред. Г.Е. Труфанова, В.О. Панова. СПб.: ЭЛБИ-СПб., 2008.
22. Semelka R.C. *Abdominal-Pelvic MRI.* Wiley-Liss, 2002.
23. deSouza N.M., Hawley I.C., Schwieso J.E. et al. The uterine cervix on in vitro and in vivo MR images: a study of zonal anatomy and vascularity using an enveloping cervical coil. *Am. J. Roentgenol.* 1994; 163 (3): 607–612.
24. Takeuchi M., Matsuzaki K., Nishitani H. Manifestations of the female reproductive organs on MR images: changes induced by various physiologic states. *RadioGraphics* 2010; 30 (4): e39 - Published online 10.1148/rg.e39.
25. Scoutt L.M., McCauley T.R., Flynn S.D. et al. Zonal anatomy of the cervix: correlation of MR imaging and histologic examination of hysterectomy specimens. *Radiology* 1993; 186 (1): 159–162.