

# Мультипараметрическая магнитно-резонансная томография органов малого таза в уточняющей диагностике и мониторинге брахитерапии опухолей влагалища

Ю.М.Крейнина, Н.В.Нуднов, С.П.Аксенова  
Российский научный центр  
рентгенорадиологии МЗ РФ, Москва

*Цель:* оценить современные возможности МРТ в выявлении опухолевого поражения влагалища, а также оптимизировать протокол комплексного МР-исследования органов малого таза при клиническом использовании в планировании и мониторинге высокодозной брахитерапии у больных раком с первичным или метастатическим поражением влагалища. *Материал и методы.* Проведено 179 комплексных МР-исследований органов малого таза у 119 больных злокачественными новообразованиями женской репродуктивной системы. Исследования проводили на высокопольном магнитном томографе с напряженностью магнитного поля 1,5 Тесла. Протокол включал в себя проведение исследования в T2ВИ, T1ВИ, T2ВИ с подавлением жира, диффузионно-взвешенное изображение, динамическое контрастное усиление. С целью объемного 3D-планирования выполнено 56 МР-исследований 31 пациентке с первичными и метастатическими опухолями влагалища, проходивших лечение на автоматизированном брахитерапевтическом комплексе «Микроселектрон HDR», оснащенный изотопом <sup>192</sup>Ir, с применением планирующей системы Oncentra Brachy (Nucletron®). *Результаты.* Опухолевое поражение влагалища выявлено у 65 (51,7%) обследованных; преимущественно определяли поражение верхней трети влагалища и его сводов – у 42 (64,6%) больных, в том числе у 20 (30,8%) больных был выявлен рецидив опухоли в культе влагалища. Опухолевое поражение средней трети влагалища было диагностировано в 7 (10,7%) наблюдениях, нижней трети влагалища – в 13 (20%). Опухолевое поражение влагалища на всем протяжении выявлено у 3 (4,6%) больных. Опухоль определялась как участок неоднородно повышенного МР-сигнала в T2ВИ, интенсивно накапливающий парамагнетик в артериальную и венозную фазу динамического контрастного усиления. По данным МР-топометрии, у 8 (25,8%) пациенток сравнительный анализ планов облучения позволил выбрать оптимальный вариант стандартного аппликатора, у 12,9% больных потребовалось создание индивидуального излучающего устройства. Проведение комплексного МР-исследования в ходе брахитерапии у больных с клинически-

ми признаками 50% регрессии опухолевого очага потребовало коррекции планов облучения в 42,5% случаев. *Выводы.* Использование технологии комплексной МРТ в качестве уточняющей и дифференциальной диагностики первичных и вторичных опухолей влагалища позволяет определить локализацию и структуру опухоли, оценить распространенность процесса, расширяет возможности индивидуального планирования курса лечения.

*Ключевые слова:* магнитно-резонансная томография, рак шейки матки, рак тела матки, опухоль, влагалище, рецидив.

## Multiparametric Magnetic Resonance Imaging of the Small Pelvis Organs in Specifying Diagnosis and Monitoring of Vaginal Tumor Brachytherapy

Yu.M.Kreynina, N.V.Nudnov, S.P.Aksenova  
Russian Scientific Center  
of Roentgenoradiology, Moscow, Russia

*Objective:* To assess the current capabilities of MRI in the detection of neoplastic lesions of the vagina, as well as to optimize the protocol of the complex MR examination of the small pelvis organs in clinical use in planning and monitoring of the high-dose brachytherapy in cancer patients with primary or metastatic lesions of the vagina. *Material and methods.* 179 complex MR-studies of the small pelvis organs were conducted in 119 patients with malignant tumors of the female reproductive system. Research was carried out on high field magnetic imaging with magnetic field strength of 1.5 Tesla. The protocol included the study in T2WI, T1WI, T2WI with fat suppression, diffusion-weighted imaging, dynamic contrast enhancement. For the purpose of volume 3D-planning 56 MRI studies were performed on 31 patients with primary and metastatic tumors of the vagina treated with automated brachytherapy complex micro Selectron HDR, equipped with <sup>192</sup>Ir isotope, with the use of the planning system Oncentra Brachy (Nucletron®). *Results.* Vaginal tumor lesions were found in 65 (51.7%) patients; the lesions of the upper third of the vagina and its fornix were mainly determined – in 42 (64.6%) patients, including tumor recurrence in the vaginal cuff in 20 (30.8%) patients. Tumoral lesions of the middle third of the vagina were diagnosed in 7 (10.7%) cases, the lower third of the vagina – in 13 (20%). Tumoral lesions throughout the vagina were found in 3 (4.6%) patients. The tumor was identified as the portion of non-uniformly high MRI signal T2WI, intensively accumulating paramagnetic in arterial and venous phase of dynamic contrast enhancement. According to the MR topometry, the comparative analysis of irradiation plans in 8 (25.8%) patients allowed to choose the optimal variant of a standard applicator, the creation of individual radiating devices was required in 12.9% of patients. Conduction of the complex MR studies during brachytherapy in patients with clinical evidence of ≤50% tumor nidus regression required correction of their irradiation plans in 42.5% of the cases. *Conclusion.* Using the integrated MRI technology as the means to specify and diagnose the primary and the secondary tumors of the vagina allows you to determine the location and structure of the tumor, to assess the prevalence of the process, expands

the possibilities of individual planning of the course of treatment.

**Keywords:** magnetic resonance imaging, cervical cancer, uterine body cancer, tumor, vagina, relapse.

### Введение

Заболеваемость первичным раком влагалища (ПРВ) среди всех опухолей женской репродуктивной системы составляет не более 3–4%, в виду чего количество исследований, направленных на изучение данной патологии как в России, так и в других странах невелико [1–4]. В тоже время отмечаемый повсеместно рост заболеваемости раком тела матки, вульвы, неблагоприятными гистологическими формами рака шейки матки увеличивает риск вторичного опухолевого поражения влагалища (ВРВ), диагностирующийся у данной группы пациенток в 25–40% случаев [1, 5–7].

В силу ряда анатомических особенностей строения влагалища, разнообразия и неспецифичности симптомов его раннего опухолевого поражения, выявляемых как в ходе клинического осмотра, так и при выполнении стандартных протоколов наиболее часто используемых в гинекологии методов визуализации (ультразвуковое исследование, компьютерная томография), снижает до 10–15% частоту выявления начальных (пре- и микроинвазивных) форм заболевания, что резко снижает шансы больной на стойкое излечение [9, 10].

Показания к хирургическому лечению у пациентов с ПРВ возникают редко. Так, у женщин молодого и среднего возраста с расположением опухоли в верхней трети влагалища может быть эффективна расширенная гистерэктомия с удалением половины влагалища. Близость расположения мочевого пузыря и прямой кишки зачастую не позволяют выполнить изолированную экстирпацию влагалища, в результате чего для выполнения радикального хирургического лечения требуется выполнение экзентерации. Преимущественным методом лечения ПРВ повсеместно является лучевая терапия [11]. В последние годы облучение при ПРВ, особенно при плоскоклеточных его формах, нередко дополняется химиорадимодификацией препаратами платины.

Вторичное поражение влагалища возникает как при непосредственном *per continuitatem* распространении опухолей органов малого таза – матки, вульвы, прямой кишки, мочевого пузыря и уретры, так и при изолированном метастатическом поражении. Лечение больных с метастатическими опухолями влагалища всегда представляет собой трудную задачу в связи с наличием спаечного и фиброзного процесса из-за ранее проведенного оперативного вмешательства, лучевой терапии, а также вследствие прогрессивно увеличивающегося риска тяжелых повреждений уретры, мочевого пузыря, прямой кишки, приводящих к выполнению калечащих операций по деривации мочи и кала [12].

Очевидно, что при планировании как хирургического, так и лучевого лечения, клиницист должен обладать максимально достоверной информацией о степени распространенности опухолевого процесса. В этом плане ведущая роль отводится методам лучевой диагностики, таким как ультразвуковое исследование (УЗИ), компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография (МРТ). На практике же при реализации стандартных протоколов исследования органов малого таза исследованию влагалища не уделяют должного внимания, особенно его нижней и средней трети.

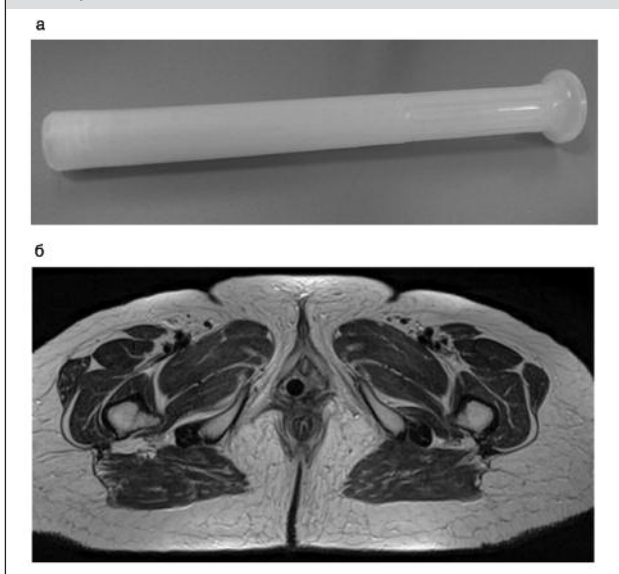
Касаясь, в частности, возможностей УЗИ, низкие показатели диагностической ценности связаны в первую очередь с техническими особенностями выполнения общепринятых методик ультразвукового сканирования малого таза. Так, для исследования органов малого таза наиболее часто сегодня используют внутрислошной (трансвагинальный) микроконвексный датчик. Данный вид датчика имеет скошенный обзор относительно оси датчика (это сделано с учетом анатомической формы и положения матки), радиус кривизны обычно от 10 до 14 мм, частотный диапазон 4–7 МГц (матка находится на определенной вполне конкретно определяемой глубине), что не является оптимальным для исследования более поверхностно расположенных средне-нижних отделов влагалища. Ректальный датчик имеет ограничение по продольному размеру, и при его использовании можно упустить из поля обзора культю влагалища и прикультевые ткани. Кроме того, частота его использования в повседневной онкогинекологической практике невелика, особенно при выполнении скрининговых и мониторинговых исследований на потоке больных. Трансабдоминальное исследование малого таза с использованием конвексных датчиков носит обзорный характер и не позволяет детально визуализировать стенки влагалища на всем протяжении, особенно у больных с ожирением и фибротическими изменениями подкожно-жировой клетчатки и кожи передней брюшной стенки после проведенного лучевого лечения. По данным А.А.Казумовой, перспективы ультразвукового метода в улучшении качества диагностики опухолей влагалища заключаются в использовании высокочастотных датчиков с частотным диапазоном 7–10 МГц, позволяющих изучить *in vitro* архитектуру кожи и подкожных тканей, а также стенок влагалища и вульвы [9].

Применение современных методик мультиспиральной компьютерной томографии делает этот метод более универсальным для диагностики патологии органов малого таза в целом, однако, ограниченные изначально возможности рентгеновских методов в отношении мягкотканых образований снижают дифференциально-диагностическую ценность КТ при детальной оценке состояния стенок влагалища.

Вышесказанное делает МРТ с ее высокой разрешающей способностью в отношении тканей с минимальными плотностными различиями оптимальным методом диагностики патологии влагалища различного генеза [13, 14].

Наряду с этим, развитие технологий визуально-контролируемого облучения, отказ от монотерапии в пользу персонифицированной многокомпонентной терапии с симультанным использованием цитостатических, таргетных препаратов, диктуют необходимость оптимизации протоколов различных методов визуализации в планировании и мониторинге лечения. Учитывая возможности МРТ в тканевой и пространственной визуализации, метод приобретает особое значение при планировании различных видов лучевой терапии при опухолевом поражении влагалища, обеспечивая возможность таргетного подведения канцерцидных разовых и суммарных доз к опухоли с максимальным щажением окружающих органов и систем, что особенно важно при повторном курсе облучения. Однако продолжительность процедуры МР-сканирования, отсутствие сформированных алгоритмов диагностических и топометрических исследований является препятствием на пути широкого использования

**Рис. 1. а – МР-совместимый пластиковый цилиндрический полый аппликатор; б – МР-томограмма органов малого таза с введенным аппликатором в Т2ВИ, аксиальная плоскость сканирования**



МРТ с целью диагностики и топометрии в планировании и мониторинге лучевой терапии, существенно ограничивая возможности и снижая эффективность специального лечения при первичных и рецидивных процессах во влагалище.

Таким образом, целью нашего исследования явилась оптимизация протокола комплексного МР-исследования органов малого таза для первичной и дифференциальной диагностики опухолевого поражения влагалища различного генеза и локализации, а также определение ценности разработанного протокола мультипараметрического МР-исследования при клиническом использовании в планировании и мониторинге брахитерапии у больных раком с первичным или метастатическим поражением влагалища.

### Материал и методы

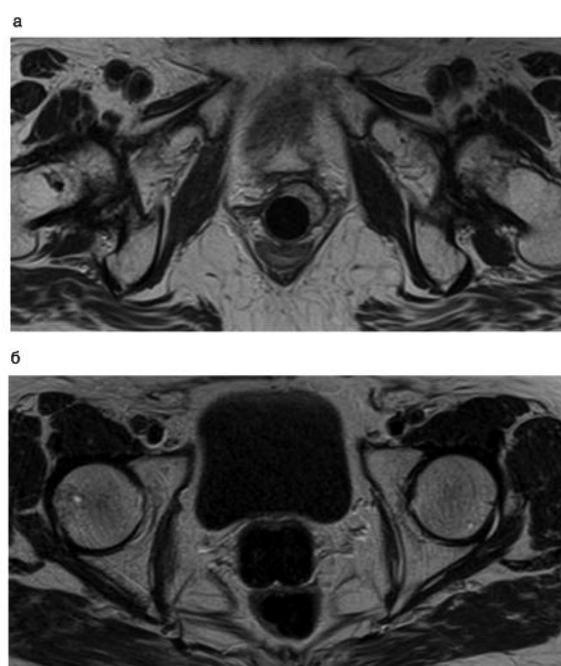
Для оценки состояния влагалища проведено 179 комплексных МР-исследований органов малого таза у 119 больных злокачественными новообразованиями женской репродуктивной системы. Средний возраст пациенток составил  $55,5 \pm 5,7$  года.

МР-исследования проводились на высокопольном магнитном томографе Toshiba Vantage Atlas, с напряженностью магнитного поля 1,5 Тесла. Протокол мультипараметрического МРТ включал в себя получение Т2ВИ взвешенных изображений в трех ортогональных плоскостях, Т2ВИ взвешенных изображений с подавлением сигнала от жировой ткани (T2fat sat), Т1ВИ, диффузионно-взвешенных изображений (DWI) и динамического контрастного усиления (DCE) (табл. 1). Нижний край поля обзора находился на уровне ягодичной складки, верхний – на уровне тела позвонка S1.

На диагностическом этапе с целью дифференциации стенок органа, включая наиболее трудную для диагностики область входа, мы вводили во влагалище МР-совместимый пластиковый цилиндрический полый аппликатор диаметром 13 мм. Аппликатор позволял обозначить просвет влагалища, не нарушая анатомию и взаиморасположение окружающих структур даже при минимальной длине и ширине просвета влагалищной трубки (рис. 1а). После установки аппликатора производился повтор Т2ВИ в аксиальной проекции и динамическое контрастное усиление (рис. 1б).

**Рис. 2. МР-топометрия**

а – с использованием восьмиканального силиконового вагинального цилиндра диаметром 20 мм, Т2ВИ в аксиальной плоскости, опухоль визуализируется в передне-левых отделах средней трети влагалища; б – МР-топометрия с использованием 3-канального аппликатора Флетчера, Т2ВИ в аксиальной плоскости сканирования на уровне овоидов



**Таблица 1. Протоколы МР-исследования органов малого таза с целью первичной диагностики и МР-планирования брахитерапии опухолей влагалища**

Первичная диагностика и планирование	Повторное планирование в ходе лечения
Sag T2 FSE 2D	Ax T2 applicator (max FOV)
Sag T1 SE 2D	Sag T2 FSE 2D applicator
Ax T2 FSE 2D	Cor T2 FSE 2D applicator
Ax T2 Fat Sat FSE 2D	
Cor T2 FSE 2D	
Ax T1 SE 2D	
Ax DWI b=1000	
Ax T2 applicator (max FOV)	
Ax Dynamic 3D fat sat + applicator (DCE)	
Продолжительность исследования 30–35 мин	Продолжительность исследования 9–12 мин

С целью предлучевой топометрии во влагалище вводились «рабочие» МР-совместимые эндостаты, на которых впоследствии проводилась брахитерапия: одно- или восьмиканальный пластиковый или силиконовый вагинальный цилиндр диаметром 20–30 мм (рис. 2а), в ряде случаев – МР-совместимый трехканальный аппликатор Флетчера (рис. 2б). После установки эндостата также производился повтор Т2ВИ в аксиальной проекции и динамическое контрастное усиление. Данные впоследствии передавались на планирующую систему брахитерапевтического комплекса, где производилось объемное планирование параметров внутриполостного облучения.

При анализе данных проведенных мультипараметрических МРТ-исследований опухолевое поражение влагалища обнаружено у 65 (54,6%) обследованных в срок от 1,5 до 60 мес после специального лечения по поводу рака. В остальных случаях зафиксированы фиброзно-спаечные изменения орга-



**Таблица 2. Сводная таблица распределение пациенток с опухолевым поражением влагалища по нозологиям и преимущественным зонам поражения влагалища**

Распределение пациенток с опухолевым поражением влагалища по нозологиям	Число больных, п (%)
Первичный рак влагалища всех стадий (С.52*)	9 (13,9%)
Первичный рак вульвы III стадии с распространением на влагалище (С. 51.8*)	5 (7,7%)
Рак шейки матки II и III стадии с распространением на влагалище (С.53..8*)	18 (27,7%)
Первичный рак тела матки III стадии с поражением влагалища (С.54.8*)	2 (3%)
Метастазы рака любой первичной локализации во влагалище	31 (47,7%)
Распределение пациентов по зонам преимущественного поражения влагалища	
Нижняя треть влагалища	13 (20%)
Средняя треть влагалища	7 (10,7%)
Верхняя треть влагалища (у не оперированных больных РШМ, РТМ, ПРВ)	22 (33,8%)
Купол культы влагалища (+ прикультевая клетчатка) у оперированных больных	20 (30,8%)
Опухолевое поражение влагалища на всем протяжении	3 (4,7%)
Примечание. *классификация болезней по МКБ-10.	

на. Распределение пациенток по нозологиям в соответствии с классификацией МКБ-10 и международной классификацией FIGO [15] представлено в табл. 2. У всех пациенток первичный диагноз и опухолевое поражение влагалища были подтверждены морфологически.

С целью объемного 3D-планирования выполнено 56 МР-исследований 31 пациентке (средний возраст  $58 \pm 4,4$  года) с первичными и метастатическими опухолями влагалища, проходивших лечение в отделении контактной лучевой терапии ФГБУ РНЦРР МЗ РФ (до 2014 г. – отделении радиохирургии) на автоматизированном брахитерапевтическом комплексе «Микроселектрон HDR», оснащенный изотопом  $^{192}\text{Ir}$ , с применением планирующей системы Oncentra Brachy (Nucletron®). Алгоритм подготовки к лучевому лечению представлен на рис. 3.

Протокол первичного и повторного МР-исследования отличался по набору импульсных последовательностей и времени исследования (см. табл. 1). Таким образом, время, затраченное на МР-исследование во время повторного планирования, составляло от 9 до 12 мин.

На МР-томограммах, кроме стандартного анализа состояния органов малого таза, оценивали расположение и размер влагалища, определяли состояние его стенок (толщину, интенсивность сигнала), паракольпийной клетчатки и клетчатки таза, измеряли толщину ректо-вагинальной и везико-вагинальной

**Рис. 4. МР-томограммы органов малого таза, состояние после комбинированного лечения по поводу рака тела матки T1N0M0, рецидив в куполе культы и в/3 влагалища**

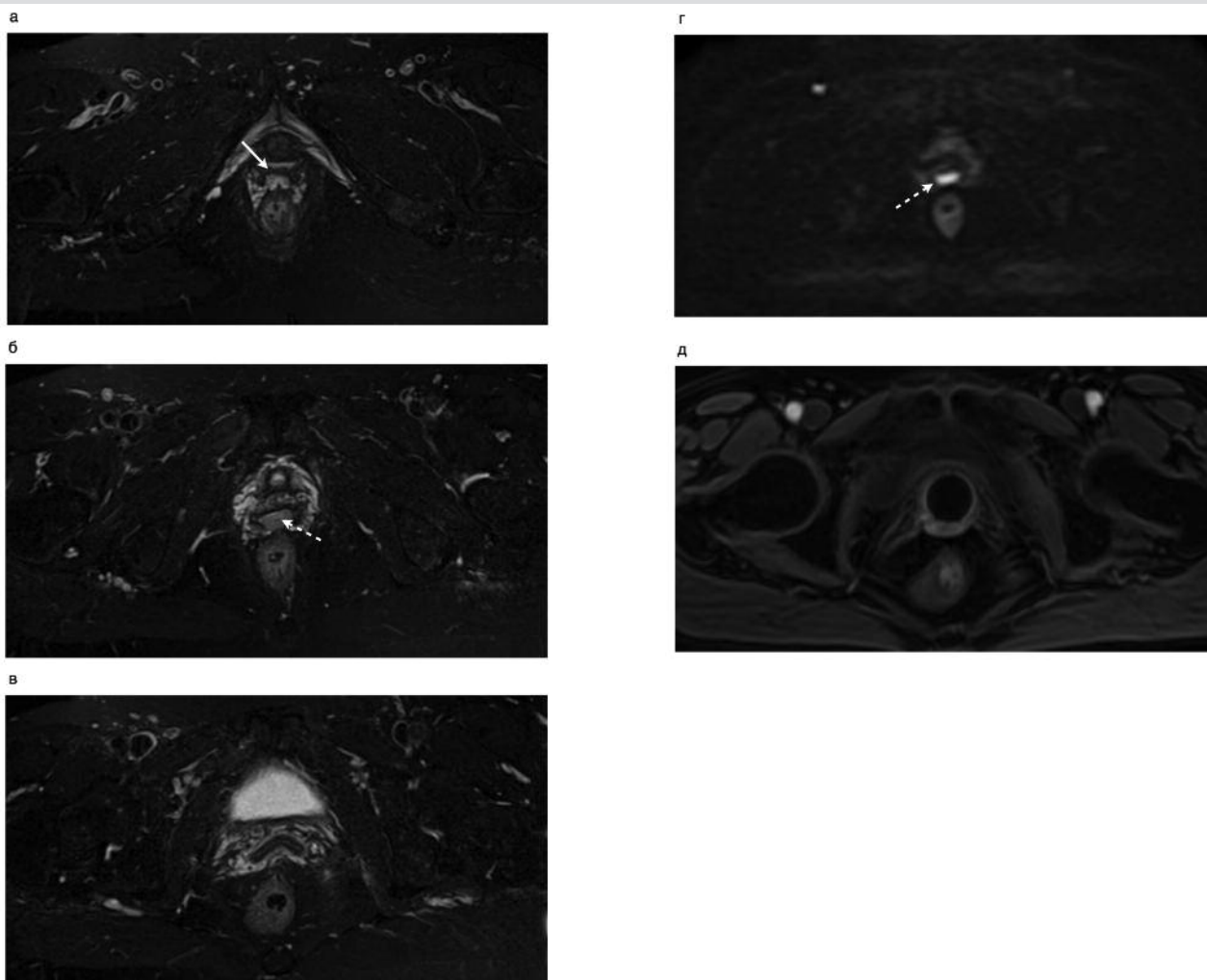
а – Т2 ВИ в аксиальной проекции; б – Т2 в коронарной проекции; в – Т2 ВИ в сагитальной проекции. На всех сканах определяется неоднородное циркулярное утолщение стенки верхней трети влагалища и наличие объемного образования в проекции купола культы (белая стрелка). На изображениях а и б дополнительно визуализируется тяжесть прикультевой клетчатки, – признаки инвазивного процесса (пунктирная стрелка).



перегородок, наличие объемных образований и увеличенных лимфатических узлов малого таза. При планировании брахитерапии, согласно рекомендаций Международного Комитета по Радиационным Единицам ICRU №50 и 62, касающихся терапевтических объемов, необходимых для трехмерного планирования всех видов облучения [16], на серии МР-сканов производили оконтуривание непосредственно опухоли (Gross Tumor Volume, GTV), CTV – Clinical Target Volume – клинического объема мишени, включавшего в себя опухоль (GTV) и области субклинических проявлений; PTV – Planning Target Volume – планируемый объем мишени – объем облучения, необходимый и достаточный для облучения требуемой дозой всего объема CTV; OAR – organ-at-risk органов высокого риска радиационного повреждения: мочевой пузырь, прямая кишка, ректосигмоидный отдел кишки. Также с помощью системы планирования проводилась реконструкция излучающих систем-катетеров, задавались позиции и время расположения источника излучения в катетерах. В дальнейшем проводилась компьютерная об-

**Рис. 5. МР-томограммы органов малого таза, состояние после комбинированного лечения по поводу рака эндометрия I B стадии по FIGO, pT1vNoMo, рецидив в средней трети влагалища**

а – T2fat sat ВИ в аксиальной проекции на уровне нижней трети влагалища четко прослеживается неизменная стенка влагалища, гипоинтенсивная структура W-образной формы соответствует сохраненной мышечной ткани (белая стрелка); б – T2fat sat ВИ в аксиальной проекции на уровне средней трети влагалища, визуализируется дефект (прерывание) циркулярного мышечного слоя влагалища с наличием объемного солидного образования с гиперинтенсивным МР-сигналом (пунктирная стрелка); в – T2fat sat ВИ в аксиальной проекции на уровне верхней трети влагалища, без патологии; г – DWI b=1000, Isotropic, аксиальная проекция на уровне средней трети влагалища, отмечается зона повышенного МР-сигнала в проекции опухоли с признаками ограничения скорости диффузии (пунктирная стрелка); д – артериальная фаза динамического контрастного усиления (DCE) с внутривенным аппликатором (кольпостатом), аксиальная проекция на уровне опухоли, определяется четкая локализация опухоли – задняя стенка – и повышенное накопление парамагнетика в ткани опухоли (пунктирная стрелка)



работка данных, получение суммарных дозных распределений и их оптимизация по гистограммам доза–объем (DVH).

### Результаты и обсуждение

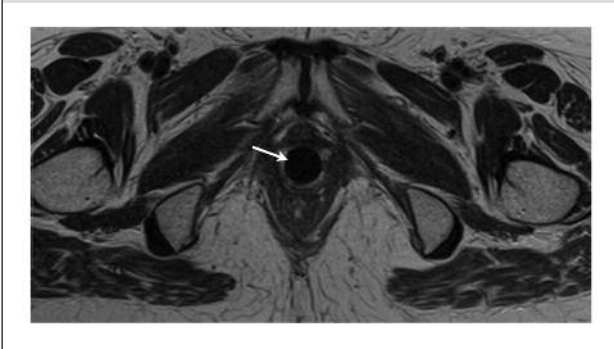
По результатам анализа МР-томограмм пациенток с установленным опухолевым поражением влагалища (n=65) больные были разделены на группы по зонам преимущественного опухолевого поражения влагалища (см. табл. 2).

Наибольшую группу составили женщины с поражением верхней трети влагалища и его сводов – 22 (33,8%), из них у 18 больных был верифицирован влагалищный вариант местнораспространенного рака шейки матки, у 2 – рак эндометрия IIIb стадии и у 2 пациенток определялся первичный рак влагалища с изолированным поражением верхней трети. Отдельно выделена группа пациенток с поражением купола культи влагалища, которым ранее проводилось хирургическое или комбинированное лечение по поводу рака. В данную группу вошли 20 (30,8%) пациенток, у большинства из них выявлялось поражение паравагинальной клетчатки.

МР-семиотика опухолевого поражения верхней трети влагалища у неоперированных больных характеризовалась отсутствием четко визуализируемых стенок сводов влагалища в виду их инфильтрации опухолевым процессом. При этом отмечалась потеря зональной дифференцировки стенки влагалища, ее утолщение и появление неоднородных опухолевых масс в просвете влагалища, по интенсивности соответствующих первичной опухоли (чаще умеренно гиперинтенсивные на T2ВИ и T2fat sat относительно неизменной гипоинтенсивной стромы шейки матки). При изолированном поражении переднего, заднего или боковых сводов определялась умеренная асимметрия верхней трети влагалища за счет деформации и компрессии ее объемным образованием. Гипо/гиперинтенсивные тяжи в окружающие ткани определялись при распространении процесса на паравагинальную клетчатку.

Опухолевое поражение купола культи и верхней трети влагалища у оперированных пациенток манифестировало на МР-томограммах в большинстве случаев появлением среди гипоинтенсивных фиброзных тканей культи влагалища участка гипер-

Рис. 6. МР-томограммы органов малого таза, состояние в процессе лучевой терапии по поводу первичного рака вульвы с распространением на влагалище, ограниченного слизистой оболочкой. Т2ВИ в аксиальной плоскости с кольпостатом на уровне нижней трети влагалища. Убедительных данных за объемное образование не получено. Визуализация сохраненных тканей между кольпостатом (стрелка), уретрой и прямой кишки.



интенсивного сигнала на Т2ВИ и T2 fat sat ВИ (в основном гипоинтенсивного на Т1ВИ), умеренно повышено накапливающего контрастный препарат при динамическом контрастном усилении солями гадолиния и характеризующегося низким коэффициентом диффузии (ИКД) (в среднем  $0,95 \times 10^{-3}$  мм<sup>2</sup>/с) (рис. 4). При объеме опухоли более 1 см<sup>3</sup> отмечалась асимметрия культи влагалища. Неровный контур и спикурообразные тяжи в окружающую клетчатку были признаками вовлечения в процесс паравагинальной клетчатки.

Особую трудность у этой группы пациентов составляла дифференциальная диагностика фиброзных изменений и отека в куполе культи влагалища с начальными проявлениями продолженного роста опухоли, которые требовали в ходе выполнения мультипараметрического МРТ анализа Т2ВИ, T2 fat sat, DWI, динамического контрастного усиления. При комплексном МР-исследовании фиброзно-спайочные изменения купола культи влагалища (n=54, 45,4%) характеризовались наличием гипоинтенсивных тяжей от культи влагалища в прилежащие ткани, в первую очередь – к петле сигмовидной кишки и к стенкам таза, резко сниженным МР-сигналом во всех исследуемых последовательностях. МР-семiotика фиброзных изменений купола культи влагалища характеризовалась наличием зоны гипоинтенсивного МР-сигнала в Т2ВИ и Т1ВИ вокруг тканевой культи, без признаков нарушения скорости диффузии и накоплением парамагнетика преимущественно в венозную и отсроченную фазу контрастного усиления.

Опухолевое поражение средней трети влагалища было диагностировано в 7 (10,7%) наблюдениях. В 71% случаев был диагностирован первичный рак влагалища, у 29% – изолированное метастатическое поражение данной зоны. Наиболее достоверным МР-критерием опухолевого поражения стенки средней трети влагалища являлось ее утолщение и нарушение послойной дифференцировки за счет исчезновения гипоинтенсивной циркулярной структуры мышечного слоя (рис. 5а). Во всех случаях в просвете влагалища определялась зона измененного (чаще повышенного) МР-сигнала в Т2ВИ и T2 fat sat, соответствующая объемному образованию (рис. 5б).

Критерием интактности стенки мочевого пузыря, уретры и прямой кишки являлось наличие четко прослеживаемой жировой прослойки между измененной стенкой влагалища и окружающими тканями,

что соответствует данным литературы [4, 5, 7, 13]. Наиболее информативными для оценки этого критерия в наших исследованиях явились комплексный анализ одновременно Т2ВИ и Т1ВИ в сагиттальной проекции и использование аксиальной проекции, ориентированной строго перпендикулярно оси влагалища, которые позволяли исключить частичный объемный эффект, дающий ложноположительный результат при использовании стандартных протоколов. При динамическом контрастном усилении во всех случаях определялось интенсивное накопление парамагнетика циркулярно утолщенной стенкой влагалища, преимущественно в венозную и раннюю отсроченную фазу, в период между 40 и 140 с после введения парамагнетика (рис. 5д).

Опухолевое поражение нижней трети влагалища определялось в 13 (20%) случаях, в том числе у 6 (46%) больных в виде изолированных метастазов гинекологического рака, у 5 (38,5%) больных – при местном распространении рака вульвы и у 2 (15,4%) больных – с первичным раком влагалища.

Эта зона явилась наиболее трудной для МР-визуализации и оценки ввиду ее более выраженной продольной складчатости и разнообразия нормы индивидуального строения. Следует отметить, что при разметке стандартных аксиальных проекций при МРТ органов малого таза в зону исследования зачастую нижняя треть влагалища не попадает. Учитывая эти особенности, обязательным условием сканирования влагалища является использование такой разметки, при которой нижним краем поля обзора будет ягодичная складка. При этом, благодаря контрастированию просвета влагалища за счет введения внутривагинального эндовагинального аппликатора, появляется возможность детальной визуализации стенок влагалища в нижней трети при динамическом контрастном усилении и объективизации оценки влагалищных структур, вовлечения в процесс прилежащих тканей со сложной анатомией – уретры, вульвы, анального сфинктера (рис. 6).

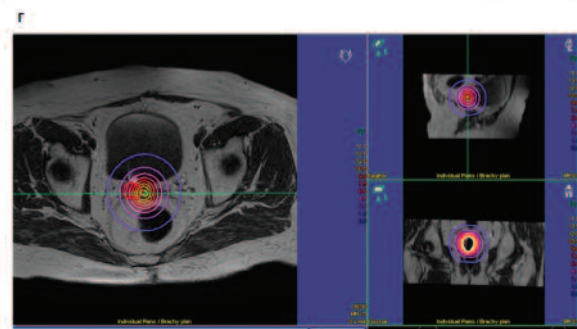
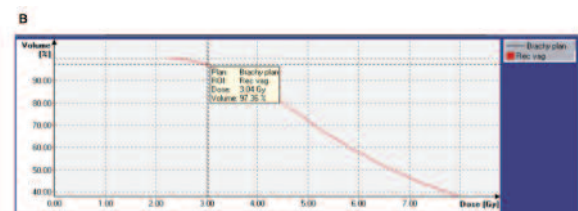
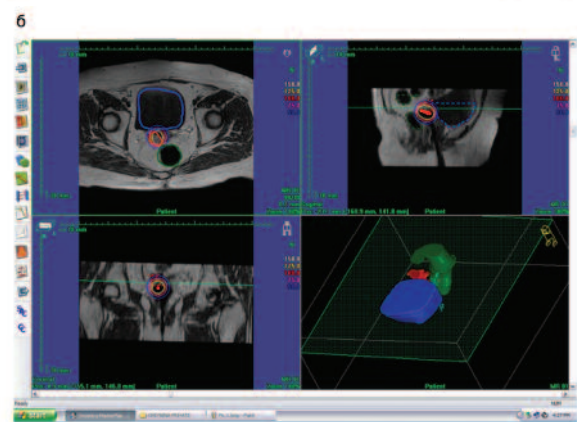
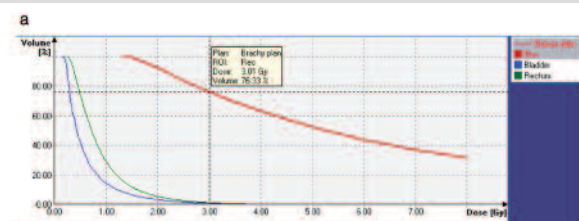
В исследовании были включены также пациентки (6,1%) с морфологически подтвержденным опухолевым поражением влагалища, ограниченным слизистой. К сожалению, в ходе нашего исследования патогномичных МР-признаков данного вида поражения ни в одной последовательности не было установлено.

У 21 (32,3%) больной с размером опухоли во влагалище более 5 мм в аксиальной проекции было произведено измерение коэффициентов диффузии в ткани опухоли до начала курса сочетанной лучевой терапии и через 2–4 нед после его окончания. При анализе параметрических диффузионных карт во всех случаях после проведенного лечения был установлен подъем измеряемого коэффициента диффузии (ИКД) относительно исходных значений. Значения ИКД до начала курса лучевой терапии варьировали в пределах от 0,65 до 1,86 мм<sup>2</sup>/с  $\times 10^{-3}$  мм<sup>2</sup>, при средних показателях  $0,95 \times 10^{-3}$  мм<sup>2</sup>/с (рис. 5г). После курса лучевой терапии ИКД в среднем повысился на 25–70% и составил  $1,25 \times 10^{-3}$  мм<sup>2</sup>/с (при разбросе от 0,9 до  $2,4 \times 10^{-3}$  мм<sup>2</sup>/с). При этом повышение ИКД более чем на 30% свидетельствовало о достижении клинического эффекта. При морфологической оценке течения опухолевого процесса через 4–8 нед после лучевого лечения у больных с такой динамикой ИКД элементов опухоли в материале не было обнаружено.

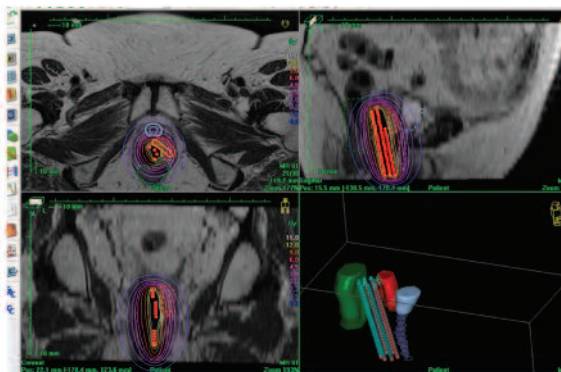
С целью объемного 3D-планирования брахитерапии выполнено 56 МР-исследований 31 пациентке (47,7%) (средний возраст  $58 \pm 4,4$  года) с первичными

**Рис. 7.** Выбор аппликатора и объемное МР-планирование параметров контактного облучения на основании гистограмм доза-объем (DVH). Пациентка с рецидивом рака шейки матки в куполе культи влагалища

а – DVH при использовании аппликатора Флетчера: D100 охватывает только 76% объема «мишени»; б – пример оконтуривания и объемное 3D планирование при использовании аппликатора Флетчера; в – DVH при использовании вагинального аппликатора: D100 охватывает 97,3% объема «мишени»; г – пример оконтуривания и объемное 3D планирование при использовании вагинального аппликатора. В данном случае для брахитерапии был предпочтен вагинальный аппликатор.



**Рис. 8.** Объемное МР-планирование параметров контрастного облучения при использовании индивидуального излучающего устройства: индивидуальный 8-канальный вагинальный аппликатор диаметром 30 мм, пациентка с первичным раком влагалища, локализованного изолированно по передне-левой стенке



но тщательного расчета резервов толерантности и в силу их ограниченности – облигатного применения различных методов локальной радиомодификации.

При комплексном УЗ-исследовании границы опухоли, доступные для оконтуривания, визуализировались в 62,5% случаев; при КТ-томографии – в 37,5%, в то время как по данным мультипараметрической МРТ, дифференцировать границы удалось во всех случаях.

У 8 (25,85%) пациенток сравнительный анализ планов облучения по гистограммам доза-объем, сформированным на основе данных МР-топометрии с различными аппликаторами, позволил выбрать оптимальный вариант стандартного аппликатора (рис. 7). У 4 (12,9%) больных потребовалось создание индивидуального излучающего устройства (рис. 8).

У 13 (41,9%) леченых после 3–5 сеансов брахитерапии при вагинальном осмотре были зафиксированы клинические признаки половинной и более регрессии размеров опухолевого очага. При повторной КТ-топометрии ни в одном случае не удалось зафиксировать значимое (более 10%) изменение таргетного объема, причем в большинстве случаев – вследствие невозможности провести четкое оконтуривание его границ. Использование данных динамической МР-топометрии позволило во всех случаях провести оконтуривание новых границ опухолевого очага. Сокращение таргетного объема составило в среднем 37,4% (19,7–72,3%), что явилось основанием для репланирования и существенной коррекции планов облучения с редукцией на 15–44% суммарных очаговых и на 32–76% – максимальных очаговых доз в уретре, задней стенке мочевого пузыря и передней стенке прямой кишки.

## Выводы

Оптимизированный протокол мультипараметрической магнитно-резонансной томографии, с определенным набором импульсных последовательностей и последовательным анализом T2ВИ, T2 fat sat ВИ, диффузионно-взвешенного изображения и динамического контрастного усиления с использованием оригинального МР-совместимого эндовагинального аппликатора позволяет детально оценить состояние стенок влагалища и окружающих структур на всем его протяжении, дать полную характеристику расположения, размеров и структуры опухолевого очага, установить взаимосвязь опухоли с близко расположенными органами и структурами,

и метастатическими опухолями влагалища. Всем пациенткам ранее в различные сроки проводилась дистанционная лучевая терапия с концентрацией СОДэкв 46–60 Гр в зоне предполагаемого брахитерапевтического воздействия; 75% больных, включенных в исследование, получали терапию цитостатиками в платиносодержащих режимах.

Планируемый курс брахитерапии носил первичный характер только у 10 пациенток; во всех остальных случаях (n=21) брахитерапия планировалась повторно. В 7 случаях контактное облучение в данной зоне ранее проводилось более двух раз, у 4 пациенток, помимо лучевого воздействия, использовалась фотодинамическая терапия, что требовало особен-

что расширяет возможности как первичной и дифференциальной диагностики опухолевого поражения влагалища, так и оценки динамики опухолевого процесса в ходе специализированного лечения опухолей малого таза.

Полученные данные о прямой корреляции процента подъема измеряемого коэффициента диффузии в опухоли и клинических результатов свидетельствуют о перспективах использования диффузионной МРТ в оценке эффективности проводимого консервативного лечения при опухолевом поражении влагалища и требуют дальнейшего изучения на объемном клиническом материале.

Оптимизация протоколов МР-топометрии в рамках планирования и мониторинга контактного облучения первичных и метастатических опухолей влагалища расширяет границы применения метода у контингента больных, не подлежащих ранее специальному противоопухолевому лечению, без усугубления риска развития тяжелых повреждений прилежащих полых органов.

## Литература

1. Бохман Я.В. Руководство по онкогинекологии. С-Пб: Медицина, 2002; 544. / Bohman Ja.V. Rukovodstvo po onkoginekologii. S-Pb: Medicina, 2002; 544. [in Russian]
2. Филатова Е.И. Первичный рак влагалища. Диагностика и лечебная тактика. Практическая онкология. 2006; 7 (4): 228–235. / Filatova E.I. Pervichnyj rak vlagalishha. Diagnostika i lechebnaja taktika. Prakticheskaja onkologija. 2006; 7 (4): 228–235. [in Russian]
3. Di Donato V., Bellati F., Fischetti M. et al. Vaginal cancer. Critical Reviews in Oncology and Hematology. 2012; 81(3): 286–295.
4. Рубцова Н.А. Магнитно-резонансная томография в диагностике, планировании и оценке эффективности лечения рака шейки и тела матки. Дис. ... докт. мед. наук. М.: 2013; 216. / Rubcova N.A. Magnitno-rezonansnaja tomografija v diagnostike, planirovanii i ocenke jeffektivnosti lechenija raka shejki i tela matki. Dis. ... dokt. med. nauk. M.: 2013; 216. [in Russian]
5. Lopez C., Balogun M., Ganesan R., et al: MRI of vaginal conditions. Clin Radiol 2005; 60: 648–662.
6. Taylor M.B., Dugar N., Davidson S.E. et al. Magnetic resonance imaging of primary vaginal carcinoma. Clinical Radiology. 2007; 62 (6): 549–555.
7. Рубцова Н.А., Новикова Е.Г., Сеницын В.Е. Роль диффузионно-взвешенной магнитно-резонансной томографии в диагностике рецидивных опухолей матки. Радиология-практика, 2012; 4: 41–54. / Rubcova N.A., Novikova E.G., Sinicyn V.E. Rol' diffuzionno-vzveshennoj magnitno-rezonansnoj tomografii v diagnostike recidivnyh opuholej matki. Radiologija-praktika, 2012; 4: 41–54. [in Russian]
8. Каргополова М.В., Максимов С.Я., Берлев И.В., Бояркина М.П. и др. Хирургическое стадирование местно-распространенного рака шейки матки. Современная онкология. 2013; 2: 15: 31–35. / Kargopolova M.V., Maksimov S.Ja., Berlev I.V., Bojarkina M.P. i dr. Hirurgicheskoe stadirovanie mestno-rasprostranennogo raka shejki matki. Sovremennaja onkologija. 2013; 2: 15: 31–35. [in Russian]
9. Казумова А.А. Ультразвуковая диагностика опухолей влагалища и вульвы: Дис. ... канд. мед. наук, Обнинск, 2010; 101. / Kazumova A.A. Ul'trazvukovaja diagnostika opuholej vlagalishha i vul'vy: Dis. ...kand. med. nauk, Obninsk, 2010; 101. [in Russian]
10. Труфанов В. Г., Панов В. О.: Руководство по лучевой диагностике в гинекологии. Санкт-Петербург: ЭЛБИ-СПб, 2008: 590–592: 616. / Trufanov V. G., Panov V. O.: Rukovodstvo po luchevoj diagnostike v ginekologii. Sankt-Peterburg: JeLBI-SPb, 2008: 590–592: 616. [in Russian]
11. Туркевич Г.В. Лучевое лечение первичного и метастатического рака влагалища. Практическая онкология. 2006; 4: 236–245.
12. Blecharz P., Reinfuss M., Jakubowicz J. et al. Effectiveness of radiotherapy in patients with primary invasive vaginal carcinoma. Eur J Gynaecol Oncol. 2013; 34 (5): 436–441.
13. Chang Y.C.F., Hricak H., Thurnher S., et al: Vagina: evaluation with MR imaging. Part 2. Neoplasms. Radiology 1988; 169: 175–179.
14. Thoeny H.C., Ross B.D. Predicting and Monitoring Cancer Treatment Response with DW-MRI. J Magn Reson Imaging. 2010; 32 (1): 2–16.
15. FIGO Committee on Gynecologic Oncology, Staging classifications and clinical practice guidelines for gynecologic cancer. Int. J. Gynecol. Obst. 2000; 70: 207–312.
16. Климанов В.А. Радиобиологическое и дозиметрическое планирование лучевой и радионуклидной терапии. Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2011; 500. / Klimanov V.A. Radiobiologicheskoe i dozimetricheskoe planirovanie luchevoj i radionuklidnoj terapii. Uchebnoe posobie. M.: NIJaU MIFI, 2011; 500. [in Russian]

## Сведения об авторах;

**Крейнина Юлия Михайловна** – д.м.н., профессор РАЕН, ведущий научный сотрудник лаборатории лучевой терапии научно-исследовательского отдела инновационных технологий радиотерапии и химиолучевого лечения злокачественных новообразований ФГБУ Российский научный центр рентгенодиагностики Министерства здравоохранения России, Москва

**Нуднов Николай Васильевич** – д.м.н., профессор, заместитель директора по науке, ФГБУ Российский научный центр рентгенодиагностики Министерства здравоохранения России, Москва

**Аксенова Светлана Павловна** – младший научный сотрудник научно-исследовательского отдела новых технологий и семиотики лучевой диагностики органов и систем, ФГБУ Российский научный центр рентгенодиагностики Министерства здравоохранения России, Москва