

ОБЗОРЫ И ЛЕКЦИИ

УДК 616.65-006.6-071.4-074-073.48-073.756.8(045)

ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ ПРИ РАКЕ ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

^{1,2}А. В. Мищенко, ³Д. Л. Дубицкий, ²А. К. Носов, ²С. Б. Петров¹Научно-клинический образовательный центр «Лучевая диагностика и ядерная медицина» Института высоких медицинских технологий медицинского факультета СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия²НИИ онкологии им. Н. Н. Петрова, Санкт-Петербург, Россия³Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

THE BASICS OF MRI OF PROSTATE CANCER

^{1,2}A. V. Mishchenko, ³D. L. Dubitskii, ²A. K. Nosov, ²S. B. Petrov¹Center for Clinical Research and Education «Radiology and nuclear medicine» of Advanced Medical Technology Institute of SPb State University Medical Faculty», St. Petersburg, Russia²Scientific Research Oncology Institute named after N. N. Petrov, St. Petersburg, Russia³Military Medical Academy named after S. M. Kirov, St. Petersburg, Russia

© Коллектив авторов, 2014 г.

На основе специфики отображения при МРТ анатомо-гистологических особенностей строения предстательной железы, а также физических принципов получения соответствующих изображений представлено обсуждение возможностей основных методик МРТ в первичной диагностике рака простаты, в оценке его распространения, в стратификации риска прогрессирования и определении лечебной тактики, при сопровождении лечебных мероприятий, в контроле их эффективности, а также в раннем выявлении рецидивов.

Ключевые слова: диагностика, магнитно-резонансная томография, рак, предстательная железа.

The article discusses the possibilities of basic MRI techniques in primary prostate cancer diagnosis based on the MRI characteristics of anatomical and histological features of prostate. The assessment of prostate cancer distribution, stratification of risk for progression and the decision for treatment tactics, in accompanying of remedial actions, in treatment effectiveness monitoring and in early detection of relapses is discussed.

Key words: diagnostics, magnetic resonance imaging, cancer, prostate.

Введение. Общемировая заболеваемость и смертность от рака предстательной железы имеют достаточно впечатляющие статистические показатели [1] (рис. 1).

В России рак предстательной железы занимает лидирующие позиции на протяжении последних десятилетий. Более того, тенденция увеличения числа вновь зарегистрированных случаев заболевания и смертей от этого недуга в последние годы указывает на то, что рак предстательной железы становится одной из наиболее значимых медико-социальных проблем в России.

Однако, проводя анализ эпидемиологической ситуации в ряде стран Западной Европы и США за последние годы на фоне активной системной работы на государственном и негосударственном уровнях по профилактике и ранней диагностике рака простаты, следует упомянуть оптимистические данные [2]. Так, начиная с середины 1990-х гг. наблюдается явное

снижение количества смертей от рака простаты, однако количество случаев вновь выявленных заболеваний по-прежнему имеет существенный ежегодный

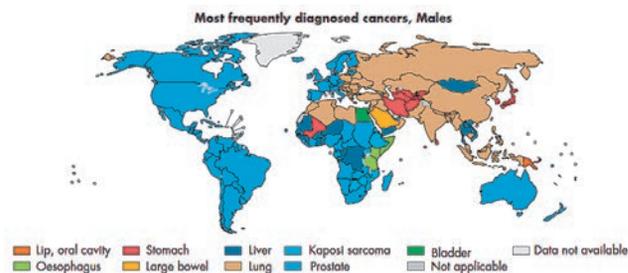


Рис. 1. Наиболее частые злокачественные поражения у мужчин в разных странах по состоянию на 2008 год (World Health Organization: Global status report on noncommunicable diseases, 2010/ WHO Press, 2011).

прирост. При этом выявленные случаи рака предстательной железы в основном представлены началь-

ными стадиями, при которых существует весьма благоприятный прогноз с учетом значимого прогресса в развитии способов лечения таких форм заболевания. Так, 5-летняя выживаемость локализованных или регионарных стадий рака предстательной железы составляет 100%, в то же время при выявлении отдаленных метастазов она снижается до 34%. Вне зависимости от стадии заболевания средняя 5-летняя выживаемость составляет 99%, 10-летняя — 92%, 15-летняя — почти 61% [2].

Для всестороннего освещения современного состояния проблемы рака простаты стоит упомянуть о проблемах лечебных технологий. Само по себе лечение этого вида рака, несмотря на достижения последних десятилетий, по-прежнему составляет многогранную проблему, один из краеугольных камней которой — диагностические трудности в раннем выявлении, точном определении стадии и прогноза прогрессирования, в том числе метастазирования опухоли. Диагностическое сопровождение лечебных мероприятий по поводу рака предстательной железы также представляет собой нерешенную проблему. Более того, на сегодняшний день лечебная тактика при раке предстательной железы может существенно отличаться не только в зависимости от объема проведенного диагностического поиска, но и от опыта конкретного врача и исторических предпочтений и оснащенности конкретного лечебного учреждения. На сегодняшний день разброс в интенсивности воздействия на пациента значителен: начиная с тактики только «выжидательного наблюдения» и/или гормональной антиандрогенной терапии, заканчивая радикальной простатэктомией (открытой, лапароскопической, роботизированной) и/или различными методиками лучевой терапии (наружная конформная или интенсивно-модулированная, внутритканевая постоянная или высокодозная брахитерапия). Также нельзя не упомянуть различные другие физические факторы воздействия, которые применяются для воздействия на опухолевые клетки в предстательной железе и метастазах: крио-, HIFU-, РЧА и другие виды абляций [4].

Как ни странно, диагностическая база при обследовании пациента по поводу предполагаемого рака простаты включает по-прежнему проверенные временем первичные методы выявления рака простаты: пальцевое ректальное исследование (ПРИ) и контроль уровня простат-специфического антигена (ПСА) в сыворотке крови. При выявлении явных или стойких отклонений обычно назначается мультифокальная (бисекстантная) биопсия простаты, как правило, под ультразвуковым наведением. Гистологическая оценка полученного материала предполагает ранжирование клеточной атипичности по шкале Глисона. Этот показатель и другие прогностические критерии составляют основу различных номограмм для распределения пациентов по группам вероятности прогрессирования или рецидивирования заболевания.

В некоторых руководствах предлагают локализованные формы рака подразделять на 3 степени риска развития метастазов и рецидивов [3]:

- 1) низкий риск (ПСА < 10 нг/мл, сумма Gleason < 6, клиническая стадия T1-T2a);
- 2) промежуточный риск (ПСА 10–20 нг/мл, сумма Gleason 7, клиническая стадия T2b или T2c);
- 3) высокий риск (ПСА > 20 нг/мл, сумма Gleason 8–10, клиническая стадия > T2c).

В других рекомендациях указываются критерии стратификации групп риска не только для локализованных стадий, в которых предлагается выделить группу с очень низким риском прогрессирования [4]:

- 1) очень низкий риск: T1c; сумма Глисона ≤ 6; ПСА < 10 нг/мл; менее 3 столбиков биопсии положительны, опухоль ≤ 50% в каждом; плотность ПСА < 0,15 нг/мл/г;
- 2) низкий риск: T1-T2a; сумма Глисона ≤ 6; ПСА < 10 нг/мл;
- 3) средний риск: T2b-T2c или сумма Глисона 7; ПСА = 10–20 нг/мл;
- 4) высокий риск: T3a или сумма Глисона 8–10; ПСА > 20 нг/мл.

При распространении опухоли за пределы железы выделяются:

- 1) локально распространенная форма (очень высокий риск прогрессирования): T3b-T4;
- 2) метастатическая: N1; M1 [4].

Последние технические новинки позволили существенно укрепить позиции МРТ в оценке локализации и стадирования. Такие новые методики, прежде всего, сводятся к получению некоторых функциональных характеристик, которые и определяют весьма ощутимую перспективу применения МРТ в решении большинства из указанных диагностических проблем.

Строение предстательной железы. Особенности формы простаты описываются в различных медицинских работах достаточно разнообразно: форма плода каштана, рожка мороженого. Наиболее упрощенно геометрическая модель простаты может быть представлена в виде усеченной четырехгранной пирамиды с широким основанием, обращенным к шейке мочевого пузыря — основание (базис) простаты [5]. Верхушка железы обращена в мышечные структуры диафрагмы таза. Соответственно граням пирамиды у предстательной железы различают переднюю, заднюю и боковые поверхности.

Зональная дифференцировка. Зональное строение предстательной железы было описано в 1960-х годах прошлого столетия в работах McNeal [5]. Согласно его исследованиям в предстательной железе различают несколько гистологических зон, которые принципиально отличаются по своему клеточному составу. При этом предстательная железа представляется как трехслойный округлый орган по типу луковицы. Транзиторная (переходная) зона — самая внутренняя и маленькая (примерно 5% клеточной массы) из них, она представляет собой подковооб-

разную субстанцию, охватывающую спереди и боков проксимальную часть простатического отдела уретры. Транзиторную зону покрывает центральная зона, которая представляет 25% объема неизменной железы. В толще центральной зоны проходят семявыбрасывающие протоки, открывающиеся в области семенного холмика уретры, область которого также окружена центральной зоной. Транзиторная и центральная зоны простаты состоят в основном из стромальных (фиброзных, гладкомышечных и протоковых) элементов железы, присутствие железистых элементов в этих зонах значительно снижено.

Самая наружная зона — периферическая, охватывает сзади и боков центральную зону в виде буквы «С» или подковы. В молодом и среднем возрасте периферическая зона имеет максимальный объем и соответствует примерно 75% объема ткани железы. При этом клеточный состав ее в основном представлен железистыми клетками [3, 5, 6].

Ввиду того, что аденокарцинома простаты развивается из железистых элементов процентное содержание этих элементов в той или иной зоне железы соответствует вероятности обнаружения рака. Согласно ранее проведенным исследованиям около 70–80% всех случаев рака простаты выявляется в периферической зоне, примерно 15–20% — в центральной и только 5–10% — в переходной [6, 7].

Следует указать, что существуют некоторые возрастные особенности, которые имеют принципиальное значение в гистологической трансформации предстательной железы. Их необходимо учитывать при интерпретации полученных изображений и проведении дифференциальной диагностики рака предстательной железы. Так, с увеличением возраста определяется увеличение объема простаты, главным образом, за счет транзитной зоны, истончение периферической зоны. Также определяются структурные изменения транзитной зоны за счет наличия округлых узлов железистой (более гидрофильных) и стромальной (менее гидрофильных) гиперплазии. Кроме того, ввиду повышения внутриклеточного давления наружу и повышения кислородного запроса растущей аденоматозной тканью, наблюдается перераспределение кровоснабжения простаты за счет относительного расширения параретрального сплетения и запустевания капсулярного, что следует иметь в виду при анализе васкуляризации простаты [3, 5, 6].

Иннервация и капсула железы. Полукольцо периферической зоны по передней поверхности железы разрывается передней фибромускулярной стромой в виде утолщенной пластинки сгруппированных фиброзных и гладкомышечных волокон, которые концентрируются по наружной поверхности железы, и часто называется капсулой [5].

Предстательная железа достаточно хорошо иннервирована, она получает импульсы как через симпатические, так и парасимпатические нервные воло-

кна. Источником симпатических нервных волокон является поясничная симпатическая сеть, пучки от которой опускаются вниз вдоль аорты и подвздошных артерий. Парасимпатические волокна отходят в виде самостоятельных обособленных стволов от корешков S₂–S₄. Попадая в полость таза, в клетчатке мочепузырно-пузырькового пространства симпатические и парасимпатические волокна образуют так называемое тазовое сплетение. Иннервация простаты осуществляется посредством сгруппированных нервных волокон, формирующих с сосудами сосудисто-нервные пучки, которые вплетаются в наружный фиброзно-мышечный слой железы (так называемую капсулу) в ее заднебоковых секторах. Гистологически как таковой капсулы предстательной железы не существует, описываемая часто в литературе «капсула» представляет собой фиброзно-мышечную сетчатую перфорированную структуру, через которую проходят множественные сосуды и нервы. От тазового сплетения также отходят множественные отдельные волокна, формирующие самостоятельные кавернозные нервы, которые опускаются дистально вдоль задней поверхности предстательной железы и имеют принципиальное значение в регуляции эректильной функции.

Структура предстательной железы при нативной МРТ. Зональная гистология простаты не может быть передана посредством T1-взвешенных изображений (T1-ВИ), так как железа представляется на них в виде однородного МР-сигнала средней интенсивности. При этом простатические зоны четко отражаются на T2-взвешенных изображениях (T2-ВИ) как отражение их гидрофильности (рис. 2).

Передняя фибромускулярная строма имеет низкую интенсивность МР-сигнала на T1-ВИ и T2-ВИ. Периферическая зона на T2-ВИ имеет высокую интенсивность МР-сигнала, которая сопоставима или выше относительно интенсивности окружающей жировой клетчатки. Наружный фибромускулярный слой (иногда называемый капсулой железы) на T2-ВИ отображается в виде тонкой полоски низкой интенсивности. Наибольшая толщина «капсулы» (до 1 мм) наблюдается в заднебоковых отделах железы, что обуславливает ее наилучшую там визуализацию [8]. Четкая визуализация «капсулы» — важнейший ориентир при оценке экстракапсулярного распространения (экстензии) опухоли простаты.

Системы координат, или «карта простаты». Наиболее упрощенная система координат предстательной железы — так называемая секстантная карта, которая разделяет железу на 6 областей: по 2 (справа и слева) на каждом из трех уровней (основание, средняя часть, верхушка) [9]. Такая система использовалась для весьма приблизительной ориентировки при проведении пункционной биопсии предстательной железы, при этом согласно современным представлениям она не может повысить эффективность планирования локального

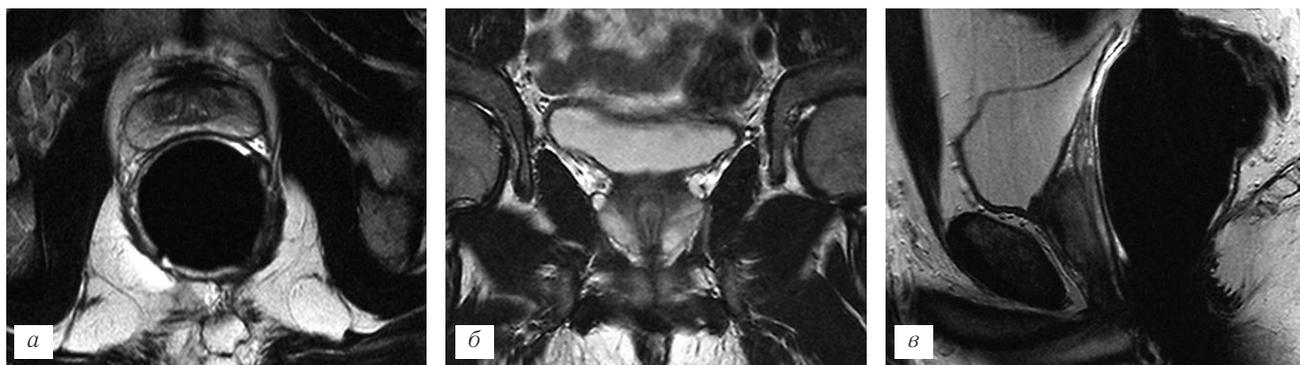


Рис. 2. Нативная МРТ: Т2-ВИ в аксиальной (а), корональной (б) и сагиттальной плоскостях (в). Четкое отображение зональной дифференцировки, капсулы железы.

лечебного воздействия. Так называемая бисектантная карта предстательной железы, которая отражает стандартную технологию проведения трансректальной пункционной биопсии из 12 вколов, также является весьма условной для описания точной локализации выявленных изменений [10].

Сравнительно недавно предложена универсальная система, основанная на радиальном принципе кодирования изменений (рис. 3).

вине радиуса железы. Семенные пузырьки делятся на медиальный, средний и наружный сегменты.

Согласно описанной выше системы координат (рис. 3), к наружному фиброзно-мышечному слою подходят сосудисто-нервные пучки в секторах 5 и 7 часов. Как указано ранее, сосуды и нервы пенетрируют «капсулу», что создает своеобразные каналы для экстрапростатического распространения опухоли. Однако, несмотря на более точное геометричес-

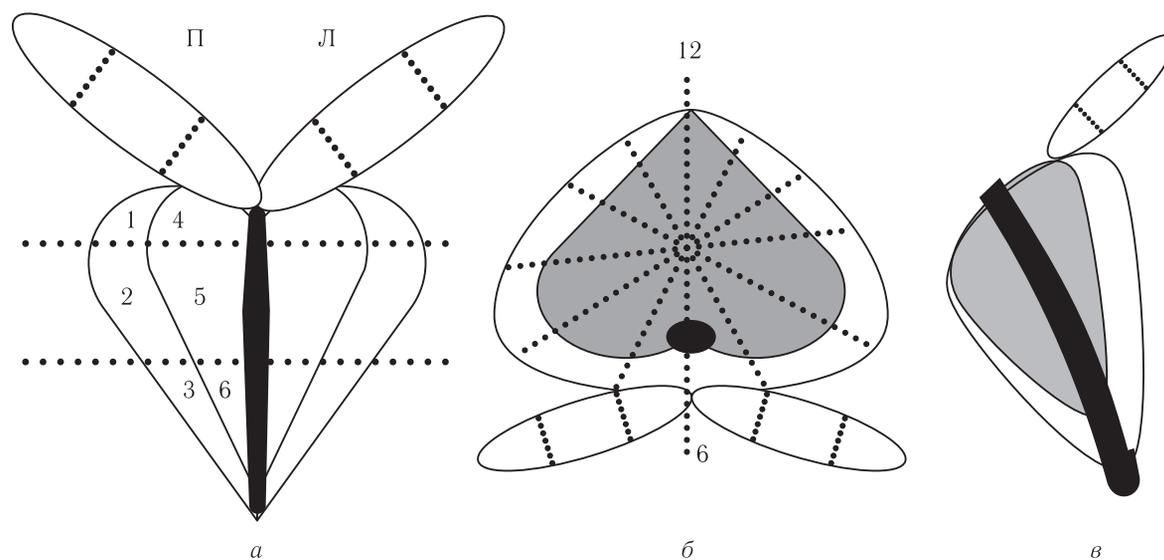


Рис. 3. Система координат регистрации изменений в предстательной железе и семенных пузырьках: корональный (а), трансверсальный (б) и сагиттальный (в) виды [7].

Ее суть заключается в том, что в аксиальном (поперечном) сечении предстательная железа представляется в виде карты секторов условного циферблата, что многие исследователи рекомендуют использовать как один из параметров своеобразной системы координат. Другим параметрами служат расстояние от верхушки железы, а секторы условного циферблата, особенно при больших размерах, разделяются на внутреннюю половину и наружную относительно радиуса [7]. Таким образом, любой значимый по объему участок может быть закодирован в виде своеобразной формулы. Например, формула: 1,5/6–7/2 будет обозначать, что участок находится на уровне 1,5 см выше верхушки, занимает сектор 6–7 часов условного циферблата и располагается в наружной поло-

кое отражение любых очаговых или ограниченных поражений предстательной железы, к недостаткам данной системы можно отнести относительность привязки таких изменений к анатомо-гистологическим особенностям строения железы.

Исходя из этого, крайне перспективной может рассматриваться система гистоанатомической карты железы, которая подробно описана в ряде последних Европейских рекомендаций по поводу применения МРТ при раке простаты (рис. 4). Согласно данной системе предлагается использовать специальную шаблон-схему предстательной железы, делящую ее на 16 или на 27 областей (рис. 4, а, б) [11].

К недостаткам такой концепции следует отнести ограничение ее использования при описании изме-

нений деформированной железы гиперпластическим процессом, при аномалиях (кистозных дисплазиях), поствоспалительного рубцевания и атрофии, после проведенных инвазивных воздействий (трансуретральной резекции, абляции), когда гистологическая привязка может быть затруднительной ввиду стертости структурных отражений при визуализации.

дела уретры более четко определяется на Т2-ВИ за счет визуализации дополнительного мышечного слоя сниженной интенсивности (рис. 5).

Семявыносящие протоки визуализируются в виде тонких гипоинтенсивных на Т2-ВИ и Т1-ВИ тяжей дугообразно расположенных в полости малого таза, начиная от наружного отверстия пахового канала до

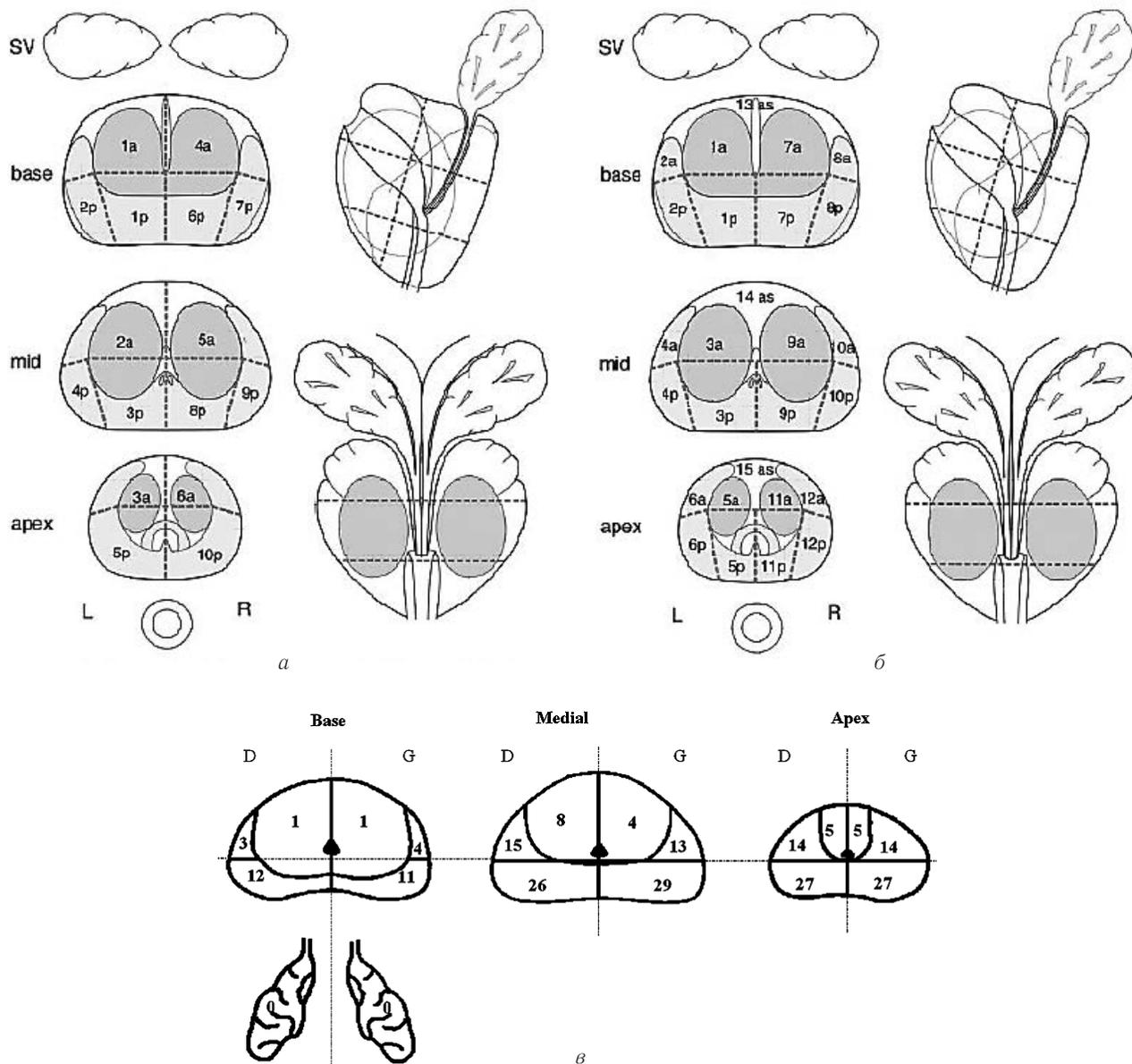


Рис. 4. Схема-карта предстательной железы сегментирования на 16 (а) и 27 (б) [11] или 20 (в) [12] сегментов.

Уретра, семенные пузырьки и протоки. Визуализация проксимальной части простатического отдела уретры (выше семенного холмика) часто затруднительна по причине менее выраженной толщины мышечного слоя и более крутого изгиба, что затрудняет получить ее перпендикулярное сечение. Семенной холмик достаточно хорошо визуализируется на Т2-ВИ в аксиальной и коронарной плоскостях из-за более широкого ее диаметра и более выраженной толщины слизистой оболочки, что определяется в виде повышенной интенсивности МР-сигнала. Дистальная часть простатического от-

основания предстательной железы, где располагаясь медиальнее семенных пузырьков, входят в ткань простаты. Здесь же происходит слияние семявыносящего протока с выводным протоком семенного пузырька, после чего формируется семявыбрасывающий проток, открывающийся в простатическом отделе уретры в области семенного холмика. Семенные пузырьки представляют собой гофрированный многократно перегнутый проток с просветом около 5–10 мм с тонкой гипоинтенсивной стенкой. Семенные пузырьки отходят латерально и вверх от основания предстательной железы (рис. 5).

При этом следует заметить, что размеры пузырьков у молодых пациентов варьируют в широких пределах в зависимости от их функционального состояния, у пациентов с 50 до 70 лет имеется тенденция к увеличению их объемов, а после 70 лет наблюдается их прогрессирующее уменьшение [6, 7, 13].

Более 95% случаев рака предстательной железы развиваются из ацинарных клеток и клеток простатических протоков. Согласно специфическим гистологическим паттернам, степень анаплазии может различаться, что предложено Глисоном в виде специфической градации. В соответствии с системой

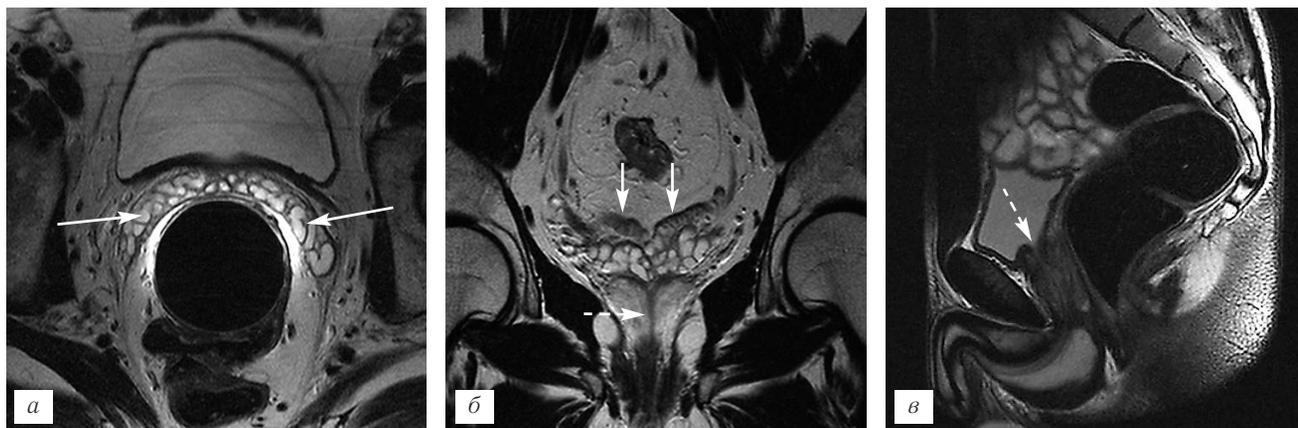


Рис. 5. Нативная МРТ: T2-ВИ в аксиальной (а), корональной (б) и сагиттальной плоскостях (в). Четкое отображение семенных пузырьков, семявыносящих протоков (стрелки) и уретры (пунктирные стрелки).

Диагностика рака предстательной железы. По-прежнему, основу диагностики карциномы предстательной железы составляют признаки: стойкое повышение уровня сывороточного ПСА; выявление уплотнения ткани железы при пальцевом ректальном исследовании. Уровень сывороточного ПСА выше 4 нг/мл расценивается как повышенный. Тем не менее, в некоторых исследованиях показано, что более чем в трети случаев выполненных биопсий при нормальных цифрах ПСА выявлен рак предстательной железы, и наоборот, 70–80% пациентов с повышенным уровнем ПСА (более 4 нг/мл) не имели рака предстательной железы. По этой причине ведутся исследования по повышению специфичности лабораторных тестов на основе ПСА при выявлении рака простаты: уровень дериватов ПСА, плотность ПСА, скорость ПСА, возрастнo-специфичный референтный уровень ПСА, изоформы ПСА, процент свободного ПСА [14].

Трансректальная пункционная биопсия под ультразвуковым наведением — универсальный признанный метод верификации рака предстательной железы. Мультифокальный (бисекстантный) ее вариант позволяет взять образцы тканей из 12 и более точек, что существенно повышает выявляемость рака предстательной железы по сравнению с секстантным ее вариантом [10, 14].

По различным данным, при повышении уровня ПСА от 4 до 20 нг/мл вероятность выявления рака предстательной железы составляет около 25%, при мультифокальном варианте биопсии она значительно повышается — до 40–45%. При стабильном повышении ПСА еще около 10% случаев рака предстательной железы может быть выявлено при проведении повторной и прицельной биопсии [6, 14, 15].

Глисона доминирующая степень анаплазии и вторая по частоте встречаемости образуют так называемую сумму, которая и характеризует конкретный гистологический тип, определяющий степень агрессивности опухоли. Высокодифференцированные опухоли имеют сумму Глисона менее 6 и часто соответствуют хорошему прогнозу заболевания. Опухоли с суммой Глисона более 8 являются случаями с плохим прогнозом с высоким риском рецидивирования и прогрессирования заболевания. Опухоли с суммой Глисона 6–7 имеют переменную вероятность прогрессирования и рецидивирования [15].

Использование номограмм (Partin, D'Amico, Kattan и других) позволяет существенно улучшить точность в прогнозировании риска «лечебной неудачи» по сравнению с ориентировкой только на один-единственный критерий. Такие номограммы передают общую вероятность, но не специфический риск в каждом конкретном случае. С целью повышения эффективности использования данных пункционной биопсии для определения локального распространения опухоли предлагается обязательно учитывать: число положительных столбиков, объем опухолевой ткани в каждом из них, локализацию наибольшего по объему опухолевого столбика [14–16].

Визуализация при МРТ может существенно помочь в определении риска «лечебной неудачи» (так называемой стратификации риска). Использование данных эндоректальной МРТ совместно с предложенными номограммами может существенно повысить их значение в диагностике и лечении локализованных стадий рака предстательной железы [16].

Определение стадии. Стадирование рака предстательной железы основано на градации объема

поражения самой простаты, поражения регионарных лимфатических узлов и наличия отдаленных метастазов. Наибольшее распространение получила система TNM, последняя, 7-я редакция которой вышла в 2010 году. Изменения в предстательной железе согласно этой системе кодируются буквой «Т» [4, 6, 20]:

Tx — опухоль не может быть оценена.

T0 — нет доказательств опухоли.

T1 — клинически данные неявные, не пальпируется и радиологически не визуализируется:

T1a — случайная гистологическая находка $\leq 5\%$ резецированной ткани;

T1b — случайная гистологическая находка $>5\%$ резецированной ткани;

T1c — выявлена при тонкоигольной биопсии (по поводу повышении PSA).

T2 — ограничена предстательной железой:

T2a — $\leq 1/2$ одной доли;

T2b — $>1/2$ одной доли;

T2c — обе доли.

T3 — за капсулу железы:

T3a — экстракапсулярно (одностороннее или двустороннее);

T3b — в семенной пузырьке (один или оба).

T4 — фиксация или инвазия в соседние структуры кроме семенных пузырьков (шейка мочевого пузыря, наружный сфинктер, прямая кишка, мышцы, стенка таза).

Изменения в регионарных лимфатических узлах шифруются буквой «N»:

Nx — регионарные лимфатические узлы не были характеризованы.

N0 — нет поражения регионарных лимфатических узлов.

N1 — имеются метастазы в регионарные лимфатические узлы.

Отдаленные метастазы кодируются буквой «M»:

M0 — нет отдаленных метастазов.

M1 — имеются отдаленные метастазы.

M1a — нерегионарные лимфатические узлы.

M1b — метастазы в кости.

M1c — метастазы другой локализации с или без костных метастазов.

Именно стадирование является основополагающим процессом для определения прогноза заболевания и соответственно тактики лечения и последующей оценки его эффективности. Существует определенный парадокс: несмотря на высокую актуальность проблемы лечения рака предстательной железы, количество публикаций, посвященных роли прогностических моделей, относительно невысоко. Это объясняется тем, что в таких исследованиях число пациентов в группах должны быть достаточно высоким, вместе с тем в них высок показатель смертности, не связанной с основным заболеванием, так как средний возраст обследованных пациентов в таких группах крайне пожилой или старческий.

Методики МРТ при раке предстательной железы.

Традиционная МРТ. Современный клинический стандарт, который выполняется с применением эндоректальной и поверхностной катушек на МРТ-аппаратах с индукцией магнитного поля 1.5 и 3.0 Тл. Общеизвестно, что использование эндоректальной катушки существенно повышает пространственное разрешение, особенно на 1,5-тесловых аппаратах. Это является принципиальным в первичной диагностике: дифференциальной диагностике, оценке локализации и интратригастического распространения опухоли, минимального поражения капсулы железы и семенных пузырьков.

Несмотря на то, что МРТ является наиболее показательной в визуализации опухолевого поражения предстательной железы из всех современных визуализационных технологий, для диагностики рака предстательной железы МРТ все же используется не так широко из-за ее низкой специфичности. «Классическим» признаком аденокарциномы периферической зоны признается зона сниженной интенсивности МР-сигнала на T2-ВИ, что легко визуализируется на фоне неизменной железистой ткани с высокой интенсивностью МР-сигнала. Однако снижение интенсивности МР-сигнала от периферической зоны является низкоспецифичным паттерном и может наблюдаться при ряде ситуаций, не связанных с опухолевым поражением, таких как варианты развития простаты, поствоспалительные изменения, постбиопсийные кровоизлияния, трансформация на фоне антиандрогенной терапии или пострадиационный фиброз [3, 7, 11, 13].

И поэтому, согласно выводам большинства научных публикаций, технологии традиционной МРТ при выявлении рака предстательной железы обязательно должны быть дополнены одной из следующих функциональных методик: диффузионно-взвешенные изображения (ДВИ) или динамическое контрастное усиление (ДКУ) [13, 17]. Эти методики, по мнению меньшего числа исследователей, могут быть дополнены использованием магнитно-резонансной спектроскопии (МРС) [3, 7, 11]. Каждая из этих методик имеет свои преимущества и недостатки, поэтому оптимальное использование морфологических и функциональных методик в различных клинических ситуациях на сегодняшний день требуют дальнейшего анализа и уточнения.

Традиционная МРТ в оценке рака предстательной железы основана на использовании протоколов импульсных последовательностей с получением T1- и T2-взвешенных изображений.

Как правило, T1-ВИ самостоятельного диагностического значения не имеют, их получают с целью базовой характеристики МР-сигнала для выявления фоновых изменений, характерных для участков геморрагии. Кроме того, на T1-ВИ достаточно хорошо визуализируются очаговые метастатические поражения костей таза и позвоночника, а также визу-

ализируется увеличение пораженных лимфатических узлов, особенно на фоне их повышенной гидрофильности (отека). Постбиопсийные геморрагические изменения могут существенно исказить сигнальные характеристики от предстательной железы, семенных пузырьков и от окружающей клетчатки, что может даже имитировать опухолевое поражение (рис. 6).

И поэтому рекомендация об отсрочке МР-исследования на 6–8 нед после проведенной биопсии является единственным способом сохранить высокую информативность МРТ [3, 7, 11, 13].

ния периферической зоны простаты, что важно учитывать в случаях деформации железы на фоне выраженных гиперпластических изменений. Для 1,5-тесловых аппаратов пространственное разрешение должно быть достаточно высоким (не более 0,3–0,5 мм при толщине среза не более 3 мм), при этом не рекомендуется снижать TR ниже 4500 мс при TE, находящимся около 100 мс [3, 13, 18].

Экстрапростатическая экстензия, как правило, хорошо визуализируется на T2-ВИ в виде специфических признаков: протяженный контакт опухоли и капсулы, деформация контура капсулы, асимметрия

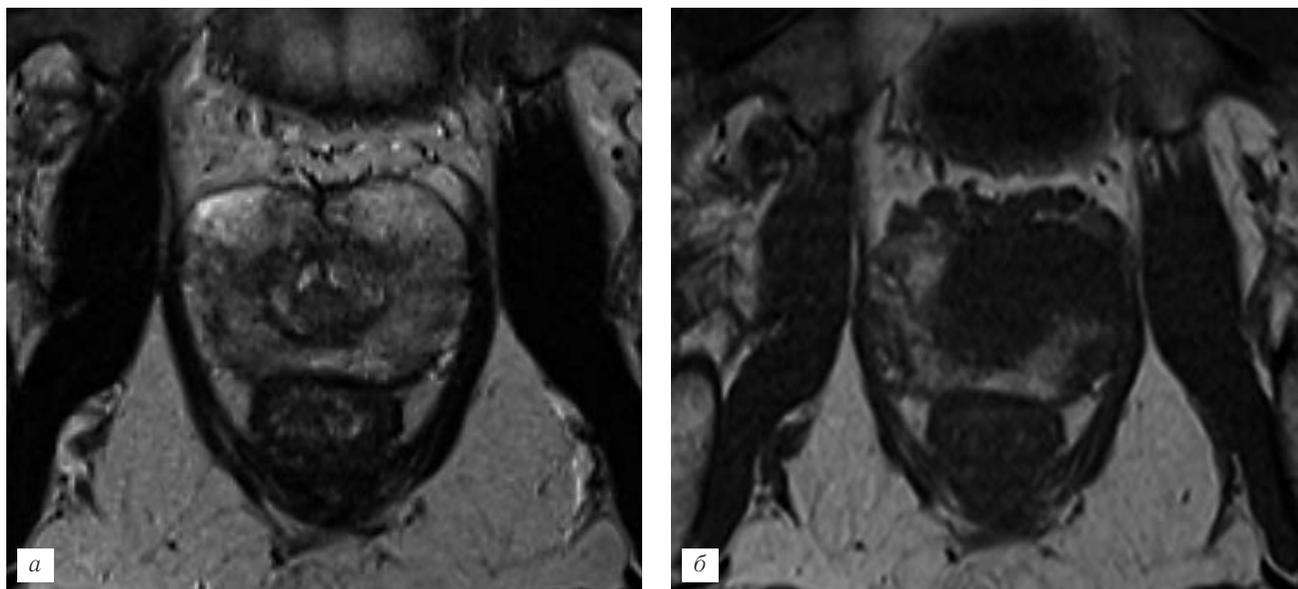


Рис. 6. Нативная МРТ: T2- (*а*) и T1-ВИ (*б*) в аксиальной плоскости: периферическая зона неоднородная, умеренно сниженного МР-сигнала (*а*) и гиперинтенсивного МР-сигнала (*б*) — подострая стадия кровоизлияния. Состояние после биопсии предстательной железы (3 нед назад) — негативный результат (нет гистологического подтверждения рака).



Рис. 7. Нативная МРТ (T2-ВИ в аксиальной плоскости) разные наблюдения рака предстательной железы. Признаки распространения опухоли за пределы капсулы: отсутствие визуализации капсулы и опухолевая инфильтрация сосудисто-нервного пучка (*а* — стрелки), протяженный контакт опухоли и капсулы асимметрия сосудисто-нервного пучка (*б* — стрелки), внеорганный тканевой компонент и облитерация простаторектального угла (*а, б*), деформация контура капсулы (*б, в* — стрелка), асимметричная выпуклость контура простаты с фрагментарной потерей ее контура (*б, в*).

Многослойные T2-ВИ с высоким пространственным разрешением на основе спинового эха являются основой для выявления рака предстательной железы. T2-ВИ получают в трех взаимно перпендикулярных плоскостях (аксиальной, корональной и сагиттальной) относительно особенностей расположе-

сосудисто-нервного пучка, асимметричная выпуклость контура простаты с фрагментарной потерей ее контура, явный экстракапсулярный компонент опухоли в виде облитерации простаторектального угла и опухолевой инфильтрации сосудисто-нервного пучка [3, 16, 19] (рис. 7).

При анализе T2-ВИ везикулярная инвазия может проявляться различными признаками: асимметричное расширение семенного пузырька, локальное снижение содержимое семенного пузырька, облитерация паравезикулярных углов. При этом типично выявление опухоли в основании предстательной железы [3, 13].

Следует отметить, что методика ДКУ по пиковым характеристикам контрастного усиления и методика ДВИ по повышению МР-сигнала на ДВИ (800–1000 с/мм²) и снижением ИКД выявляют более достоверно выявляют признаки вторичной ин-

многовоксельного сбора данных, при котором информация о метаболическом составе получается от одного или нескольких срезов [18, 22]. Эта методика позволяет предоставлять информацию о концентрации метаболитов в трехмерном пространстве и наглядно может показывать многоочаговый характер поражения предстательной железы опухолью.

При МРС резонансные частоты основных метаболитов предстательной железы несколько различаются (холин — 3,2 ppm; креатин и полиамины — 3,0 и 3,1 ppm; цитрат — 2,6 ppm для 1.5-тесловых МР-томографов), что позволяет на современных аппаратах по-

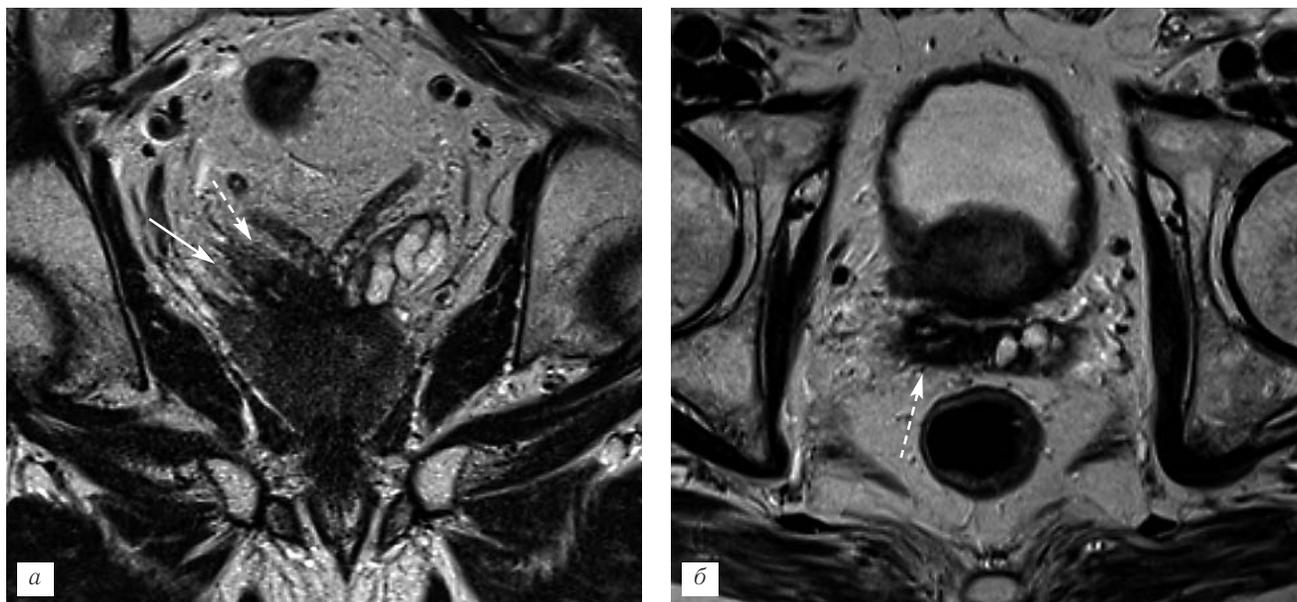


Рис. 8. Нативная МРТ: T2-ВИ в корональной (а) и аксиальной (б) плоскостях. Инвазия семенных пузырьков и семявыносящих протоков (больше справа). Капсула простаты не прослеживается в области основания справа (а — стрелка), с наличием минимально выраженного парапростатического опухолевого компонента (экстензия). Стенка правого семенного пузырька значительно утолщена (пунктирные стрелки). Левый семенной пузырек с минимальной инвазией. Пациент Р., 72 лет. Общий ПСА 11,3 нг/мл. Аденокарцинома предстательной железы Gleason 7 (4+3), T3bN0M0.

вазии семенного пузырька [12, 20, 21]. При планировании лечебной тактики важным критерием является сохранность дистального сфинктера уретры и интактность шейки мочевого пузыря. Выявление признаков соприкосновения опухоли в области верхушки (основания — в случае шейки мочевого пузыря) железы и мышц диафрагмы таза (мышечного слоя стенки мочевого пузыря), нарушение их структурности и патологическое контрастирование является основанием для предположения об инвазии дистального сфинктера уретры или шейки мочевого пузыря. Использование МРТ для диагностики рецидива опухоли после проведенной радикальной простатэктомии также показало высокую ее эффективность.

МР-спектроскопия. Спектроскопия — это оценка относительного содержания различных химических соединений в исследуемом объекте (образце). В настоящее время для широкого использования в отношении простаты предложена технология получения специальных изображений на основе трехмерного химического сдвига. МРС простаты выполняется с использованием протокола

лучить разнесенные в пространстве соответствующие пики спектрограммы. Даже имеющееся незначительное наложение пиков холина, креатина и полиамидов на 1.5-тесловых аппаратах не снижает диагностической ценности получаемой метаболической информации в выявлении рака предстательной железы.

Многочисленными исследованиями показано, что неизменная железистая ткань простаты активно продуцирует цитрат и полиамины. В то же время в очагах аденокарциномы уровни концентрации цитрата и полиаминов заметно снижаются. Клетки аденокарциномы характеризуются активным трансмембранным транспортом и метаболизмом фосфолипидов, повышенной клеточной плотностью, что объясняет высокую концентрацию в них холина. Поэтому отношение холина к цитрату повышено в очагах аденокарциномы. Однако ввиду близости пиков креатина и холина на спектрограммах большинства 1.5-тесловых аппаратах в клинических условиях часто измеряют отношение: (Cho+Cr)/Ci [3, 7, 11, 18, 22].

Качество трехмерных МР-спектроскопических данных существенно зависит от эффективности

процессов жир- и водоподавления в процессе сбора информации. Поэтому производителями предложены различные способы достижения этого (PRESS, BASINS, Spectral-Spatial Pulse и др.) [22, 23]. Кроме того, существуют некоторые правила, соблюдение которых может существенно повысить качество получаемой МР-спектроскопической информации. Во-первых, использование T2-ВИ в трех взаимно перпендикулярных плоскостях относительно основной оси простаты для лучшего позиционирования объема сбора спектроскопической информации, а также пассивного отсекающего окружающей

«жировой клетчаткой и газом в кишке. В-третьих, четкость МР-спектроскопического объема повышается путем использования 90° и 180° импульсов Shinnar-Le Roux или посредством расширения ширины диапазона спектрально-пространственного 180° импульса, которые снижают ошибки регистрации химического сдвига. В-четвертых, для снижения контаминации МР-сигнала на периферии простаты производится расстановка специальных «отсекателей» (сатураторов) МР-сигнала по границе предстательной железы и автоматическое его усиление до 30% [22–24].

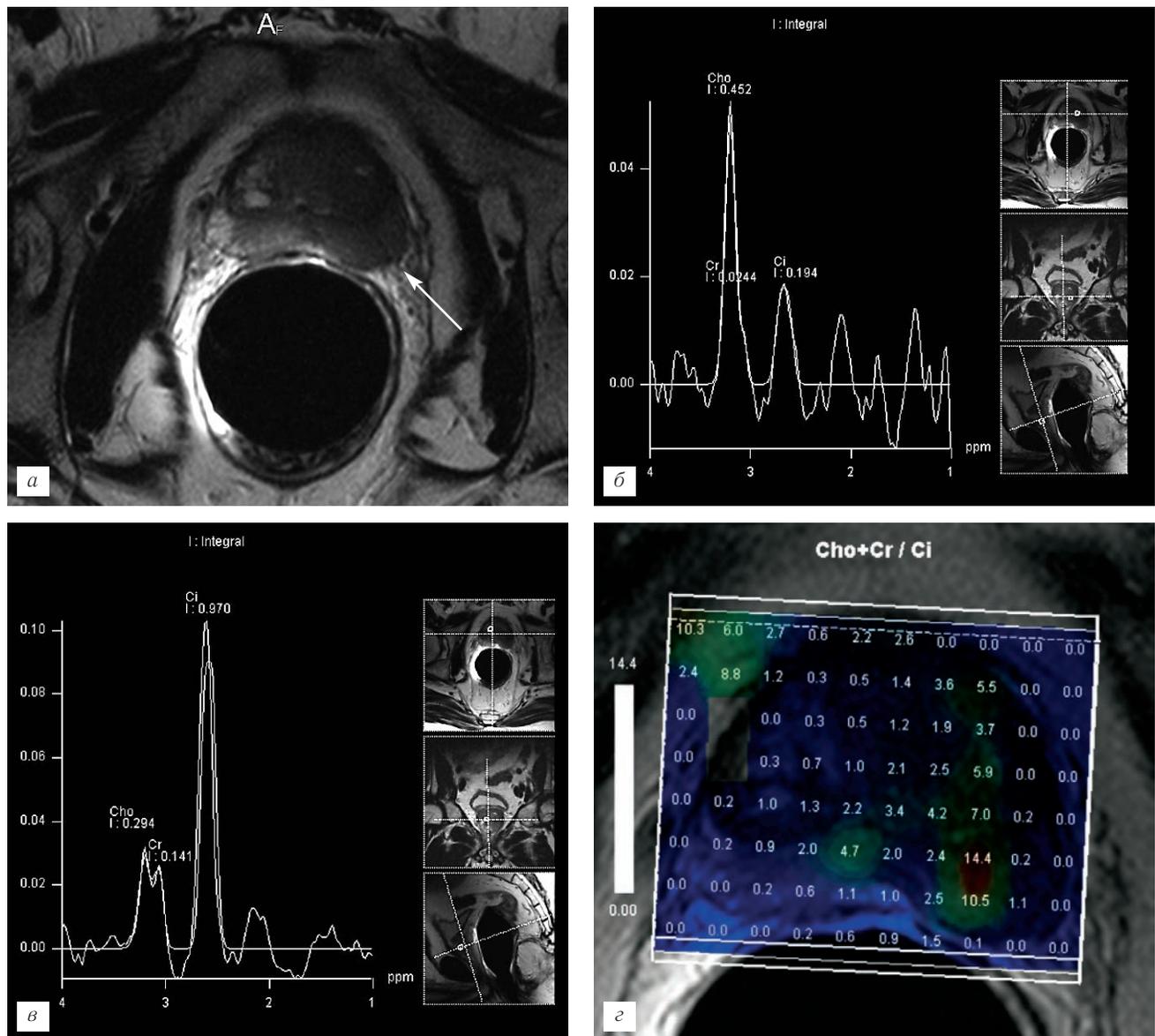


Рис. 9. МРТ: T2-ВИ в аксиальной плоскости (а), МР-спектрограммы вокселей в зоне опухоли (б) и неповрежденного участка (в), карта отношения (Cho+Cr)/Ci (z). В опухоли (а — стрелка) — значительное повышение количества холина и креатина со снижением содержания цитрата (сравните: б, в). Отношение Cho+Cr/Ci в опухоли — до 14,4 (z). Пациент С., 62 лет. Общий ПСА 8,1 нг/мл. Адинарная аденокарцинома предстательной железы Gleason 6(3+3), T3bN0M0.

жировой ткани и газа в ампуле прямой кишки для снижения возможных артефактов. Во-вторых, высокая селективность импульсов для выбранного объема МР-спектроскопии, так как периферическая зона простаты окружена источниками «загряз-

Обычно данные представляются в виде фазо-кодированной пространственной решетки с минимальным пространственным разрешением до 0,24–0,5 см³. В зависимости от объема простаты размер матрицы может варьировать, но в среднем

используется 1024 вокселей (16×8×8), при этом рекомендуемые показатели TR/TE=1000/120. Это отражается на времени сбора, которое составляет около 15 минут для 1,5-тесловых машин. Существующее программное обеспечение позволяет сразу на станции самого аппарата провести обсчет и представление данных в виде наложения спектроскопической (пиковой или цифровой) решетки на соответствующие T2-ВИ, а также выполнить цветное картирование МРС-матрицы [3, 7].

В настоящее время разработаны несколько программных продуктов, которые представляют собой автоматические стандартизованные системы ранжирования МР-спектроскопии для диагностики рака предстательной железы. Системы основаны на первичной оценке отношений уровней (Cho+Cr)/Ci и последующем сопоставлении отношения сигнал/шум, Cho/Ci, Cho/Polyamide [3, 11] (рис. 9).

Программа автоматически присваивает спектральному вокселю значение шкалы от 1 до 5. В такой шкале 1 балл соответствует заключению: «признаков рака не найдено», 2 балла — вероятность рака простаты низкая; 3 — вероятность средняя; 4 — вероятность высокая и 5 — крайне высокая вероятность рака простаты. Применение таких шкал показало высокую эффективность в выявлении рака простаты, при выявлении вокселей с суммой 4–5 специфичность достигает 89,3%, чувствительность — 93% [3, 23].

Многочисленные одноцентровые исследования показали существенное улучшение результатов выявления, оценки локализации интрапростатических изменений, представлений об агрессивности аденокарциномы простаты в тех случаях, когда использовались данные МР-спектроскопии [7, 22, 24]. Кроме того, согласно некоторым исследованиям данные МР-спектроскопии могут помочь в представлении истинного объема опухоли, вероятности экстракапсулярной экстензии, прогноза ответа радиотерапии и вероятности рецидива после радиотерапии или прогрессирования на фоне антиандрогенной терапии [22, 25–27]. Однако недавнее мультицентровое исследование, проведенное под эгидой American College of Radiology, показало, что использование МР-спектроскопии не дает существенного повышения информативности по сравнению с МРТ без учета данных МРС в локализации рака предстательной железы периферической зоны [9].

И поэтому на сегодня клиническими показаниями для использования МР-спектроскопии в комплексе мультипараметрической МРТ следует считать определение стадии, стойкое повышение уровня ПСА при негативном результате биопсии, планирование радиотерапии, обследование пациентов из группы активного наблюдения [3, 9, 11].

МР-спектроскопия является технически перспективной методикой с некоторыми техническими недостатками и клиническими ограничениями (длитель-

ность сбора информации, артефактами после биопсии, трудностями в оптимальном шиммировании и адекватного водо/жиро-подавления). Кроме того, для оптимизации постпроцессинга МР-спектроскопии необходимо ручная индивидуальная регулировка, которая часто не может быть выполнена базовым пакетом программ обработки МР-спектроскопических данных, персонал должен иметь достаточный и постоянный опыт работы с такими программами.

Диффузионно-взвешенные изображения. ДВИ используется как дополнение при выявлении и локализации рака простаты. Она основана на принципе хаотичного теплового перемещения атомов водорода, входящих в состав молекул воды, в пределах исследуемых тканей. Здоровая ткань предстательной железы демонстрирует потерю МР-сигнала, в это же время участки сокращенного перемещения молекул воды, такие как плотно сгруппированные опухолевые клетки, проявляют минимальную потерю МР-сигнала, и поэтому имеет яркое отображение на сырых ДВИ особенно высокого фактора. С применением высоких градиентов методика ДВИ быстро доказала свою эффективность в диагностике рака простаты. ДВИ позволяет получить как качественную, так и количественную информацию, которая является отражением повышения клеточной плотности и целостности клеточных мембран. Использование ДВИ позволяет рассчитывать измеряемый коэффициент диффузии (ИКД), который характеризует скорость диффузионных процессов в ткани предстательной железы. Количественный анализ на основе ИКД легко воспроизводим с помощью станции самого сканера, так и специального пакета любых специализированных станций анализа МР-изображений. Скорость и длина теплового перемещения протонов сокращается в опухолевой ткани, соответственно снижается ИКД [28–30]. После получения ДВИ и ИКД-карт, которые показывают уровни ИКД в каждом вокселе, возможно их совмещение с T2-ВИ (рис. 10).

Сырые ДВ-изображения между собой различаются по b-фактору (измеряется в $\text{с}/\text{мм}^2$), который является отражением силы градиента диффузии. На ДВИ различная скорость процессов тепловой диффузии отражается в виде участков различной яркости. Сырые ДВИ получают с различными факторами диффузии (b), ИКД-карта генерируется из ДВИ с использованием воксельной привязки математического расчета сопоставления сырых ДВИ с различными факторами диффузии. Сокращение скоростных показателей диффузии от участков опухолевого поражения простаты находит отражение в виде высокой интенсивности МР-сигнала (зоны высокой яркости) на сырых ДВИ и соответствующих зон сниженного ИКД в виде «темных» очагов [28, 29].

ДВИ могут быть получены с использованием различных методик. Наибольшее распространение получила технология одиночного возбуждения при эхо-планарных последовательностях с сохранением

прежнего уровня среза как T2-ВИ (TR/TE=5000/75). Диффузионные кодирующие градиенты используются как биполярные пары со значениями b равными 0, 60–100 и 800–1000 с/мм² с регистрацией в трех направлениях в рамках одного аксиального среза толщиной в пределах 4–5 мм при пространственном разрешении 1,0–2,0 мм [3, 29, 30].

продуцирует факторы, способствующие образованию новых сосудов и повышению их проницаемости по сравнению с нормальными сосудами [12, 32].

Паттерны раннего и более выраженного контрастного усиления и ускоренного вымывания контрастного препарата из зоны опухолевой ткани позволяют дифференцировать ее от неизменной ткани

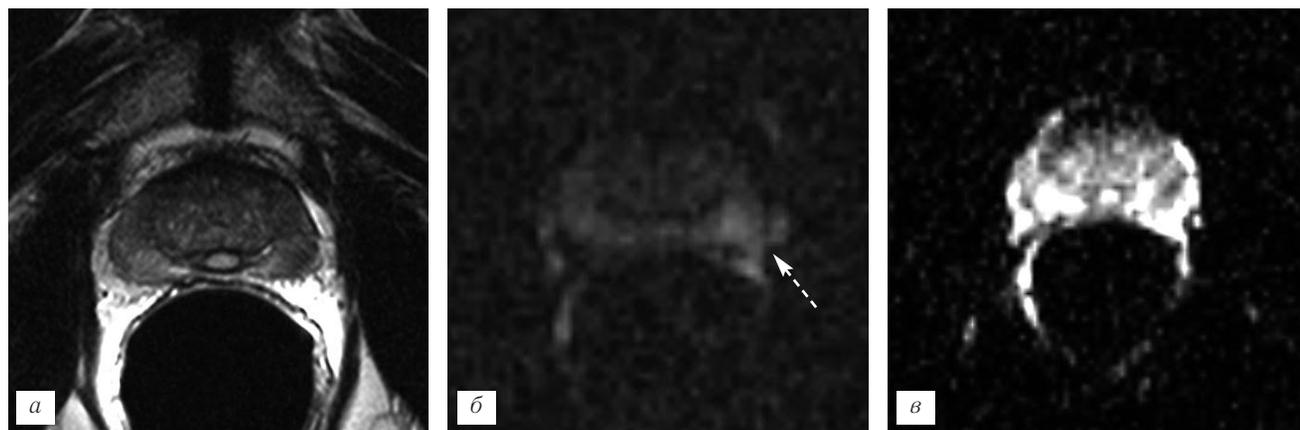


Рис. 10. МРТ: T2-ВИ в аксиальной плоскости (а), ДВИ 1000 с/мм² (б), суммационная карта ИКД (в). На T2-ВИ снижение интенсивности МР-сигнала от периферической зоны диффузно-очагового характера (а), дифференциальная диагностика: воспаление, фиброз, опухоль. На ДВИ 1000 с/мм² — участок повышенного МР-сигнала (б — стрелка), на карте ИКД снижение до $0,43 \times 10^{-3}$ мм²/с — опухоль (в). ИКД в контрлатеральном участке периферической зоны правой доли — $0,79 \times 10^{-3}$ мм²/с (фиброзно-воспалительные изменения). Пациент Д., 56 лет. Аденокарцинома предстательной железы Gleason 7(4+3) T2aN0M0. ДГПЖ.

В настоящее время ведется активное обсуждение вопросов наиболее приемлемых значений b -фактора при использовании ДВИ в диагностике рака простаты. Последние исследования свидетельствуют об эффективности использования ДВИ с высоким b -фактором (1000–2000 с/мм²) [3, 13, 29, 31].

Имеются сведения, что ИКД-карта может быть неспецифичной из-за ее вариабельности тканевой диффузии, основанной на различном клеточном окружении [28], другие исследования показали ее эффективность в выявлении рака простаты в комбинации с T2-ВИ [3, 7, 13, 17, 20, 31]. При сопоставлении результатов использования комбинации T2-ВИ и ДВИ в диагностике рака простаты врачами с различным опытом и изолированных T2-ВИ были получены результаты специфичности 88–89% против 77–79%, а чувствительности — 78–88% против 67–74% [7, 31].

К преимуществам ДВИ относят короткое время сбора данных и простота выполнения методики, относительно невысокую чувствительность к возникновению артефактов движения, восприимчивости и химического сдвига. Неоспоримое достоинство методики ДВИ — возможность количественной характеристики ткани (неизменной и опухолевой).

Динамическое контрастное усиление. В сравнении с другими функциональными МР-последовательностями опыт использования ДКУ не так велик, однако интерес к использованию этой методики неуклонно растет. Принципы ДКУ основаны на выявлении признаков опухолевого неангиогенеза. Опухоль

простаты, которая характеризуется медленным накоплением и длительным удержанием контрастного препарата по причине более широкого межклеточного пространства (рис. 11).

Применяя специальные алгоритмы математического анализа графиков интенсивность/время, возможно получить перфузионные характеристики на основе контрастного усиления, такие как среднее время транспорта (mean transit time — МТТ), поток крови (blood flow), суммарная проницаемость по площади (permeability of the surface area), объем интерстициального пространства (interstitial volume). Данные критерии являются наиболее показательными характеристиками при дифференциальной диагностике опухолевой ткани [33, 34]. Скорость формирования относительного пика усиления — наиболее точный перфузионный параметр в выявлении рака как в периферической зоне, так и в центральной области железы [3, 7, 13, 35]. В некоторых исследованиях показано, что отображение параметра притока контрастного препарата — более точный критерий выявления рака предстательной железы периферической зоны по сравнению с эффективностью изолированного использования T2-ВИ [13, 35].

Однако согласно тем же данным в отношении рака центральной локализации имеется существенное перекрытие значений притока контрастного препарата для неопухолевой ткани и аденокарциномы [7, 13, 35].

На сегодняшний момент не существует стандартного протокола ДКУ при МРТ простаты, но имеется единодушное мнение о том, что ДКУ должно выпол-

няться с использованием сверхбыстрого сбора данных [33–35]. Трехмерная последовательность получения сверхтонких срезов на основе градиентного эха дает возможность получать изображения от всей области простаты за несколько секунд. Обычно протокол предполагает получение доконтрастной серии

стратегия кардинально меняется после постановки окончательного диагноза, поэтому целесообразно выделить две стратегии диагностики: «долечевная» и «стратегия наблюдения» [3, 7, 11].

В рамках «долечевой стратегии» можно выделить две тактики: «тактика стратификации» (выявление

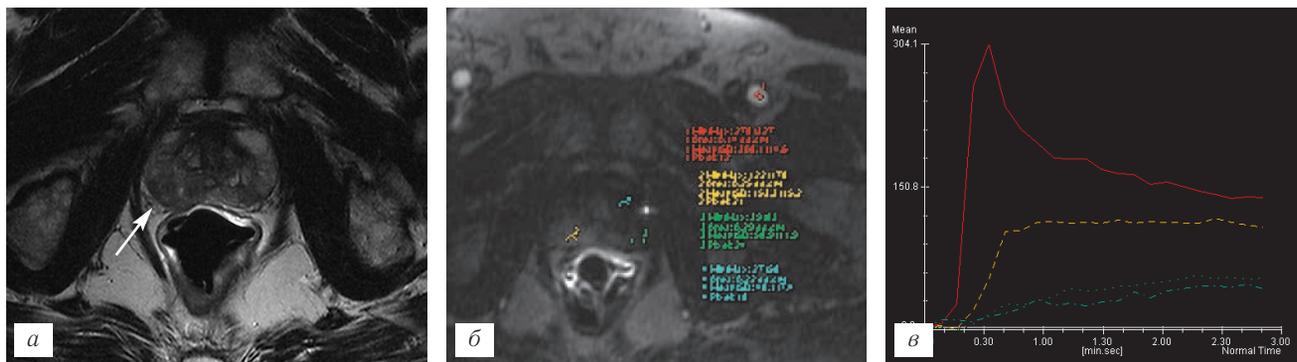


Рис. 11. МРТ: T2-ВИ в аксиальной (а), ДКУ: «сырое» T1-ВИ в аксиальной плоскости (б) и график время/концентрация (в). Диффузно-очаговое снижение интенсивности МР-сигнала от периферической зоны (а — стрелка). Дифференциальный диагноз: опухоль или фиброзно-воспалительные изменения. При МРТ-ДКУ участок в правой доле гиперваскулярен (в, желтый график). Пациент Г., 61 год. Аденокарцинома предстательной железы Gleason 6(3+3), T2cN0M0.

и несколько серий после внутривенного болюсного контрастирования (0,1 ммоль/кг; 3,0–4,0 мл/с; TA=240–300 с; временное разрешение не более 10–15 с, толщина среза до 4 мм с разрешением 0,7–1,0 мм) [3, 13].

Использование различных перфузионных параметров помогает определить локализацию рака простаты из всего объема полученной информации. Повоксельная оценка временных кривых контрастного усиления позволяет получить количественную характеристику зон повышенного контрастирования. Большая площадь под динамической кривой (интеграл) является одним из надежных признаков опухолевой ткани [34]. Кроме того, как отражение количественного фармакокинетического анализа возможно построение перфузионных карт с наложением на соответствующие T2-ВИ.

В то же время необходимо помнить о градациях рака простаты по Глисон, которые по-разному отображаются на ДВИ и при МРТ-ДКУ. В некоторых работах показано, что высокодифференцированные опухоли (Глисон 2–5) могут иметь неявные признаки, которые не дают возможности дифференцировать их от участков фиброзных или воспалительных изменений [7, 13, 34].

Стратегии и тактики МРТ при раке простаты. МРТ является составной частью лечебно-диагностического процесса, и рассматривать целесообразность использования различных ее методик необходимо неотрывно от конкретной клинической ситуации и стоящих диагностических задач. Как было изложено выше, диагностические вопросы могут принципиально отличаться соответственно концепции «ведения пациента» на различных этапах: выявление, стадирование, оценка риска, лечение и наблюдение после его проведения. Диагностическая

и стадирование заболевания) и «тактика планирования лечения». В рамках «тактики стратификации» выделяют две группы пациентов.

1. Группа с низким риском прогрессирования заболевания и ограниченной ожидаемой продолжительностью жизни (в некоторых руководствах — менее 5 лет [4], другие указывают в качестве такого критерия возраст пациента более 75 лет [3]). Пациентам этой группы рекомендуется придерживаться выжидательно-наблюдательной лечебной тактики. В этих случаях целесообразно применение полного набора мультипараметрической МРТ: нативная МРТ с эндоректальной катушкой, ДВИ, ДКУ и МРС, для всесторонней характеристики опухолевого процесса и последующего контроля над ним с целью раннего выявления прогрессирования.

2. Группа с высоким риском прогрессирования заболевания и значительной продолжительностью жизни, пациентам которой рекомендуется придерживаться активной лечебной тактики. Пациентам из этой группы целесообразно применение сокращенного набора мультипараметрической МРТ: нативная МРТ с эндоректальной катушкой и ДВИ, с целью оптимизации стадирования.

В процессе реализации тактики «планирования лечения» пациенты подразделяются на две группы: группа «локального лечения», подразумевающего абляционные технологии, группа «тотального воздействия» — простатэктомия и лучевая терапия. Для группы «локального лечения» используют полный набор мультипараметрической МРТ (эндоректальная МРТ, ДВИ, ДКУ и МРС) — для последующего контроля с целью раннего выявления рецидивирования или прогрессирования. Для группы «хирургического лечения» придерживаются «тактики стратификации» с высоким риском прогресси-

рования. При планировании лучевой терапии может использоваться информация любого варианта «тактики стратификации», однако принципиальным является проведение МРТ без применения эндоректальной катушки с использованием протоколов сканирования с получением Т2-ВИ с изотропическим вокселем (1,0 мм).

В реализации «стратегии наблюдения» можно выделить две тактики использования МРТ: «тактика первичной оценки лечения» и «тактика поиска локального рецидива». Цель проведения «первичной оценки лечения» — максимальное соответствие принципу радикальности. Применяется такая тактика при использовании абляционных методик локального лечения и брахитерапии. В этих случаях, как правило, используют протоколы сканирования с получением Т2-ВИ с изотропическим вокселем для оценки расположения брахигранул в ткани железы и постконтрастные Т1-ВИ для выявления гиповаскулярных зон абляции.

«Тактика поиска локального рецидива» может быть реализована в группе пациентов, подвергшихся радикальному хирургическому лечению, у которых целесообразно применение нативного сканирования с эндоректальной катушкой и динамического контрастирования. Раннее обнаружение рецидивирования основано на выявлении тканевых образований или локальной гиперваскулярности в клетчатке таза в ложе удаленной железы и семенных пузырьков, увеличенных лимфатических узлов, очагов поражения костей таза. В случае оставления железы и проведения наружной лучевой или андрогенной терапии применяют все технологии мультипараметрической МРТ (Т2-ВИ с эндоректальной катушкой, ДВИ, ДКУ и МРС) для выявления минимальных изменений, которые могут соответствовать рецидиву опухоли.

«Тактика поиска метастазов» с целью поиска диссеминированных изменений в различных областях и тканях организма занимает особое положение, она может быть применена как на долечевом, так

и на этапе наблюдения при соответствующих клинических показаниях. Выявлены критерии, которые значительно повышали риск формирования отдаленных метастазов: при Т1 — если ПСА > 20 нг/мл; при Т2 — если ПСА > 10 нг/мл; при сумме Глисона > 8; если > Т3). «Тактика поиска метастазов» предполагает проведение с целью поиска метастатического поражения скелета. До недавнего времени эту задачу решали с использованием сцинтиграфии скелета. Однако в последнее время активное развитие получила технология МРТ сканировании всего тела с использованием Т1-ВИ (корональная плоскость для таза и поясничного отдела позвоночника и сагиттальная плоскость для шейного и грудного отделов при толщине среза до 3 мм) и ДВИ (те же плоскости сканирования, толщина среза 3–4 мм и разрешение до 2,5–3,0 мм; b=0; 600). При отсутствии технологии ДВИ возможна замена ее на Т2-ВИ с жироподавлением (STIR) с теми же плоскостями сканирования [3, 7, 13]. Использование других технологий для поиска метастазов в костные структуры считается нецелесообразным.

Таким образом, каждая из методик МРТ имеет свои преимущества и недостатки. Использование традиционных Т2-ВИ ограничено определенными клиническими случаями. Комбинация морфологических и функциональных методик приводит к повышению эффективности МРТ в обследовании пациентов с предполагаемым раком простаты или в различных клинических ситуациях с уже доказанным раком. Однако принципиальным в понимании методики проведения и интерпретации высококачественных функциональных технологий получения МР-изображений может стать мультидисциплинарный разбор данных с привлечением урологов-онкологов, лучевых терапевтов, физиков и лучевых диагностов. Общеизвестно, что функциональные методики демонстрируют явные перспективы для первичной диагностики, стадирования, сопровождения лечения рака простаты и оценки его эффективности.

ЛИТЕРАТУРА

1. World Health Organization: Global status report on noncommunicable diseases, 2010 / WHO Press, 2011
2. Jemal A. Cancer statistics, 2009. CA Cancer / A. Jemal, R. Siegel, E. Ward et al. // J. Clin. — 2009. — Vol. 59. — P. 225–249.
3. Barentsz J. O. ESUR prostate MR guidelines 2012 / J. O. Barentsz, J. Richenberg, R. Clements et al. // Eur. Radiol. — 2012. — Vol. 22. — P. 746–757.
4. NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology. Prostate Cancer. Version 2.2014 / NCCN.org
5. Coakley F. V. Radiologic anatomy of the prostate gland: clinical approach / F. V. Coakley, H. Hricak // Radiol. Clin. North Am. — 2000. — Vol. 38. — P. 15–30.
6. Thompson I. M. Prevalence of prostate cancer among men with prostate-specific antigen level < or = 4.0 ng per milliliter / I. M. Thompson, D. K. Pauler, P. J. Goodman et al. // N Engl. J. Med. — 2004. — Vol. 350. — P. 2239–2246.
7. Мищенко А. В. Комплексное магнитно-резонансное исследование в диагностике заболеваний внутренних половых органов у мужчин: дис... д-ра мед. наук / А. В. Мищенко. — СПб., 2009.
8. Мищенко А. В. МР-диагностика заболеваний мужских половых органов / А. В. Мищенко // Магнитно-резонансная томография (руководство для врачей) / Под ред. проф. Г. Е. Труфанова, В. А. Фокина. — СПб.: ООО «Издательство ФОЛИАНТ», 2007. — С. 551–562.

9. *Weinreb J. C.* Prostate cancer: sextant localization at MR imaging and MR spectroscopic imaging before prostatectomy—results of ACRIN prospective multi-institutional clinicopathologic study / J. C. Weinreb, J. D. Blume, F. V. Coakley et al. // *Radiology*.— 2009.— Vol. 122.— P. 91–133.
10. *Singh H.* Improved detection of clinically significant, curable prostate cancer with systematic 12-core biopsy / H. Singh, E. I. Canto, S. F. Shariat et al. // *J. Urol*.— 2004.— Vol. 171.— P. 1089–1092.
11. *Dickinson L.* Magnetic Resonance Imaging for the Detection, Localisation, and Characterisation of Prostate Cancer: Recommendation from a European Consensus Meeting / L. Dickinson, U. H. Ahmed, C. Allen et al. // *Europ. Urology*.— 2011.— Vol. 59.— P. 477–494.
12. *Girouin N.* Prostate dynamic contrast-enhanced MRI with simple visual diagnostic criteria: is it reasonable? / N. Girouin, F. Mege-Lechevallier, A. Tonina Senes et al. // *Eur. Radiol*.— 2007.— Vol. 17.— P. 1498–1509.
13. *Дубицкий Д. Л.* Возможности высокопольной магнитно-резонансной томографии в дифференциальной диагностике рака предстательной железы: дис. ... канд. мед. наук / Д. Л. Дубицкий.— СПб., 2011.
14. *Gretzer M. B.* PSA markers of prostate cancer detection / M. B. Gretzer, A. W. Partin // *Urol. Clin North Am*.— 2003.— Vol. 30.— P. 677–686.
15. *D'Amico A. V.* Impact of the percentage of positive prostate cores on prostate cancer-specific mortality for patients with low or favorable intermediate-risk diseases / A. V. D'Amico, A. A. Renshaw, K. Cote et al. // *J. Clin. Oncol*.— 2004.— Vol. 22.— P. 3726–3732.
16. *Wang L.* Prediction of organ-confined prostate cancer: incremental value of MR imaging and MR spectroscopic imaging to staging nomograms / L. Wang, H. Hricak, M. W. Kattan et al. // *Radiology*.— 2006.— Vol. 238.— P. 597–603.
17. *Haider M. A.* Combined T2-weighted and diffusion-weighted MRI for localization of prostate cancer / M. A. Haider, T. H. van der Kwast, J. Tanguay et al. // *AJR*.— 2007.— Vol. 189.— P. 323–328.
18. *Claus F. G.* Pretreatment evaluation of prostate cancer: role of MR imaging and H MR spectroscopy / F. G. Claus, H. Hricak, R. R. Hattery // *Radiographics*.— 2004.— Vol. 24, suppl 1.— S. 167–180.
19. *Мищенко А. В.* Критерий риска экстракапсулярной экстензии рака предстательной железы по данным МРТ / А. В. Мищенко // *Вестник Российской Военно-медицинской академии*.— 2009.— № 1 (25).— С. 808.
20. *Shimofusa R.* Diffusion-weighted imaging of prostate cancer / R. Shimofusa, H. Fujimoto, H. Akamata et al. // *J. Comput. Assist Tomogr*.— 2005.— Vol. 29.— P. 149–153.
21. *Мищенко А. В.* Магнитно-резонансные диффузионно-взвешенные изображения при раке предстательной железы / А. В. Мищенко // *Кремлевская медицина: клинический вестник*.— 2009.— № 3.— С. 64–67.
22. *Мищенко А. В.* Основы и клиническое применение водородной (протонной) магнитно-резонансной спектроскопии (1H-MPC) предстательной железы / А. В. Мищенко, Г. Е. Труфанов, Д. Л. Дубицкий // *Магнитно-резонансная спектроскопия: Руководство для врачей* / Под ред. Г. Е. Труфанова, Л. А. Тютина.— СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2008.— С. 137–164.
23. *Jung J. A.* Prostate depiction at endorectal MR spectroscopic imaging: investigation of a standardized evaluation system / J. A. Jung, F. V. Coakley, D. B. Vigneron et al. // *Radiology*.— 2004.— Vol. 233.— P. 701–708.
24. *Zakian K. L.* Correlation of proton MR spectroscopic imaging with GLEASON score based on step-section pathologic analysis after radical prostatectomy / K. L. Zakian, K. Sircar, H. Hricak et al. // *Radiology*.— 2005.— Vol. 234.— P. 804–814.
25. *Joseph T.* Pretreatment endorectal magnetic resonance spectroscopic imaging features of prostate cancer as a predictors of response to external beam radiotherapy / T. Joseph, D. A. McKenna, A. C. Westphalen et al. // *Int. J. Radiat. Oncol Biol Phys*.— 2009.— Vol. 73.— P. 665–671.
26. *Coakley F. V.* Prostate cancer tumor volume: measurement with endorectal MR and MR spectroscopic imaging / F. V. Coakley, J. Kurhanewicz, J. Lu et al. // *Radiology*.— 2002.— Vol. 223.— P. 91–97.
27. *Мищенко А. В.* Магнитно-резонансная спектроскопия при контроле эффективности гормональной терапии рака предстательной железы / А. В. Мищенко, Г. Е. Труфанов, С. Б. Петров, Е. А. Москаленко // *Вестник Российской Военно-медицинской академии*.— 2009.— № 2 (26).— С. 44–48.
28. *Sato C.* Differentiation of noncancerous tissue peripheral zones of the prostate / C. Sato, T. Nakamura et al. // *J. Magn. Reson. Imaging*.— 2005.— Vol. 21.— P. 258–262.
29. *Kitajima K.* High b-value diffusion-weighted imaging in normal and malignant peripheral zone tissue of prostate: effect of signal-to-noise ratio / K. Kitajima, Y. Kaji, K. Kuroda, K. Sugimura // *Magn. Reson. Med. Sci*.— 2008.— Vol. 7.— P. 93–99.
30. *Мищенко А. В.* Магнитно-резонансные диффузионно-взвешенные изображения при раке предстательной железы / А. В. Мищенко // *Кремлевская медицина: клинический вестник*.— 2009.— № 3.— С. 64–67.
31. *Lim H. K.* Prostate cancer: apparent diffusion coefficient map with T2-weighted images for detection — a multireader study / H. K. Lim, K. A. Kim, K. S. Chao // *Radiology*.— 2009.— Vol. 250.— P. 145–151.
32. *Buckley D. L.* Prostate cancer: evaluation of vascular characteristics with dynamic contrast-enhanced T1-weighted MR imaging—initial experience / D. L. Buckley, C. Roberts, G. J. Parker et al. // *Radiology*.— 2004.— Vol. 233.— P. 709–715.
33. *Choi Y. J.* Functional MR imaging of prostate cancer / Y. J. Choi, J. K. Kim, K. W. Kim et al. // *RadioGraphics*.— 2007.— Vol. 27.— P. 63–75.
34. *Engelbrecht M. R.* Discrimination of prostate cancer from normal peripheral zone and central gland tissue by using dynamic contrast-enhanced MR imaging / M. R. Engelbrecht, H. J. Huisman, R. J. Laheij et al. // *Radiology*.— 2003.— Vol. 229.— P. 248–254.
35. *Мищенко А. В.* Факторы, определяющие показатели динамического контрастирования очага аденокарциномы предстательной железы при магнитно-резонансной томографии / А. В. Мищенко // *Вестник Российской Военно-медицинской академии*.— 2009.— № 1 (25).— С. 808–809.

Поступила в редакцию: 31.05.2014 г.

Контакт: Андрей Владимирович Мищенко; e-mail: dr.mishchenko@mail.ru