

UroFusion

Трансперинеальная и трансректальная прицельная биопсия предстательной железы

Информация любезно предоставлена
Доктором Andrea Zitella и Доктором Pietro Galluzzi



“UroFusion – это безопасная, быстрая и простая технология для точного выполнения качественной прицельной биопсии предстательной железы. Дополнительные инструменты, такие как 3D-визуализация объема простаты, позволяют в режиме реального времени оценивать деформацию и движения простаты.”



Доктор Andrea Zitella

Руководитель онкологических клиник S.C. Urology Hospital и Molinette Hospital в Турине, Италия

Вступление

Ультразвуковое исследование представляет собой лучшее решение для врачей при проведении биопсии предстательной железы. Это единственная технология визуализации в реальном времени, которая обеспечивает надлежащий компромисс с точки зрения качества изображения, информации о тканях, времени выполнения и стоимости для больницы.

Благодаря свойствам ультразвука, эхо-сигналы, используемые для создания изображений, могут дать дополнительную информацию о характеристиках тканей, таких как их механические свойства, которые особенно полезны для характеристики повреждений тканей.

Сегодня расширенные возможности передачи информации, мультимодальный подход и новейшие инновации, представленные программами, созданными с помощью искусственного интеллекта, открывают новые горизонты в области радиологической визуализации, где применение УЗИ может сыграть центральную роль в подходах, в которых используется метод совмещения изображений, полученных с помощью различных модальностей.

Предыстория

Рак предстательной железы является наиболее распространенным новообразованием у пациентов мужского пола и является второй/третьей по распространенности причиной смерти от рака в Соединенных Штатах и Европе^[1,2,3,4]. Наиболее распространенные заболевания предстательной железы включают в себя простатит, доброкачественную гиперплазию предстательной железы и рак предстательной железы, сходные симптомы которых демонстрируют важность проведения периодического скрининга у мужчин^[5].

Как правило, если никаких симптомов заболевания предстательной железы не имеется, рутинный скрининг состоит из исследования уровня ПСА в крови и пальцевого ректального исследования (DRE). Если одно из этих двух обследований показывает ненормальный результат, врач может предложить проведение многопараметрической МРТ (mpMRI). Благодаря объединению анатомической и функциональной информации, полученной с помощью T2-взвешенной визуализации (T2W), диффузионно-взвешенной визуализации (DWI) и визуализации с динамическим контрастным усилением (DCE), в настоящее время это лучшее решение с точки зрения точности визуализации предстательной железы. После получения результатов mpMRI исследования врач решает, следует ли проводить биопсию предстательной железы для оценки характера предполагаемого поражения или предлагает активное наблюдение за пациентом для того, чтобы избежать повторных биопсий^[6,7].

Биопсия предстательной железы является золотым стандартом в выявлении рака предстательной железы (РПЖ)^[6]. Обычно биопсия проводится под контролем УЗИ, но из-за высокой неоднородности тканей и наличия внутренних капсул часто невозможно точно определить различные характеристики тканей предстательной железы. Таким образом, недостаток биопсии под контролем УЗИ состоит только в низком уровне точности.

Дальнейшее развитие этой методики привело к применению системного подхода к проведению биопсии предстательной железы с разным количеством взятых образцов ткани в разных областях, в соответствии с риском развития в них новообразований. Отбирается максимум 12-15 проб: 6 обычно в периферийной области, 4 в переходной зоне и 2 на вершине. С точки зрения частоты выявления РПЖ, систематический подход к биопсии представляет собой лучшее решение, с частотой выявления рака почти в 70% случаев^[6].

Тем не менее, статистически значимое количество не выявленных серьезных опухолей подталкивает к поиску других методов исследования для повышения точности результатов.

Улучшение качества mpMRI изображений и расширение коммуникационных возможностей современных УЗИ систем, позволили начать применение мультимодального подхода, известного, как метод совмещения изображений (Fusion Imaging), который дает возможность комбинировать mpMRI изображения с УЗИ изображениями в режиме реального времени. Этот метод позволяет определить на МРТ изображениях цель в области обнаруженной предполагаемой опухоли, и после синхронизации с УЗИ системой, визуализировать цель на УЗИ изображении в том же месте^[7]. Комбинация mpMRI изображений и УЗИ изображений позволяет врачам перейти от обычного системного подхода проведения биопсии к выполнению прицельной биопсии^[8,9]. Увеличение частоты выявления рака при сочетании обычного системного подхода и прицельной биопсии привело к настоятельной рекомендации применения данного метода в последних руководящих принципах^[10].

Одновременное использование МРТ и УЗИ изображений может быть выполнено с помощью когнитивного метода или с помощью программного обеспечения:

1. Когнитивный метод – это когда врач, для определения местоположения опухоли, использует МРТ изображения и их описание, и с их помощью пытается попасть в эту область, и взять из нее образец ткани во время проведения биопсии под контролем УЗИ.
2. Совмещение изображений с помощью программного обеспечения – это когда УЗИ система автоматически объединяет два изображения УЗИ и МРТ для того, чтобы предоставить информацию о локализации цели и повысить точность получения образца ткани.

Биопсия предстательной железы трансректальным (ТР) и трансектальным (ТР) методами

Трансректальный метод в настоящее время является наиболее распространенным для проведения биопсии предстательной железы^[11]. Считается, что такая процедура имеет низкий риск для пациента, однако при этом 50% пациентов страдают, как от незначительных осложнений, таких как гематурия или гематоспермия, так и от серьезных осложнений. При этом существует вероятность того, что в 4-5% случаев потребуются госпитализация из-за инфекции или связанных с ней осложнений. Помимо того, что эти осложнения представляют риск для пациента, они могут стать проблемой для Государственной службы здравоохранения, с точки зрения увеличения расходов. Поэтому необходимо рассмотреть другие подходы^[11].

“Технология двойной совместной визуализации (Fusion Imaging) гарантирует точное совмещение и наложение УЗИ и mpMRI изображений, что обеспечивает правильное определение положения опухолей, даже тех, которые не идентифицируются с помощью УЗИ.”



Доктор Pietro Galluzzi
Директор Отделения диагностики и интервенционных ультразвуковых исследований
больницы Valduce в г. Комо, Италия

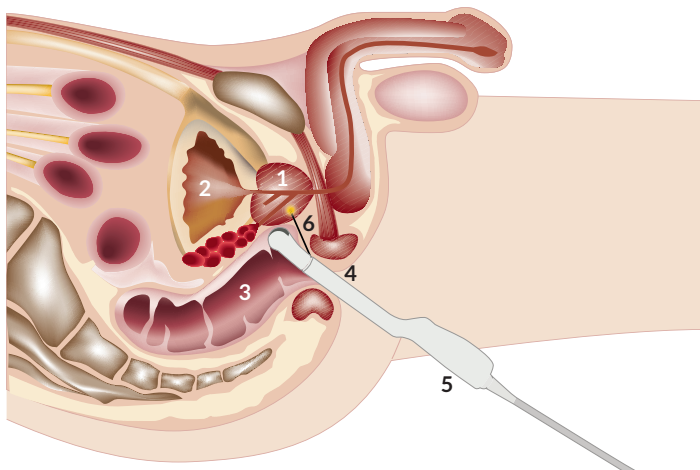


Рисунок 1. Трансректальная биопсия

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| 1 Предстательная железа | 4 Анус |
| 2 Мочевой пузырь | 5 Ультразвуковой датчик |
| 3 Прямая кишка | 6 Биопсийная игла |

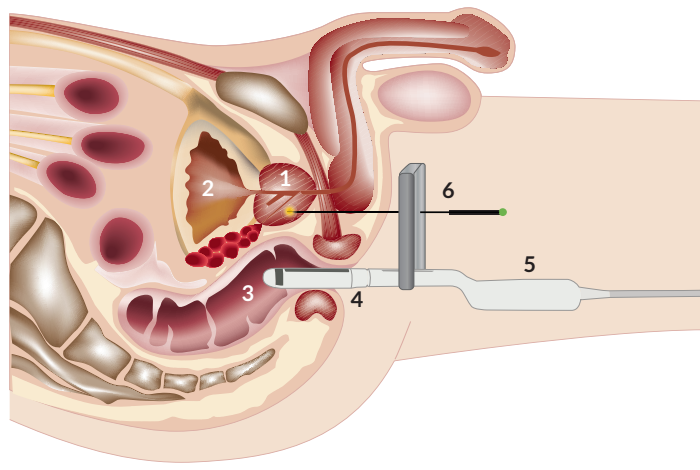


Рисунок 2. Трансперинеальная биопсия

- | | |
|-------------------------|---|
| 1 Предстательная железа | 5 Ультразвуковой датчик |
| 2 Мочевой пузырь | 6 Сетка-шаблон для позиционирования биопсийной иглы, установленная перед кожей под мошонкой |
| 3 Прямая кишка | |
| 4 Анус | |

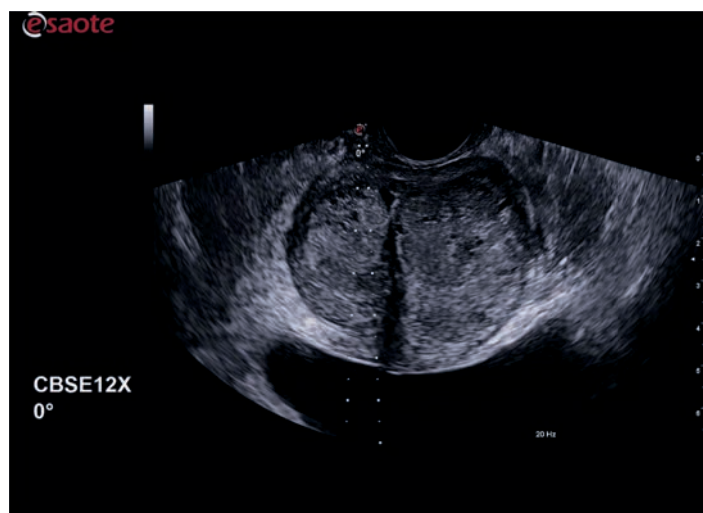


Рисунок 3. УЗИ-изображение предстательной железы, полученное с помощью датчика E3-12, при выполнении трансректального подхода.

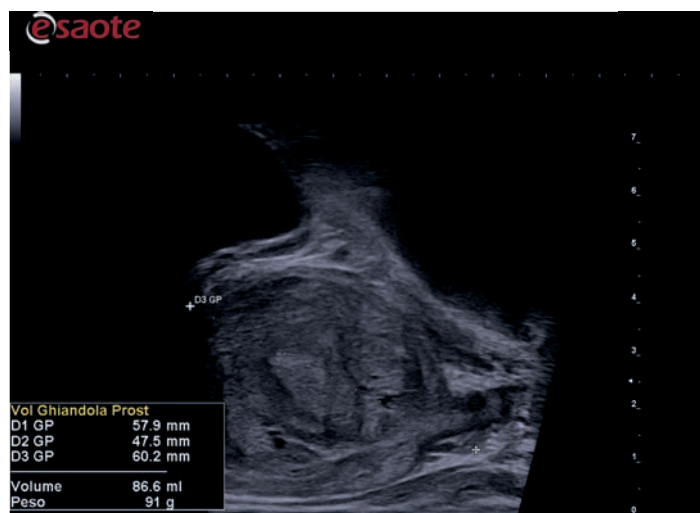


Рисунок 4. УЗИ-изображение предстательной железы, полученное с помощью датчика TLC 3-13, при выполнении трансперинеального подхода.

Трансперинеальный подход является более безопасным альтернативным методом биопсии предстательной железы. Этот метод снижает риск послеоперационных инфекций и значительно повышает показатели выявления рака в передней и апикальной областях предстательной железы. Кроме этого, благодаря низкому риску для пациента, этот метод настоятельно рекомендуется в последних руководящих принципах^[10]. Тем не менее, он по-прежнему используется относительно редко из-за его технической сложности и болезненности для пациента^[12].

Оборудование

Технология UroFusion является частью программного обеспечения семейства УЗИ систем – MyLab™X90, MyLab™X9, MyLab™9 и MyLab™ X8 eXP, производства компании Esaote S.p.A. и применяется с использованием двух специальных датчиков: датчика с концевым излучателем E 3-12 для трансректального подхода и бипланарного линейно-конвексного матричного датчика TLC 3-13 для трансперинеального подхода.



Рисунок 5. Эндополостные датчики компании Esaote S.p.A. являются навигационным инструментом для технологии UroFusion, предоставляя врачу возможность выполнять вмешательство с помощью двух подходов: трансректального с датчиком E 3-12 и трансперинеального с датчиком TLC 3-13.

Для применения технологии UroFusion используется система электромагнитного слежения, состоящая из генератора магнитного поля и приемной антенны, расположенной во внутриволноводном датчике. Антенна позволяет определять положение датчика в трехмерном поле, создаваемом электромагнитным передатчиком. Программное обеспечение UroFusion позволяет одновременно работать с данными полученными от систем другой модальности в формате DICOM и с данными ультразвукового исследования в режиме реального времени. Ширина магнитного поля составляет примерно 70 см.

Качество отслеживания постоянно контролируется и отображается на экране в виде синих линий в поле сигнала.

Когда программа UroFusion активизирована, на сенсорном дисплее открывается специальный экран, для выполнения рабочего процесса и получения данных.

Подготовка процедуры биопсии с помощью программы UroFusion и ее проведение при трансперинеальном подходе

При выполнении этого подхода, ввод биопсийной иглы осуществляется через промежность. На сегодняшний день данный подход представляет собой самое безопасное решение для пациента с точки зрения послеоперационных инфекций, без риска множественных проявлений сепсиса. Данная процедура состоит из следующих четырех этапов.

1. Подготовительный этап

Пользователь импортирует в УЗИ систему один или несколько наборов данных в формате DICOM, от систем таких модальностей, как МРТ, КТ или ПЭТ-КТ, непосредственно из PACS или с внешних носителей, например, компакт-диска или USB-накопителя. Как правило, для биопсии предстательной железы импортируются T2-взвешенные аксиальные и сагиттальные МРТ изображения, которые будут использоваться для навигации. Кроме этого, клиницист может импортировать другие наборы данных, такие как серии диффузионно-взвешенных изображений (DWI), и серии изображений с кажущимся коэффициентом диффузии (ADC). Затем программа UroFusion позволяет объединить их с

T2-взвешенными изображениями для того, чтобы увеличить точность определения положения целей. Сопряжением различных серий изображений можно управлять автоматически с помощью функции “Автоматическое сопряжение серий” или вручную.

Пользователь может установить до 25 целей, либо с помощью 3D-трекбола, используя кнопку “Focal lesion” (Очаг поражения) на сенсорном экране и ручное 3D-оконтуривание, либо, с помощью автоматического 3D-оконтуривания очага поражения, если он хорошо различим на МРТ изображениях.

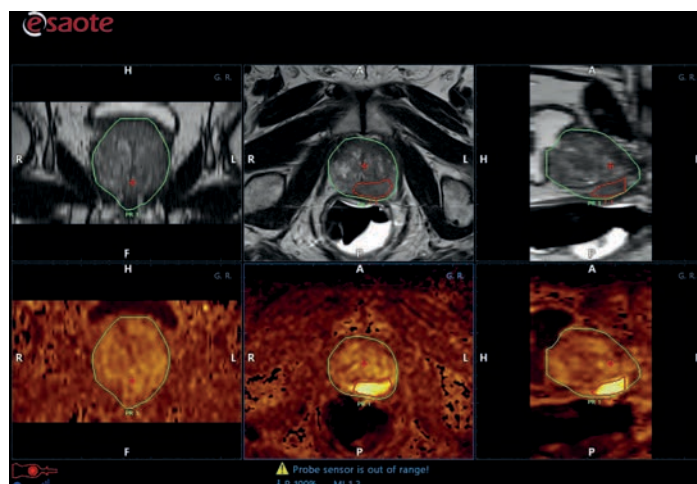


Рисунок 6. Пример обновления и наложения mpMRI изображений на экране программы UroFusion. Здесь показаны T2-взвешенные аксиальные изображения и соответствующие диффузионно-взвешенные изображения (DWI).

Данная технология предоставляет возможность получить быструю 3D-реконструкцию объема предстательной железы с использованием алгоритма искусственного интеллекта, который автоматически отображает контуры предстательной железы для их последующего использования при автоматическом совмещении изображений. Предстательная железа – это мягкий орган, который подвергается значительным деформациям от введенного внутриволноводного датчика и от давления РЧ катушки при проведении mpMRI. Поэтому объемное mpMRI изображение позволяет в режиме реального времени определить степень сжатия, произведенную датчиком, и обеспечить точное совмещение изображений.

2. Этап автоматического совмещения изображений

На этом этапе пользователь синхронизирует результаты ультразвукового исследования в режиме реального времени с данными магнитно-резонансной томографии. Сначала выбирается плоскость mpMRI изображения (в показанном случае врач использовал аксиальную плоскость, но также можно начать с сагиттальной плоскости), затем в режиме 3D выполняется совмещение изображений, при УЗИ сканировании всей области железы.

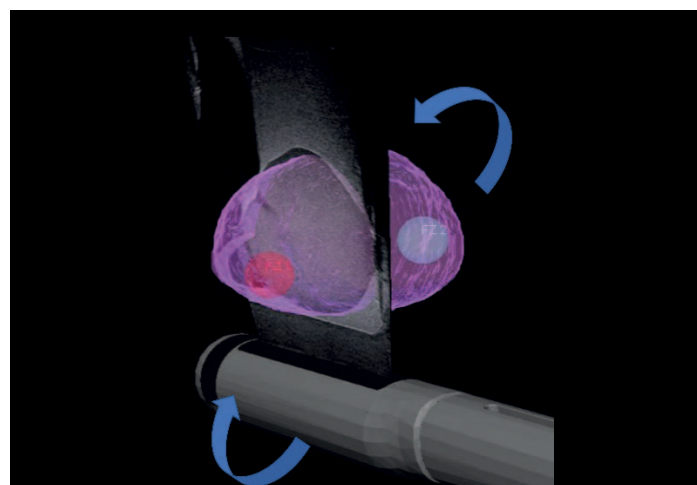


Рисунок 7. Проекция УЗИ луча во время 3D-сагиттального сканирования с помощью датчика TLC 3-13.

После сохранения 3D изображения система может автоматически отображать контуры объема предстательной железы, полученные с помощью УЗИ, и одновременно использовать результаты МРТ для синхронизации изображений, полученных с помощью этих двух методов. Как только синхронизация будет завершена, программа UroFusion перейдет непосредственно к этапу навигации.

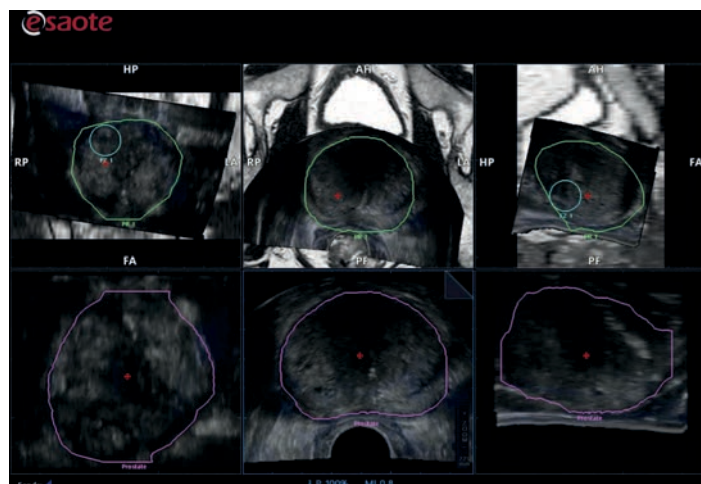


Рисунок 8. Наложение трехмерных УЗИ изображений на МРТ изображения во время автоматической синхронизации.

3. Этап тонкой настройки совмещения изображений

Пользователь может легко отрегулировать или повторить процесс наложения изображений, с помощью следующих различных способов быстрой настройки.

- Текущее трехмерное УЗИ изображение объема предстательной железы, при наложении корректируется таким образом, чтобы свести к минимуму смещение между двумя объемами.
- С помощью повторения совмещения плоских изображений двух модальностей.
- Настройка методом свободной руки позволяет перемещать и поворачивать МРТ изображение вручную и/или изменять плоскость МРТ изображения для достижения совмещения УЗИ и МРТ изображений без повторения фазы совместной регистрации.
- С помощью специального маркера программы UroFusion, который позволяет пользователю выравнивать изображения в различных плоскостях, отмечая анатомические контрольные точки, которые четко видны на изображениях, полученных с помощью обеих модальностей. Необходимо отметить, по крайней мере три точки на УЗИ и МРТ изображениях для того, чтобы выровнять их.

4. Этап навигации и выполнения процедуры биопсии

После совмещения изображений, полученных с помощью двух модальностей, врач может осуществлять навигацию и проведение биопсии под контролем совмещенных УЗИ и МРТ изображений. Если было загружено более одного набора МРТ изображений, пользователь может переключаться между ними в любое время, устанавливая какой-либо из них в качестве эталона. Доступны различные варианты отображения изображений.

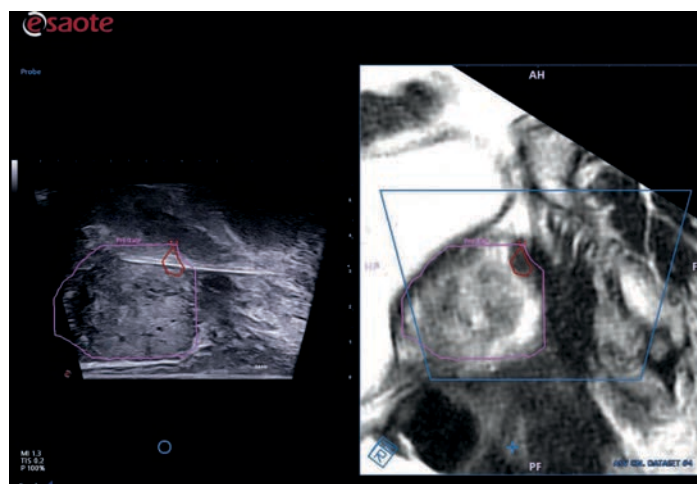


Рисунок 9. На рисунке показано УЗИ изображение, полученное в реальном времени, и МРТ изображение в той же плоскости. Это пример совмещения УЗИ изображения в В-режиме и МРТ изображения. Такой вариант отображения прямо показывает во время проведения биопсии находящиеся рядом два изображения, полученные с помощью двух разных модальностей. Оконтурированный объем предстательной железы позволяет наблюдать за движениями предстательной железы в режиме реального времени, предоставляя врачу инструменты для быстрой повторной синхронизации двух изображений.

Врач может наметить линию проведения биопсии на изображениях, полученных с помощью обеих модальностей. Также на этом этапе врач может выровнять эти два изображения, если у пациента произошли смещения или сжатия предстательной железы. Оба изображения могут быть заморожены, а совмещение быстро повторено, как с помощью настройки методом свободной руки, так с помощью способа с 3D изображениями.

Другим инструментом программы UroFusion является возможность картирования точек взятия образцов ткани, с помощью которого на 3D-изображении отображается положение каждой точки взятия образца, полученной во время процедуры, с возможностью сохранения таких изображений и просмотра их позже.

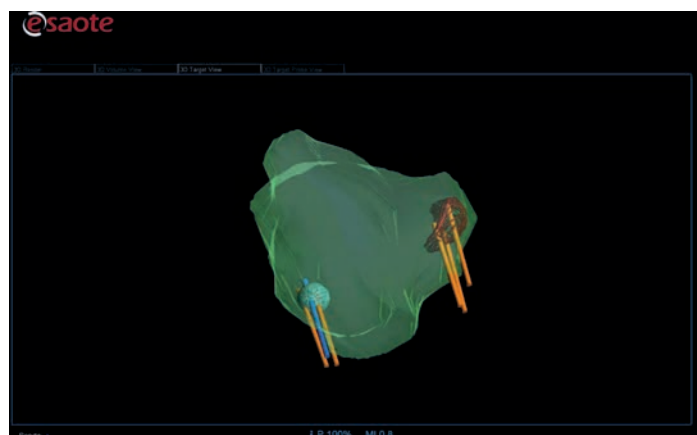


Рисунок 10. 3D-изображение предстательной железы с отображением точек взятия образцов ткани.

Подготовка процедуры биопсии с помощью программы UroFusion и ее проведение при трансректальном подходе

Этот подход в настоящее время является наиболее часто используемым методом биопсии предстательной железы. Ввод иглы осуществляется через прямую кишку, и система автоматически устанавливает направление иглы в зависимости от конфигурации, которую врач может установить в специальном меню. Для выполнения биопсии, врач может выбрать точки взятия образцов ткани, как в аксиальной, так и в сагиттальной плоскостях.

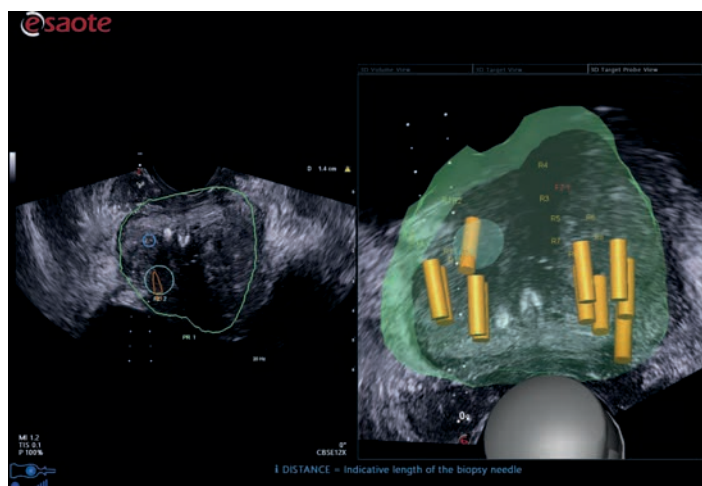


Рисунок 11. Трансректальная биопсия с установленным направлением иглы и картированием точек взятия образцов ткани. На МРТ изображении врач может наблюдать объемное изображение распределения по железе, точек взятия образцов.

Рабочий процесс при трансректальном подходе такой же, как и при трансуретральном подходе; основное отличие заключается в том, что УЗИ 3D сканирование объема железы должно выполняться в аксиальной плоскости от вершины к основанию или наоборот.

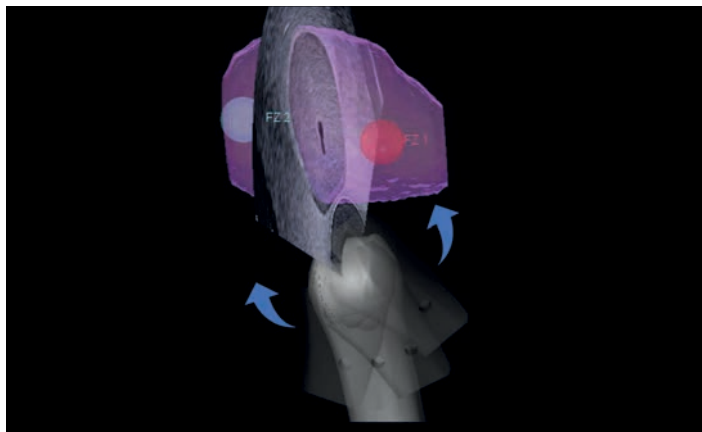


Рисунок 12. Проекция УЗИ луча во время 3D аксиального сканирования с помощью датчика E 3-12.

Дополнительные функции

В случае необходимости, можно также синхронизировать изображения, полученные с помощью двух модальностей вручную, для этого врач синхронизирует УЗИ изображение, накладывая его в режиме реального времени на МРТ изображение. Выравнивание изображений производится путем нахождения определенных общих маркеров на обоих изображениях, например, уретрального канала на экваториальной оси или четко видимых кист или костей. На этом этапе может помочь контур объема предстательной железы, так как, при наложении УЗИ изображения, на МРТ-изображение, в помощь врачу могут добавиться другие контрольные ориентиры. Врач также может изменять плоскости изображений двух модальностей для того, чтобы проверять точность синхронизации.

Затем нужно подтвердить выполненное выравнивание, нажав на кнопку "Подтвердить выравнивание" и перейти непосредственно к этапу навигации. Цель этого подхода к выравниванию заключается в том, чтобы как можно точнее наложить друг на друга и объединить изображения, полученные с помощью двух модальности, что является необходимым условием для правильного центрирования поражений, даже тех, которые не идентифицируются с помощью УЗИ.

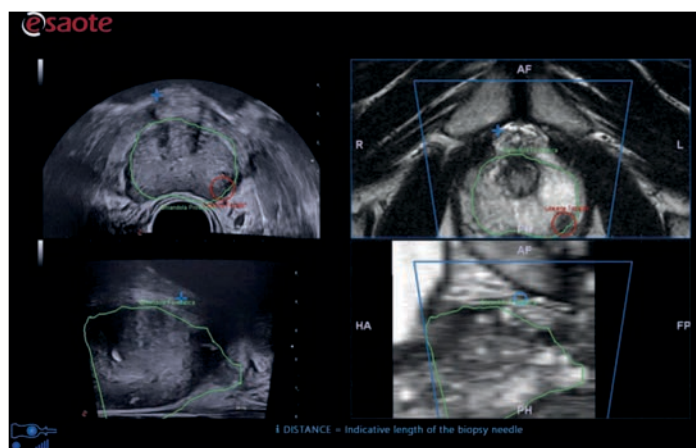


Рисунок 13. Бипланарное выравнивание изображений, полученных с помощью двух модальностей, относительно сагиттальной оси с помощью бипланарного датчика. В этом случае врач использует оба изображения для проверки качества выравнивания.

Как только синхронизация завершена, пациент должен оставаться неподвижным для того, чтобы поддерживалось хорошее качество совмещения изображений. Но иногда, несмотря на местную анестезию, у пациента могут возникать произвольные движения или сжатия. В этих случаях для автоматической коррекции этих движений, к телу пациента может быть прикреплен датчик движения. Областью его крепления может быть крестцовая зона, если пациент находится в положении лежа на боку, или гребень подвздошной кости, если пациент находится в гинекологическом положении, для того чтобы свести к минимуму появление артефактов, возникающих вследствие движений.

Для работы также можно применять устройства позиционирования УЗИ датчика – Classic CIVCO Stepper* и GfM Stepper*. После проведения калибровки, их можно использовать для прицельной биопсии предстательной железы, используя точность и стабильность, которые они обеспечивают.

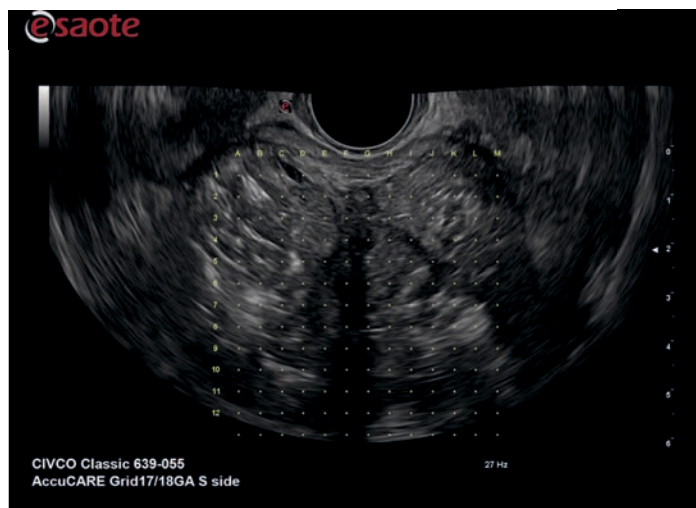


Рисунок 14. Сетка-шаблон CIVCO Classic и пример ее изображения, наложенного на УЗИ изображение.

Программа UroFusion может также поддерживать дополнительные технологии компании Esaote, такие как microV – инструмент для визуализации микроциркуляции крови в предстательной железе; QElaxto 2D – метод оценки жесткости ткани предстательной железы, с применением эластографии сдвиговой волной; и CnT1™ – программное обеспечение для ультразвукового исследования с контрастным усилением (CEUS). Все эти технологии доступны во время проведения процедуры совмещения изображений, и могут улучшить возможности прицельной биопсии и точность ее выполнения, а также увеличить количество и возможности доступной дополнительной информации.

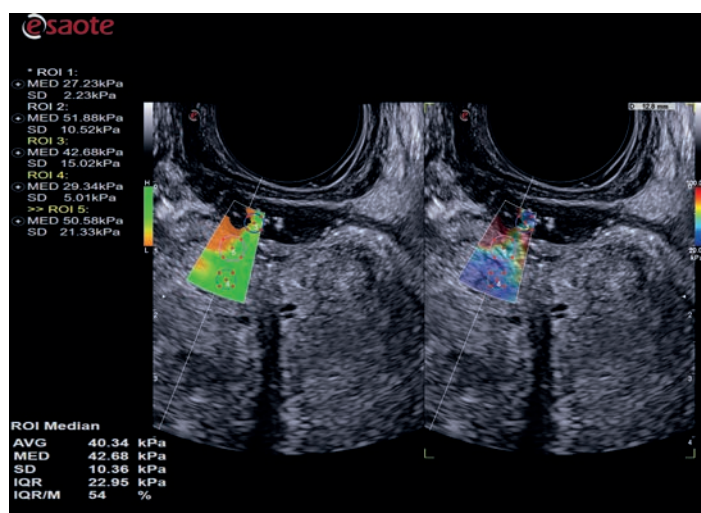


Рисунок 15. Технология QElaXto 2D, примененная к предстательной железе в режиме двойной визуализации для отображения карты дисперсии (левое изображение) и карты жесткости (правое изображение). Оранжевые области на карте дисперсии указывают на низкую надежность измерения, а зеленые области на высокую надежность измерения.

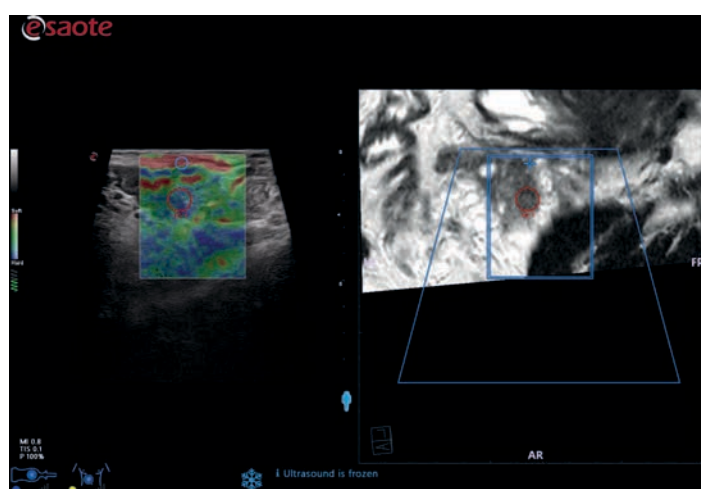


Рисунок 16. Пример применения технологии ElaXto с помощью бипланарного датчика. Данная технология служит для исследования эластичности ткани, и при использовании с программой UroFusion дает врачу дополнительные инструменты для изучения поражения, подозрительных моментов или других вопросов.

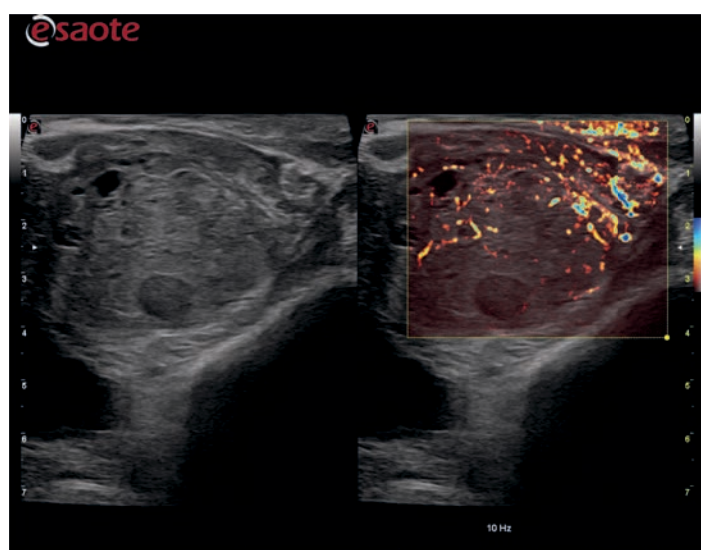


Рисунок 17. Исследование микроциркуляции крови в предстательной железе с использованием технологии microV.

Выводы

UroFusion – это специализированный программный пакет, разработанный с помощью искусственного интеллекта, для проведения прицельной биопсии предстательной железы, который помогает медикам в точном отборе образцов ткани при подозрении на онкологическое заболевание, с помощью совмещения информации в виде МРТ и УЗИ-изображений.

Пользователь может отслеживать любое движение пациента или деформацию органа в режиме реального времени и немедленно, с помощью инструментов тонкой настройки или регулировки перемещения датчика, может легко восстановить синхронизацию изображений, полученных с помощью указанных двух модальностей.

Дополнительные инструменты, такие как картирование точек взятия образцов ткани, полезны для последующего наблюдения, если потребуется проведение дополнительной биопсии, и для планирования любой процедуры прицельной терапии.

Возможность автоматической 3D-реконструкции объема предстательной железы и возможность получения объемного изображения распределения по железе точек взятия образцов ткани, позволяет врачу оценить, как количество правильно взятых образцов, так и адекватно отобрать некоторые объемы предстательной железы для последующего систематического картирования, особенно при объемных простатах.

Прицельная биопсия должна стать рутинной процедурой, согласно последним руководящим принципам, и технология UroFusion помогает выполнить эту сложную процедуру с помощью продуманного рабочего процесса и специальных инструментов, начиная с подготовки и заканчивая последующим наблюдением.

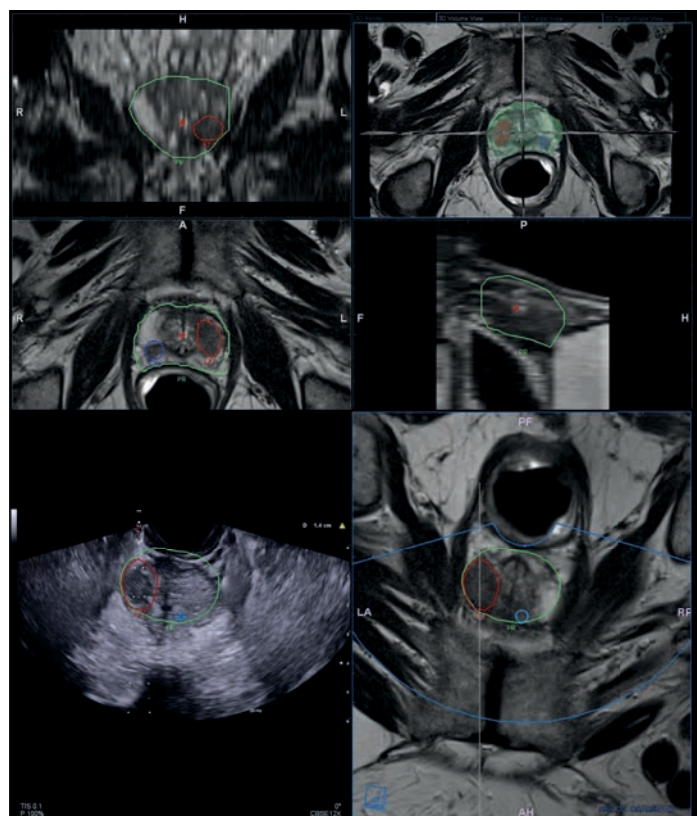


Рисунок 18. В показанном случае, МРТ-исследование пациента выявило рак класса PI-RADS 5 в экваториальной зоне на левой стороне железы и рак класса PI-RADS 4 в контралатеральной области. Благодаря возможности множественной геометрии наведения, врач может более эффективно наносить контуры поражений. Контуры предстательной железы можно использовать в качестве ориентира для мониторинга ее движений и в качестве поддержки для выравнивания МРТ и УЗИ изображений. Врач берет 2-3 образца из целевой области, используя направляющую линию для проведения биопсии в качестве опоры для того, чтобы более точно добраться до этой области.

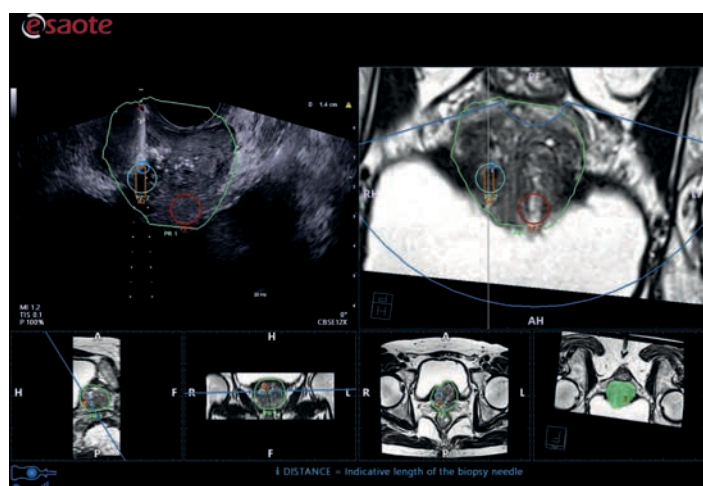


Рисунок 19. Картирование предстательной железы в режиме реального времени при трансректальном подходе.

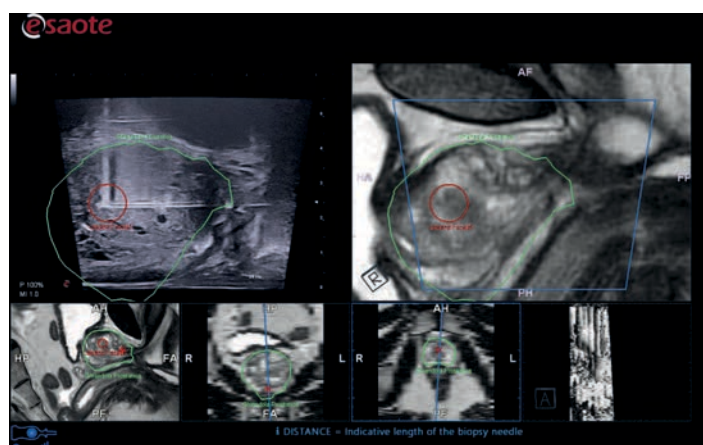


Рисунок 20. УЗИ изображение в режиме реального времени и изображения 2-й модальности во всех проекциях. Такое представление может предоставлять информацию о пространственном положении датчика в соответствии с синхронизацией, достигнутой во время автоматической регистрации. На этом изображении, благодаря совмещению МРТ и УЗИ изображений, можно заметить обнаружение четкого гипоинтенсивного поражения на T2W изображении, но не видимого на УЗИ изображении.

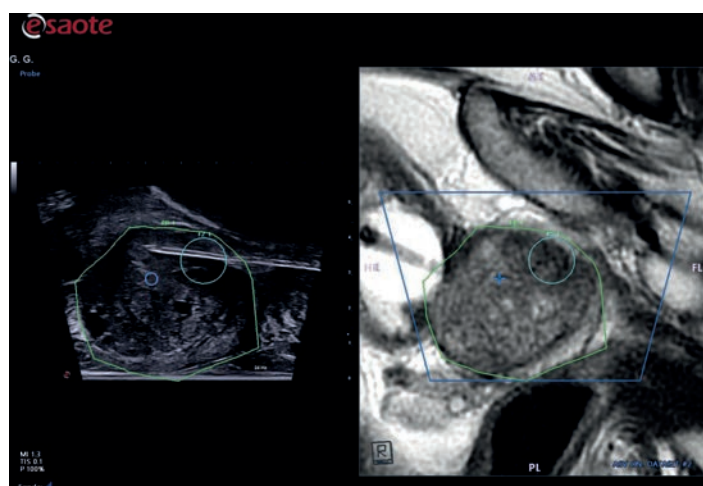


Рисунок 21. Пример трансперинеальной биопсии. После взятия образцов из целевой области, врач переходит к системной биопсии железы (со взятием около 12 образцов) для того, чтобы перекрыть области с любыми поражениями, не видимыми на МРТ изображении.

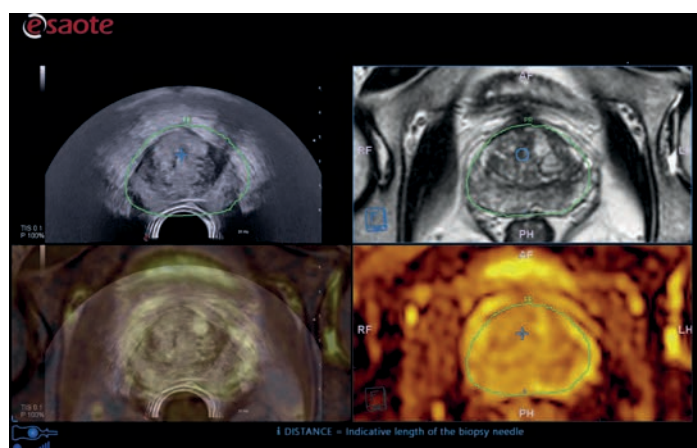


Рисунок 22. Пример совмещения изображений различных модальностей для увеличения точности поиска поражения.

Ссылки на научные статьи

- [1] Siegel R, Naishadham D, Jemal A. Cancer statistics, 2013. CA Cancer J Clin 2013;63(1):11-30
- [2] Z. Khan, N. Yahya, K. Alsaih, M.I. Al-Hiyali and F. Meriaudeau, Recent Automatic Segmentation Algorithms of MRI Prostate Regions: A Review, in IEEE Access, vol. 9, pp. 97878-97905, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3090825.
- [3] Atlanta: American Cancer Society, 2017, [online] Available: <https://www.cancer.org/research/cancer-facts-statistics/all-cancer-facts-figures.html>.
- [4] Lionne D.F. Venderbos, André Deschamps, John Dowling, Ernst-Günter Carl, Sebastiaan Remmers, Hein van Poppel, Monique J. Roobol, Europa Uomo Patient Reported Outcome Study (EUPROMS): Descriptive Statistics of a Prostate Cancer Survey from Patients for Patients, European Urology Focus, Volume 7, Issue 5, 2021, Pages 987-994, ISSN 2405-4569, <https://doi.org/10.1016/j.euf.2020.11.002>.
- [5] Xia, Shu-Jie et al. An overview of prostate diseases and their characteristics specific to Asian men. Asian journal of andrology vol. 14,3 (2012): 458-64. doi:10.1038/aja.2010.137
- [6] P. Rajwa, B. Pradere, F. Quhal, K. Mori, E. Laukhtina, N.A. Huebner, D. D'Andrea, A. Krzywon, S.R. Shim, Pascal A. Baltzer, R. Renard-Penna, M.S. Leapman, S.F. Shariat, G. Ploussard, Reliability of Serial Prostate Magnetic Resonance Imaging to Detect Prostate Cancer Progression During Active Surveillance: A Systematic Review and Metaanalysis, European Urology, Volume 80, Issue 5, 2021, Pages 549-563, ISSN 0302 2838, <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2021.05.001>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0302283821003250>)
- [7] Maudy C. W. Gayet, Anouk A. M. A. van der Aa, Harrie P. Beerlage, Bart Ph Schrier, Maaiké Gielens, Roel Heesakkers, Gerrit J. Jager, Peter F.A. Mulders, Hessel Wijkstra, Cancer Detection Rates of Systematic and Targeted Prostate Biopsies after Biparametric MRI, Prostate Cancer, vol. 2020, Article ID 4626781, 6 pages, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/4626781>
- [8] Penzkofer, Tobias, and Clare M Tempny-Afdhal. Prostate cancer detection and diagnosis: the role of MR and its comparison with other diagnostic modalities--a radiologist's perspective. NMR in biomedicine vol. 27,1 (2014): 3-15. doi:10.1002/nbm.3002
- [9] Kelley, R Phelps et al. The use of prostate MR for targeting prostate biopsies. BJR open vol. 1,1 20180044, 19 Jun. 2019, doi:10.1259/bjro.20180044
- [10] European Association of Urology 2021 – Guidelines on Prostate Cancer
- [11] Boesen L. Magnetic resonance imaging-transrectal ultrasound image fusion guidance of prostate biopsies: current status, challenges and future perspectives. Scand J Urol. 2019 Apr-Jun;53(2-3):89-96. doi: 10.1080/21681805.2019.1600581. Epub 2019 Apr 22. PMID: 31006323.
- [12] Kongnyuy, Michael et al. Magnetic Resonance Imaging-Ultrasound Fusion-Guided Prostate Biopsy: Review of Technology, Techniques, and Outcomes. Current urology reports vol. 17,4 (2016): 32. doi:10.1007/s11934-016-0589-z
- [13] Huang GL, Kang CH, Lee WC, Chiang PH. Comparisons of cancer detection rate and complications between transrectal and transperineal prostate biopsy approaches - a single center preliminary study. BMC Urol. 2019 Oct 28;19(1):101. doi: 10.1186/s12894-019-0539-4. PMID: 31660936; PMCID: PMC6816188.
- [14] Shinohara K, Nguyen H, Masic S. Management of an increasing prostate-specific antigen level after negative prostate biopsy. The Urologic clinics of North America. 2014;41(2):327-38.
- [15] Andrew B. Rosenkrantz, MD; Sadhna Verma, MD; Peter Choyke, MD; Steven C. Eberhardt, MD; Masoom A. Haider, MD; Daniel J. Margolis, MD; Samir S. Taneja, MD; Krishnanath Gaitonde, MD; Scott E. Eggen, MD; Leonard S. Marks, MD; Peter Pinto, MD; Geoffrey A. Sonn, MD. Prostate MRI and MRI-Targeted Biopsy in Patients with Prior Negative Biopsy. American Urological Association. 2016.