Г.Г. САГИДУЛЛИНА¹, А.Т. МУКАЖАНОВ¹, А.А. КУХАРЕВА¹, М.М. МЕЙРМАНОВА¹¹КГП на ПХВ ВКО Многопрофильный «Центр Онкологии и Хирургии», Усть-Каменогорск, Республика Казахстан

Применение фокусированного ультразвука в онкологии: основы и перспективы (обзор литературы)

Актуальность: Внедрение новых неинвазивных, безопасных и эффективных методов лечения доброкачественных и злокачественных заболеваний в клиническую практику имеет высокую актуальность.

Цель: изучить публикации об использовании технологии ФУЗ-МРТ-абляции для последующего внедрения и применения в условиях КГП на ПХВ ВКО Многопрофильный «Центр Онкологии и Хирургии» г. Усть-Каменогорск.

Результаты: Данный метод основан на термической абляции под действием фокусированного ультразвука и под контролем МРТ в режиме реального времени. Многочисленные исследования показали клиническую и экономическую эффективность, безопасность и удобство этого метода для пациентов с метастазами в кости, с начальной стадией рака предстательной железы и миомой матки.

Заключение: ФУЗ-МРТ-абляция – это современная неинвазивная технология, расширяющая терапевтический арсенал методов лечения доброкачественных и злокачественных опухолей. Её использование в определенных случаях может стать хорошей альтернативой инвазивным методам лечения. ФУЗ-МРТ-абляция может использоваться в комбинации с другими методами лечения.

Ключевые слова: фокусированный ультразвук, МРТ, абляция, рак, метастазы, миома матки.

Введение:

Расширение арсенала терапевтических возможностей лечения рака, его метастазов, а также доброкачественных опухолей не теряет своей актуальности. Особенно это относится к неинвазивным и максимально безопасным методам лечения, не требующим затрат по госпитализации и реабилитации пациентов. Одной из таких технологий является абляция фокусированным ультразвуком (ФУЗ) под контролем магнитно-резонансной томографии (МРТ). Фокусированный ультразвук уже несколько десятилетий используется в клинической практике [1].

Основы ФУЗ МРТ

Самый известный биологический эффект фокусированного ультразвука – термическая абляция. Как известно, воздействие на ткани организма высокой температуры вызывает денатурацию белка и необратимое повреждение клеток как здоровых, так и аномальных. Происходит коагуляционный некроз, остановка роста опухоли, ее регресс. При этом скорость развития коагуляционного некроза у разных клеток отличается, что связано с их морфологией, температурой и временем воздействия [1-3]. Было обнаружено, что степень термического повреждения ткани нелинейно зависит как от времени, так и от температуры воздействия [1].

Другим эффектом является развитие окклюзии сосудов, питающих опухоль. В его патогенезе лежат несколько механизмов. Во-первых, имеет значение непосредственное термическое закрытие микрососудов, а также их коллапс при деструкции окружающей ткани с последующим развитием фиброза. Во-вторых, активация тромбоцитарных процессов за счет реакции эндотелия сосудов или их механического повреждения, а также остановки кровотока под действием акустических волн [1, 4].

Кроме того, фокусированный ультразвук способен стимулировать иммунный ответ и подавлять канцеро-

генез по нескольким сценариям: за счет антигенных свойств поврежденных белков и клеток опухоли; в результате местных воспалительных реакций с выработкой эффекторных клеток; под действием белков теплового шока и повышения иммуногенности опухоли, а также путем снижения уровня иммуносупрессивных цитокинов. Имеются сведения об абскопальном эффекте при обработке опухоли ФУЗ. Однако, на сегодняшний день, эти эффекты могут быть недостаточно сильными, чтобы самостоятельно контролировать рост опухоли [5].

Интеграция с визуализирующими методами исследования сделала ФУЗ наиболее быстро развивающейся терапевтической технологией. Фокусированная ультразвуковая абляция под контролем магнитно-резонансной томографии (ФУЗ-МРТ-абляция) включает в себя две инновационные технологии: платформу для образования фокусированного ультразвука и магнитно-резонансное картирование с термографией в режиме реального времени [1, 4, 6].

Преимуществами МРТ-визуализации является возможность более качественной локализации целевой опухоли и ее краев по сравнению с другими методами. Естественный контраст тканей обеспечивает высокую чувствительность МРТ к аномалиям. МРТ также обеспечивает визуализацию окружающей анатомии и мониторинг изменений температуры во время терапии, обеспечивая, таким образом, замкнутую систему в реальном времени [1, 4, 6, 7].

Для использования в качестве температурных индикаторов проведена оценка некоторых параметров МРТ. Было обнаружено, что резонансная частота протонов воды изменяется за счет водородных связей, которые влияют на электронное экранирование ядра, что подходит для термометрии. При этом температурная чувствительность существенно не зависит от типа

ткани и процесса термокоагуляции. Эти уникальные особенности делают успешной МР-термометрию. Основными ограничениями метода являются его чувствительность к движениям и неточность в жировых тканях. Возможность осуществления термометрии в реальном времени сделала МРТ наиболее надежной и всеобъемлющей технологией для неинвазивного мониторинга абляции ФУЗ [1, 4, 6].

Одна из систем ФУЗ абляции, разрешенных FDA к применению в США [6], Европейских и других странах,

а теперь зарегистрированная и в Казахстане – ExAblate (InSightec, Israel). Она состоит из консоли управления, электронного блока и разборного стола пациента в нескольких модификациях. Рабочие станции ФУЗ и МРТ 1,5 или 3 Тесла интегрированы управляющим компьютером [4, 6]. Система ExAblate InSightec установлена в КГП на ПХВ ВКО Многопрофильный «Центр Онкологии и Хирургии», г. Усть-Каменогорск (рисунок 1). Лечение проводится в положении пациента лежа на столе внутри МРТ сканера.

Рисунок 1 – Система ExAblate (InSightec, Israel) интегрированная с МРТ Signa Architect, 3 Тесла, производства GE (США)

Фокусирование ультразвука обеспечивается преобразователем – трансдюсером, расположенным внутри стола пациента или в его модификациях. Трансдюссер перемещается внутри стола блоком механического позиционирования, что также изменяет глубину фокуса для наведения. Существуют модификации трансдюссера в виде ректального излучателя (для лечения рака предстательной железы) и в виде шлема на голову для воздействия в зоне головного мозга.

С помощью преобразователя фокус в 1 мм может быть достигнут на частоте 1,5 МГц. При этом длина фокуса в 5–20 раз больше диаметра. Подобная фокусировка позволяет преодолеть потери на затухание и сконцентрировать энергию глубоко в теле, не повреждая окружающие ткани [3, 6].

При использовании нескольких преобразователей фокусировка улучшается за счет управления разностями фаз с получением общего фокуса (электрическая фокусировка). Одновременное наведение электронного луча на несколько фокальных точек быстрым сканированием фокуса, позволяет сократить общее время лечения при больших опухолях [1, 3, 6].

Благодаря техническим решениям область коагуляции (спот) может быть от 1 мм до 10 мм в диаметре и 2-70 мм в длину. Споты имеют веретенообразную форму и их различная комбинация позволяет уничтожать участки ткани с любыми контурами и размерами.

Процесс передачи импульса энергии ФУЗ называется соникация. Одна соникация может длиться от не-

скольких до 20 секунд: чем выше температура, тем меньше время необходимо для гибели клеток и наоборот.

Конфигурация зоны воздействия внутри ткани задается автоматически на основании предварительных снимков. Система очерчивает тончайшую в десятые доли миллиметра демаркационную линию – границу между здоровой тканью и целевым участком. При этом для полного покрытия выбранной зоны воздействия врач МРТ – оператор системы ExAblate может изменять расположение спотов во время процедуры и оптимизировать план лечения на основе получаемого МРТ изображения с учетом характеристик обрабатываемых тканей. Во время процедуры в промежутках между импульсами врач может изменять параметры ФУЗ [1, 4, 8].

Четкая анатомическая фокусировка луча и локализация опухоли в трёхмерном изображении стала возможной в результате высокой разрешающей способности и чувствительности МРТ. Каждые 3 секунды при соникации создаются изображения, окрашенные в разный цвет на черно-белом фоне, соответственно температуре тканей. Термокартирование МРТ обеспечивает замкнутый контроль депонирования энергии с точностью 1°C, пространственным разрешением 1 мм и временным разрешением 3 секунды.

Программное обеспечение для планирования терапии автоматически вычисляет тип и количество ультразвуковых воздействий, необходимых для обработки определенной области лечения, при этом сводя к минимуму общее время лечения. Фокус автоматически пере-

мещается с помощью электроники в соседнюю точку последующего лечения, и процесс повторяется до тех пор, пока не будет удален весь объем для лечения [1, 8].

Использование технологии ФУЗ позволяет дистанционно неинвазивно проводить термическую коагуляцию тканей на строго определенном участке без повреждающего влияния на окружающие органы и ткани.

Материалы и методы: Для обзора были отобраны публикации за последние 10 лет, которые касаются применения ФУЗ МРТ при болезненных метастазах в кости, миоме матки и раке предстательной железы. Учитывая большое количество разрозненных статей по теме, в данной статье рассмотрены источники, содержащие информацию о критериях отбора пациентов, патогенетических основах технологии, методике проведения абляции ФУЗ МРТ, о побочных эффектах и осложнениях, сравнительной эффективности лечения авторов и медицинских центров, имеющих опыт работы в данном направлении в течение последних 10 - 20 лет.

Результаты и Обсуждение:

Клинические приложения ФУЗ-МРТ-абляции

Применение при раке предстательной железы

Один из наиболее распространенных видов рака среди мужского населения во всем мире – рак предстательной железы (РПЖ) [9]. ФУЗ-МРТ-абляция со специальной трансректальной системой используется в течение многих лет в качестве фокальной терапии [4, 8].

Лечение рака простаты с низким риском является распространенной клинической дилеммой между стандартной лечебной терапией всей железы (связанными с ней побочными эффектами, снижающими качество жизни) и активным наблюдением. Целью фокальной терапии РПЖ низкого риска является достижение наилучшего баланса между контролем рака и поддержанием качества жизни [9].

С помощью ФУЗ удаляется только часть предстательной железы, поэтому необходима пространственная точность диагностики МРТ. Рекомендованное использование одной и той же платформы для диагностики (прицельная биопсия), прицельного лечения (ФУЗ МРТ) и последующей биопсии (зарегистрированная прицельная биопсия) является наиболее эффективным. На этапах планирования и осуществления ФУЗ МРТ используется шаблон биопсии, полученный при трансректальном ультразвуковом исследовании (ТРУЗИ). [4, 8, 9]. В конце процесса абляции проводится МРТ с контрастным усилением для определения неперфузируемой области [4,8].

В результате ФУЗ-МРТ-абляции с последующей радикальной простатэктомией, в образцах простаты пациентов обнаруживали полный коагуляционный некроз в зоне лечения [4]. Серия клинических случаев подтверждает результаты первоначального опыта, согласно которому ФУЗ МРТ безопасен и применим для фокальной терапии рака простаты [8, 9]. У пациентов лечение оказалось хорошо переносимым с минимальными побочными эффектами. Ранние данные биопсии через 6 месяцев показали уменьшение или отсутствие остаточной опухоли у всех пациентов [4, 9].

Побочные эффекты ФУЗ включают задержку мочи, стрессовое недержание мочи, обструкцию выходного отверстия мочевого пузыря, инфекцию мочевыводящих путей и уретроректальную фистулу [8]. Эти показатели побочных эффектов отражают результаты ранних испытаний под контролем УЗИ, а не МРТ. При исполь-

зовании ФУЗ МРТ отмечается минимальное влияние на контроль мочеотделения, эректильную функцию, боли и заболевания [9]. Для безопасного и эффективного лечения врач МРТ должен полностью контролировать размер и локализацию фокального пятна, чтобы избежать попадания тепла в критические области.

Фокальная терапия в настоящее время рассматривается как альтернатива активному наблюдению для лечения РПЖ с низким риском без ущерба для ожидаемой продолжительности жизни. Данный подход с сохранением сосудисто-нервного пучка приводит к низкой частоте побочных эффектов (единичные случаи) со стороны мочеполовой системы по сравнению с альтернативными методами лечения всей железы [4, 8, 9].

Применение при метастазах в кости

Несмотря на прогресс в методах лечения рака и обезболивания, сохраняет свою актуальность проблема болезненных метастазов в кости. От 50% до 70% пациентов с метастатическими поражениями костей имеют выраженный болевой синдром. Использование дистанционной лучевой терапии у 20–30% пациентов не достигает целей, а необходимость в повторном лечении достигает 25% [3].

Согласно исследованиям, ФУЗ-МРТ-абляция эффективный и безопасный вариант лечения для пациентов с болезненными метастазами в кости, особенно для тех, кто не может получить адекватное обезболивание с помощью других методов лечения или имеет к ним противопоказания из-за физического и функционального состояния. Процедура эффективна даже при однократном применении, но учитывая то, что она не оказывает значимого общего действия на организм, при необходимости может неоднократно повторяться. ФУЗ также используется для лечения первичных опухолей кости [3, 10-13].

При планировании лечения, помимо МРТ исследования, проводится компьютерная томография. КТ обычно выполняется без введения контрастного вещества, чтобы оценить только минерализованный компонент поражения (остеобластические или остеолитические метастазы) и целостность или инфильтрацию соседней кортикальной части кости [3].

Механизм действия фокусированного ультразвука основан на периостальной денервации надкостницы. Второй эффект связан термоабляцией опухоли и уменьшением ее массы. Из-за высокой поглощающей способности кости ультразвуковая энергия составляет только 30% от потребности мягких тканей [3, 10, 11, 13].

В дополнение к более ранним исследованиям, подтверждаются данные о формировании новой кости у пациентов с остеолитическим на фоне метастазов, подвергнутых воздействию ФУЗ [3, 13].

Мультицентровое исследование с использованием ExAblate показало достоверное снижение боли по визуально-аналоговой шкале у 72% пациентов через 3 месяца после лечения. В 67% случаев отмечено снижение использования опиоидов [3, 10, 11]. Метод показал не только свою эффективность, но и стойкость эффекта более одного года. Редкие, единичные побочные эффекты в основном проявлялись в виде ожогов кожи легкой степени, не требующих дополнительного лечения и самопроизвольно исчезавших в течение недели, а также непродолжительных незначительных болей [3].

Возможность повторения лечения на безопасном уровне делает ФУЗ МРТ более эффективным и применимым, чем местная лучевая терапия, которая стан-

дартно применяется в настоящее время у пациентов с болевым синдромом при метастатических поражениях костей. В дополнение к облегчению боли, ФУЗ МРТ является потенциальным вариантом лечения для длительного местного контроля опухоли [13].

Применение при миоме матки

Миома матки является одним из самых распространенных заболеваний женщин. Хирургическому лечению подвергается до 70% больных с миомой матки [14].

Данные проведенных исследований свидетельствуют о достоверной эффективности и высокой безопас-

ности метода ФУЗ МРТ при миоме и аденомиозе матки. При оптимальном применении абляция демонстрирует клинический эффект в 85-90% случаев с длительной ремиссией [14].

09.12.2020 г. в условиях КГП на ПХВ ВКО Многопрофильный «Центр Онкологии и Хирургии» г. Усть-Каменогорск проведена абляция ФУЗ МРТ миомы матки. На снимке до лечения (рисунок 2) определяются расположение и размеры миомы, анатомические структуры.

В процессе лечения проводилась оптимизация расположения спотов (рисунок 3).

Рисунок 2 – Миома матки до лечения без контрастирования

Рисунок 3 – Изображение процесса лечения на экране монитора

Рисунок 4 – Миома матки после лечения ФУЗ МРТ с контрастированием (темная часть – неперфузируемый объем миомы)

Ввиду большого размера опухоли запланировано двухэтапное лечение. По результатам первого этапа абляции неперфузируемый объем миомы составил более 90% от объема области воздействия (рисунок 4). Процедура прошла амбулаторно, без осложнений. На следующий день после абляции пациентка вернулась на работу.

В конце лечения оценивается эффект путем измерения неперфузированного объема фиброидной ткани на T1-взвешенных изображениях с контрастированием гадолинием. Более высокие коэффициенты неперфузированного объема связаны с более низкой вероятностью рецидива из-за повторного роста миомы и уменьшения потребности в дополнительных процедурах [6, 14, 15].

Результаты исследования, в котором после абляции в течение 1 месяца проводилась плановая гистерэктомия, показали, что ФУЗ МРТ может успешно вызывать термическую коагуляцию и некроз миомы матки [14].

Исследования выявили, что ФУЗ МРТ в качестве лечения первой линии при симптоматической миоме предпочтительнее других методов, в том числе ЭМА, миомэктомии и гистерэктомии с точки зрения экономической эффективности [6, 14-16].

В 2004 году показания к использованию системы ExAblate 2000 позволяли лечить максимум 33% объема миомы из-за опасений по поводу повреждения нормальной ткани матки, а в 2009 году FDA разрешило лечение 100% объема миомы с условием, что очаг лечения не должен находиться в пределах 10 мм от серозной поверхности матки [6].

В исследовании 2008 года с системой ExAblate количество ультразвуковых обработок, выполненных для типичной абляции, варьировалось от шести до 31 на случай. Ретроспективное исследование 115 пациентов в 2013 г. имело в среднем 74 обработки ультразвуком во время сеанса лечения [6].

К побочным эффектам абляции ФУЗ относят жировой отек передней стенки живота, легкие ожоги, боли в области малого таза, тошнота, рвота, которые не требуют специального лечения и самостоятельно проходят. Были случаи тяжелых ожогов кожи, один случай деструкции кости с последующим успешным консервативным лечением, а также изгнания некротических масс и узла в полость матки. Частота побочных эффектов в среднем варьируется в пределах от 0,003% до 0,088% от пролеченных случаев. Описан один случай повреждения кишечника с последующим наложением анастомоза и три случая острой почечной недостаточности из-за лизиса некротических масс опухоли [6, 15, 17].

Для профилактики побочных эффектов и осложнений врачам следует строго соблюдать требования к проведению процедуры и использовать дополнительные средства снижения риска побочных эффектов и осложнений.

Предварительные данные позволяют предположить, что абляция ультразвуком не является препятствием на пути к будущим беременностям [14-16]. Поскольку ФУЗ МРТ продолжает развиваться и претерпевать технические усовершенствования, метод станет терапией первого выбора для многих женщин и важным инструментом в арсенале персонализированной терапии миомы матки [6, 18].

Перспективы применения ФУЗ-МРТ-абляции

Применение ФУЗ МРТ в качестве лечения рака разнообразно: от абляции очагового рака груди до паллиативного обезболивания при очаговых метастазах в кости. По мере развития технических возможностей, появляются новые области применения фокусированного ультразвука, в том числе для опухолей головного мозга, открытия гематоэнцефалического барьера с фармакологическим лечением рака головного мозга, а также для иммунотерапии рака, как отмечалось на Саммите «Focused Ultrasound and Immunotherapy» в октябре 2016 года, организованном Cancer Research Center и Focused Ultrasound Foundation (США).

Выводы: ФУЗ-МРТ-абляция применяется в течение многих лет для лечения болезненных метастазов в кости, опухолей костей, рака предстательной железы, миомы матки и аденомиоза. Метод показал высокую эффективность и безопасность при правильном отборе пациентов. Несмотря на недостаточность некоторых данных по использованию данного вида абляции, отмечается в течение десятилетия расширение показаний для его применения. Абляция ФУЗ МРТ может применяться как самостоятельный вид лечения и в комплексе с другими методами. Технологию отличает неинвазивность, отсутствие необходимости в госпитализации и последующей длительной реабилитации. Все это вселяет оптимизм в отношении дальнейшего отбора пациентов на ФУЗ-МРТ-абляцию в Многопрофильном «Центре Онкологии и Хирургии» г. Усть-Каменогорск и внедрения данного метода в клиническую практику.

Список использованных источников:

1. Tempany C.M., McDannold N.J., Hynynen K., Jolesz F.A. *Focused Ultrasound Surgery in Oncology: Overview and Principles* // *Radiology*. – 2011. – Vol. 259. – P. 39-52;
2. *Magnetic Resonance-Guided High-Intensity Focused Ultrasound (MRgHIFU) for Treatment of Symptomatic Uterine Fibroids* // OHTAC Recommendation. – 2015. – P. 1-13;
3. Napoli A., Anzidei M., Marincola B.C., Brachetti G., Noce V., Boni F., Bertaccini L., Passariello R., Catalano C. *MR imaging-guided focused ultrasound for treatment of bone metastasis* // *Radiographics*. – 2013. – Vol. 33(6). – P. 1555-1568;
4. Napoli A., Anzidei M., Ciolina F., Marotta E., Marincola B.C., Brachetti G., Di Mare L., Cartocci G., Boni F., Noce V., Bertaccini L., Catalano C. *MR-guided high-intensity focused ultrasound: current status of an emerging technology* // *Cardiovasc. Intervent. Radiol.* – 2013. – Vol. 36(5). – P. 1190-1203;
5. Sheybani N.D., Price R.J. *Perspectives on Recent Progress in Focused Ultrasound Immunotherapy* // *Theranostics*. – 2019. – Vol. 9(25). – P. 7749-7757;
6. Silberzweig J.E., Powell D.K., Matsumoto A.H., Spies J.B. *Management of Uterine Fibroids: A Focus on Uterine-sparing Interventional Techniques* // *Radiol.* – 2016. – Vol. 280(3). – P. 675-689;
7. Kubik-Huch R.A., Weston M., Nougaret S., Leonhardt H., Thomassin-Naggara I., Horta M., Cinha T.M., Maciel C., Rockall A., Forstner R. *European Society of Urogenital Radiology (ESUR) Guidelines: MR Imaging of Leiomyomas* // *Eur. Soc. Urogenit. Radiol. (ESUR)*. – 2018. – Vol. 28. – P. 3125-3137;
8. Lindner U., Ghai S., Spensieri P., Hlasny E., Van der Kwast T.H., McCluskey S.A., Haider M.A., Kucharczyk W., Trachtenberg J. *Focal magnetic resonance guided focused ultrasound for prostate cancer: Initial North American experience* // *Can. Urol. Assoc. J.* – 2012. – Vol. 6(6). – P. 283-286;

9. Yuh B., Liu An, Beatty R., Jung A., Wong J.Y.C. Focal therapy using magnetic resonance image-guided focused ultrasound in patients with localized prostate cancer // *J. Ther. Ultrasound.* – 2016. – Vol. 4. – P. 1-7;

10. Napoli A., Anzidei M., Marincola B.C., Brachetti G., Ciolona F., Cartocci G., Marsecano C., Zaccagna F., Marchetti L., Cortesi E., Catalano C. Primary pain palliation and local tumor control in bone metastases treated with magnetic resonance-guided focused ultrasound // *Invest. Radiol.* – 2013. – Vol. 48(6). – P.351-358;

11. Napoli A., Mastantuono M., Marincola B. C., Anzidei M., Zaccagna F., Moreschini O., Passariello R., Catalano C. Osteoid osteoma: MR-guided focused ultrasound for entirely noninvasive treatment // *Radiol.* – 2013. – Vol. 267(2). – P. 514-521;

12. Vassiliou V., Andreopoulos D., Frangos S., Tselis N., Giannopoulou E., Lutz S. Bone metastases: assessment of therapeutic response through radiological and nuclear medicine imaging modalities // *Clin. Oncol. (R. Coll. Radiol.)*. – 2011. – Vol. 23(9). – P. 632-645;

13. Joo B., Park M.-S., Lee S.H., Choi H.J., Lim S.T., Rha S.Y., Rachmilevitch I., Lee Y.H., Suh J.-S. Pain Palliation in Patients with Bone Metastases Using Magnetic Resonance-Guided Focused

Ultrasound with Conformal Bone System: A Preliminary Report // *Yonsei Med J.* – 2015. – Vol. 56(2). – P. 503-509;

14. Fischer K., McDannold N.J., Tempny C.M., Jolesz. F.A., Fennessy F.M. Potential of minimally invasive procedures in the treatment of uterine fibroids: A focus on magnetic resonance-guided focused ultrasound therapy // *Int. J. Women's Health.* – 2015. – Vol. 7(1). – P. 901-912;

15. Chin W., Walbridge J.R., Quinn S.D. MR-guided focused ultrasound for the treatment of adenomyosis: current insights // *Res. Rep. Focus. Ultrasound.* – 2016. – Vol. 4. – P. 1-8;

16. Clark N.A., Mumford S.L., Segars J.H. Reproductive impact of MRI-guided focused ultrasound surgery for fibroids: A systematic review of the evidence // *Curr. Opin. Obstet. Gynecol.* – 2014. – Vol. 26(3). – P. 151-161;

17. Duc N.M., Huy H.Q., Keserci B. Adverse events of focused ultrasound surgery for uterine fibroids and adenomyosis // *Rep. Med. Imag.* – 2018. – Vol. 11. – P. 15-25;

18. Nguyen M.D. Magnetic resonance-guided focused ultrasound surgery for Leiomyoma and Adenomyosis: An Alternative Nonvascular Approach // *Gynecol. Min. Invas. Ther.* – 2019. – Vol. 8. – P. 196-198.

ТҰЖЫРЫМ

**Г.Г. Сагидуллина¹, А.Т. Мұқажанов¹,
А.А. Кухарева¹, М.М. Мейрманова¹**

¹ШҚО көпсалалы «Онкология және хирургия орталығы» ШЖҚ КМК Өскемен, Өскемен, Қазақстан Республикасы

Онкологияда фокусталған ультрадыбысты қолданудың негіздері мен болашағы (әдебиетке шолу)

Өзектілігі: Клиникалық практикаға қатерсіз және қатерлі ауруларды емдеудің жаңа инвазивті емес, қауіпсіз және тиімді әдістерін енгізу жоғары өзектілікке ие.

Мақсаты: Өскемен қаласының ШҚО көпсалалы «Онкология және хирургия орталығы» ШЖҚ КМК жағдайында ФУЗ-МРТ - абляция технологиясын одан әрі енгізу және қолдану үшін пайдалану туралы жарияланымдарды зерделеу.

Нәтижелері: Бұл әдіс фокусталған ультрадыбыстық және нақты уақыт режимінде МРТ бақылауымен термиялық абляцияға негізделген. Көптеген зерттеулер сүйек метастаздары бар, қуық асты қатерлі ісігінің бастапқы сатысы және жатыр миомасы бар науқастар үшін бұл әдістің клиникалық және экономикалық тиімділігін, қауіпсіздігі мен ыңғайлылығын көрсетті.

Қорытынды: ФУД-МРТ-абляциясы – бұл қатерсіз және қатерлі ісіктерді емдеудің терапевтік арсеналын кеңейтетін заманауи инвазивті емес технология. Оны белгілі бір жағдайларда қолдану инвазивті емге жақсы балама бола алады. ФУД МРТ абляциясын басқа емдеу әдістерімен бірге қолдануға болады.

Түйінді сөздер: фокусталған ультрадыбыстық, МРТ, абляция, қатерлі ісік, метастаздар, жатыр миомасы.

ABSTRACT

**G.G. Sagidullina¹, A.T. Mukazhanov¹,
A.A. Kukhareva¹, M.M. Meirmanova¹**

¹MSE on REM East Kazakhstan Region Multidisciplinary Center of Oncology and Surgery, Ust-Kamenogorsk, the Republic of Kazakhstan

Application of focused ultrasound in oncology: fundamentals and perspectives (literature review)

Relevance: The introduction into clinical practice of new non-invasive, safe and effective methods of treatment of benign and malignant diseases is an urgent task.

The purpose was to study literature sources on the experience of using MRI-guided focused ultrasound (MRgFUS) method of thermal ablation for its subsequent implementation and use at the East Kazakhstan Region Multidisciplinary Center of Oncology and Surgery of Ust-Kamenogorsk.

Results: The proposed method is based on real-time MRI-guided thermal ablation by focused ultrasound. Numerous studies have shown its clinical and economic efficiency, safety, and convenience for patients with bone metastases, early-stage prostate cancer, and uterine myoma.

Conclusions: MRgFUS ablation is a modern non-invasive technique that expands the ways to treat benign and malignant tumors. In certain cases, it can be a good alternative to invasive treatments. MRgFUS ablation can be used in combination with other treatments.

Keywords: focused ultrasound, MRI, ablation, cancer, metastases, uterine myoma.