

Применение низкоинтенсивного импульсного ультразвука в акушерстве и гинекологии: обзор клинических внедрений и исследовательских достижений

З.А. Абусуева¹, К.Л. Сейдалиева², З.А. Гайдаева¹, М.М. Гашимова³, Б.Г. Магомедова¹, С.К. Мирзалиева¹, Р.М. Абдулгамидова¹

¹ФБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» Минздрава России, Россия, 367005, г. Махачкала, пл. Ленина, 1

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия, 119991, г. Москва, ул. Ленинские горы, д. 1

³ГБУ РД «Карабудахкентская ЦРБ им. С. А. Абусуева», Россия, 368530, Республика Дагестан, с. Карабудахкент, ул. Космонавтов, д. 1

Реферат. Введение. В современной акушерско-гинекологической практике наблюдается активное развитие ультразвуковых терапевтических методик. Высокоинтенсивный ультразвук уже прочно вошел в клиническое применение, тогда как низкоинтенсивный подход демонстрирует переход от экспериментальных исследований к практическому использованию. Особый интерес представляет низкоинтенсивный импульсный ультразвук, который за счет нетепловых эффектов обеспечивает неинвазивное, безопасное и экономичное лечение. **Цель исследования.** Целью данного обзора является систематизация современных данных о биологических механизмах и потенциальных направлениях клинического применения низкоинтенсивного импульсного ультразвука в акушерстве и гинекологии. **Материалы и методы.** Проведен анализ и синтез научной литературы, посвященной изучению молекулярно-биологических акустических механизмов и терапевтических эффектов низкоинтенсивного импульсного ультразвука. Обзор фокусируется на фундаментальных исследованиях, раскрывающих клеточные и тканевые реакции на воздействие низкоинтенсивного импульсного ультразвука. **Результаты и их обсуждение.** Биологическое действие низкоинтенсивного импульсного ультразвука реализуется преимущественно через нетепловые механизмы: кавитацию, микропотоки и механическое воздействие, которые трансформируются в клеточные биохимические сигналы. Ключевыми аспектами этого действия являются: влияние на внутриклеточные сигнальные пути и экспрессию важных генов, стимуляция процессов ангиогенеза, подавление воспалительных реакций, модуляция дифференцировки стволовых клеток. Терапевтический потенциал данных механизмов проявляется в стимуляции регенерации мягких и костных тканей, нейромодуляции и изменении проницаемости клеточных мембран. Это открывает перспективы для лечения широкого спектра патологий. **Выводы.** Низкоинтенсивный импульсный ультразвук представляет собой перспективное неинвазивное направление в терапии акушерско-гинекологических заболеваний. Систематизация его биологических механизмов и потенциальных областей применения, представленная в обзоре, способствует оптимизации существующих терапевтических стратегий и создает теоретическую базу для дальнейшего трансляционного развития и внедрения данной методики в клиническую практику.

Ключевые слова: низкоинтенсивный импульсный ультразвук, восстановление тканей, биологические механизмы, клиническое применение, акушерство и гинекология.

Для цитирования: Абусуева З.А., Сейдалиева К.Л., Гайдаева М.М., [и др.]. Применение низкоинтенсивного импульсного ультразвука в акушерстве и гинекологии: обзор клинических внедрений и исследовательских достижений // Вестник современной клинической медицины. – 2026. – Т. 19, вып. 3. – С.73–80. DOI: 10.20969/VSKM.2026.19(3).73-80.

Obstetric and gynecological use of low-intensity pulsed ultrasound: A review of clinical implementations and research advances

Zukhra A. Abusueva¹, Kira L. Seidalieva², Zuleykha A Gaydaeva¹, Maryam M. Gashimova³, Bariyat G. Magomedova¹, Sabina M. Mirzalieva¹, Ravzanat M. Abdulgamidova¹

¹ Dagestan State Medical University, 1 Lenin Sq., 367005 Makhachkala, Russia

² Lomonosov Moscow State University, 1 Lenin Hills, 119991 Moscow, Russia

³ Karabudakhkent Central District Hospital named after S. A. Abusuev, 1 Kosmonavtov str., 368530 Karabudakhkent Village, Republic of Dagestan, Russia

Abstract. Introduction. Contemporary obstetric and gynecological practice is witnessing active development in therapeutic ultrasound techniques. High-intensity ultrasound has already become firmly established in clinical use, whereas the low-intensity approach is demonstrating a transition from experimental research to practical application. Of particular interest is low-intensity pulsed ultrasound, which, due to its non-thermal effects, provides non-invasive, safe, and cost-effective treatment. **Aim.** The aim of this review is to systematize current data on the biological mechanisms and potential directions for the clinical application of low-intensity pulsed ultrasound in obstetrics and gynecology. **Materials and Methods.** An analysis and synthesis of scientific literature devoted to studying the molecular-biological acoustic mechanisms and therapeutic effects of low-intensity pulsed ultrasound were conducted. The review focuses on fundamental research elucidating cellular and tissue responses to low-intensity pulsed ultrasound exposure. **Results and Discussion.** The biological action of low-intensity pulsed ultrasound is realized primarily through non-thermal mechanisms: cavitation, microstreaming, and mechanical stress, which are transformed into cellular biochemical signals. Key aspects of this action include: influence on intracellular signaling pathways and the expression of important genes, stimulation of angiogenesis processes, suppression of inflammatory reactions, modulation of stem cell differentiation. The therapeutic potential of these mechanisms manifests in the stimulation of soft and bone tissue regeneration, neuromodulation, and alteration of cell membrane permeability. This opens prospects for treating a wide spectrum of pathologies. **Conclusions.** Low-intensity pulsed ultrasound represents a promising non-invasive direction in the therapy of obstetric and gynecological diseases. The systematization of its biological mechanisms and potential areas of application presented in this review contributes to the optimization of existing therapeutic strategies and creates a theoretical basis for the further translational development and implementation of this methodology into clinical practice. **Keywords:** Low-Intensity Pulsed Ultrasound, tissue repair, biological mechanisms, clinical application, obstetrics and gynecology.

For citation: Abusueva, Z.A.; Seidalieva, K.L.; Gaydaeva, Z.A.; et al. Obstetric and gynecological use of low-intensity pulsed ultrasound: A review of clinical implementations and research advances // The Bulletin of Contemporary Clinical Medicine. 2026, 19 (3), 73-80. DOI: 10.20969/VSKM.2026.19(3).73-80.

Введение. За последние десять лет сфера применения ультразвука значительно расширилась: от инструмента диагностической визуализации он эволюционировал до терапевтической технологии, включающей как высокоинтенсивные, так и низкоинтенсивные методики [1]. В частности, высокоинтенсивный сфокусированный ультразвук прочно вошел в клиническую практику в акушерстве и гинекологии. Принцип его действия основан на индукции коагуляционного некроза в целевых тканях без повреждения прилегающих здоровых структур [2]. В отличие от него, низкоинтенсивный импульсный ультразвук оказывает влияние на клеточный метаболизм, ускоряет тканевый обмен веществ, улучшает состояние при ишемии и гипоксии, оптимизирует трофику тканей и стимулирует процессы регенерации. Эти эффекты реализуются преимущественно за счет минимальных термических и выраженных нетепловых воздействий на целевые ткани [3]. Основные нетепловые механизмы низкоинтенсивного импульсного ультразвука связаны с кавитацией, индуцирующей образование микропузырьков и микроструй, а также с акустическим и механическим воздействием [4]. Ключевым условием для проявления биологических эффектов является поглощение ультразвуковой энергии тканями. Способность к абсорбции ультразвуковых волн варьируется в разных типах тканей: наибольшим поглощением отличаются структуры с высоким содержанием белка и низким содержанием воды [5]. Низкоинтенсивный импульсный ультразвук представляет собой методику, использующую ультразвуковые волны средней частотности (0.7–3 МГц) в импульсном режиме (100–1000 Гц). Его ключевой особенностью является низкая интенсивность излучения (менее 3 Вт/см²), что существенно отличает его от традиционного ультразвука по уровню передаваемой энергии [6]. Генерация ультразвука в большинстве доступных аппаратов осуществляется

с помощью пьезоэлектрических преобразователей на керамической основе, которые трансформируют поступающую электрическую энергию в механические колебания. При излучении от терапевтической головки распределение энергии в ультразвуковом поле является неоднородным. Наиболее вариативная энергия наблюдается в ближней зоне [7,8]. Низкоинтенсивный импульсный ультразвук зарекомендовал себя как безопасный, экономически эффективный и удобный метод, демонстрирующий клиническую результативность в стимуляции заживления послеоперационных ран, консолидации переломов, а также репарации сухожилий и нервной ткани [9]. Описанные терапевтические эффекты связаны со способностью низкоинтенсивного импульсного ультразвука стимулировать восстановление нервов, кровеносных сосудов, мышечных и других мягких тканей, а также модулировать воспалительные процессы. Эти механизмы имеют непосредственное отношение к патогенезу ряда гинекологических состояний, включая дисфункцию яичников, расстройства тазового дна и послеродовую инволюцию матки. В последние годы этот метод привлекает все больше внимания в акушерско-гинекологической практике, открывая широкие перспективы для его использования.

В настоящее время существует потребность в систематическом анализе накопленных исследований по применению низкоинтенсивного импульсного ультразвука в данной области. Настоящий обзор направлен на систематизацию существующих данных о направлениях применения и научных достижениях низкоинтенсивного импульсного ультразвука в акушерстве и гинекологии, с целью создания основы для дальнейших изысканий в этой перспективной области.

Цель исследования. Целью данного обзора является систематизация современных данных о биологических механизмах и потенциальных на-

правлениях клинического применения низкоинтенсивного импульсного ультразвука в акушерстве и гинекологии.

Материалы и методы. Проведен анализ и синтез научной литературы, посвященной изучению молекулярно-биологических акустических механизмов и терапевтических эффектов низкоинтенсивного импульсного ультразвука. Обзор фокусируется на фундаментальных исследованиях, раскрывающих клеточные и тканевые реакции на воздействие низкоинтенсивного импульсного ультразвука.

Результаты и их обсуждение.

Низкоинтенсивный импульсный ультразвук и функция яичников. Как механическая волна, ультразвук обладает способностью целенаправленно проникать в биологические ткани, достигая конкретной области воздействия. Это свойство позволяет применять его для активизации микроциркуляции крови в органах малого таза, что улучшает трофику тканей и стимулирует процессы восстановления и регенерации в яичниках. Пионерское исследование в этой области было проведено еще в 1970-х годах Терхааром и соавторам [9], которые в экспериментах на мышах установили, что низкие дозы ультразвука могут индуцировать рост фолликулов в яичниках. Но интерес к изучению влияния ультразвуковой терапии на овариальную функцию возродился лишь в последние годы, на фоне стремительного прогресса в области ультразвуковых медицинских технологий.

Низкоинтенсивный импульсный ультразвук и преждевременная недостаточность яичников. Преждевременная недостаточность яичников (ПНЯ) представляет собой клинический синдром, характеризующийся утратой их нормальной функции до достижения пациенткой 40-летнего возраста. В основе патогенеза лежит либо преждевременное истощение фолликулярного резерва, либо ятрогенное повреждение яичников. В контексте поиска новых терапевтических стратегий данный метод является весьма перспективным. Исследование на крысиной модели с индуцированной циклофосфамидом недостаточностью яичников продемонстрировало, что применение низкоинтенсивного импульсного ультразвука привело к положительной динамике: в группе лечения наблюдалось сокращение числа атретических фолликулов, нормализация уровня гонадотропинов и повышение концентрации эстрогена. Эти данные указывают на потенциал ультразвукового воздействия в восстановлении функции яичников при ПНЯ.

Исследования демонстрируют, что низкоинтенсивная импульсная ультразвуковая терапия обладает значительным терапевтическим потенциалом при лечении преждевременной недостаточности яичников. На моделях животных с повреждением яичников было отмечено, что применение низкоинтенсивного импульсного ультразвука не только подавляет процессы апоптоза и воспаления, но и способствует структурному восстановлению ткани, что подтверждается снижением ультраструктурных повреждений овариальных клеток, активацией аутофагии и расширением сети эндоплазматического ретикулума [10,11,12].

Одним из перспективных направлений в лечении ПНЯ является клеточная терапия, в частности трансплантация мезенхимальных стволовых клеток (МСК). МСК, выделенные из амниона человека, соответствуют всем критериям этого типа клеток и доказали свою эффективность в восстановлении гистоархитектоники и функции яичников в экспериментальных условиях [13,14,15]. Ключевой механизм их действия связан с паракринной активностью: секретируемые белки в специфическом микроокружении яичника способны ингибировать апоптоз, стимулировать ангиогенез и пролиферацию клеток, модулируя экспрессию ключевых генов [16]. Было установлено, что низкоинтенсивный импульсный ультразвук усиливает терапевтические свойства МСК, выделенные из амниона человека. Ультразвуковая обработка повышает жизнеспособность и пролиферативный потенциал этих клеток, а также смещает баланс в пользу клеточного выживания, увеличивая соотношение антиапоптотического белка к проапоптотическому [17, 18]. При комбинированном подходе предварительная обработка МСК ультразвуком усиливает секрецию ими биологически активных факторов, что способствует подавлению воспалительных реакций в ткани яичников у крыс с ПНЯ и улучшает их приживление в целевом микроокружении [18,19].

Таким образом, синергетическое применение низкоинтенсивного ультразвука и трансплантации стволовых клеток открывает новые горизонты для восстановления овариального резерва у пациенток с преждевременной недостаточностью яичников.

Низкоинтенсивный импульсный ультразвук и пересадка яичников. При пересадке яичников серьезным препятствием является ишемически-реперфузионное повреждение, приводящее к потере значительной части (от 30% до 70%) примордиальных фолликулов [20]. В связи с этим, успех трансплантации и сохранение фолликулов напрямую зависят от скорости восстановления кровоснабжения, что делает быстрое формирование новых сосудов критически важным [21,22].

Метод низкоинтенсивного ультразвука рассматривается как перспективное средство для стимуляции ангиогенеза, улучшения репарации и регенерации тканей. Так, в экспериментах на моделях ишемической кардиомиопатии у свиней применение низкоинтенсивного импульсного ультразвука приводило к усилению васкуляризации, повышению плотности капиллярной сети и кровотока в зоне ишемии, а также снижению выраженности фиброза миокарда [22,23]. Исследования на других тканях подтвердили, что под воздействием низкоинтенсивного импульсного ультразвука значительно возрастает количество сосудов, содержащих гемоглобин. Этот проангиогенный эффект связывают со способностью ультразвука индуцировать секрецию ключевых факторов роста эндотелиальными клетками [24]. Дополнительными механизмами, через которые низкоинтенсивный импульсный ультразвук усиливает образование сосудов, считаются активация внутриклеточных сигнальных путей, что проявляется в повышении уровня эндотелиальной

синтазы оксида азота и фосфорилированных форм белков [23,25].

Таким образом, применение он позволяет не только ускорить формирование сосудистой сети, но и минимизировать последствия трансплантационного стресса.

Низкоинтенсивный импульсный ультразвук и тонкий эндометрий. Тонкий эндометрий (толщина эндометрия <7 мм) – это проблема, часто связанная с нарушением кровотока, хроническим воспалением и повреждением базального слоя [26].

Исследования показывают, что низкоинтенсивный импульсный ультразвук может способствовать восстановлению тонкого или поврежденного эндометрия через несколько ключевых механизмов.

1. Стимуляция ангиогенеза и улучшение перфузии:

- Приводит к росту новых капилляров.
- Улучшение кровоснабжения эндометрия – это прямой путь к увеличению толщины и улучшению качества эндометрия

2. Прямая стимуляция клеток эндометрия:

• Низкоинтенсивный импульсный ультразвук усиливает пролиферацию и метаболическую активность как стромальных клеток, так и клеток железистого эпителия.

• Исследования *in vitro* показывают, что после его воздействия клетки эндометрия начинают активнее делиться.

3. Подавление фиброза и ремоделирование ткани. Это критически важно для пациенток с внутриматочными синехиями (спайками) после воспалительных процессов или выскабливаний. Низкоинтенсивный импульсный ультразвук помогает разрушить плотную фиброзную ткань и заместить ее нормальным, функционирующим эндометрием.

4. Противовоспалительный эффект, который заключается в создании более «спокойного» иммунологического микроокружения в полости матки, что повышает шансы на успешную имплантацию эмбриона [27,28,29,30].

В российском проспективном исследовании 2025 года изучался комбинированный метод лечения, включающий бесконтактную ультразвуковую кавитацию и рекомбинантный гранулоцитарный колониестимулирующий фактор (рГ-КСФ). Ультразвуковая кавитация используется для усиления проникновения цитокина рГ-КСФ в ткань эндометрия. Это создает синергетический эффект, направленный на восстановление морфофункционального состояния слизистой оболочки матки. После трех курсов лечения средняя толщина эндометрия статистически значимо увеличилась до $7,8 \pm 1,2$ мм. Целевые значения (>7 мм) были достигнуты у 88% пациенток, а наступление беременности наблюдалось у 75% женщин. Сочетанное применение ультразвуковой кавитации и рГ-КСФ было охарактеризовано как высокоэффективный и безопасный метод коррекции эндометриальной недостаточности, который восстанавливает рецептивность эндометрия и значительно повышает частоту наступления беременности [31].

Низкоинтенсивный импульсный ультразвук представляет собой перспективный неинвазивный метод

для лечения тонкого эндометрия. Его механизм действия основан на стимуляции естественных процессов регенерации, ангиогенеза и усилении эффективности клеточной терапии. Хотя большинство данных пока получено в экспериментальных условиях, научная база активно расширяется.

Низкоинтенсивный импульсный ультразвук и мягкие ткани. Мягкие ткани представляют собой неминерализованные компоненты организма, которые подразделяются на две основные группы: соединительные и несоединительные. К первой категории относятся сухожилия, кожа, жировая клетчатка и связки, тогда как ко второй — кровеносные сосуды, нервные волокна и мышечная ткань [32].

Микроэнергетическая терапия обладает способностью модулировать поляризацию макрофагов, подавлять воспалительные реакции и стимулировать репарацию тканей. Этот эффект достигается за счет снижения секреции провоспалительных цитокинов [33,34]. Кроме того, данный метод играет важную роль в терапии различных патологий, вызванных повреждением мягких тканей, через регуляцию экспрессии ключевых факторов роста [24,35].

Пролапс тазовых органов возникает вследствие смещения органов малого таза из-за ослабления его поддерживающих структур – мышц, фасций и связок. Основными причинами развития пролапса органов таза являются травмы, полученные в период беременности и родов, а также структурная атрофия, связанная со снижением уровня эстрогена в постменопаузе.

Применение низкоинтенсивного импульсного ультразвука демонстрирует терапевтический потенциал в восстановлении поврежденных мышц, что подтверждается результатами комплексных функциональных тестов и механических испытаний. Как клинические, так и доклинические исследования свидетельствуют о способности низкоинтенсивного импульсного ультразвука снижать воспалительный ответ и ускорять мышечную регенерацию после травмы. Эти положительные эффекты могут быть связаны с активацией митохондриального биогенеза и снижением окислительного стресса [36].

Исследование Циня и соавт. (2019) [36] показало, что низкоинтенсивный импульсный ультразвук с интенсивностью 60 мВт/см² значимо стимулирует регенерацию мышечной ткани. Противовоспалительное действие метода реализуется через индукцию перехода макрофагов из провоспалительного фенотипа в репаративный фенотип. Эксперименты на животных также подтвердили, что низкоинтенсивный импульсный ультразвук значительно ускоряет регенерацию связочного аппарата за счет повышения концентрации коллагена в ткани [37,38,39]. Способность низкоинтенсивного импульсного ультразвука стимулировать репарацию разнообразных повреждений мягких тканей позволяет предположить его терапевтический потенциал в коррекции пролапса тазовых органов. Стрессовое недержание мочи — широко распространенное состояние, часто ассоциированное с пролапсом гениталий и являющееся одним из проявлений дисфункции тазового дна у женщин. В исследовании, направленном на оценку

потенциала ультразвуковой терапии для лечения стрессового недержания мочи, Янг и коллеги [40] в 2019 году создали крысиную модель этого состояния и подвергли животных воздействию низкоинтенсивного импульсного ультразвука с различными параметрами. Результаты продемонстрировали, что применение низкоинтенсивного импульсного ультразвука с оптимально подобранной интенсивностью способствует улучшению клинических проявлений стрессового недержания мочи. В группах, получавших лечение с интенсивностью 200 и 300 мВт/см², наблюдалось восстановление таких функциональных показателей, как давление и объем мочевого пузыря, по сравнению с нелеченой контрольной группой. Кроме того, была отмечена активная пролиферация и дифференцировка сателлитных миобластов, что свидетельствует о регенерации скелетной мускулатуры [40]. Стимулируемая низкоинтенсивным импульсным ультразвуком регенерация может способствовать увеличению толщины и восстановлению структурной целостности поперечно-полосатой мускулатуры уретры, что, в свою очередь, может играть ключевую роль в смягчении симптоматики стрессового недержания мочи.

Низкоинтенсивный импульсный ультразвук и восстановление нервов. Низкоинтенсивный импульсный ультразвук представляет собой инновационный метод стимуляции, в основе которого лежит использование низкоинтенсивных импульсных ультразвуковых волн, способных индуцировать регенерацию поврежденных нервных структур. Его терапевтический потенциал реализуется через воздействие на стволовые клетки нервной ткани, нейротрофические факторы и аксональные проводники, что в совокупности способствует восстановлению периферических нервов и обеспечивает нейротропный эффект [41, 42].

В контексте церебральных патологий низкоинтенсивный импульсный ультразвук демонстрирует способность повышать электрическую активность корковых нейронов, не провоцируя при этом повреждение мозговой ткани. Нейротропные свойства методики были подтверждены в доклинических исследованиях на моделях черепно-мозговой травмы [43], церебральной ишемии [44, 45]. Механизм действия низкоинтенсивного импульсного ультразвука является многокомпонентным и включает стимуляцию секреции нейротрофических факторов, подавление воспалительных реакций и ингибирование апоптоза [46].

Отдельного внимания заслуживает применение низкоинтенсивного импульсного ультразвука в перинатологии. Дети, перенесшие задержку внутриутробного развития (ЗВУР), входят в группу повышенного риска по возникновению стойких неврологических, моторных и когнитивных расстройств, эффективные методы коррекции которых в настоящее время ограничены [47, 48]. Проведенные исследования показали, что пренатальное применение низкоинтенсивного импульсного ультразвука способно смягчать степень церебрального повреждения, вызванного ЗВУР [49, 50]. Параллельно на крысиной модели ЗВУР было установлено, что терапия низкоинтен-

сивным импульсным ультразвуком положительно влияет на массу тела матери, плода и плаценты, а также улучшает плацентарную функцию и показатели фетального роста.

Полученные данные свидетельствуют о том, что ультразвуковая стимуляция может рассматриваться как перспективный нейротропный метод при ЗВУР, одновременно оказывая положительное влияние на сопутствующие пренатальные нарушения. Это открывает новые горизонты для развития инновационных технологий в перинатальной медицине.

Выводы. Низкоинтенсивная импульсная ультразвуковая терапия представляет собой перспективный неинвазивный подход, способный стимулировать регенерацию различных типов тканей. Его механизм действия основан на комбинации механических, термических и физико-химических эффектов, которые позволяют модулировать клеточные функции, такие как снижение воспаления и изменение проницаемости мембран. Несмотря на то, что полное понимание системного воздействия низкоинтенсивного импульсного ультразвука на органы и организм в целом еще требует дальнейших исследований, впечатляющие результаты доклинических испытаний открывают широкие возможности для его применения. Данная технология уже находит применение в репродуктологии, перинатологии, восстановлении после родов и гинекологической онкологии, что дает основания прогнозировать новый всплеск научного интереса в этой области.

Прозрачность исследования. Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы несут полную ответственность за предоставление окончательной версии рукописи в печать.

Декларация о финансовых и других взаимоотношениях. Все авторы принимали участие в разработке концепции, дизайна исследования и в написании рукописи. Окончательная версия рукописи была одобрена всеми авторами. Авторы не получали гонорар за исследование.

Участие авторов: З.А. Абусуева, К.Л. Сейдалиева – концепция и дизайн исследования, утверждение окончательного варианта статьи; З.А. Гайдаева, М.М. Гашимова, Б.Г. Магомедова – написание текста; С.К. Мирзалиева, Р.М. Абдулгамидова – сбор и обработка данных; С.К. Мирзалиева, Р.М. Абдулгамидова, М.М. Гашимова, Б.Г. Магомедова – подбор литературы для обзора, написание текста; К.Л. Сейдалиева – редактирование текста, утверждение окончательного варианта статьи; З.А. Абусуева – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Ning G-Z, Song W-Y, Xu H, et al. Bone marrow mesenchymal stem cells stimulated with low-intensity pulsed ultrasound: better choice of transplantation treatment for spinal cord injury: treatment for sci by lipus-bmcs transplantation. *CNS Neurosci Ther.* 2019;25(4):496–508. DOI: 10.1111/cns.13071
2. Wang S, Li B-H, Wang J-J, et al. The safety of echo contrast-enhanced ultrasound in high-intensity focused ultrasound ablation for abdominal wall endometriosis: A retrospective study. *Quant Imaging Med Surg.* 2021;11(5):1751–62. DOI: 10.21037/qims-20-622

3. Liufu C, Li Y, Lin Y, et al. Synergistic ultrasonic biophysical effect-responsive nanoparticles for enhanced gene delivery to ovarian cancer stem cells. *Drug Delivery*. 2020;27(1):1018–33. DOI: 10.1080/10717544.2020.1785583
4. Jiang X, Savchenko O, Li Y, et al. A review of low-intensity pulsed ultrasound for therapeutic applications. *IEEE Trans BioMed Eng*. 2019;66(10):2704–18. DOI: 10.1109/TBME.2018.2889669
5. Watson T. Ultrasound in contemporary physiotherapy practice. *Ultrasonics*. 2008;48(4):321–9. DOI: 10.1016/j.ultras.2008.02.004
6. Xin Z, Lin G, Lei H, et al. Clinical applications of low-intensity pulsed ultrasound and its potential role in urology. *Transl Androl Urol*. 2016;5(2):255–66. DOI: 10.21037/tau.2016.02.04
7. Fung C-H, Cheung W-H, Pounder NM, et al. Investigation of rat bone fracture healing using pulsed 1.5 mhz, 30 mw/cm(2) burst ultrasound–axial distance dependency. *Ultrasonics*. 2014; 54(3):850–9. DOI: 10.1016/j.ultras.2013.10.013
8. Harrison A, Lin S, Pounder N, et al. Mode & Mechanism of low intensity pulsed ultrasound (Lipus) in fracture repair. *Ultrasonics*. 2016;70:45–52. DOI: 10.1016/j.ultras.2016.03.016
9. Ter Haar G, Dyson M, Talbert D. Ultrasonically induced contractions in mouse uterine smooth muscle in vivo. *Ultrasonics*. 1978;16(6):275. DOI: 10.1016/0041-624x(78)90055-0
10. Stuenkel CA, Gompel A. Primary ovarian insufficiency. *New Engl J Med*. 2023;388(2):154–63. DOI: 10.1056/NEJMcp2116488
11. Tang H, Liu Y, Fan Y, et al. Therapeutic effects of low-intensity pulsed ultrasound on premature ovarian insufficiency. *Ultrasound Med Biol*. 2021;47(8):2377–87. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2021.04.022
12. Qin J, Chen J, Xu H, et al. Low-intensity pulsed ultrasound promotes repair of 4-vinylcyclohexene diepoxide-induced premature ovarian insufficiency in sd rats. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2022;77(2):221–7. DOI: 10.1093/geronol/glab242
13. Elkady MA, Shalaby S, Fathi F, et al. Effects of quercetin and rosuvastatin each alone or in combination on cyclophosphamide-induced premature ovarian failure in female albino mice. *Hum Exp Toxicol*. 2019;38(11):1283–95. DOI: 10.1177/0960327119865588
14. Hoang VT, Nguyen H-P, Nguyen VN, et al. Adipose-derived mesenchymal stem cell therapy for the management of female sexual dysfunction: literature reviews and study design of a clinical trial. *Front Cell Dev Biol*. 2022;10:956274. DOI: 10.3389/fcell.2022.956274
15. Díaz-Prado S, Muiños-López E, Hermida-Gómez T, et al. Multilineage differentiation potential of cells isolated from the human amniotic membrane. *J Cell Biochem*. 2010; 111(4):846–57. DOI: 10.1002/jcb.22769
16. Feng X, Ling L, Zhang W, et al. Effects of human amnion-derived mesenchymal stem cell (Had-msc) transplantation in situ on primary ovarian insufficiency in sd rats. *Reprod Sci (Thousand Oaks Calif)*. 2020; 27(7):1502–12. DOI: 10.1007/s43032-020-00147-0
17. Ling L, Wei T, He L, et al. Low-intensity pulsed ultrasound activates erk1/2 and pi3k-akt signalling pathways and promotes the proliferation of human amnion-derived mesenchymal stem cells. *Cell Prolif*. 2017;50(6):e12383. DOI: 10.1186/s13287-017-0739-3
18. Ling L, Feng X, Wei T, et al. Effects of low-intensity pulsed ultrasound (Lipus)-pretreated human amnion-derived mesenchymal stem cell transplantation on primary ovarian insufficiency in rats. *Stem Cell Res Ther*. 2017; 8(1):283. DOI: 10.1186/s13287-017-0739-3
19. Ling L, Hou J, Wang Y, et al. Effects of low-intensity pulsed ultrasound on the migration and homing of human amnion-derived mesenchymal stem cells to ovaries in rats with premature ovarian insufficiency. *Cell Transplant*. 2022;31:9636897221129171. DOI: 10.1177/09636897221129171
20. Abtahi NS, Eimani H, Vosough A, et al. Effect of therapeutic ultrasound on folliculogenesis, angiogenesis and apoptosis after heterotopic mouse ovarian transplantation. *Ultrasound Med Biol*. 2014;40(7):1535–44. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2014.02.006
21. Wang D, Geng M, Gan D, et al. Effect of resveratrol on mouse ovarian vitrification and transplantation. *Reprod Biol Endocrinol RB&E*. 2021;19(1):54. DOI: 10.1186/s12958-021-00735-y
22. Hanawa K, Ito K, Aizawa K, et al. Low-intensity pulsed ultrasound induces angiogenesis and ameliorates left ventricular dysfunction in a porcine model of chronic myocardial ischemia. *PLoS One*. 2014;9(8):e104863. DOI: 10.1371/journal.pone.0104863
23. Shindo T, Ito K, Ogata T, et al. Low-intensity pulsed ultrasound enhances angiogenesis and ameliorates left ventricular dysfunction in a mouse model of acute myocardial infarction. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2016;36(6):1220–9. DOI: 10.1161/ATVBAHA.115.306477
24. Yu M, Bian Y, Wang L, et al. Low-intensity pulsed ultrasound enhances angiogenesis in rabbit capsule tissue that acts as a novel vascular bed in vivo. *Adv Clin Exp Med*. 2021;30(6):581–9. DOI: 10.1161/ATVBAHA.115.306477
25. Мирзаева Д.М., Абусуева З.А., Хашаева Т.Х., [и др.]. Оптимизация ведения женщин с «тонким» эндометрием и репродуктивными неудачами при подготовке к экстракорпоральному оплодотворению // Проблемы репродукции. – 2022. – №28(6). – С.6371. Mirzayeva DM, Abusueva ZA, Hashaeva TH, et al. Optimizaciya vedeniya zhenshchin s «tonkim» endometriem i reproduktivnymi neudachami pri podgotovke k ekstrakorporal'nomu oplodotvoreniyu [Optimization of management of women with "thin" endometrium and reproductive failures in preparation for in vitro fertilization]. *Problemy reprodukcii* [Problems of reproduction]. 2022; 28(6): 63-7. (in Russ.)
26. Абусуева З.А., Сейдалиева К.Л., Стефанян Н.А., [и др.]. Новый взгляд на проблему «тонкого» эндометрия // Вестник современной клинической медицины. – 2025. – Т.18, Вып.3. – С.98-105. Abusueva ZA, Seydaliyeva KL, Stefanyan NA, et al. Novii vzglyad na problemu «tonkogo» endometriya [Rethinking the problem of "thin" endometrium]. *Vestnik sovremennoi klinicheskoi meditsini* [The Bulletin of Contemporary Clinical Medicine]. 2025; 18(3): 98-105. (in Russ.)
27. Омарпашаева М.И., Абусуева З.А., Хашаева Т.Х.-М., [и др.]. Хронический эндометрит при невынашивании беременности: возможности восстановительного лечения // Медицинский алфавит. – 2022. – №4. – С.23-26. Omarpashayeva MI, Abusueva ZA, Hashayeva TX. Hronicheskij endometrit pri nevnashivanii beremennosti: vozmozhnosti vosstanovitel'nogo lecheniya [Chronic endometritis in miscarriage: possibilities of restorative treatment]. *Medicinskij alfavit* [Medical Alphabe]. 2022; 4: 23-26. (in Russ.) DOI: 10.33667/2078-5631-2022-4-23-26
28. Омарпашаева М.И., Дикке Г.Б., Абусуева З.А., Хашаева Т.Х.-М. Восстановление рецептивности эндометрия у женщин после несостоявшегося выкидыша // Акушерство и гинекология. – 2019. – №1. – С.109-116. Omarpashayeva MI, Dikke GB, Abusueva ZA, Khashaeva THM. Vosstanovleniereceptivnosti endometriya u zhenshchin posle nesostoyavshegosya vykidysya [Restoration of endometrial receptivity in women after a failed miscarriage]. *Akusherstvo i ginekologiya* [Obstetrics and Gynecology]. 2019; 1: 109-116. (in Russ.) DOI: 10.18565/aig.2019.1.109-116
29. Мирзаева Д.М., Абусуева З.А. Способ реабилитации пациенток с «тонким» эндометрием после неудач ЭКО. Патент № 2792572C1. 22.03.2023г. Mirzayeva DM, Abusueva ZA. Sposob reabilitacii pacientok s «tonkim» endometriem posle neudach EKO [Method of rehabilitation of patients with "thin" endometrium after IVF failures]. Patent Режим доступа [URL]: <https://patent.ru/patent/RU2792572C1> yscld=mbhnf edyv18496269
30. Мирзаева Д.М., Абусуева З.А., Стефанян Н.А., [и др.]. К вопросу о ведении пациенток с «тонким» эндометрием после вакуум-аспирации полости матки по поводу несостоявшегося выкидыша. Вестник Дагестанской государственной медицинской академии. – 2023. – №4 (49). – С.32-37. Mirzayeva DM, Abusueva ZA, Stefanyan NA, et al. K voprosu o vedenii pacientov s «tonkim» endometriem posle vakuumaspiracii polosti matki po povodu nesostoyavshegosya vykidysya [On the issue of managing patients with "thin" endometrium after vacuum aspiration of the uterine cavity due to a failed miscarriage]. *Vestnik Dagestanskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii* [Bulletin

of the Dagestan State Medical Academy]. 2023; 4 (49): 32-37. (in Russ)

31. Абусуева З.А., Сейдалиева К.Л., Алиева Н.А., [и др.] Способ лечения пациенток с «тонким» эндометрием посредством ультразвуковой кавитации с использованием гранулоцитарного колониестимулирующего фактора // РМЖ. Мать и дитя. – 2025;8(3):236–240.
Abusueva ZA, Seidalieva KL, Alieva NA et al. Sposob lecheniya pacientok s «tonkim» endometriem posredstvom ul'trazvukovoy kavitatsii s ispol'zovaniem granulocitarnogo koloniestimuliruyushchego faktora [Management of "thin" endometrium by ultrasound cavitation with granulocyte colony stimulating factor]. Russian Medical Journal; Mother and Child [Russian Medical Journal; Mother and Child]. 2025; 8 (3): 236–240. (in Russ.)
32. Chittajallu SNSH, Richhariya A, Tse KM, Chinthapenta V. A review on damage and rupture modelling for soft tissues. Bioeng (Basel). 2022;9(1):26.
DOI: 10.3390/bioengineering9010026
33. Hiraoka T, Osuga Y, Hirota Y. Current perspectives on endometrial receptivity: A comprehensive overview of etiology and treatment. J Obstet Gynaecol Res. 2023 Oct;49(10):2397-2409.
DOI: 10.1111/jog.15759
34. Kim H, Shin JE, Koo HS et al. Effect of autologous platelet-rich plasma treatment on refractory thin endometrium during the frozen embryo transfer cycle: a pilot study. Front Endocrinol. 2019; 110: 61.
35. Абусуева З.А., Сейдалиева К.Л., Биярсланова А.М., [и др.]. Обогащенная тромбоцитами плазматерапия тонкого эндометрия // Вестник современной клинической медицины. – 2025. – Т. 18, вып. 6. – С. 105–114.
Abusueva ZA, Seidalieva KL, Byarslanova AM, et al. Obogashchennaya trombocitami plazmoterapiya tonkogo endometriya [Platelet-rich plasma therapy for thin endometrium]. Vestnik sovremennoy klinicheskoy mediciny [The Bulletin of Contemporary Clinical Medicine]. 2025; 18 (6): 105–114. (in Russ.)
DOI: 10.20969/VSKM.2025.18(6).105-114
36. Qin H, Luo Z, Sun Y, et al. Low-intensity pulsed ultrasound promotes skeletal muscle regeneration via modulating the inflammatory immunomicroenvironment. Int J Biol Sci. 2023; 19(4):1123–45.
37. Yang X, Li P, Lei J, et al. Integrated application of low-intensity pulsed ultrasound in diagnosis and treatment of atrophied skeletal muscle induced in tail-suspended rats. Int J Mol Sci. 2022; 23(18):10369.
DOI: 10.3390/ijms231810369
38. Sun L, An S, Zhang Z, et al. Molecular and metabolic mechanism of low-intensity pulsed ultrasound improving muscle atrophy in hindlimb unloading rats. Int J Mol Sci. 2021; 22(22):12112.
39. Lai WC, Iglesias BC, Mark BJ, Wang D. Low-intensity pulsed ultrasound augments tendon, ligament, and bone-soft tissue healing in preclinical animal models: A systematic review. Arthroscopy. 2021; 37(7): 2318–33.e3.
DOI: 10.1016/j.arthro.2021.02.019
40. Yang B, Li M, Lei H, et al. Low intensity pulsed ultrasound influences the myogenic differentiation of muscle satellite cells in a stress urinary incontinence rat model. Urology. 2019; 123: 297.e1–e8.
DOI: 10.1016/j.urology.2018.09.020
41. Liu X, Zou D, Hu Y, et al. Research progress of low-intensity pulsed ultrasound in the repair of peripheral nerve injury. Tissue Eng Part B Rev. (2023); 29(4): 414–428.
DOI: 10.1089/ten.TEB.2022.0194
42. Acheta J, Stephens SBZ, Belin S, Poitelon Y. Therapeutic low-intensity ultrasound for peripheral nerve regeneration – a Schwann cell perspective. Front Cell Neurosci. 2021;15:812588.
43. Su W-S, Wu C-H, Chen S-F, Yang F-Y. Transcranial ultrasound stimulation promotes brain-derived neurotrophic factor and reduces apoptosis in a mouse model of traumatic brain injury. Brain Stimul. 2017; 10(6): 1032–41.
DOI: 10.1016/j.brs.2017.09.003
44. Chen C-M, Wu C-T, Yang T-H, et al. Preventive effect of low intensity pulsed ultrasound against experimental cerebral ischemia/reperfusion injury via apoptosis reduction and brain-derived neurotrophic factor induction. Sci Rep. 2018; 8(1): 5568.
45. Huang S-L, Chang C-W, Lee Y-H, Yang F-Y. Protective effect of low-intensity pulsed ultrasound on memory impairment and brain damage in a rat model of vascular dementia. Radiology. 2017; 282(1): 113–22.
DOI: 10.1148/radiol.2016160095
46. Sung C-Y, Chiang P-K, Tsai C-W, Yang F-Y. Low-intensity pulsed ultrasound enhances neurotrophic factors and alleviates neuroinflammation in a rat model of Parkinson's disease. Cereb Cortex. 2021;32(1):176–85.
DOI: 10.1093/cercor/bhab201
47. Абусуева З.А., Сейдалиева К.Л. Способ лечения пациенток с «тонким» эндометрием посредством ультразвуковой кавитации и препарат «Лейкостим» // Сборник тезисов XVIII Регионального научно-образовательного форума и Пленум Правления Российского общества акушеров-гинекологов «Мать и дитя». – Санкт-Петербург, 2025. – С. 137–138.
Abusueva ZA, Seidalieva KL. Sposob lecheniya pacientok s «tonkim» endometriem posredstvom ul'trazvukovoy kavitatsii i preparat «Leikostim» [A method for treating patients with "thin" endometrium using ultrasonic cavitation and the drug Leukostim]. Sankt-Peterburg: Sbornik tezisev XVIII Regional'nogo nauchno-obrazovatel'nogo foruma i Plenum Pravleniya Rossiyskogo obshchestva akusherov-ginekologov «Mat' i ditya» [St Petersburg: Collection of Abstracts of the 18th Regional Scientific and Educational Forum and the Plenum of the Board of the Russian Society of Obstetricians and Gynecologists "Mother and Child"]. 2025; 137–138. (in Russ)
48. Wixey JA, Chand KK, Pham L, et al. Therapeutic potential to reduce brain injury in growth restricted newborns. J Physiol. 2018; 596 (23): 5675–86.
DOI: 10.1113/JP275428
49. Hung T-H, Liu Y-C, Wu C-H, et al. Antenatal low-intensity pulsed ultrasound reduces neurobehavioral deficits and brain injury following dexamethasone-induced intrauterine growth restriction. Brain Pathol (Zurich Switzerland). 2021; 31(6): e12968.
50. Tian C, Liu H, Zhao C, et al. A numerical study on mechanical effects of low-intensity pulsed ultrasound on trabecular bone and osteoblasts. J Biomech Eng. 2023; 145 (5): 051010.
DOI: 10.1115/1.4056658

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

АБУСУЕВА ЗУХРА АБУСУЕВНА, ORCID: 0000-0002-7729-1606, докт. мед. наук, профессор, e-mail: zuhraabusueva@mail.ru; профессор кафедры акушерства и гинекологии лечебного факультета ФБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» Минздрава России, 367005, г. Махачкала, пл. Ленина, д. 1.
СЕЙДАЛИЕВА КИРА ЛУКМАНОВНА, ORCID: 0000-0002-4303-7546, e-mail: kira_se02@mail.ru; ординатор МГУ имени М.В. Ломоносова; 119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, д. 1.
ГАЙДАЕВА ЗУЛЕЙХА АРТУРОВНА, ORCID: 0009-0002-0295-7343, e-mail: zuleyha.gaydaeva@mail.ru; студент ФБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» Минздрава России, 367005, г. Махачкала, пл. Ленина, д. 1.

ABOUT THE AUTHORS:

ZUKHRA A. ABUSUEVA, ORCID: 0000-0002-7729-1606, Dr. sc. med, Professor, e-mail: zuhraabusueva@mail.ru; Professor, Department of Obstetrics and Gynecology, Faculty of Medicine, Dagestan State Medical University, 1 Lenin Sq., 367005 Makhachkala, Russia.
KIRA L. SEIDALIEVA, ORCID: 0000-0002-4303-7546, e-mail: kira_se02@mail.ru; Resident Physician, Lomonosov Moscow State University, 1 Lenin Hills, 119991 Moscow, Russia.
ZULEYKHA A. GAYDAEVA, ORCID: 0009-0002-0295-7343, e-mail: zuleyha.gaydaeva@mail.ru; Student, Dagestan State Medical University, 1 Lenin Sq., 367005 Makhachkala, Russia.

ГАШИМОВА МАРЬЯМ МАГОМЕДАГИРОВНА,
 ORCID: 0009-0008-6505-2983, email: manishka1002@gmail.com ;
 врач-терапевт ГБУ РД «Карабудахкентская ЦРБ
 им. С. А. Абусуева», 368530, Республика Дагестан,
 с. Карабудахкент, ул. Космонавтов, д. 1.
МАГОМЕДОВА БАРИЯТ ГАЗИМАГОМЕДОВНА,
 ORCID: 0009-0009-5113-1514,
 e-mail: bariyat.magomedova2021@mail.ru ;
 студент ФБОУ ВО «Дагестанский государственный
 медицинский университет» Минздрава России,
 367005, г. Махачкала, пл. Ленина, д. 1.
МИРЗАЛИЕВА САБИНА КАЗБЕКОВНА, ORCID: 0009-0006-
 9593-5125, e-mail: sabinaamk99@gmail.com ;
 студент ФБОУ ВО «Дагестанский государственный
 медицинский университет» Минздрава России,
 67005, г. Махачкала, пл. Ленина, д. 1.
АБДУЛГАМИДОВА РАВЗАНАТ МАГОМЕДОВНА,
 ORCID: 0009-0002-1912-0275,
 e-mail: abdulgamidova2003@gmail.com ;
 студент ФБОУ ВО «Дагестанский государственный
 медицинский университет» Минздрава России,
 367005, г. Махачкала, пл. Ленина, д. 1.

MARYAM M. GASHIMOVA, ORCID: 0009-0008-6505-2983,
 e-mail: manishka1002@gmail.com ;
 Therapist, Karabudakhkent Central District Hospital
 named after S. A. Abusuev, 1 Kosmonavtov str.,
 368530 Karabudakhkent, Republic of Dagestan, Russia.
BARIYAT G. MAGOMEDOVA, ORCID: 0009-0009-5113-1514,
 e-mail: bariyat.magomedova2021@mail.ru ;
 Student, Dagestan State Medical University, 1 Lenin Sq.,
 367005 Makhachkala, Russia.
SABINA M. MIRZALIEVA, ORCID: 0009-0006-9593-5125,
 e-mail: sabinaamk99@gmail.com ;
 Student, Dagestan State Medical University, 1 Lenin Sq.,
 367005 Makhachkala, Russia.
RAVZANAT M. ABDULGAMIDOVA, ORCID: 0009-0002-1912-0275,
 e-mail: abdulgamidova2003@gmail.com ;
 Student, Dagestan State Medical University, 1 Lenin Sq.,
 367005 Makhachkala, Russia.