

УДАРНО-ВОЛНОВАЯ ТЕРАПИЯ: СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

© *Гарилевич Б.А.¹, Семенов А.А.¹, Гуревич К.Г.², Назорнев С.Н.³, Радченко С.Н.⁴, Пузырева Г.А.⁵*

¹ Филиал № 1 Главного военного клинического госпиталя им. Н.Н. Бурденко, Москва;

² Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова, Москва; ³ Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровья, Москва; ⁴ Московский Дом ветеранов (пенсионеров) войн и Вооруженных Сил, Москва;

⁵ Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии, Москва

E-mail: kgurevich@mail.ru

В статье приводятся сведения о терапевтическом применении метода ударно-волновой терапии, основанного на передаче энергии ударно-волнового импульса от контактной камеры аппарата к тканям человеческого организма. Рассматриваются биологические эффекты и анализируются механизмы стимулирующего действия ударно-волновой терапии на клеточный метаболизм и репаративные процессы. Показана перспективность применения метода ударно-волновой терапии в кардиологии у пациентов, страдающих ишемической болезнью сердца и хронической сердечной недостаточностью. Отмечается высокая эффективность клинического применения ударно-волновой терапии в урологической практике. Обсуждается перспектива применения ударно-волновой терапии в лечении новообразований, рассматриваются предпосылки для реализации стратегии противомикробного действия метода. Указывается на необходимость проведения более детальных исследований, направленных на изучение механизмов реализации биологического потенциала ударных волн, оптимизации их параметров. Это позволит значительно расширить перечень патологических состояний, включая заболевания внутренних органов, при которых применение ударно-волновой терапии будет обладать доказанной эффективностью.

Ключевые слова: параметры ударных волн, стимуляции метаболизма, сфокусированные ударные волны, ударно-волновая терапия, фокус ударной волны.

SHOCK-WAVE THERAPY: STATUS UPDATE ON THE PROBLEM AND POSSIBILITIES OF APPLICATION IN CLINICAL PRACTICE

Garilevich B.A.¹, Semenov A.A.¹, Gurevich K.G.², Nazornev S.N.³, Radchenko S.N.⁴, Puzyreva G.A.⁵

¹ Branch No. 1 of N.N. Burdenko Main Military Clinical Hospital, Moscow;

² A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow; ³ Center for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks, Moscow; ⁴ Moscow House of Veterans (Pensioners) of Wars and Armed Forces, Moscow; ⁵ National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow

The article gives information on the therapeutic application of the shock wave therapy method, based on the transfer of energy of the shock wave pulse from the apparatus's contact chamber to the tissues of the human body. Biological effects are considered and mechanisms of the stimulating effect of shock wave therapy on cellular metabolism and reparative processes are analyzed. The perspectivity of using the shock wave therapy method in cardiology in patients suffering from ischemic heart disease and chronic heart failure is shown. High efficiency of clinical application of shock wave therapy in urological practice is noted. The prospects of applying shock wave therapy in the treatment of neoplasms are discussed, the prerequisites for the implementation of the antimicrobial strategy are considered. It is pointed out that more detailed studies are needed to investigate the mechanisms for realizing the biological potential of shock waves, and to optimize their parameters. This will significantly expand the list of pathological conditions, including diseases of internal organs, in which the use of shock wave therapy will have the proven effectiveness.

Keywords: shock wave parameters, metabolic stimulation, focused shock waves, shock wave therapy, shock wave focus.

Ударные волны (УВ) успешно применяются в медицинской практике уже на протяжении многих лет. Начиная с 80-х гг. прошлого века широко используется метод дистанционной ударно-волновой литотрипсии при лечении мочекаменной болезни. В основе этого метода лежат кратковременные силовые воздействия акустической природы, вызывающие кавитационные разрушения в плотных мочевых конкрементах [6, 60]. Таким образом, высокоэнергетические УВ передают энергию, фрагментирующую почечные камни.

Вместе с тем было показано, что УВ способны вызывать ряд биологических эффектов, которые быстро нашли применение в ортопедической практике при лечении псевдоартрозов и замедленно консолидирующихся переломов [14, 15, 21, 33, 46, 64]. Используемые при этом УВ представляют собой чрезвычайно короткий, мощный импульс давления с высокими амплитудами давления и малой компонентой растяжения. Они генерируются вне тела пациента и передаются вглубь тела, производя терапевтический эффект.

С современных позиций ударно-волновая терапия (УВТ) представляет собой метод экстракорпорального воздействия акустическими импульсами значительной амплитуды на ткани организма [48]. За короткое время метод УВТ завоевал популярность и стал широко использоваться в травматологии, ортопедии и спортивной медицине для лечения хронических дегенеративно-дистрофических заболеваний и травм опорно-двигательного аппарата, все более вытесняя хирургические и кортикостероидные методики лечения [20, 47].

В последние годы в связи с применением метода низкоэнергетической акустической волны появились сообщения о новых направлениях практического применения УВТ, обзорному рассмотрению которых посвящена настоящая статья.

Говоря о биофизических основах метода УВТ, следует подчеркнуть, что УВ кардинально отличаются от звуковых волн других источников более высокой положительной амплитудой давления (сжатия), короткой продолжительностью импульса (менее 1 мкс), быстрым нарастанием пиковой амплитуды давления (менее 10 нс) с крутым передним фронтом и наличием пологого заднего фронта, сменяющегося незначительной по амплитуде отрицательной фазой (растяжения) [6]. Что касается частоты ударно-волновых импульсов (УВИ), то она обычно варьирует в различных методиках от 1 до 15 имп./с. С увеличением числа импульсов смягчается производимое воздействие. За процедуру производится 1500-3000 ударных импульсов продолжительностью около 1 мс. Размер фокуса определяется аксиальным и латеральными размерами распределения давления. Фокус имеет продольную ось, которая расположена по направлению распространения ударной волны, а наибольшее сопротивление находится в центральной точке поля давления. Размер площади фокуса обычно находится в пределах 5-20 мм². Глубина эффективного действия ударной волны может регулироваться расстоянием от источника до кожной поверхности. Как правило, она не превышает 60-80 мм. При уменьшении расстояния от источника УВИ до кожи фокус смещается в глубину биоткани [25]. Установлено, что терапевтическое действие на ткани и органы оказывают УВИ микросекундного диапазона в пределах от 3 до 20 МПа по амплитуде, при длительности импульса на полувысоте его амплитуды от 0,6 до 2,0 мкс. Наибольший эффект наблюдается при нагрузке с амплитудой сжатия (т.е. положительной фазы импульса) менее 20 МПа и подаче более 500 импульсов [37]. При этом терапевтические УВ могут быть сгенерированы различными способами: электрогидравлическим, электромагнитным, пьезоэлектрическим и пневматическим. Из

всех причисленных способов генерации УВ, электрогидравлический способ обладает самым высоким коэффициентом полезного действия преобразования электрической энергии в ударно-волновую и вследствие этого имеет наибольший ресурс генератора [25]. В медицине известно применение других видов акустических волн, таких как ультразвук и звуковые волны. Ультразвуковые волны имеют синусоидальную форму с относительно медленным нарастанием переднего фронта и небольшой амплитудой давления. Отрицательная фаза ультразвуковой волны имеет примерно равную амплитуду по сравнению с положительной. При использовании звуковых волн последняя также имеет синусоидальную форму миллисекундного диапазона и небольшую амплитуду давления [40].

Биологические эффекты УВ, реализуемые на уровне клеток и тканей, достаточно многообразны и опосредуются путем превращения механических импульсов в биохимические реакции. При более детальном рассмотрении клеточных механизмов УВТ исследователями выделяются следующие моменты:

- выработка оксида азота (NO), ведущая к вазодилатации кровеносных сосудов [28, 57];
- стимуляция фосфолипазы клеточных мембран, приводящая к повышению их проницаемости [16];
- активация протеазы, вызывающая деградацию базальной мембраны внутреннего слоя кровеносного сосуда, что существенно облегчает миграцию эндотелиальных клеток в смежные ткани [17, 34];
- усиленная выработка сигнальных белков – васкулярных эндотелиальных факторов роста (VEGF) и факторов роста фибробластов (FGF), обеспечивающих усиленный ангиогенез [4, 18, 57].

Совокупность указанных клеточных механизмов формируют следующие процессы на уровне тканей:

- усиление ревазуляризации тканей и коллатерального кровообращения [24];
- стимуляция микроциркуляции и лимфотока в тканях, улучшение микрогемодинамики [32];
- обезболивающее действие [15, 38];
- ускорение регенеративных процессов [9, 30, 52];
- противовоспалительное и противоотечное действие [40];
- активация липолиза и уменьшение объема жировых отложений [29];
- рассасывание фиброзных перегородок [11];
- увеличение выработки коллагена, повы-

шение мышечной эластичности и тургора кожи [29, 58].

Дальнейшие исследования позволили установить, что ударная акустическая волна стимулирует выработку ангиогенных факторов, таких как интерлейкин-8 (IL-8), FGF и VEGF, что вызывает заживление тканей и т.н. «терапевтический ангиогенез», представляющий собой контролируемую стимуляцию образования новых кровеносных сосудов. В результате УВ воздействия синтезируется эндотелиальный NO, который, в свою очередь, отвечает за расслабление гладких мышц сосудов и их расширение (вазодилатацию), предотвращает агрегацию тромбоцитов и адгезию нейтрофилов к эндотелию. Благодаря воздействию этих факторов существенно улучшается гемодинамика и лимфоотток [40].

Особого внимания заслуживают исследования, при которых УВ оказывают воздействие на ишемизированный миокард. Установлено, что при непосредственном воздействии на зону ишемии УВ стимулирует местные факторы ангиогенеза и существенно улучшает регионарное коронарное кровообращение за счет образования новых коллатералей. Происходит частичное восстановление кровотока в зоне ишемии. В сердце эти процессы протекают не так эффективно, как в других органах, тем не менее, формирование коллатерального кровотока является единственной надеждой на частичное сохранение функции ткани. Кардиологическая УВТ действует как мощный стимулятор образования новых капилляров посредством выработки NO и повышающей регуляции факторов роста на начальной стадии ангиогенеза, что приводит к улучшению кровоснабжения тканей миокарда [18, 65]. Причина высокой результативности метода заключается в способности локализованной и точно дозированной УВ улучшать микроциркуляцию и ускорять обмен веществ в пораженной области [45, 51].

В отношении противовоспалительного действия УВТ описывается молекулярный механизм, который через активацию эндотелиальной NO-синтазы (eNOS) запускает продукцию эндогенного оксида азота как в нормальных, так и воспаленных тканях [57], а также подавляет транскрипционный ядерный фактор каппа В (NF- κ B) [59]. УВ воздействие способствует восстановлению внутриклеточного и внеклеточного ионного обмена, усиливает распад медиаторов воспаления, обеспечивает отвод и всасывание продуктов катаболического разложения, что определяет противовоспалительное и противоотечное действие УВТ [40].

Другим важным биологическим эффектом УВ является их активирующее влияние на обменные процессы тканевого и клеточного уровней [30,

34, 55]. В опытах на крысах было отмечено уменьшение размеров раны за счет быстрого развития грануляционной ткани и ускоренной полной эпителизации. Стимулирующее ударно-волновое воздействие, не оказывая повреждающих эффектов, приводит к активации метаболических процессов, связанных с функциональной активностью органа [9, 49, 50]. Гистохимический анализ, проведенный авторами, позволил установить повышение активности сукцинатдегидрогеназы на фоне снижения лактатдегидрогеназы, что указывает на преимущественное использование более выгодных в энергетическом отношении аэробных процессов. Ряд исследователей считают улучшение тканевого метаболизма под действием УВ доказанным фактом [58, 70].

УВТ способно оказывать противоболевое действие, которое некоторые авторы связывают с усиленной выработкой в ответ на раздражение болевых рецепторов эндорфинов [6], а также с развитием дегенеративных изменений в рецепторных участках тканей [40].

Завоевав изначально популярность в качестве эффективного метода лечения воспалительно-дегенеративных заболеваний опорно-двигательного аппарата, УВТ в настоящее время переживает новые направления своего развития и практического использования. Исследованиями последних лет показана перспективность применения метода УВТ в кардиологии у пациентов, страдающих ишемической болезнью сердца [10, 23, 27, 54]. Показано, что использование метода в низкоэнергетических режимах приводит к существенному снижению потребности в короткодействующих нитратах: для нитроглицерина снижение составило 70,2%. Отмечено достоверное снижение функционального класса стенокардии на фоне прироста толерантности к физической нагрузке на 37,1% [4, 41]. Авторы отмечают безопасность и эффективность УВТ, выступающей в качестве альтернативного метода лечения ишемической болезни сердца, когда другие возможности исчерпаны.

Применение УВТ у больных с хронической сердечной недостаточностью сопровождалось статистически значимым клиническим улучшением, увеличением фракции выброса левого желудочка и дистанции 6-ти минутной ходьбы. Положительное влияние было обусловлено восстановлением функции гибернированных сегментов левого желудочка миокарда [10, 36].

Значительных клинических результатов удалось добиться, применяя метод акустической ударно-волновой терапии в урологической практике. УВТ рассматривается в качестве высокоэффективного метода в лечении больных с эректильной дисфункцией и хроническим простати-

том, проявляя обезболивающее, противовоспалительное и антибактериальное действие, уменьшая выраженность фиброзно-склеротических изменений, а также стимулируя микроциркуляцию, неоангиогенез и метаболические процессы [2, 5, 39]. Представленные результаты клинических, инструментальных, гормональных исследований убедительно свидетельствуют о том, что УВТ является патогенетической терапией хронического простатита, так как оказывает непосредственное влияние на предстательную железу, способствует уменьшению отека, лейкоцитарной инфильтрации, оказывает сосудорасширяющее действие [8, 42]. В экспериментальных исследованиях отмечается повышение проницаемости ткани предстательной железы для антибиотиков и их кумуляция в органе после УВТ, что существенно повышает клиническую эффективность лечения данного заболевания [7, 22].

В лечении хронической тазовой боли показано, что комплексное лечение с применением УВТ по сравнению с изолированной фармакотерапией оказывает достоверно более выраженное обезболивающее и противовоспалительное действие на фоне усиления максимальной систолической скорости кровотока в органе [31, 43]. Помимо лечения хронической тазовой боли ударные волны используются в урологии для лечения болезни Пейрони, связанной с возникновением фиброзных уплотнений в пенисе, приводящих к искривлению органа и препятствующих нормальной жизни пациента [62]. Применение УВТ при данной патологии сопровождается существенным снижением болевых симптомов, а также размягчением и сокращением размеров фиброзной бляшки [67].

В исследовании с участием пациентов, страдающих нефролитиазом и пиелонефритом, показано, что применение УВТ снижает риск инфекционных и воспалительных осложнений, оказывает нефропротекторное действие и улучшает течение послеоперационного периода [60].

Достаточно новым направлением развития выступает ударно-волновая акупунктура – неинвазивный метод терапии, который требует чрезвычайно коротких промежутков времени (в несколько секунд) для воздействия на каждую точку ударными волнами высокой интенсивности [32]. Высокая эффективность метода достигается благодаря достижению ударными волнами всей целевой области одновременно, что приводит к улучшению циркуляции крови и усилению лимфатического дренажа. УВТ успешно применяется в лечении остеоартрита, когда точно направленная стимуляция локальных и отдаленных точек на фоне спазмированных мышц и сухожилий обеспечивает мгновенное облегчение боли.

Перспективным направлением выступает использование анальгетического эффекта УВТ при болевых синдромах различной этиологии. Приводятся убедительные данные о положительном влиянии метода в лечении миофасциального болевого синдрома [1, 3], дорсопатий [19], посттравматических поражений опорно-двигательного аппарата у спортсменов [13], плантарного фасциита [26], вибрационной болезни [38], дисфункции височно-нижнечелюстного сустава [12].

Преимущества УВТ перед другими физическими факторами определяются возможностью фокусирования ударной волны. Так, воздействие УВТ на триггерные зоны находит широкое применение в терапии миофасциальных болевых синдромов, а также при остеохондрозе шейного и поясничного отделов позвоночника. Для объяснения механизма обезболивающего действия ударных волн рассматриваются две нейрофизиологические модели. Первая базируется на теории «контролируемых ворот». Согласно ей, возникающий под влиянием УВТ мощный афферентный поток ингибирует пресинаптические нейроны задних рогов спинного мозга («ворота закрываются»), что приводит к блокаде передачи болевых импульсов в головной мозг. Другой возможный механизм, по мнению авторов, заключается в «анальгезии путем гиперстимуляции». Сильный кратковременный раздражитель поступает в очаг хронической боли в головном мозге и вызывает его дезактуализацию [32]. В эксперименте, изучая динамику провоспалительных субстанций и медиаторов боли после ударно-волнового воздействия, выявлено значительное подавление активности циклооксигеназы-2 и рецепторов простагландина E₂, а также снижение тканевых концентраций субстанции P [6].

Доказана клиническая эффективность применения метода УВТ в стоматологической практике при хронических дегенеративно-воспалительных заболеваниях пародонта [44, 61]. В то же время, принимая во внимание известные эффекты УВТ в виде улучшения микроциркуляции в тканях, ускорения обмена веществ, разрыхления микрокристаллов солей кальция и участков фиброза, образовавшихся в результате острой или хронической травмы, показана эффективность метода при остеоартрозе височно-нижнечелюстного сустава, миофасциальных расстройствах в лицевой мускулатуре, а также при переломах костей лицевого черепа [12, 66].

В последнее время проявляется все больший интерес к применению УВТ в дерматологической и косметологической практике [53]. Выполненные исследования в этом направлении свидетельствуют о том, что УВ оказывают стимулирующее

влияние на микроциркуляцию и вазомоторную активность, за счет активации липаз и фосфолипаз вызывают разрушение кластеров адипоцитов и выведение жиров в виде свободных жирных кислот, триглицеридов и глицерола, улучшают механо-эластические свойства кожи, воздействуя на гидратную оболочку молекул коллагена, приводят к разглаживанию ее рельефа, способствуют снижению окислительного стресса и ускоренной элиминации продуктов окисления липидов [11, 29].

Согласно исследованиям, выполненным на модели экспериментального атеросклероза, установлено, что применение радиальных низкоэнергетических и сфокусированных среднеэнергетических ударных волн способствует снижению атерогенной фракции холестерина (холестерина липопротеидов низкой плотности) и повышению содержания липопротеидов высокой плотности, обладающих антиатерогенным действием [16, 17].

Важным с точки зрения клинической медицины является антибактериальное действие ударных волн. В исследованиях многих ученых, проводившихся *in vitro* на лабораторных штаммах различных бактерий (*Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Enterococcus faecium*, *Escherichia coli*), установлены дозозависимый бактериостатический и бактерицидный эффекты ударных волн, что, по-видимому, объясняется повреждением мембранного аппарата клеток [6]. Экспериментально доказано достоверное повышение чувствительности микробов, в частности, *Staphylococcus aureus* и *Staphylococcus epidermidis*, к действию цефалоспоринов II поколения антибиотиков в условиях предварительного использования низкоэнергетической УВТ [69]. Было показано, что под воздействием УВ выделяется антимикробный пептид LL-37, оказывающий противомикробное и иммунорегуляторное действие [68]. Электростатически взаимодействуя с мембранами бактериальных клеток, этот белок способен образовывать сквозные дыры в мембране-мишени, что приводит к лизису клетки [35].

Заслуживает внимания способность УВТ подавлять опухолевую прогрессию при проведении комплексного лечения больных злокачественными новообразованиями [6]. В экспериментах с клетками остеосаркомы человека показано, что УВТ повышает их чувствительность к метотрексату, под влиянием которого существенно возрастает скорость апоптоза [63]. Авторы пришли к выводу, что обработка УВ увеличивает внеклеточную концентрацию АТФ и стимулирует пуриnergические рецепторы P2X7, которые обеспечивают ток Ca^{2+} и Na^+ внутрь клетки и ток K^+ из клетки, что, в свою

очередь, вызывает активацию внутриклеточных ферментов, приводящих к апоптотической гибели опухолевых клеток. На модели рака молочной железы проведено исследование УВ для активации цитотоксичности протопорфирина IX. Через 72 часа было зафиксировано значительное снижение размера опухоли, а также достоверное повышение гистологических признаков апоптоза [56].

В заключение подчеркнем, что безопасность и эффективность метода УВТ, доказанная многими экспериментальными и клиническими исследованиями, способствуют постоянному расширению терапевтических возможностей метода и показаний к его применению. Преимущества УВТ обусловлены неинвазивной природой этого вида амбулаторного лечения. УВТ представляет собой вполне безболезненный вид физиотерапевтического воздействия, не имеющего побочных эффектов. Уже сегодня его можно использовать не только для лечения дегенеративно-дистрофических заболеваний опорно-двигательного аппарата, но и при различной патологии кардиологического, неврологического, стоматологического и дерматологического профиля. Имеющиеся к настоящему времени теоретические, экспериментальные и клинические данные являются основанием для эффективного применения УВ в целях усиления обменных процессов в органах и тканях и подавления патологических образований опухолевой природы. Накоплены предпосылки для реализации стратегии противомикробного применения метода. В то же время назрела необходимость в проведении более детальных исследований, направленных на изучение механизмов реализации биологического потенциала ударных волн, оптимизации их параметров. Это позволит значительно расширить перечень патологических состояний, включая заболевания внутренних органов, при которых применение ударно-волновой терапии будет обладать доказанной эффективностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенова О.А., Николаев И.Ю. Ударно-волновая терапия в лечении миофасциального болевого синдрома // Медицинский алфавит. – 2016. – № 14. – С. 34-37.
2. Аксенов П.В. Низкоэнергетическая ударно-волновая терапия в коррекции эректильной дисфункции (обзор литературы) // Здоровье мужчины. – 2014. – № 1. – С. 58-67.
3. Бодня Н.И., Проценко В.Н., Марихин В.Г., Ободовский С.А. Опыт применения ударно-волновой терапии в лечении миофасциальных болевых синдромов // Мануальная терапия. – 2013. – № 3. – С. 76-82.
4. Васюк Ю.А., Хадзегова А.Б., Школьник Е.Л., Невсчетов В.В., Щербак М.М., Селезнёва М.Г. Удар-

- но-волновая терапия сердца: особенности механизма действия и возможности применения // Доктор.Ру. – 2013. – № 10. – С. 14-19.
5. *Гамидов С.И., Овчинников Р.И., Попова А.Ю., Ижбаев С.Х., Гаджиев С.Г.* Новый вид ударно-волновой терапии (линейная) в лечении тяжелых форм эректильной дисфункции (пилотное исследование) // Фарматека. – 2016. – № 3. – С. 84-87.
 6. *Гарилевич Б.А., Бобровницкий И.П., Нагорнев С.Н., Родин Д.Б., Семенов А.А.* Перспективы развития ударно-волновой терапии // Russian Journal of Rehabilitation Medicine. – 2015. – № 1. – С. 42-51.
 7. *Гарилевич Б.А., Кирпатовский В.И., Кудрявцев Ю.В., Синюхин В.Н.* Экспериментальное изучение влияния ударно-волновой терапии на проникновение антибиотиков в ткань предстательной железы // Экспериментальная и клиническая урология. – 2015. – № 2. – С. 26-29.
 8. *Гарилевич Б.А., Ротов А.Е.* Ударно-волновая терапия в лечении хронического простатита // Андрология и генитальная хирургия. – 2009. – № 2. – С. 105-1051.
 9. *Герцен Г.И., Се-Фей, Остапчук Р.Н., Малохатко С.И., Костенко А.В., Жеребчук В.В.* Влияние радиальной экстракорпоральной ударно-волновой терапии на заживление экспериментального дефекта кости // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2016. – № 4. – С. 11-16.
 10. *Голота А.С., Волконина Т.Е., Володина С.Т., Докши Ю.М., Крассий А.Б., Лисовец Д.Г., Макаренко С.В., Спиринов А.Б.* Кардиальная ударно-волновая терапия (критический анализ публикаций, современное состояние проблемы и перспективы научных исследований) // Физиотерапевт. – 2011. – № 11. – С. 3-12.
 11. *Деев А.И.* Реально ли сгладить «апельсиновую корку» целлюлита? // Метаморфозы. – 2017. – № 17. – С. 65-68.
 12. *Дрегалкина А.А., Герасимова Л.Д.* Возможности экстракорпоральной ударно-волновой терапии при лечении патологии челюстно-лицевой области // Проблемы стоматологии. – 2012. – № 5. – С. 34-37.
 13. *Дринецкий П.А., Скачко А.И., Малецкая О.С.* Применение сочетанных методов реабилитации спортсменов с болевыми синдромами и посттравматическими поражениями опорно-двигательного аппарата // Новости медико-биологических наук. – 2017. – № 2. – С. 76-77.
 14. *Егорова Е.А., Васильев А.Ю.* Экстракорпоральная ударно-волновая терапия в лечении переломов костей конечностей // Спортивная медицина. – 2013. – № 1. – С. 12-16.
 15. *Ивченко А.В., Коротнев В.Н., Родичкин В.А., Антонова Т.С., Рудой Б.С.* Использование экстракорпоральной ударно-волновой терапии в лечении хронического болевого синдрома // Спортивная медицина. – 2013. – № 1. – С. 26-29.
 16. *Касимова Г.М., Абдуллаев А.Х., Утемуратов Б.Б., Мухторов А.А., Шарипова Р.М.* Исследование активности эндогенных фосфолипаз и С-реактивного белка при экспериментальном атеросклерозе // Проблемы биологии и медицины. – 2015. – № 4. – С. 75-76.
 17. *Касимова Г.М., Абдуллаев Х.Х., Утемуратов Б.Б., Рахматуллаев Х.У.* Влияние различных диапазонов УВТ на уровень интерлейкинов при экспериментальном атеросклерозе // Журнал теоретической и клинической медицины. – 2015. – № 4. – С. 64-67.
 18. *Касимова Г.М., Шоюсупова М.У., Шарипова Р.М., Рахматуллаев Х.У.* Исследование влияния ударно-волновой терапии на образование ангиогенных факторов при атеросклерозе // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2014. – Т. 13, № S2. – С. 57-58.
 19. *Киргизова О.Ю., Ушаков В.В.* Боль в спине: современные возможности немедикаментозной терапии // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). – 2013. – № 6. – С. 8-11.
 20. *Корнеева О.Ю.* Место ударно-волновой терапии в структуре современной реабилитационной стратегии // Современное искусство медицины. – 2013. – № 1. – С. 31-34.
 21. *Корчажкина Н.Б., Михайлова А.А., Петрова М.С., Щукин А.И., Рузова Т.К., Данилова Д.П.* Экстракорпоральная ударно-волновая терапия у спортсменов при дегенеративно-дистрофических заболеваниях костно-мышечной системы // Медицина труда и промышленная экология. – 2013. – № 9. – С. 16-17.
 22. *Кульчавеня Е.В., Шевченко С.Ю., Брижатюк Е.В.* Экстракорпоральная ударно-волновая терапия при хроническом простатите // Урология. – 2016. – № 2. – С. 77-81.
 23. *Мацкеплишвили С.Т., Борбодоева Б.М., Асымбекова Э.У., Рахимов А.З., Ахмедярова Н.К., Катаева К.Б., Бузиашивили Ю.И.* Влияние ударно-волновой терапии на клинико-функциональное состояние пациентов с ишемической болезнью сердца // Терапевтический архив. – 2017. – Т. 89, № 4. – С. 22-28.
 24. *Михайлова А.А., Иванова И.И., Корчажкина Н.Б.* Влияние комплексной терапии с включением экстракорпоральной ударно-волновой терапии у лиц, активно занимающихся спортом, на метаболические процессы при дегенеративно-дистрофических заболеваниях костно-мышечной системы // Физиотерапевт. – 2014. – № 1. – С. 14-18.
 25. *Мюллер-Эренберг Г.* Фокусированная ударная волна и радиальная волна давления: сравнение // Медицинский алфавит. – 2016. – Т. 4, № 26. – С. 35-37.
 26. *Назаренко Г.И., Героева И.Б.* Эффективность ударно-волновой терапии в лечении плантарного фасциита // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2014. – № 1. – С. 52-53.
 27. *Никоненко А.С., Молодан А.В., Завгородний С.Н., Колесник М.Ю., Носов В.В.* Кардиологическая ударно-волновая терапия в лечении пациентов // Вестник неотложной и восстановительной медицины. – 2009. – № 3. – С. 282-284.
 28. *Павлов В.Е., Сумная Д.Б., Садова В.А.* Биохимические аспекты применения ударно-волновой терапии при синдроме грушевидной мышцы // Инно-

- вационные технологии в науке и образовании. – 2015. – № 1. – С. 54-56.
29. Раханская Е.М. Липолиз: аппаратные методы коррекции фигуры // Аппаратная косметология. – 2016. – № 1. – С. 6-18.
 30. Резник Л.Б., Рожков К.Ю., Ерофеев С.А., Дзюба Г.Г., Котов Д.В. Применение физических факторов для оптимизации костной регенерации (обзор литературы) // Гений ортопедии. – 2015. – № 1. – С. 89-95.
 31. Руденко И.И., Рапопорт Л.М., Газимиев М.А., Демидко Ю.Л., Байдувалиев А.М. Первый опыт применения ударно-волновой терапии у мужчин с синдромом хронической тазовой боли // Урология. – 2015. – № 6. – С. 26-29.
 32. Семевский А.Е., Чистов В.В., Серов Д.Д., Баранов М.С. Новейший опыт применения терапии ударными волнами в различных областях медицины // Доктор.Ру. – 2009. – № 7. – С. 32-40.
 33. Сермяжко Г.К. Опыт стимуляции остеогенеза методом пьезоэлектрической экстракорпоральной ударно-волновой терапии при диафизарных переломах плечевой кости (описание клинического случая) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2013. – № 1. – С. 108.
 34. Се-Фей, Остапчук Р.Н. Иммунные клетки крови под влиянием экстракорпоральной ударно-волновой терапии при травме кости // Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник української медичної стоматологічної академії. – 2016. – № 4-1. – С. 277-281.
 35. Снимцикова И.А., Халилов М.А., Плотникова М.О. Роль эндогенных антимикробных пептидов при инфекционно-воспалительных процессах // Российский иммунологический журнал. – 2014. – Т. 8, № 3. – С. 401-404.
 36. Способ лечения больных хронической сердечной недостаточностью ишемического генеза: заявка 2010116983/14 Россия, МПК А61N 7/00 / Васюк Ю.А., Хадзегова А.Б., Школьник Е.Л., Ющук Е.Н., Крикунова О.В. – № 2424015; заявлено 29.04.2010; опубл. 20.07.2011, Бюл. № 20. – 5 с.
 37. Способ лечения хронического простатита: заявка: 2009100382/14 Россия, МПК А61N 7/00; А61K 31/47; А61P 13/08 / Гарилевич Б.А. – № 2400269; заявлено 13.01.2009; опубл. 27.09.2010 Бюл. № 27. – 3 с.
 38. Суворов В.Г., Шелехова А.Е., Цидильковская Э.С. К механизму анальгезирующего действия экстракорпоральной ударно-волновой терапии при вибрационной болезни // Медицина труда и промышленная экология. – 2015. – № 9. – С. 138.
 39. Терешин А.Г., Неделько Д.Е., Лазарев И.Л. Клинико-функциональное обоснование комбинированного применения ударно-волновой и низкочастотной импульсной электротерапии у больных хроническим простатитом с эректильной дисфункцией // Вестник новых медицинских технологий. – 2014. – Т. 21, № 1. – С. 39-44.
 40. Улащик В.С. Ударно-волновая терапия: новые направления использования // Здоровоохранение (Минск). – 2010. – № 6. – С. 28-32.
 41. Фросин С.А., Рагозин О.Н., Исакова Е.Ю., Хабаров А.Н. Экстракорпоральная сердечная ударно-волновая терапия: изучение антиаритмического эффекта у пациентов со стенокардией напряжения II-IV в сочетании с нарушениями ритма при локализованном воздействии на межжелудочковую перегородку миокарда // Мир науки, культуры, образования. – 2012. – № 3. – С. 278-280.
 42. Ходырева Л.А., Дударева А.А., Кумачев К.В., Логвинов Л.А., Дегтярев С.С., Попов С.В. Новые физические факторы в лечении хронического абактериального простатита/синдрома хронической тазовой боли // Справочник врача общей практики. – 2012. – № 3. – С. 23-28.
 43. Ходырева Л.А., Дударева А.А., Мудрая И.С., Маркосян Т.Г., Ревенко С.В., Кумачев К.В., Логвинов Л.А. Оценка эффективности ударно-волновой терапии пациентов с тазовой болью методом гармонического анализа пенильного биоимпеданса // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2013. – № 2. – С. 259-264.
 44. Чапльгин А.А., Нагорнев С.Н., Рыгина К.В., Фролков В.К., Пузырева Г.А. Микроциркуляторные эффекты курсового применения ударно-волновой терапии у пациентов с хроническим пародонтитом // Вестник восстановительной медицины. – 2012. – № 3. – С. 60-64.
 45. Чумакова О.В. Ударно-волновая терапия рефрактерной стенокардии у пациентов после прямой реваскуляризации миокарда // Вестник экспериментальной и клинической хирургии. – 2011. – Т. 4, № 4. – С. 796-798.
 46. Шарабчиев Ю.Т., Дудина Т.В., Полянская О.Ю. Использование экстракорпоральной ударно-волновой терапии в травматологии и ортопедии // Международные обзоры: клиническая практика и здоровье. – 2013. – № 3. – С. 16-34.
 47. Шевелева Н.И., Минбаева Л.С. Ударно-волновая терапия в программах реабилитации // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 12. – С. 352-356.
 48. Шелль Я. Современные представления о фокусированной и радиальной терапии // Спортивна медицина. – 2013. – Т. 2013, № 1. – С. 3-6.
 49. Шмагой В.Л., Родак Р.Г., Карась В.В. Место ударно-волновой терапии в послеоперационной реабилитации пациентов с расстройствами репаративного остеогенеза после переломов костей голени // Медицина транспорта Украины. – 2014. – № 4. – С. 58-63.
 50. Щаницын И.Н., Иванов А.Н., Бажанов С.П., Нинель В.Г., Пучиньян Д.М., Норкин И.А. Стимуляция регенерации периферического нерва: современное состояние, проблемы и перспективы // Успехи физиологических наук. – 2017. – Т. 48, № 3. – С. 92-112.
 51. Щегольков А.М., Юдин В.Е., Будко А.А., Сычёв В.В., Коршикова Н.В., Пушкарев Е.П. Ударно-волновая терапия в комплексном лечении и реабилитации больных ишемической болезнью сердца с рефрактерной стенокардией // Вестник восстановительной медицины. – 2014. – № 6. – С. 69-75.

52. *Aschermann I., Noor S., Venturelli S., Sinnberg T., Mnich C.D., Busch C.* Extracorporeal Shock Waves Activate Migration, Proliferation and Inflammatory Pathways in Fibroblasts and Keratinocytes, and Improve Wound Healing in an Open-Label, Single-Arm Study in Patients with Therapy-Refractory Chronic Leg Ulcers. // *Cell Physiol Biochem.* – 2017. – Vol. 41, N 3. – P. 890-906. – doi: 10.1159/000460503.
53. *Berta L., Fazzari A., Ficco A.M., Enrica P.M., Catalano M.G., Frairia R.* Extracorporeal shock waves enhance normal fibroblast proliferation in vitro and activate mRNA expression for TGF-beta1 and for collagen types I and III // *Acta Orthop.* – 2009. – Vol. 80, N 5. – P. 612-617. – doi: 10.3109/17453670903316793.
54. *Burneikaitė G., Shkolnik E., Čelutkienė J., Zuožienė G., Butkuvienė I., Petrauskienė B., Šerpytis P., Laucevičius A., Lerman A.* Cardiac shock-wave therapy in the treatment of coronary artery disease: systematic review and meta-analysis // *Cardiovasc. Ultrasound.* – 2017. – Vol. 15, N 1. – P. 11. – doi: 10.1186/s12947-017-0102-y.
55. *Chen Y., Xu J., Huang Z., Yu M., Zhang Y., Chen H., Ma Z., Liao H., Hu J.* An Innovative Approach for Enhancing Bone Defect Healing Using PLGA Scaffolds Seeded with Extracorporeal-shock-wave-treated Bone Marrow Mesenchymal Stem Cells (BMSCs) // *Sci Rep.* – 2017. – Vol. 7. – P. 44130. – doi: 10.1038/srep44130.
56. *Foglietta F., Canaparo R., Francovich A., Arena F., Civera S., Cravotto G., Frairia R., Serpe L.* Sonodynamic treatment as an innovative bimodal anticancer approach: shock wave-mediated tumor growth inhibition in a syngeneic breast cancer model // *Discov Med.* – 2015. – Vol. 20, N 110. – P. 197-205.
57. *Hatanaka K., Ito K., Shindo T., Kagaya Y., Ogata T., Eguchi K., Kurosawa R., Shimokawa H.* Molecular mechanisms of the angiogenic effects of low-energy shock wave therapy: roles of mechanotransduction // *Am. J. Physiol. Cell. Physiol.* – 2016. – Vol. 311, N 3. – P. C378-385. – doi: 10.1152/ajpcell.00152.2016.
58. *Magomedov A.M., Gertsen G.I., Fey S., Kuzub T.A., Krinitskaya O.F.* Impact of radial shock-wave therapy of a low frequency on metabolic processes in the bone tissue in traumatic tibial defects in experiment // *Klin Khir.* – 2016. – N 4. – P. 64-66.
59. *Mariotto S., de Prati A.C., Cavalieri E., Amelio E., Marlinghaus E., Suzuki H.* Extracorporeal shock wave therapy in inflammatory diseases: molecular mechanism that triggers anti-inflammatory action // *Curr. Med. Chem.* – 2009. – Vol. 16, N 19. – P. 2366-2372.
60. *Nejmark A.I., Nozdrachev N.A., Skopa A.P.* Combined treatment of patients with nephrolithiasis complicated with secondary pyelonephritis // *Urologiia.* – 2011. – N 3. – P. 9-13.
61. *Novak K.F., Govindaswami M., Ebersole J.L., Schaden W., House N., Novak M.J.* Effects of low-energy shock waves on oral bacteria // *J. Dent Res.* – 2008. – Vol. 87, N 10. – P. 928-931. – doi: 10.1177/154405910808701009.
62. *Palmieri A., Imbimbo C., Longo N., Fusco F., Verze P., Mangiapia F., Creta M., Mirone V.* A first prospective, randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial evaluating extracorporeal shock wave therapy for the treatment of Peyronie's disease // *Eur. Urol.* – 2009. – Vol. 56, N 2. – P. 363-369. – doi: 10.1016/j.eururo.2009.05.012.
63. *Qi B., Yu T., Wang C., Wang T., Yao J., Zhang X., Deng P., Xia Y., Junger W.G., Sun D.* Shock wave-induced ATP release from osteosarcoma U2OS cells promotes cellular uptake and cytotoxicity of methotrexate // *J. Exp. Clin. Cancer Res.* – 2016. – Vol. 35, N 1. – P. 161.
64. *Romeo P., Lavanga V., Pagani D., Sansone V.* Extracorporeal shock wave therapy in musculoskeletal disorders: a review // *Med. Princ. Pract.* – 2014. – Vol. 23, N 1. – P. 7-13. – doi: 10.1159/000355472.
65. *Sansone V., D'Agostino M.C., Bonora C., Sizzano F., De Girolamo L., Romeo P.* Early angiogenic response to shock waves in a three-dimensional model of human microvascular endothelial cell culture (HMEC-1) // *J. Biol. Regul. Homeost. Agents.* – 2012. – Vol. 26, N 1. – P. 29-37.
66. *Sathishkumar S., Meka A., Dawson D., House N., Schaden W., Novak M.J., Ebersole J.L., Kesavalu L.* Extracorporeal shock wave therapy induces alveolar bone regeneration // *J. Dent Res.* – 2008. – Vol. 87, N 7. – P. 687-691. – doi: 10.1177/154405910808700703
67. *Shimpi R.K., Jain R.J.* Role of extracorporeal shock wave therapy in management of Peyronie's // *Urol. Ann.* – 2016. – Vol. 8, N 4. – P. 409-417. – doi: 10.4103/0974-7796.192100.
68. *Tepeköylü C., Primessnig U., Pözl L., Graber M., Lobenwein D., Nägele F., Kirchmair E., Pechriggl E., Grimm M., Holfeld J.* Shockwaves prevent from heart failure after acute myocardial ischaemia via RNA/protein complexes // *J. Cell. Mol. Med.* – 2017. – Vol. 21, N 4. – P. 791-801. – doi: 10.1111/jcmm.13021.
69. *Wanner S., Gstöttner M., Meirer R., Hausdorfer J., Fille M., Stöckl B.* Low-energy shock waves enhance the susceptibility of staphylococcal biofilms to antimicrobial agents in vitro // *J. Bone Joint Surg Br.* – 2011. – Vol. 93, N 6. – P. 824-827. – doi: 10.1302/0301-620X.93B6.23144.
70. *Zwerver J., Waugh C., van der Worp H., Scott A.* Can Shockwave Therapy Improve Tendon Metabolism? // *Adv. Exp. Med. Biol.* – 2016. – Vol. 920. – P. 275-281. – doi: 10.1007/978-3-319-33943-6_26.