

Хаутарцт 2015 • 66:829-833
 DOI 10.1007/s00105-015-3676-z
 Доступно в сети: с 7 сентября 2015
 © Die Autor(en) 2015. Эта статья
 доступна в открытом доступе на сайте
 springerlink.com



И. Кругликов
 Вэлкомет ГмбХ, Карлсруэ, Германия

Сверхвысокочастотный ультразвук

Новый метод терапии в эстетике и дерматологии

Количество новых методов лечения в дерматологии и, особенно в области эстетической медицины, значительно возросло в последние годы. Это связано с ростом спроса на все больше и больше ускоренные и эффективные, но и в финансовом отношении прибыльные методы лечения. В то время как большинство дерматологических методов последних 2 десятилетий образовывались на основе световой энергии (основана на селективном поглощении разных длин волн света в различных хромофорах), разрабатывались также электромагнитные, термические и звуковые методы терапии.

Эту разработку отчетливо можно наблюдать на примере звуковых волн. В то время как еще 20 лет назад звуковые волны использовались в дерматологии только в форме ультразвуков (УЗ) с частотами 30-40 кГц (низкочастотный УЗ) или 1 МГц (высокочастотный УЗ) для заживления ран [28, 29] или для фонофореза [18], то характеристики звуковых волн и спектры показаний в сегодняшней аппликации значительно изменились. Так, например, для удаления жира используется Фокусированный ультразвук высокой интенсивности (HIFU). В тоже время в эстетической медицине для придания упругости коже применяется Фокусированный ультразвук высокой энергии с различными частотами. Параллельно этому расширился диапазон терапевтических частот для УЗВ и частоты от 10 МГц и выше [сверхвысокочастотный УЗ (СВЧ-УЗ)] применяется для лечения кожи.

Краткое физическое описание

Специальные действия СВЧ-УЗ на кожу тесно связаны с его физическими свойствами. Для сравнения: УЗВ с частотами 20 кГц, 1 и 10 МГц в воде создают волны длиной 75, 1,5 и 0,5 мм соответственно. При интенсивности звука 1 Вт/м² подобные волны достигают частотно-независимые амплитуды давления вплоть до 1,7 бар. Из этого исходит, что получаемые перепады давления (падение давления на интервал в полдлины волны) в звуковой волне в 10 МГц в 500 раз больше, чем в УЗВ с частотой 20 кГц. При увеличении частоты показатели растут. Подобные локальные перепады давления создают механические действия, которые невозможно достичь в низких частотах.

› СВЧ-УЗ можно применять в форме одно- или многочастотных волн.

До сих пор в практике применялись только двухчастотные УЗВ под названием LDM® (локальный динамический микромассаж) с очень быстрой (в течение микро- или миллисекунд) сменой частоты (рис. 1; [11, 14]). В подобных волнах локальные перепады давления в ткани варьируют в такт смене частоты, что дополнительно приводит к особому эффекту микромассажа внутри ткани.

Особые свойства сверхвысокочастотного ультразвука

Существует как минимум 2 причины, почему СВЧ-УЗ может быть интересен для дерматологического и эстетического использования:

- сильная частотная зависимость глубины проникновения УЗВ,
- особые биофизические действия СВЧ-УЗ.

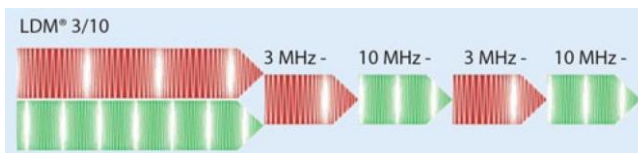


Рис. 1 смена частоты в технологии LDM® (локальный динамический микромассаж)

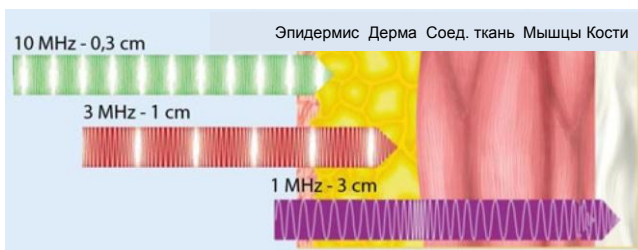


Рис. 2 глубина проникновения УЗВ на различных частотах

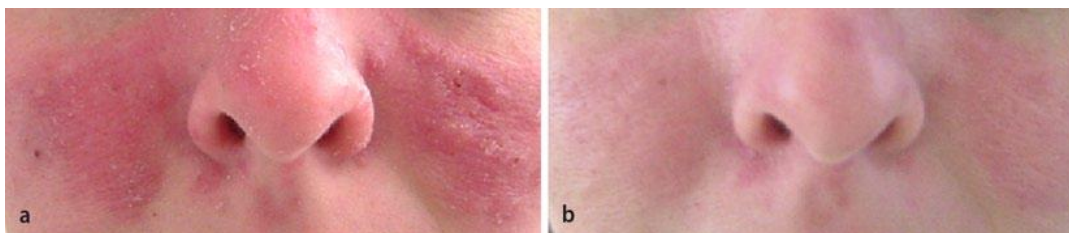


Рис. 3 улучшение состояния кожи у пациента с акне с контралатеральным контролем: **a** до, **b** через 3 недели после 5 сеансов LDM®

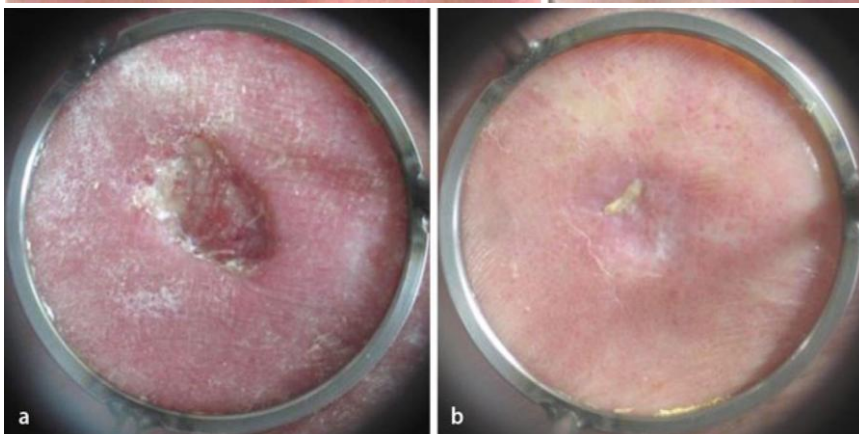


Рис. 4 Хроническая (около 2 лет) рана у пациента с диабетической стопой: **a** до, **b** через 3 недели после 8 сеансов LDM®. (с дружественного одобрения издательства «Scientific Research Publishing»)

Глубина проникновения

Глубина проникновения УЗВ значительно сокращается с ростом частот (**Рис. 2**). Так называемая половинная глубина (путь, после которого интенсивность УЗВ уменьшается вдвое) в УЗ-частотах 1, 3 и 10 МГц составляет, например, около 3, 1 и 0,3 см. Чем выше УЗ-частота, тем более поверхностно поглощается звуковая энергия. Это физическое свойство особенно важно, если определенная энергия должна быть поглощена преимущественно в дерме, чтобы достичь желаемого эффекта. Это свойство учитывается также в диагностическом УЗ, где применяются высокие частоты.

Биофизический эффект – доклинические исследования

Клеточные и внеклеточные действия звуковых волн определяют в конечном итоге клинические результаты. Однако было выявлено, что достигнутый биофизический эффект зависит не только от интенсивности, но и от частот. Далее проанализируем некоторые эффекты.

В зависимости от частоты и интенсивности, УЗВ могут стимулировать или сокращать активность Матричной металлопротеиназы (ММП) [11], что предполагает выборочное применение подобных волн при различных дерматологических проблемах, как например, воспалительные заболевания кожи и гипертрофические рубцы. В действительности повышенное выделение ММП-1, -3 и -9 при акне является очень важным патофизиологическим симптомом данного заболевания [7], при этом снижение ММП-экспрессии в значительной степени соотносится с улучшением состояния кожи [4]. Чрезмерное выделение ММП-9 кератиноцитами как минимум частично отвечает за эпидермальное воспаление и по всей видимости задействовано в патофизиологии атопического дерматита [19]. Долгосрочное повышенное выделение ММП-2 и ММП-9 – это известные признаки хронических ран [12], при этом особенно ММП-9 возможно ответственный за медленное заживление ран [20]. Подавление ММП-2 и стимуляция ММП-9

в значительной степени коррелируют с клиническим улучшением гипертрофических рубцов [21]. Это можно истолковать так, что ММП-2 имеет «про-рубцующий эффект», а ММП-9 – «анти-рубцующий эффект». Эти важные результаты были подтверждены также Tanriverdi-Akhisaroglu et al. [25]: Наивысшая концентрация ММП-2 была зафиксирована в келоидах, за которыми следует концентрация гипертрофических рубцов, нормальной кожи и атрофических рубцов.

Более четко данная частотная зависимость наблюдалась в белках теплового шока (БТШ): при использовании аналогичной интенсивности звука, БТШ72, например, при различных УЗ-частотах различается на порядок [24], при этом СВЧ-УЗ-частоты в 10 МГц показывают более сильный и долгосрочный эффект на БТШ. БТШ вовлечены различные дермальные процессы [16], например, в заживление ран и рубцевание [27]. БТШ72 – это молекулярный «наставник», который отвечает за контроль содержания протеина. Его экспрессия очень активна в нормально заживающих ранах, однако в хронических ранах остается в значительной степени заблокированным [17], что делает модуляцию БТШ72 потенциальной целью лечения [1, 11].

› С СВЧ-УЗ также можно сдерживать процесс старения кожи.

Основная концентрация поглощаемой УЗ энергии в дерме приводит к умеренному повышению температуры в этом слое кожи, которая – как при слабой гипертермии – влечет за собой локальное увеличение эндогенных гиалуронов [31]. Данное скопление гиалуронов приводит к большому количеству связанной воды, а также к локальному увеличению тургора соединительных тканей.

Похожие изменения в ткани также может вызвать модуляция MMP- и БТШ-экспрессии. Это образует основу для применения СВЧ-УЗ для антивозрастного лечения [10, 14].

Важное свойство УЗ-волн – это фонофорез (усиление трансдермальной передачи активных веществ). Фонофорез исследовался в основном для низкочастотных и физиотерапевтических УЗ-частот, что приводило к ошибочным клиническим применениям СВЧ-УЗ. Существенное (при этом более низкое, чем у низкочастотных УЗ) усиление фонофореза при использовании УЗ с частотами в 10 МГц и более было продемонстрировано в [2, 3]. Тем не менее использование СВЧ-УЗ для фонофореза может быть преимущественным в дерматологии и эстетике. Это связано с тем, что низкочастотный УЗ в коже образует так называемые «зоны локального переноса», которые покрывают всего лишь малую долю кожи. Из этого получается сильно гетерогенный пятнистый участок кожи с локальным переносом. Этот эффект не возникает при использовании волн СВЧ-УЗ [18].

Недавно было продемонстрировано, что фибробласты, которые в основном определяют структуру дермиса, можно активировать внутридермальными адипоцитами, что должно сыграть большую роль в процессе заживления ран [23]. Количество этих адипоцитов зависит от пролиферации и дифференциации ожиревших стволовых клеток. УЗ-волны показывают также значительное влияние на эти процессы, при этом здесь высокие УЗ-частоты вызывают более сильные эффекты [8].

Подводя итог, СВЧ-УЗ может значительно повлиять как на клетки, так и на внеклеточные структуры кожи, что при частотно-зависимом применении может привести к целенаправленной модификации дермиса и, тем самым, к дерматологически- и эстетически-важным изменениям внешнего вида кожи.

Дополнительно с увеличением УЗ-частот быстро растет предельный порог интенсивности кавитации, который связан с образованием свободных радикалов в ткани [15].

Haутарцт 2015 • 66:829-833 DOI 10.1007/s00105-015-3676-z © Автор(-ы) 2015. Эта статья доступна в открытом доступе на сайте springerlink.com

I. Kruglikov

Сверхвысокочастотный ультразвук. Новый метод терапии в эстетике и дерматологии

Резюме

Сверхвысокочастотный ультразвук (СВЧ-УЗ) представляет новый метод терапии с широким спектром применения, как в дерматологии, так и в эстетической медицине. При этом для терапевтических целей применяются ультразвуковые волны с частотой от 10 МГц, которые до сих пор нашли свое применение в диагностике. Подобные ультразвуковые волны имеют особые биофизические свойства, что делает возможным их применение, в т.ч. для лечения воспалительных заболеваний кожи, хронических ран,

гипертрофических рубцов, а также для антивозрастного лечения и улучшения внешнего вида кожи. СВЧ-УЗ можно применять не только в качестве самостоятельной методики, но и как поддерживающее лечение при профилактике и реабилитации процедур терапий, таких как лазерная терапия, радиоизлучение или инъекционный липолиз (расщепление жиров), а также в эстетически-пластической хирургии.

Ключевые слова

Частоты • Хронические раны • Антивозрастная медицина • Внешний вид кожи • Поддерживающий метод лечения

Соответственно, чтобы достичь кавитации, волны СВЧ-УЗ нуждаются в более высокой интенсивности, чем общепринятые УЗ-волны. Это практически полностью исключает кавитацию и её потенциальные побочные эффекты при использовании СВЧ-УЗ.

Клинические результаты

Дерматология

Влияние СВЧ-УЗ с 10 МГц на акне и розацею было уже проверено в пилотном исследовании [13]. Пациентам во время фазы лечения нельзя было пользоваться другими методами лечения. 3 независимых дерматолога (2 из них были заслепленные) провели оценку эфлюоресценции кожи по шкале Leeds (10 стадий).

Контралатеральный контроль у 2 пациентов подтвердил локальный эффект методики. Уже после 1-2 недель регулярного лечения СВЧ-УЗ было выявлено улучшение внешнего вида кожи в среднем на 45%. На **рис. 3** изображена пациентка с акне на 1-м триместре беременности, которая прошла курс терапии на LDM®. LDM® было выбрано как опция лечению, так как все результаты проведенных контралатеральных лечений показали локальное, а не системное действие этих методов лечения.

Достигнутое после 5 сеансов терапии улучшение внешнего вида кожи осталось неизменным до конца беременности.

Использование СВЧ-УЗ в форме LDM® было, в том числе, протестировано на хронических ранах в пилотном исследовании на 10 пациентах с большими (> 5 см²) хроническими (> 6 месяцев) венозными язвами [11]. Все обрабатываемые раны, до конца курса лечения, были полностью ре-эпителиализованы. Последующие наблюдения (3 до 8 недель после последнего лечения) демонстрируют полное заживление ран. На **рис. 4** наблюдается пример заживления ран у 70-летней пациентки с диабетической стопой.

Дополнительно было показано, что применение СВЧ-УЗ также дает отличные результаты в посттравматических, неизлечимых ранах, [6] а также в хронических ранах после тяжелых ожогов. Применение СВЧ-УЗ продемонстрировало быстрое и репродуктивное улучшение внешнего вида кожи при экземе, периоральном дерматите и псориазе (**рис.5**).

Эстетика

Антивозрастной эффект СВЧ-УЗ был проверен на 39 пациентах в ходе прагматического многоцентрового исследования [14]. Уход за кожей лица был проведен двойными УЗ-волнами (LDM®) 3/10 МГц. Результаты оценивали 4 независимых врача.

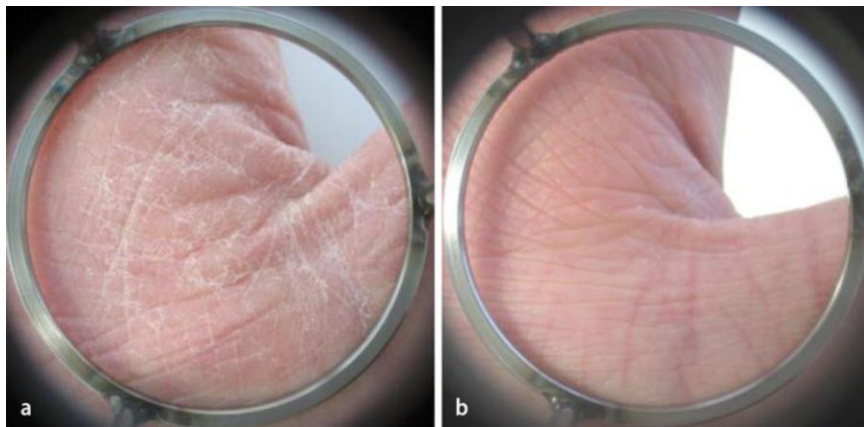


Рис. 5 экзема руки: а до (27.01.2009), б перед 4 лечением (06.02.2009)



Рис. 6 Улучшение внешнего вида кожи у пациентки с контралатеральным контролем



Abb. 7 Улучшение внешнего вида кожи после 12 дней лечения с СВЧ-УЗ на 10 МГц

Все исследуемые признаки кожи (морщины, поры и упругость кожи) существенно улучшились после курса лечения из 8 – 12 терапий. Плацебо-эффект лечения был исключен контралатеральным контролем лица. Удовлетворение пациентов и врачей по 10-бальной шкале составляло 6,87 1,68 и 7,23 1,62 соответственно.

рис. 6 показывает пример улучшения внешнего вида кожи у пациентки с контралатеральным контролем.

рис. 7 демонстрирует улучшение внешнего вида кожи после 12 дней лечения с СВЧ-УЗ при 10 МГц.

» СВЧ-УЗ можно также использовать в качестве поддерживающего лечения в других эстетических методах.

СВЧ-УЗ можно применять не только в качестве самостоятельной методики, но и как поддерживающее лечение в эстетических методах терапий, таких как лазер и радиочастоты [5], вакуумный массаж в контурной пластике тела [9], инъекционный липолиз [26], криолиполиз [22], после кюретажа (выскабливания) потовых желез при гипергидрозе [30] и т.д..

Во всех этих исследованиях и во многих описаниях случаев было показано, что предшествующая терапия с СВЧ-УЗ значительно улучшает результаты основной клинической методики, в то время как последующая терапия СВЧ-УЗ значительно снизила воспалительную реакцию, болевые ощущения и период выздоровления.

Резюме для практики

- СВЧ-УЗ в виде моно- и дуо-частотных волн в дерматологии и в эстетике дает воспроизводимые результаты лечения, в т.ч. при различных воспалительных заболеваниях кожи, хронических ранах и гипертрофических рубцах, а также при некоторых важных эстетических показаниях, как например, антивозрастные или общие улучшения внешнего вида кожи.
- Данный метод безболезненный и практически без побочного эффекта, и поэтому отлично воспринимается пациентами.
- Дополнительно дуо-частотная терапия (LDM®) на базе СВЧ-УЗ может быть использована как поддерживающий метод лечения при различных свето- и радиочастотных терапиях, при инъекционном липолизе, при различных аугментационных лечених, а также для подготовки и реабилитации в эстетически-пластической хирургии. При этом результаты лечения не только значительно улучшаются, но и также значительно сокращаются возникающие побочные эффекты и период выздоровления.

Адрес для корреспонденции

Доц. д.е.н. И. Кругликов
Вэлкомет ГмБХ
Грешбахштр. 2-4
76229 Карлсруэ
i.kruglikov@wellcomet.de

Соблюдение этических норм

Конфликт интересов. И. Кругликов является управляющим компаньоном компании Вэлкомет ГмБХ

Данный доклад не содержит исследований на людях или животных.

Открытый доступ. Данная статья подлжит условиям лицензии Creative Commons «С указанием авторства». Таким образом, использование, распространение и воспроизведение допускаются, если указан/-ы автор и источник.

Со списком литературы, используемой в данной статье можно ознакомиться на сайте www.ionto.ru.