

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ТЕРАПИЯ

Профессор кафедры физиотерапии и
медицинской реабилитации СЗГМУ им. И.И.
Мечникова Гузалов П.И.

обратный пьезоэлектрический эффект

- 1880 г. П. и Ж.Кюри – открытие пьезоэлектриков
- 1883 г. Ф.Гальтон – свисток, излучающий акустические волны, частота которых определялась геометрией резонатора.
- 1937 г. немецкий врач-психиатр К.Дуссик -попытка обнаружения опухолей головного мозга с помощью ультразвуковой диагностики.
- некоторые кристаллы (кварц, сегнетова соль, титанат бария, турмалин и др.) называемые пьезокристаллами, под действием электрического поля изменяют свою толщину. В результате поочередного последовательного уменьшения или увеличения объема пластинки из пьезокристалла будут возникать разрежение или сжатие прилегающих слоев окружающей среды - ультразвуковые колебания.

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ терапия

- применение с лечебной целью энергии механических колебаний упругой среды с частотой выше 20 кГц (до 3000 кГц).
- Звуковые волны представляют собой колебательный процесс. Звук – механические колебания упругой среды, влекущие за собой возникновение в ней последовательно чередующихся участков сжатия и разрежения. УЗ волны распространяются продольно в направлении УЗ пучка.

Механизм распространения ЗВУКОВЫХ ВОЛН.

- Если производить непрерывные смещения частиц упругой среды с какой-то частотой, то образуется ряд чередующихся областей сжатия и разрежения, распространяющихся в среде в виде волны. Каждая частица упругой среды будет совершать колебательные движения, смещаясь то в одну сторону, то в другую от первоначального положения. Т.о. в УЗ поле возникает переменное акустическое давление.

- Амплитуда (А) ультразвукового колебания – максимальное смещение колебания частиц среды от положения равновесия (О). Период (Т) – продолжительность одного полного колебания. Частота – величина, обратная периоду колебания. Она определяется по формуле $f = 1/t$. Частота показывает число полных колебаний в 1 секунду и измеряется в герцах (Гц), килогерцах ($1\text{кГц} = 10^3 \text{ Гц}$) и мегагерцах ($1\text{мГц} = 10^3 \text{ кГц} = 10^6 \text{ Гц}$).
- 1 Гц – это своеобразная волна, т.е. одно сгущение и одно разрежение в одну секунду. Если у нас количество таких волн 100 в 1 сек, то это частота – 100 Гц.

Диапазоны звуковых волн.

- 1. Инфразвук – до 16 Гц;
- 2. Слышимый звук 16 – 20000 Гц – механические акустические колебания в этом диапазоне воспринимаются нашим слуховым аппаратом;
- 3. Ультразвук 20 кГц – 1000 МГц;
- 4. Гиперзвук – выше 10^9 Гц.

Диапазоны ультразвуковых колебаний

- Низкочастотный 22 – 100 кГц
- Среднечастотный 800 – 1000 кГц
- Высокочастотный 2000–3000 кГц (2-3 мГц)

Скорость распространения

- В воздухе 330 м/с,
- в воде 1500 м/с,
- в сыворотке крови – 1520 м/с,
- в мягких тканях – 1540 м/с,
- в костной ткани – 3350 м/с.

Свойства ультразвуковых колебаний.

Отражение.

Отражение ультразвука зависит от

- величины акустического сопротивления сред,
- угла падения,
- частоты колебаний волн.

интерференция

- После отражения ультразвука от препятствия (среды) может происходить наложение волн и в результате этого усиление или ослабление колебаний.
- В этих условиях возможен некоторый перегрев тканей в области воздействия и возникновение болей, что требует уменьшения интенсивности воздействия.

дифракция

- Уз обладает способностью огибать препятствие

Поглощение


- Поглощение энергии в большей степени зависит от частоты колебаний и при повышении ее увеличивается в линейной зависимости.
- Ткани, выполняющие опорную функцию, и ткани, испытывающие и передающие механическое напряжение, обладают более высокими значениями поглощения, чем паренхиматозные ткани.
- Если патологический процесс сопровождается отеком ткани, коэффициент поглощения ультразвуковых волн уменьшается.
Инфильтрация ткани клеточными элементами приводит к увеличению коэффициента поглощения

Глубина проникновения

- в условиях целостного организма ультразвук частотой 800—1000 кГц распространяется на глубину 5—6 см, а при частоте 2500—3000 кГц — на 1,5—2 см. В связи с тем, что амплитуда ультразвуковых колебаний постепенно уменьшается, для оценки глубины их проникновения пользуются величиной полупоглощающего слоя. Она показывает, на какой глубине интенсивность колебаний в результате их поглощения тканями уменьшается наполовину. Величина полупоглощающего слоя тем меньше, чем больше вязкость ткани и чем выше частота колебаний.

дозиметрические параметры

- МОЩНОСТЬ,
- ИНТЕНСИВНОСТЬ,
- режим,
- Частота,
- Площадь,
- продолжительность воздействия



**Физико-химические
(биофизические) процессы,
возникающие в биосубстратах
зоны действия УЗ.**

повреждающие воздействие

- Большая интенсивность УЗ (выше 3-4 Вт/см²) может оказывать **повреждающие** воздействие на биоструктуры в виде разрывов и некрозов ткани. Это обусловлено кавитацией – разрывом среды с образованием полостей в местах разрежения.

Ультразвуковое свечение

- свечение воды и других жидкостей в УЗ поле (выше $0,05 \text{ Вт/см}^2$) – генерация возбужденных электронных состояний и свободных радикалов.

Тиксотропное действие

- разжижение коллоидов, в результате которого происходит увеличение скорости диффузии разнообразных веществ.

Структурные эффекты

- Воздействие на воду – разрыв межмолекулярных связей с образованием атомарного водорода, который участвует в восстановительных процессах. Изменение конфигурации белковых молекул (снижается устойчивость белков к ферментам).
Конформационная перестройка мембран – повышение проницаемости гистогематических барьеров.

Микротечения и микровибрация

- Возникает перенос веществ благодаря акустическим течениям вдоль мембран и внутри клетки, что вызывает стимуляцию функций клеточных элементов и клетки в целом.

Изменение pH.

- Сдвиг в щелочную сторону. На поверхности кожи – наоборот – подкисление из-за активации работы потовых и сальных желез.

Химические эффекты.

- Освобождение БАВ, увеличение активности ионов, гормонов и других соединений вследствие перехода их в свободное состояние.

Механический фактор

- вызываемый переменным акустическим давлением, проявляется в своеобразном «микромассаже» на клеточном и субклеточном уровнях. При этом происходит повышение проницаемости клеточных мембран, гистогематических барьеров и усиление чрескожного проникновения веществ;
- Возникает активация электрокинетических (электрокапиллярных) явлений, наблюдаемых в микропорах на границе сред с различным акустическим сопротивлением.
- Появляются акустические микропотоки в протоплазме, перемещение внутриклеточных включений, изменение их пространственного взаимоположения, что вызывает стимуляцию функции клеточных элементов и клетки в целом.

Тепловой фактор

- связан с поглощением энергии ультразвуковых волн и превращением ее в тепло.
- Следствием теплового действия ультразвука можно считать изменение диффузионных процессов, скорости, биохимических реакций, возникновение температурных градиентов и др., что в конечном счете проявляется в изменении жизнедеятельности озвучиваемых тканей.
- Больше поглощение, а следовательно, и большее теплообразование происходит в нервной и костной тканях. Оно более выражено при использовании непрерывного ультразвука и неподвижной методики воздействия, менее — при импульсном режиме и подвижной методике лечения.

Физико-химический фактор

- проявляется в изменении биохимических реакции и биофизических процессов: в генерации свободных радикалов, активировании окислительно-восстановительных процессов, образовании биологически активных веществ, изменении рН, повышении дисперсности коллоидов клетки. Влияние ультразвуковых колебаний на физико-химические и биофизические процессы тесно переплетаются с механическим и тепловым компонентами его действия.

Действие УЗ

- активация метаболических реакций – репаративный эффект
- бактерицидное действие
- гипоаллергическое действие
- противовоспалительное действие
- усиление кровообращения, лимфообращения - трофические и репаративно-регенеративные эффекты
- влияние на соединительную ткань - размягчение рубцовой ткани, фибролитическое действие
- обезболивающее действие
- спазмолитическое действие

фонофорез лекарственных веществ (ультрафонофорез, сонофорез)

- озвучивание проводится через контактные среды, в которые вводятся лекарственные вещества.
- фонофорез осуществляется через выводные протоки потовых и сальных желез, Известную роль в проникновении лекарств при фонофорезе играют чресклеточный путь и межклеточные щели

- Глубина проникновения лекарственных средств при ультрафонофорезе не превышает толщины эпидермиса кожи.
- Лекарственные вещества при ультрафонофорезе в ткани организма поступают как за счет диффузии, значительно усиленной под действием ультразвуковых колебаний, так и вследствие форетической способности ультразвука (вводить лекарственные вещества).

- При ультрафонофорезе в ткани вводится небольшое количество лекарственных веществ – около 3% дозы препарата, взятого на процедуру. Лекарственное средство задерживается в коже, образуя депо, которое держится до 2-3 суток, откуда постепенно поступает в кровеносные сосуды и разносится по всему организму.

- При лабильной методике озвучивания лекарственных веществ проникает на 25-30% больше, чем при стабильном (неподвижном) озвучивании. При использовании непрерывного режима ультразвука в тканях определяется достоверно большее количество лекарства, чем при использовании импульсного режима. Лучшей форетической способностью обладает среднечастотный ультразвук (880 кГц).

- Количество введенного при ультрафонофорезе лекарственного вещества возрастает при увеличении интенсивности ультразвука до $0,8 \text{ Вт/см}^2$, дальнейшее увеличение интенсивности приводит к снижению эффективности ультрафонофореза. Количество вводимого ультрафонофорезом лекарства возрастает с повышением содержания его (концентрации) в контактной среде. Зависимость между этими величинами находится в пределах концентрации до 5-10 %, а затем заметно ослабевает.

- Мероприятия, направленные на усиление проницаемости кожи.
- Предварительная обработка кожи гиалуронидазой, ДМСО, спирто-этиловой смесью (1:1) приводит к разрыхлению и удалению с облучаемой поверхности защитной пленки, что повышает эффект ультрафонофореза. Количество форетируемого вещества возрастает после аппликаций и электрофореза гиалуронидазы на 42-62% после 20 минут предварительного воздействия. Определенное значение имеет рекомендация оставлять лекарственную среду на коже после процедуры еще на 30-60 минут

преимущество применения малых интенсивностей

ультразвук

- Только при условии использования малых интенсивностей (в пределах $0,05—0,7 \text{ Вт/см}^2$, часто в рамках $—0,3 \text{ Вт/см}^2$) с преобладанием импульсных воздействий и коротких экспозиций (несколько минут) ультразвук действует как катализатор физико-химических, ферментативных и трофических процессов, лежащих в основе активации саногенеза.



Показания для ультразвуковой терапии

Заболевания позвоночника

- межпозвонковый остеохондроз с корешковым синдромом в стадии подострого, хронического вялого течения, неполной ремиссии, в том числе у больных после операции по поводу грыжи диска, при полном заживлении послеоперационной раны и отсутствии признаков воспалительного процесса; остеохондроз с нейродистрофическими синдромами; признаками легкого пареза конечности, в том числе в послеоперационном периоде с не резко выраженными нарушениями тазовых органов или без них при I и II степени функциональных нарушений; анкилозирующий спондилоартрит (болезнь Бехтерева) при минимальной и средней степени активности воспалительного процесса, при нарушениях функции не выше II степени, через 2—4 мес после терапии стероидными гормонами.
- Ультразвуковая терапия **противопоказана** при III степени функциональных нарушений, при стенокардии напряжения, симпаталгическом синдроме и вертебробазиллярной недостаточности, при высокой активности процесса при болезни Бехтерева.

травм суставов, мышц, сухожилий, сумочно-

связочного аппарата

- суставная форма ревматоидного артрита, псориатический артрит, при минимальной и средней степени активности, нарушении функции не выше II степени, через 2—4 мес после лечения стероидными гормонами; хронический деформирующий остеоартроз I—III стадии, без явлений или с нередко выраженными явлениями реактивного синовита; травматический артроз, синовит, бурсит, миофасцит, тенденит, растяжение связок, контрактура Дюпюитрена, мышечные гипотрофии, послеожоговые контрактуры конечностей.
- Ультразвуковая терапия **противопоказана** при суставно-висцеральной и септической формах ревматоидного артрита, при псориатическом артрите со сливными высыпаниями на коже, при высокой степени активности воспалительного процесса, в период лечения стероидными гормонами.

Последствия травм и заболевания периферических нервов

- травматические поражения периферических нервов при частичном повреждении нерва, после оперативных вмешательств, при сохранившейся способности к восстановлению, при наличии болевого синдрома, рубцовых, трофических изменений, вегетососудистых расстройств, трофических язв; невралгия тройничного нерва преимущественно в подострой и хронической стадии, при отсутствии выраженных вегетативных кризов и часто рецидивирующих очагов хронической инфекции; неврит лицевого нерва любого генеза в остром, подостром периоде заболевания и при остаточных явлениях, постневритическая контрактура мимических мышц I и II степени, состояние после декомпрессии, невролиза, пластики лицевого нерва и мимических мышц (через 8—14 дней после операции).
- Ультразвук **противопоказан** при нарастании признаков контрактуры в процессе лечения.

Хронические неспецифические воспалительные заболевания bronхов и легких

- хронический бронхит (простой и обструктивный), хроническая пневмония в фазе неустойчивой ремиссии после обострения с нерезким или умеренно выраженным бронхоспастическим синдромом; бронхиальная астма инфекционно-аллергическая и неинфекционно-аллергическая форма, I стадия, легкое, среднее и тяжелое течение (последнее — в условиях стационара), обострение или межприступный период.
- Ультразвуковая терапия **противопоказана** при хроническом бронхите и пневмонии в фазе значительного обострения, при выраженных клинических проявлениях системного аллергоза, при буллезной форме эмфиземы, бронхоэктатической болезни, сопровождающейся частым кровохарканьем, выделением большого количества гнойной мокроты, при экссудативном плеврите.

Туберкулез легких и внелегочных локализаций

- деструктивные формы туберкулеза легких с замедленным обратным развитием процесса в первые 3 мес антибактериальной терапии; каверны небольшого и среднего размера при очаговом, инфильтративном, диссеминированном и ограниченном фиброзно-кавернозном туберкулезе при отсутствии дальнейшей положительной динамики после 6 мес антибактериальной терапии; туберкулез мочеполовой системы— туберкулез мочеточника в фазе инфильтрации, изъязвления, при начинающемся рубцевании без явлений стеноза; очаговый, язвенный, рубцовый туберкулез мочевого пузыря, состояние после реконструктивно-восстановительных операций на мочевыводящих путях; туберкулез гениталий со склонностью к рубцеванию, после ликвидации острых и подострых явлений воспаления и в послеоперационном периоде; осложнения и последствия костно-суставного туберкулеза — вторичные деформирующие изменения суставов, радикулярные боли и др., состояние после радикально-восстановительных операций на суставах.
- **Противопоказанием** к ультразвуковой терапии является активный прогрессирующий туберкулезный процесс.

Заболевания органов пищеварения

хронический гастрит, преимущественно с пониженной секрецией и кислотностью, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки в фазе затухающего обострения при отсутствии склонности к кровотечению, пенетрации и злокачественному перерождению; хронический холецистит при отсутствии склонности к частым обострениям; дискинезии кишечника с склонностью к запорам.

Заболевания уха, горла и носа

- хронический тонзиллит преимущественно простая и токсико-аллергическая форма I степени, гипертрофический фарингит, подострый и хронический синусит преимущественно катаральный, пристеночно-гиперпластический и гнойный (при условии пунктирования пазухи и отсутствия в ней гнойного содержимого); аллергическая риносинусопатия с умеренной степенью аллергизации и достаточными компенсаторными возможностями организма, посттравматические осложнения — рубцы, гематомы (в стадии организации).
- Ультразвуковая терапия **противопоказана** при полипозной форме хронического воспаления верхнечелюстных пазух, наличии в них кист и при гнойном содержимом в пазухах.

Заболевания кожи


- воспалительные заболевания кожи и ее придатков (в стадии серозного воспаления и инфильтрации), зудящие дерматозы (кожный зуд, чесуха, нейродермит, экзема и др.), трофические язвы, склеродермия.
- Ультразвуковая терапия **противопоказана** при системной красной волчанке, остром и подостром дерматомиозите и пузырчатке.

Хронические воспалительные заболевания женских и мужских половых органов

- хронический сальпингоофорит преимущественно с болевым синдромом и рубцово-спаечным процессом в придатках матки, хронический простатит, вторичное бесплодие.

Заболевания, последствия операций и травм глаза

- рубцы кожи век, окологлазничной области и конъюнктивы, кератиты, ириты, иридоциклиты, увеиты, склериты различной этиологии и их последствия, кровоизлияния в оболочки и среды глаза, послеоперационные осложнения, пигментная дегенерация сетчатки, частичная атрофия зрительного нерва.
- Ультразвуковая терапия **противопоказана** при осложненной миопии средней и высокой степени, гипотонии глаза, отслойке сетчатки, грубом швартообразовании в стекловидном теле, при рецидивирующих кровоизлияниях, инородных телах глаза и склонности к тромбоэмболическим процессам.



Спаечная болезнь брюшной полости, в том числе после оперативных вмешательств.

Общие противопоказания к ультразвуковой терапии

- общие противопоказания к применению физических факторов (болезни крови, склонность к кровотечениям, острый инфекционный процесс, выраженная сердечнососудистая и легочно-сердечная недостаточность, выраженный атеросклероз сосудов различной локализации, беременность и злокачественные новообразования)

Общие противопоказания к ультразвуковой терапии

- гипертоническая болезнь III стадии, артериальная гипотония, хроническая ишемическая болезнь сердца с явлениями стенокардии, тиреотоксикоз II и III стадии, выраженные формы эндокринопатий, диэнцефальная патология с кризовыми состояниями, тяжелые формы неврозов, тромбофлебит.
- Местно: отек тканей (в т.ч. послеоперационный), золотые нити, множественные телеангиоэктазии, мокнущие дерматозы, гиперкератомы, невусы