**1. БИОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УЛЬТРАЗВУКА**

Ультразвук — это довольно обширная область механических колебаний, лежащих за пределами порога слышимости человеческого уха (от 16 кГц до 1000 МГц). Графически он изображается в виде синусоиды положительные полуволны которой соответствуют сжатию в среде, а отрицательные — ее разрежению.

Ультразвук получают с помощью обратного пьезоэлектрического эффекта, физическая сущность которого состоит в том, что при приложении к торцовой поверхности пластины из кварца, титаната бария (тибара) или другого пьезокристалла переменного электрического напряжения пластина периодически изменяет свою толщину (сжатие — растяжение). В свою очередь это приводит к тому, что в прилегающих к пластине слоях окружающей среды возникает то разрежение, то сгущение частиц среды, то есть образуются механические колебания ультразвуковой частоты. Ультразвуковые волны способны отражаться от границ разнородных сред, обладают свойствами фокусирования, дифракции и интерференции. Если акустическое сопротивление сред отличается резко, то отражение и преломление ультразвука сильно возрастают. Так происходит на границе биологических тканей и воздуха. К тому же, воздух сильно поглощает ультразвук. Отсюда вытекает основное и важнейшее требование к методике ультразвуковой терапии — обеспечение безвоздушного контакта ультразвукового излучателя с подвергающимся воздействию участком тела. Для этих целей используют так называемые контактные среды: вазелин, глицерин, ланолин, дегазированную воду или их смеси. Отражение ультразвуковых волн зависит и от угла их падения на зону воздействия. Чем больше этот угол отклоняется от перпендикуляра, проведенного к поверхности среды, тем больше коэффициент отражения. Поэтому при проведении процедуры ультразвуковой излучатель должен прикасаться к коже всей своей поверхностью, так как только в этом случае возможна эффективная передача энергии тканям. Глубина проникновения ультразвука зависит от его частоты и от особенностей (акустической плотности) самих тканей. Принято считать, что в условиях целостного организма ультразвук частотой 800—1000 кГц распространяется на глубину 8—10 см, а при частоте 2500—3000 кГц — на 1,0—3,0 см. Ультразвук поглощается тканями неравномерно: чем выше акустическая плотность, тем меньше поглощение. При патологических процессах поглощение ультразвука изменяется. В случае отека ткани коэффициент поглощения уменьшается, а при инфильтрации клеточными элементами — увеличивается. Поглощение ультразвука обусловлено внутренним торможением, трением и соударениями колеблющихся частиц среды.

Важнейшими физическими характеристиками ультразвука, наиболее часто учитываемыми при его лечебном использовании, считаются следующие:

— частота, указывающая на число полных колебаний частиц среды в единицу времени и выражающаяся обычно в килогерцах (кГц); аппараты для ультразвуковой терапии сегодня работают в основном на фиксированных частотах (880; 2640 кГц и др.);

— сила (или интенсивность) ультразвука, под которой понимают энергию, проходящую за 1 с через площадь в 1 см2; чаще в медицине ее выражают в Вт/см2 (1 Вт/см2 = 1 эрг/(с·см2)); с лечебной целью применяют ультразвук интенсивностью от 0,05 до 1,0—1,2 Вт/см2;

— амплитуда смещения (амплитуда ультразвуковой волны), которая указывает на максимальное отклонение частиц среды от положения равновесия: чем она больше, тем более значительные изменения возникают в тканях;

— скважность, которая является отношением периода следования импульсов (в отечественных аппаратах он равен 20 мс) к длительности импульса (в отечественных аппаратах она равна 2,4 и 10 мс, а следовательно, скважность равна соответственно 10,5 и 2); чем выше скважность, тем меньше нагрузочность на организм больного.

**2. МЕХАНИЗМЫ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО И ЛЕЧЕБНОГО ДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКА**

На организм человека при проведении ультразвуковой терапии действуют три фактора: механический, тепловой и физико-химический.

Механический фактор, обусловленный переменным акустическим давлением вследствие чередования зон сжатия и разрежения вещества, проявляется в вибрационном "микромассаже" тканей на клеточном и субклеточном уровнях. При этом происходит повышение проницаемости клеточных мембран, гистогематических барьеров, разрыв слабых межмолекулярных связей, уменьшение вязкости цитозоля (тиксотропный эффект), изменение микроциркуляции и коллагеновой структуры тканей, ее разрыхление, повышение функциональной активности клеток крови. Ультразвук вызывает акустические микропотоки в цитозоле, перемещение внутриклеточных включений, что сопровождается стимуляцией функций клеточных элементов и клетки в целом.

Тепловой эффект обусловлен трансформацией поглощенной механической энергии ультразвуковых волн в тепло. В настоящее время ему придается второстепенная роль. Повышение температуры приводит к изменению активности ферментов, скорости биохимических реакций и диффузионных процессов, улучшению микроциркуляции.

Физико-химический фактор проявляется в изменении физико-химических, биохимических и биофизических процессов. Ультразвук становится их своеобразным катализатором. Это приводит к образованию свободных радикалов и биологически активных веществ, стимуляции окислительно-восстановительных процессов, изменению рН и ферментативной активности, повышению дисперсности коллоидов клетки и т.д.

Действие всех трех факторов тесно взаимосвязано. В формировании ответных реакций организма участвуют и рефлекторные механизмы (неврогенный фактор). Биологическое действие ультразвука зависит от его дозы, которая может быть для тканей стимулирующей, угнетающей или даже разрушающей. Наиболее адекватными для лечебно-профилактических воздействий являются небольшие дозировки ультразвука (до 1,2 Вт/см2), особенно вн импульсном режиме. Они способны вызывать болеутоляющее, антиспастическое, сосудорасширяющее, рассасывающее, противовоспалительное, десенсибилизирующее действие. При их применении в зоне воздействия активируется крово- и лимфообращение, повышается фагоцитоз, активируются механизмы общей и иммунологической реактивности организма, ускоряются процессы репаративной регенерации, стимулируются функции эндокринных органов, прежде всего надпочечников. Отмечаются гипотензивный и бронхолитический эффекты, нормализация функции внешнего дыхания, улучшение моторной, эвакуаторной и всасывательной функций желудка и кишечника, увеличение диуреза. Ультразвук оказывает деполимеризующее и разволокняющее действие на уплотненную и склерозированную ткань, в связи с чем он с успехом используется при лечении рубцов, келоидов, контрактур суставов. Он повышает сосудистую и эпителиальную проницаемость, что послужило основанием для сочетанного использования фактора с лекарственными веществами и обоснования ультрафонофореза.

Благодаря способности ультразвука повреждать клеточные оболочки некоторых патогенных микроорганизмов, в особенности лептоспир, можно говорить об его бактерицидном действии.

Формирующиеся под влиянием ультразвука сложные тканевые и эндокринные изменения в организме координируются и регулируются высшими отделами ЦНС. Вообще нервная система наиболее чувствительна к ультразвуку. Малоинтенсивные воздействия вызывают оживление окислительно-восстановительных процессов в нейронах, повышают синтез АТФ, улучшают утилизацию гликогена и поглощение нервными клетками кислорода, снижают чувствительность рецепторов, оказывают ганглиоблокирующее действие. Ультразвук ускоряет регенерацию поврежденного периферического нерва, оказывает активирусно-нормализующее влияние на динамику основных нервных процессов и реактивность нервной системы. Под его влиянием активируются структуры лимбико-ретикулярного комплекса, надсегментарные структуры парасимпатического отдела нервной системы.

В целом можно подчеркнуть, что происходящие под влиянием ультразвука многообразные изменения со стороны различных органов и систем носят компенсаторно-адаптивный характер и обусловливают повышение неспецифической резистентности организма и его устойчивость к неблагоприятным факторам среды.

**3. АППАРАТУРА, МЕТОДИКА И ТЕХНИКА УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ТЕРАПИИ**

В физиотерапевтической практике для ультразвуковой терапии используются в основном отечественные унифицированные ультразвуковые терапевтические аппараты трех серий:

— УЗТ-1 (УЗТ-1.01, УЗТ-1.02, УЗТ-1.03 и др.) — аппараты работают на частоте 880 кГц;

— УЗТ-3 (УЗТ-3.01, УЗТ-3.02, УЗТ-3.03, УЗТ-3.06 и др.) — рабочая частота 2640 кГц;

— УЗТ-13, или "Гамма" (УЗТ-13.01, УЗТ-13.02 и др.) — генерируют ультразвук на двух частотах — 880 и 2640 кГц.

Аппараты работают в непрерывном и импульсном режимах и могут комплектоваться различным набором специализированных ультразвуковых излучателей (тип ИУТ), что отражается в его названии соответствующей буквой. Например, наличие в аббревиатуре УЗТ-1.01 Ф буквы "Ф" указывает на преимущественное применение аппарата в области терапии, неврологии и др., буквы "С" — в стоматологии, буквы "У" — в урологии, буквы "Г" — в гинекологии, буквы "Л" — в оториноларингологии.

Кроме них в лечебной практике используются импортные аппараты импульсной ультразвуковой терапии "Sonostat", "Sonopuls", "Sonotur", "ЕECOSCAN" и др.

В основе генерации ультразвука в терапевтических аппаратах лежит обратный пьезоэлектрический эффект, то есть способность пьезокристаллов совершать механические колебания под влиянием высокочастотного переменного электрического поля.

Воздействие ультразвуком проводят на ограниченную часть тела: либо паравертебрально на соответствующие рефлексогенные зоны, либо на область поражения (вокруг сустава, по ходу нервных стволов, на болевые точки и т.д.), либо на накожную проекцию органа. Площадь воздействия не превышает 250 см2 у взрослых и 100—150 см2 у детей. При сравнительно большой зоне воздействия ее делят на отдельные поля и при первых процедурах озвучивают 1—2 поля. Затем, при хорошей переносимости процедур, можно увеличить объем озвучивания до 3—4 полей. Не следует применять ультразвук на область мозга, шейных симпатических узлов, костные выступы, эпифизы растущих костей, ткани с выраженным нарушением кровообращения, зоны с нарушением чувствительности, живот при беременности, мошонку. С осторожностью ультразвук применяют на область сердца, паренхиматозных и эндокринных органов. Перед назначением ультразвука желательно провести санацию очагов хронической гнойной инфекции.

Воздействие ультразвуком проводят через контактную среду, которую предварительно наносят на озвучиваемую область. В качестве контактных сред используют вазелиновое масло, глицерин, ланолин, растительные масла, гели. При воздействии на кисти, стопы, область локтевого сустава процедуру проводят в ванночке с дегазированной водой или через резиновый мешочек с водой (субаквальное озвучивание). Методика воздействия чаще лабильная, когда излучатель со скоростью 1—2 см/с передвигают по поверхности или на расстоянии 1—2 см над поверхностью (при озвучивании через воду) тела, совершая одновременно продольные и круговые движения. При стабильном озвучивании излучатель устанавливают неподвижно над очагом поражения.

Интенсивность ультразвука при воздействии варьирует от 0,05—0,1 до 1—1,2 Вт/см2. Малые дозы — 0,05— 0,4 Вт/см2, средние — 0,5—0,8, большие — 0,9—1,2 Вт/см2. Чаще используют малые или средние интенсивности. При стабильном озвучивании доза не превышает 0,6 Вт/см2, при озвучивании через воду интенсивность увеличивается в 1,5—2 раза. Режим генерации может быть непрерывным и импульсным (длительность импульсов 10, 4 и 2 мс). Импульсный режим, как более щадящий, используется для воздействия на сегментарные зоны, в педиатрической и гериатрической практике, при сильных болях, в острый период заболевания. Продолжительность воздействия на 1 поле — от 1 до 3—5 мин. Общее время воздействия за одну процедуру составляет 10—15 мин. Курс лечения состоит из 10—15 процедур, проводимых ежедневно или через день. При необходимости курс ультразвуковой терапии повторяют через 2—3 мес.

У детей ультразвук применяют с двухлетнего возраста. Воздействия проводят через день в импульсном режиме в малых дозировках; общая продолжительность процедуры не превышает 10 мин.

**4. ПОКАЗАНИЯ И ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ТЕРАПИИ**

Основными показаниями являются: неврологические проявления остеохондроза позвоночника (корешковые и рефлекторно-тонические синдромы, миелопатия и др.), последствия заболеваний и травм периферической нервной системы, нейропатии, невралгии, ганглиониты, травмы позвоночника и спинного мозга, рассеянный склероз, заболевания и последствия травм суставов, мышц, сухожилий, сумочно-связочного аппарата, хронические неспецифические воспалительные заболевания бронхов и легких (хронический бронхит, хроническая пневмония, бронхиальная астма), профессиональные заболевания легких, туберкулез легких и внелегочных локализаций (за исключением активного прогрессирующего туберкулезного процесса), заболевания органов пищеварения (хронический гастрит, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, хронический холецистит, дискинезия кишечника, хронический гепатит), заболевания кожи, ЛОР-органов, заболевания и последствия операций и травм глаза, хронические воспалительные заболевания женских и мужских половых органов, стоматологические заболевания, послеоперационные и постинъекционные инфильтраты, мастит, гидроаденит, келоидные рубцы, начальные стадии облитерирующих заболеваний сосудов конечностей, синдром Рейно и др.

Противопоказания: артериальная гипертензия III степени, артериальная гипотония, ишемическая болезнь сердца с частыми приступами стенокардии и нарушениями сердечного ритма, демпинг-синдром, осложненная язвенная болезнь, острые и хронические гнойные воспалительные процессы, выраженные эндокринные расстройства, остеопороз, тромбофлебит, а также общие противопоказания для применения физических факторов.