**Глава 6 ЛЕЧЕБНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ**

**Ультразвуковая терапия**

Ультразвуковая терапия — это лечебное при­менение механических колебаний ультравысокой частоты.

Ультразвук получают с помощью обратного пье­зоэлектрического эффекта. Физическая сущность пьезоэлектрического эффекта состоит в том, что при действии переменным электрическим током высо­кого напряжения и высокой частоты на некоторые кристаллы (кварц, титанат бария), называемые пье- зоэлемеытами, они начинают периодически изменять свою толщину. В результате в прилегающих к ним 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. Они обладают свойствами фокусирования, дифракции и интерференции. Если акустическое сопротивление сред отличается резко, то отражение ультразвука сильно возрастает. Это происходит на границе биологических тканей и воз­духа. Следует знать, что воздух сильно поглощает ультразвук. Поэтому важнейшим требованием к методике ультразвуковой терапии является обеспе­чение безвоздушного контакта ультразвукового из­лучателя с подвергающимся воздействию участком тела. Для этих целей используют так называемые контактные среды: вазелин, глицерин, ланолин, дегазированная вода. Для максимальной передачи энергии ультразвука тканям излучатель должен прикасаться к коже всей своей поверхностью.

Глубина проникновения ультразвука зависит от его частоты и от особенностей самих тканей. 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. Ульт­развук поглощается тканями неравномерно: чем выше акустическая плотность, тем меньше погло­щение. При наличии отека ткани коэффициент по­глощения уменьшается, а при инфильтрации кле­точными элементами — увеличивается.

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 разряжения вещества, проявляет­ся в вибрационном микромассаже тканей на клеточ­ном и субклеточном уровнях. При этом происходит повышение проницаемости клеточных мембран, гистогематических барьеров, изменение микроцир­куляции и коллагеновой структуры тканей. Ульт­развук вызывает акустические микропотоки в про­топлазме, перемещение внутриклеточных включе­ний, что сопровождается стимуляцией функций клеточных элементов и клетки в целом.

Тепловой эффект. При увеличении интенсивнос­ти ультразвука на границе неоднородных биологи­ческих сред образуются сильно затухающие попе­речные волны и выделяется значительное количе­ство тепла. Повышение температуры приводит к изменению скорости биохимических реакций и диф­фузионных процессов, улучшению микроциркуля­ции. В тканях, содержащих молекулы с большими линейными размерами, происходит повышение тем­пературы тканей на 1 ‘С, при этом наибольшее ко­личество тепла выделяется на границах раздела тканей с различным акустическим импедансом — богатых коллагеном поверхностных слоях кожи, фасциях, связках, рубцах, синовиальных оболочках, суставных менисках и надкостнице. Прогревание со­единительной ткани повышает ее эластичность и рас­ширяет диапазон физиологических напряжений, что приводит к увеличению амплитуды движений сус­тавов в случае их контрактуры. Нагревание тканей способствует ослаблению фантомных болей и умень­шает мышечный спазм.

Физико-химический фактор проявляется в изме­нении физико-химических, биохимических и био­физических процессов. Ультразвук становится их своеобразным катализатором. Под его влиянием уве­личивается количество биологически активных ве­ществ и свободных радикалов, стимулируются окис­лительно-восстановительные процессы, изменяется pH и ферментативная активность. Ультразвуковые волны ускоряют синтез коллагена фибробластами и образование грануляционной ткани в пролифератив­ную и репаративную стадии воспаления. Повыше­ние ферментативной активности клеток и усиление их метаболизма стимулирует репаративную регене­рацию тканей, ускоряет заживление ран и трофи­ческих язв.

Ультразвуковое воздействие повышает физиоло­гическую лабильность нервных центров, перифери­ческих нервных проводников, устраняет спазм глад­комышечных элементов кожи и сосудов и парабиоз возбудимых тканей. Происходит активация ретику­лярной формации, гипоталамо-гипофизарной и лим­бической системы и высших центров парасимпати­ческой нервной системы.

Действие всех факторов тесно взаимосвязано. Ответные реакции организма обусловлены местны­ми и общими гуморально-рефлекторными механиз­мами. Биологическое действие ультразвука зависит от его дозы, которая может быть для тканей стиму­лирующей, угнетающей или разрушающей. Наибо­лее адекватными для лечебных воздействий явля­ются небольшие дозировки ультразвука, особенно в импульсном режиме. Они оказывают болеутоляю­щее, рассасывающее, десенсибилизирующее дей­ствия. В зоне воздействия активируется крово- и лимфообращение, повышается фагоцитоз, активи­руются механизмы общей и иммунологической ре­активности организма. Наблюдается гипотензивный эффект, происходит нормализация функции внеш­него дыхания, улучшение моторной, эвакуаторной и всасывательной функций желудка и кишечника, увеличение диуреза. Воздействия ультразвуком ока­зывают благотворное влияние на нервную систему.

Лечебные эффекты: противовоспалительный, анальгетический, спазмолитический, метаболичес­кий, дефиброзирующий, бактерицидный.

Показания: воспалительные и дегенеративно-дис­трофические заболевания суставов с выраженным болевым синдромом (артрит, артроз, ревматоидный артрит, остеохондроз, периартрит, эпикондилит), последствия травм и повреждений костно-мышечной системы (контрактура, тендовагинит), воспалитель­ные заболевания периферических нервов (невриты и невралгии, радикулиты), заболевания органов дыха­ния (бронхит, плеврит, туберкулез легких), пищева­рения (язвенная болезнь желудка и двенадцатипер­стной кишки, дискинезия желчевыводящих путей), мочеполовой системы (сальпингоофорит, аднексит, эрозии шейки матки, простатит), послеоперацион­ные и постинъекционные инфильтраты, мастит, гидроаденит, келоидные рубцы, начальные стадии облитерирующих заболеваний сосудов конечностей, синдром Рейно, заболевания лор-органов, заболева­ния и последствия операций и травм глаза, слизис­тых полости рта, склеродермия, трофические язвы.

Противопоказания: ишемическая болезнь серд­ца, стенокардия напряжения III ФК, артериальная гипотония, вегетососудистые дисфункции, наруше­ния сердечного ритма, демпинг-синдром, беремен­ность в ранние сроки (при облучении нижней трети живота), тромбофлебит, осложненная язвенная бо­лезнь, острые и хронические гнойные воспалитель­ные процессы, выраженные эндокринные расстрой­ства, остеопороз, общие противопоказания для при­менения физических факторов.

Параметры. Для проведения процедур использу­ют ультразвуковые механические колебания часто­той 22-44 кГц, 880 кГц 2640 кГц, генерируемые в непрерывном режиме. Для импульсной ультразвуко­вой терапии используют серии низкочастотных им­пульсов с частотами заполнения 1 и 3 МГц длитель­ностью 0,5, 1, 2, 4 и 10 мс и частотой следования импульсов 16, 48 50 и 100 имп\*с-1. Наиболее часто используемые режимы «сигнал:пауза\* (мс) — 0,5:9,5; 1:9; 2:2 и 2:8. Импульсные режимы используют пре­имущественно для достижения нетепловых эффек­тов. Соотношение нетеплового и теплового компонен­тов лечебного действия ультразвуковых колебаний определяется по интенсивности излучения или ре­жиму (непрерывному или импульсному) воздействия.

Интенсивность генерируемых ультразвуковых ко­лебаний в непрерывном режиме составляет 0,05— 2,0 Вт • см~2, в импульсном —■ 0,1-3,0 Вт • см~2. Наи­более эффективная площадь излучения равна 0,7— 5,4 см2.

Импульсный режим как более щадящий исполь­зуется для воздействия на сегментарные зоны, в пе­диатрической практике, при сильных болях. Не при­меняют ультразвук на область сердца (спереди), моз­га, шейных симпатических узлов, костных выступов, эпифизов растущих костей, тканей с выраженным нарушением кровообращения, зон с нарушением чув­ствительности, живота при беременности, мошонки. Воздействие ультразвуком проводят на ограничен­ную часть тела, либо паравертебрально на соответ­ствующие рефлексогенные зоны, либо на область поражения. При достаточно большой зоне воздей­ствия ее делят на отдельные поля и при первых про­цедурах озвучивают 1-2 поля. При хорошей перено­симости процедур можно увеличить объем озвучи­вания до 3-4 полей. Продолжительность воздействия на 1 поле от 1 до 3-5 мин. Общее время воздей­ствия за одну процедуру составляет 10-15 мин.

Аппаратура. Для проведения процедур исполь­зуют ультразвуковые терапевтические (УЗТ) аппа­раты. Первая из следующих за аббревиатурой циф­ра указывает на округленную частоту генерируемых колебаний (1 МГц-880 кГц, 3 МГц-2640 кГц), а последняя буква обозначает область применения (Ф — общетерапевтический, С — стоматологичес­кий, У — урологический, О — офтальмологичес­кий, Г — гинекологический). К ним прилагают два и более комплекта излучателей для ультразвуковой терапии различного диаметра (ИУТ).

Также применяют аппараты, генерирующие ульт­развуковые колебания двух частот, — УЗТ-13 «Гам­ма» с различными индексами (по областям примене­ния). На практике используют также аппараты низко­частотного ультразвука УЗНТ-22/44 «Барвинок Г», «Гинетон-1», «Гинетон-2» (гинекологический), «Бар­винок У\* (урологический), «Тонзиллор» (отоларин­гологический), а также «Проктон-1» (проктологи- ческий).

Методика. При проведении процедур ультразву­ковой терапии применяют стабильную и лабильную методики. При стабильной методике излучатель фиксируют в одном положении, при лабильной — непрерывно перемещают в зоне воздействия. Из-за механической неоднородности тканей и возможно­го возникновения «стоячих» волн стабильное озву­чивание может привести к локальному перегреву тканей. К тому же озвучивание тканей в ближней зоне ультразвукового излучателя, как правило, при­водит к формированию резких максимумов интен­сивности, в области расположения которых боль­ной может получить высокую дозу поглощенной энергии. Поэтому предпочтение отдается лабильной методике.

Вследствие сильного затухания ультразвуковых колебаний воздействие проводят через водную или масляную контактную среду. Для этого чаще всего применяют вазелиновое и растительные масла или гели. После нанесения контактной среды головку излучателя устанавливают в проекции пораженно­го органа и плавно перемещают круговыми движе­ниями малого радиуса без отрыва от кожи (рис. 74).

При ультразвуковом воздействии на части тела сложных конфигураций (суставы стопы и кисти) озвучивание проводят в ванночке с водой (рис. 75) или через резиновый мешочек с водой, при этом одна его поверхность принимает форму облучаемо­го участка, а вторая контактирует с излучателем.

В карточке назначении сольного отмечают лока­лизацию воздействия, номер излучателя, режим генерации ультразвука, его интенсивность, методи­ку воздействия (лабильная или стабильная), про­должительность процедуры, их число на курс.

Больного следует предупредить о том, что во вре­мя процедуры возможно ощущение приятного теп­ла. Если появляется ощущение сильного жжения или боли, процедуру нужно прервать и сообщить об этом врачу-физиотерапевту.

Перед проведением процедуры необходимо про­верить работу ультразвукового излучателя. Суще­ствует два способа проверки. При первом способе устанавливают непрерывный режим работы аппа­рата, и излучатель помещают в стакан с водой. Если аппарат исправен, то в воде появляются пузырьки воздуха, оседающие на поверхности излучателя. При втором способе проверки на рабочую поверхность излучателя наносят несколько капель воды или ва­зелинового масла. Если аппарат исправен, то после его включения наблюдается «кипение» этих капель.

Дозируют лечебные воздействия по плотности пото­ка энергии (интенсивности). Ее пороговая величина при различных методиках не превышает 2 Вт • см-2. Следует знать, что нижняя граница теплового дей­ствия ультразвука составляет 0,4—0,5 Вт\*см-2 для непрерывных и 0,8 Вт • см-2 — для импульсных уль­тразвуковых колебаний.

Процедуры проводят ежедневно. Длительность процедур равна 10-15 мин. Курс лечения составля­ет 8-12 процедур.

**Лекарственный ультрафонофорез**

Лекарственный ультрафонофорез — сочетанное воздействие на определенные участки тела больно­го ультразвуковых колебаний и вводимых с их по­мощью лекарственных веществ.

Ультрафонофорез — явление колебательного сме­щения дисперсных частиц относительно жидкой фазы в ультразвуковом поле. Частицы лекарствен­ного вещества проникают вглубь биологических тканей и оказывают лечебное воздействие. Ультра­звук способен разрыхлять соединительную ткань, повышать проницаемость кожи и гистогематичес- ких барьеров, увеличивать диффузию и действие лекарств, усиливать транскапиллярный транспорт жидкостей. При проведении процедуры лекарствен­ное вещество включают в состав контактной среды. Вследствие значительного радиационного давления ультразвука молекулы лекарственных веществ при­обретают большую подвижность и реакционную способность, в результате увеличивается количе­ство лекарственного вещества, поступающего в орга­низм. Введение лекарственных веществ в организм осуществляется через выводные протоки потовых и сальных желез. Наибольшей подвижностью в ульт­развуковом поле обладают лекарственные вещества, растворенные в водных растворах. Для веществ, плохо растворимых в воде, в качестве растворите­ля используют 25% водный раствор диметилсуль- фоксида.

В кровь лекарственные препараты начинают по­ступать через 1 час после процедуры, достигают максимальной концентрации через 12 час и нахо­дятся в тканях в течение 2—3 сут. Количество вве­денного при помощи ультразвуковых волн лекар­ственного вещества не превышает 3-4% от приме­няемого при проведении процедуры. Наибольшей форетической активностью обладают ультразвуко­вые колебания меньшей частоты.

В результате сочетанного действия потенцируется лечебное действие сосудорасширяющих, противовос­палительных и рассасывающих веществ, местных анестетиков, антибиотиков, иммунодепрессантов и антикоагулянтов, вместе с тем ослабляются их по­бочные эффекты. Ультразвуковые колебания инак­тивируют молекулы таких лекарственных веществ, как атропин, барбитураты, витамины группы В, ко­деин, кофеин, морфин, новокаин, платифиллина гид- ротартрат, полимиксина сульфат, производные пи- разолона, хинин, эфедрин, что существенно снижа­ет их фармакологическую активность.

Лечебные эффекты: потенцированные эффекты ультразвуковой терапии и специфические эффекты вводимого ультразвуком лекарственного вещества.

Показания: определяются с учетом фармаколо­гических эффектов вводимого лекарственного веще­ства и показаний для ультразвуковой терапии.

Противопоказания: противопоказания для ульт­развуковой терапии, аллергические реакции на вво­димые лекарственные препараты.

Параметры. При проведении процедур исполь­зуют механические колебания, параметры которых определяются величинами, используемыми для уль­тразвуковой терапии.

Аппаратура. Для проведения процедур ультра- фонофореза используют аппараты для ультразвуко­вой терапии.

Методика. Процедуры проводят по контактной и дистантной методике. При контактной методике на зону воздействия наносят лекарственные веще­ства в виде растворов, суспензий и мазей, а затем неподвижно устанавливают излучатель (стабильная методика) или перемещают его без отрыва от поверх­ности кожи (лабильная методика). Растворы лекар­ственных веществ (см. табл. применяемых лекар­ственных препаратов) наносят пипеткой и втирают в кожу, покрывают ее вазелиновым маслом и про­изводят озвучивание. Эффективность данного спо­соба ультрафонофореза увеличивается после пред­варительной механической или химической обра­ботки поверхности кожи в области воздействия (производят дегидратацию смесью эфира и спирта, нагревание горячей водой).

При дистантной методике ультрафонофорез про­водят в ванночке с раствором лекарственного веще­ства в дегазированной воде при температуре 35-36 сС. Излучатель перемещают малыми круговыми дви­жениями на расстоянии 1—2 см от поверхности кожи. Такой способ лучше всего применять для воз­действия на обширную неоднородную поверхность. В офтальмологии и стоматологии вместо ванночек применяют различные воронки и насадки.

Если в терапевтические задачи входит введение лекарственных веществ в биологически активные зоны, то на рабочую поверхность излучателя нано­сят лекарственный препарат на мазевой основе, а затем контактно располагают его в кожной проек­ции точек. Продолжительность воздействия на каж­дую из них не должна превышать 5 минут. Лекар­ственный ультрафонофорез можно сочетать с элек­трофорезом и диадинамотерапией.

Дозируют количество вводимого лекарственного препарата с учетом количества используемого пре­парата и его форетической подвижности в ультра­звуковом поле. Применяемые ультразвуковые ко­лебания дозируют по интенсивности. Продолжитель­ность процедур составляет 5-15 мин. Процедуры проводят ежедневно или через день. На курс лече­ния — 10-15 процедур.