

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ТЕРАПИЯ¹

История вопроса и определение понятия

В последние годы в медицину введен новый, дающий хорошие результаты физический метод воздействия на организм — ультразвук.

Первая попытка применить ультразвук с терапевтической целью была сделана Польшманом, который после

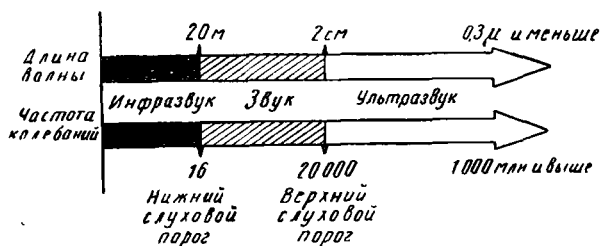


Рис. 13. Шкала звуковых и ультразвуковых колебаний (схема).

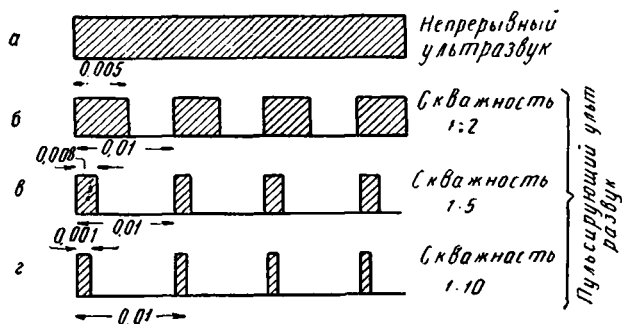


Рис. 14. Непрерывный и пульсирующий ультразвук (схема).

ряда экспериментальных исследований успешно применил его в конце 1938 г. для лечения больных ишиасом, плексусной невралгией и миалгиями. С тех пор лечение

¹ Авторы главы: В. И. Сухарев, Л. И. Богданович, Е. С. Святенко, И. Л. Марцвеладзе.

ультразвуком стали испытывать при различных заболеваниях. В дерматологии его начали применять с 1948 г., если не считать первых опытов лечения ультразвуком опухолей. В СССР ультразвук начали применять при лечении больных кожными заболеваниями с 1955 г. (Л. И. Богданович).

Ультразвук представляет собой высокочастотные механические колебания частиц твердой, жидкой или газообразной среды. Частота колебаний ультразвука выше 20 000 в секунду, т. е. выше порога слышимости (рис. 13, 14). В результате таких колебаний в среде создаются участки сжатия и разрежения. Для лечения применяют ультразвук с частотой от 800 000 до 3 000 000 колебаний в секунду.

Ультразвук получают при помощи ультразвуковых аппаратов, состоящих из генератора электротоков высокой частоты и ультразвукового вибратора (рис. 15). В корпусе вибратора находится кристалл кварца или титаната бария. Эти кристаллы, обладая пьезоэлектрическим эффектом, превращают поступающие от генератора высокочастотные электрические колебания в высокочастотные механические колебания: кристалл, а вместе с ним и передняя стенка вибратора колеблется, т. е. вибрирует с очень высокой частотой.

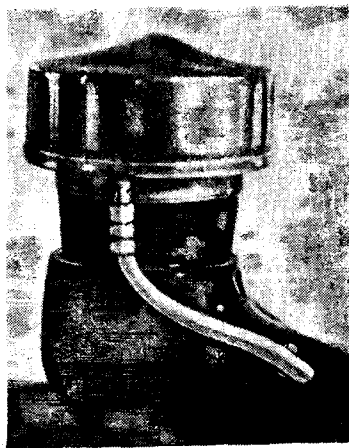


Рис. 15. Вибратор из титаната бария. Намечается образование масляного фонтанчика.

Методика

Озвучивание применяют прямое или косвенное, ультразвук непрерывный или пульсирующий, контакт прямой или не прямой, метод стабильный (стационарный) или лабильный («массаж»).

Виды озвучивания. Прямое озвучивание заключается в непосредственном воздействии ультразвука на

органы и ткани, подлежащие лечению (кожа, мышцы, суставы и др.). При косвенном озвучивании воздействуют на спинномозговые корешки, симпатический ствол, отдельные нервы (рис. 16) и сосуды. Так, например, при поражении правого локтевого и лучезапястного суставов озвучивают плечевое сплетение справа, при лечении язвы голени озвучивают *a. tibialis anterior*.



Рис. 16. Косвенное (сегментарное) озвучивание позвоночника лабильным вибратором.

Разновидностью косвенного является озвучивание сегментарное: при этом способе воздействуют на межпозвоночные узлы всех отделов спинного мозга и симпатического ствола от C_3 до S_2 , т. е. паравертебрально вдоль всего позвоночника с обеих сторон. Каждую сторону озвучивают в течение 5—7 минут, вся процедура длится 10—14 минут. Такая методика показана при лечении распространенных кожных заболеваний: хронической крапивницы, универсального кожного зуда, диссеминированного неvroдермита. На курс лечения обычно назначается 15—20 сеансов.

Виды ультразвука. Непрерывным ультразвуком принято называть непрерывный поток ультразвуковых волн, получаемых при обычном, нормальном режиме работы ультразвукового генератора. Пульсирующий ультразвук представляет собой прерывистое излучение, т. е. ультразвук посылается отдельными импульсами че-

рез определенные промежутки времени—паузы. Число импульсов в секунду называется частотой следования импульсов, или частотой пульсации, а обратная величина— периодом следования импульсов. Последняя представляет собой время одного импульса и паузы. Отношение импульса к периоду следования называется скважностью. Чаще всего в практике ультразвуковой терапии применяют пульсацию частотой 50 или 100 гц¹ и скважность 1:2, 1:5, 1:10.

При одной и той же интенсивности ультразвуковых колебаний за один и тот же промежуток времени будет излучаться в импульсном режиме меньше энергии, чем в непрерывном. Чтобы сохранить дозу ультразвуковой энергии в импульсном режиме, следует увеличить либо интенсивность ультразвука в импульсе, либо продолжительность озвучивания. При импульсном озвучивании циркулирующая кровь отводит больше возникающего в ткани тепла, чем при непрерывном озвучивании, в результате чего термическое действие выражено меньше. Этим видом озвучивания пользуются тогда, когда фактор тепла нежелателен, т. е. при сегментарном озвучивании и при озвучивании по ходу нервных стволов.

Виды контакта. Ультразвуки терапевтической частоты в воздухе не распространяются. Воздушная прослойка толщиной даже в 0,01 мм уже препятствует прохождению ультразвуковых волн такой частоты. А так как при прикладывании ультразвукового вибратора к коже всегда будут небольшие прослойки воздуха, то между головкой ультразвукового аппарата и кожей должно находиться вещество, обеспечивающее безвоздушный контакт между ними и проникновение ультразвука в ткань, т. е. такое контактное вещество в свою очередь должно быть хорошо проходимым для ультразвуковых волн.

Контактным веществом, которым предварительно смазывают участок озвучивания, служат вазелиновое или парафиновое масло, глицерин, кипяченая вода и др. Однако при зудящих дерматозах следует применять в качестве контактной среды не раздражающие кожу растительные масла и животные жиры, а рафинированное подсолнечное или персиковое масло, свиное сало и ры-

¹ Герц (гц) — одно колебание в секунду.

бий жир. Заметно выраженный волосяной покров на озвучиваемых участках кожи (подмышечные впадины и др.) должен быть удален (коротко острижен), так как волосы задерживают ультразвуковые волны.

Прямой контакт достигается путем непосредственно-го соприкосновения вибрирующей головки с озвучиваемой тканью.

К озвучиванию методом непрямого контакта относится субаквальное озвучивание, т. е. озвучивание в ванне, наполненной водой, желательна кипяченая. При применении некипяченой воды дозу ультразвука следует увеличить на $\frac{1}{3}$ первоначальной. Вибратор погружают в воду и держат неподвижно или медленно передвигают на расстоянии 1—2 см над очагом поражения. Если на вибрирующей головке появляются пузырьки воздуха, их удаляют кисточкой. Субаквальным методом пользуются для озвучивания очень болезненных воспалительных узлов, язв, т. е. тогда, когда прикосновение вибратора к очагу поражения нежелательно.

Другой разновидностью непрямого контакта является озвучивание головкой, на которую надета эластическая резиновая подушка, заполненная водой. Этот метод применяют для озвучивания неровных поверхностей тела.

Метод озвучивания. Стабильный (стационарный) метод озвучивания заключается в том, что вибратор прикладывают к определенному участку тела и держат неподвижно в течение непродолжительного времени (до 5 минут). Так как действие ультразвука при неподвижной головке примерно в 5—8 раз сильнее, чем при подвижной, то при стабильном методе применяют незначительную интенсивность — не более $0,3—0,5 \text{ Вт/см}^2$ ¹. Обычно этим методом озвучивают корешки спинного мозга, нервные стволы и сосуды в различных точках и т. д. Площадь головки аппарата при таком способе озвучивания должна быть не более 5 см^2 , чтобы не подвергались действию ультразвука соседние участки. Стабильное озвучивание, оказавшееся весьма эффективным, начали широко применять только в последние годы. Стабильное озвучивание применяют часто, но чаще всего в сочетании с лабильным.

¹ Вт/см^2 — количество ватт на один квадратный сантиметр озвучиваемой поверхности.

При сегментарном озвучивании следует головку аппарата прикладывать на два поперечных пальца латеральнее средней линии и держать неподвижно, если надо воздействовать на один спинномозговой корешок. При озвучивании симпатического ствола головку аппарата следует прикладывать на 2 (в грудном отделе) и на 3 (в поясничном отделе) поперечных пальца латеральнее средней линии и стараться при этом направить ультразвуковой пучок вперед и к середине (к позвончику), что достигается небольшим наклоном вибратора к сагиттальной плоскости.

Ориентиры для сегментарного озвучивания: плечо — C_4-T_2 , локоть — C_6-T_2 , запястье и суставы пальцев — C_6-T_2 , бедро — L_2-S_2 , колено — L_2-S_2 , лодыжка — L_2-S_2 . Частота при этом должна быть 800—1000 кгц¹, озвучивание импульсное.

Лабильный метод (метод «массажа») применяют отдельно или в сочетании со стабильным. При лабильном методе ультразвуковую головку водят по поверхности озвучиваемого участка, предварительно смазанного контактным веществом, со скоростью 1—2 см в секунду (медленно). Следует стремиться распределять ультразвуковую энергию равномерно по всему участку. Движение головки сопровождается легким надавливанием. При озвучивании малых участков надо двигать головку небольшими перекрывающимися друг друга кругами. Интенсивность излучения при этом можно доводить до 2 вт/см², а время озвучивания — до 10 минут на участок величиной с ладонь взрослого человека.

Сегментарное озвучивание, а также озвучивание сосудов и нервов лабильным методом выполняется так же, но участок озвучивания будет иметь вид полосы, соответствующей проекции озвучиваемого сосуда или нерва или идущей паравертебрально на протяжении 2—7 и более сегментов.

Озвучивание суставов имеет свои особенности, а именно: строгий учет их топографо-анатомического строения. Так, например, область над коленной чашечкой не озвучивают, так как здесь ультразвуковые волны встречают много пограничных слоев, и в результате большой абсорбции в сустав проникнет очень мало акустической

¹ Килогерц (кгц) — 1000 колебаний в секунду.

энергии. Поэтому озвучивают только определенные линии (полосы).

Дозиметрические показатели. Частота. Наиболее часто применяют частоты 800, 1000, 1500, 3000 кгц, т. е. от 800 000 до 3 000 000 колебаний в секунду. Чем больше частота, тем больше абсорбция ультразвука в ткани и, следовательно, тем меньше глубина воздействия ультразвука. Для тканей человека абсорбция находится в линейном соотношении с частотой.

Глубина половинного слоя поглощения в теле человека 800 кгц — 3,6 см, 1000 кгц — 2,9 см, 1500 кгц — 1,9 см, 3000 кгц — около 1 см.

Для лечения суставных и мышечных заболеваний, а также при озвучивании нервов, межпозвоночных узлов и т. п. необходимо глубокое действие, в связи с чем применяют частоту 800 или 1000 кгц. При лечении поверхностных процессов или же там, где глубокое действие нежелательно, применяют более высокую частоту.

Интенсивность ультраакустической энергии определяется в ваттах на квадратный сантиметр. Предельной терапевтической интенсивностью принято считать интенсивность 2 вт/см² при лабильном озвучивании и 0,5 вт/см² при стабильном.

Время. При лабильном методе участок величиной с ладонь взрослого человека принято озвучивать не более 10 минут (3—10 минут). При стабильном методе озвучивания экспозиция должна быть не более 5 минут (1—5 минут). Общее время озвучивания не должно превышать 30 минут на сеанс. Сеансы ультразвуковой терапии назначают 2—3 раза в неделю или ежедневно. Курс лечения обычно состоит из 10—15, иногда 20 сеансов. Повторный курс назначают спустя 3—4 недели после окончания предыдущего. Один и тот же больной может получить 2—3 курса и более ультразвуковой терапии.

Биофизиологическое действие

При прикосновении вибрирующей головки аппарата к коже колебания от ее передней стенки передаются ткани. Проходя в ткань на глубину до 6—7 см, они вызывают пульсацию клеток, т. е. обуславливают как бы своеобразный микромассаж ткани. По мнению ряда зарубежных авторов, такого рода воздействие способствует разрых-

лению уплотненной и склерозированной ткани. Это действие называют механическим действием ультразвука.

Термическое действие этого метода обусловлено тем, что часть механической энергии ультразвука поглощается и переходит в энергию тепловую, т. е. незначительно повышается температура тканей.

Физико-химическое действие выявляется в том, что под влиянием ультразвука происходит изменение концентрации водородных ионов тканевых соков в щелочную сторону, повышается проницаемость биологических мембран; в итоге усиливается тканевый обмен и улучшается трофика ткани.

Слабые дозы ультразвука рефлекторно вызывают расширение кровеносных сосудов, средние — спазм, а большие — паралич сосудодвигательных нервов и развитие застойных явлений. Фактор воздействия ультразвука на функциональное состояние нервной системы нашел свое выражение в широком применении сегментарного озвучивания, в озвучивании по ходу нервных стволов и сосудов.

При однократном воздействии непрерывного ультразвука малой интенсивности ($0,5 \text{ Вт/см}^2$) в коже кролика, как показал в своих исследованиях Л. И. Богданович, появлялся крайне незначительный экссудативный воспалительный процесс. Наиболее заметным было расширение кровеносных и лимфатических сосудов. Коллагеновые, эластические и нервные волокна изменений не претерпевали. Аналогичные изменения, но еще менее выраженные, были отмечены при воздействии пульсирующего ультразвука той же интенсивности.

При однократном воздействии непрерывного ультразвука средней интенсивности ($2,5 \text{ Вт/см}^2$) в коже кролика развивался значительный экссудативно-альтеративный воспалительный процесс с образованием небольших гнойничков и перерождением коллагеновых волокон. Отмечены нерезкие явления расщепления нервных волокон и образование издутий по их ходу. Аналогичные морфологические изменения, но менее выраженные, наблюдались при воздействии пульсирующего ультразвука той же интенсивности.

Многократное, т. е. курсовое, воздействие непрерывного ультразвука средней интенсивности вызывало в коже кролика хронический экссудативно-пролифератив-

ный воспалительный процесс. Характерной особенностью при этом виде озвучивания явилось наличие нерезко выраженного зернистого перерождения протоплазмы клеток эпителия, местами гиперплазии шиповидного слоя и эластических волокон.

Для многократного воздействия пульсирующего ультразвука характерно зернистое перерождение протоплазмы клеток эпителия, гиперплазия шиповидного слоя с незначительными явлениями акантоза и гиперплазия эластических волокон, причем эти изменения оказались более выраженными, чем при воздействии непрерывного ультразвука той же интенсивности.

Особый интерес при воздействиях ультразвуком представляет изучение состояния рыхлой соединительной ткани¹.

Рыхлая соединительная ткань находится в тесной функциональной связи со всеми органами, сопровождает сосуды и нервы, образует прослойки между тканями и оболочки органов, является частью внутренней среды организма, составляя его значительную по объему массу. С рыхлой соединительной тканью связаны межклеточный обмен, функции питания и трофики клеток. Составляя с кровью единую систему трофического и защитного характера, рыхлая соединительная ткань является реактивной системой, отвечающей на малейшие изменения внутренней и внешней среды. А. А. Богомолец, говоря о физиологической системе соединительной ткани, подчеркивал ее связь с другими системами, в частности с нервной, имея в виду роль соединительной ткани в реактивности организма. Работами В. Г. Елисеева, а также М. Н. Павловой и Э. Н. Поповой — сотрудников и аспирантов кафедры В. И. Сухарева² — показана зависимость реактивности соединительной ткани от состояния всего организма, функционального состояния его нервной системы.

¹ И. Л. Марцвеладзе, А. П. Сперанский. Влияние ультразвуковых волн относительно небольшой интенсивности на рыхлую соединительную ткань в эксперименте на белых крысах. Сборник работ Грузинского кожно-венерологического института. Тбилиси, 1961.

² Кафедра анатомии и гистологии факультета естествознания Московского государственного педагогического института имени В. И. Ленина.

Как известно, многообразие функций рыхлой соединительной ткани соответствует разнообразие морфологии, дифференцировки и функционального значения ее клеточных элементов; среди последних весьма важное место занимают фибробласты, протоплазма которых находится в субстанционной связи с межклеточным веществом ткани.

Учитывая все изложенное, мы при изучении действия ультразвука основное внимание сосредоточили на выяснении значения сравнительно малых его доз.

Объектом исследования служила рыхлая соединительная ткань подкожной клетчатки белых крыс. Эксперимент проведен на 74 самцах в возрасте около 6 месяцев весом по 200—250 г. В контрольной группе было 25 животных. У них в динамике изучали гистологическую картину рыхлой соединительной ткани—подкожной клетчатки. Для большей демонстративности у 16 животных изучены изменения рыхлой соединительной ткани после воздействия ультразвуком относительно большой интенсивности (подробно изложено в специальной работе). У 33 животных изучены изменения, вызванные применением относительно малых доз ультразвука.

В качестве генератора ультразвука был использован аппарат фирмы Симменс, зоностат-515 с пьезокварцевым датчиком, без водяного охлаждения, с активной поверхностью вибратора в 7 см², с излучением волн в непрерывном режиме с частотой 800 кгц.

В нескольких опытах мы воздействовали ультразвуком на хвост животного в ванночке с водой температурой 20° при медленном передвижении вибратора вдоль средней части хвоста на расстоянии 1 см от него (методика озвучивания лабильная, но в связи с малой поверхностью воздействия может быть оценена, как приближающаяся к стабильной). В большей части опытов мы воздействовали на паховую область кролика при стабильной методике. В связи с большими размерами вибратора был использован водный тубус с выходным отверстием в 1 см². Опыты проводились, как правило, через день, продолжительность их была 2 минуты, всего по два воздействия.

После указанных воздействий от животных в разные сроки (сразу, через 3, 10 и 30 дней после последнего озвучивания) брали поверхностно тонкие пленки рыхлой

соединительной ткани в области паха и в подмышечной области (не подвергавшиеся воздействию). Пленки ткани готовили по методу Максимова (по 7 пленок из каждой области), фиксировали в сулемовом растворе Гелли, окрашивали по методу Ясвойна (железным гематоксилином). При изучении препаратов (до 50 полей зрения) пользовались микроскопом — окуляр 15, объектив 40; для измерений — окуляр-микрометром.

В первой серии опыта было применено воздействие на область паха ультразвуком относительно большой интенсивности — $1,17 \text{ Вт/см}^2$ (стабильная методика), причем в препаратах, изготовленных из пленок, сразу после второго воздействия (5 крыс), обнаружены глубокие изменения соединительнотканых структур: гомогенизация межуточного вещества с исчезновением волокнистых структур, резкие изменения клеточных форм. Протоплазмы клеток не видно. Видны лишь «голые» ядра клеток (2—3 в поле зрения). Количественно межуточное вещество увеличено, о чем можно судить по его более интенсивной окраске. В препаратах из подмышечной области (не озвученной) изменения качественно те же, количественно менее выраженные. В препаратах, изготовленных из пленок, взятых через 3 дня после озвучивания (2 крысы), видны процессы восстановления соединительнотканых структур: заметно увеличение числа ядер (до 9—10 в поле зрения), некоторые из них уже окружены протоплазмой, хотя еще очень слабо окрашивающейся.

В препаратах из пленок, взятых через 10 дней после последнего озвучивания (3 крысы) и через 30 дней (2 крысы), процессы восстановления ткани более заметны. Количество клеток возрастает в среднем в поле зрения до 11—12 (в контроле — 18), причем у половины из них четко выражена протоплазма. Можно уже отличить фибробласты от гистисцитов, которых видно уже почти поровну. Интенсивность окраски протоплазмы небольшая. Можно думать, что это молодые клетки. Около сосудов видны единичные адвентициальные клетки. Хорошо видны коллагеновые и эластические волокна, причем коллагеновых волокон больше, чем эластических. Диаметр капилляров 0,32 мм, в контроле — 0,15—0,2 мм.

При анализе препаратов из подмышечной области, непосредственно не облучаемой, обнаружена примерно одинаковая картина.

Препараты из пленок, взятых через 30 дней, существенно не отличаются от препаратов, приготовленных через 10 дней после воздействия. Аналогичные изменения, но менее выраженные, были у крыс, у которых озвучиванию подвергался хвост, т. е. участок, где нет рыхлой соединительной ткани (изучались также пленки из паховой и подмышечной области этих крыс).

Таким образом, при воздействиях ультразвуком в $1,17 \text{ Вт/см}^2$ после первоначального периода угнетения рыхлой соединительной ткани сравнительно быстро намечаются процессы восстановления функции и структуры ткани, однако и через 30 дней после озвучивания ткань до нормы еще не восстанавливается.

На 33 крысы мы воздействовали по той же методике ультразвуком сравнительно небольшой интенсивности — в $0,2 \text{ Вт/см}^2$, как правило, животные подвергались 2 процедурам в течение 2 минут. После воздействий на хвост (3 крысы) изменения на препаратах из пленок паховой и подмышечной области, взятых после второго воздействия, были незначительными.

При изучении пленок, взятых из паховой области сразу после последнего озвучивания (3 крысы), изменения были более выражены, чем при озвучивании области хвоста. Количество клеточных форм 10. В половине из них ядра неправильной формы с зазубренными краями. Протоплазма видна в среднем только в двух клетках, среди которых можно различить фибробласты и гистиоциты. Видны пришлые клетки крови (до 4—2 в поле зрения). Тучных клеток не видно. Митозов не наблюдается. Коллагеновые волокна набухшие, без четких контуров. Эластических волокон мало. Капилляры расширены, диаметр их до $0,32 \text{ мм}$, содержание клеток в них увеличено. Заметны разрывы сосуда. Около места разрыва видны эритроциты. В подмышечной области (необлученный) изменения аналогичны, но менее выражены.

В препаратах из пленок, взятых через 3 дня после озвучивания (3 крысы), видно 12 клеток, из них 10 с ядрами правильной формы; в половине клеток виден тонкий слой протоплазмы. По ходу сосудов расположены адвентициальные клетки нормального вида, количество их невелико, они близко примыкают к эндотелию капилляров. Тучных клеток нет. Митозов не видно. П

капилляров 0,26. Клеток крови в них меньше, чем в предыдущем препарате. Коллагеновые волокна четко очерчены. Эластических волокон мало. Более заметную нормализацию можно увидеть в препаратах из пленок, взятых через 10 дней после воздействия (4 крысы).

Интересны, на наш взгляд, данные изучения препаратов из пленок, взятых через 30 дней после последнего озвучивания (6 крыс). Видны процессы восстановления, обновления, стимуляции жизнедеятельности ткани. Клеток в поле зрения в среднем 23 (в контроле — 18), 14 из них — фибробласты. Протоплазма клеток интенсивно окрашивается гематоксилином. Видны молодые фибробласты — 1—2 в поле зрения. Имеются двуядерные фибробласты и гистиоциты. Много тучных клеток не только у сосудов, но и вдали от них. Встречаются клетки крови (2 в поле зрения). Вдоль сосудов располагаются адвентициальные клетки обычной вытянутой формы. Часть из них находится на некотором расстоянии от сосудов. Ядра этих клеток напоминают ядра фибробластов и гистиоцитов, по-видимому, это переходные клетки. Капилляры, как в норме. Хорошо представлены волокнистые структуры, среди которых преобладают эластические волокна.

Таким образом, при интенсивности ультразвука 0,2 Вт/см², фаза первоначального угнетения ткани умеренна, быстро сменяется фазой восстановления и обновления ткани. В препаратах из пленок ткани, взятых через 10 дней после воздействия, видны явления стимуляции жизнедеятельности ткани. Особенно они заметны через месяц после воздействия: увеличение по сравнению с контролем числа клеток с более интенсивно окрашивающейся протоплазмой, увеличение числа молодых клеточных форм, тучных клеток и видоизменение волокнистых структур с преобладанием эластических волокон, что типично для более молодой ткани. Характерно, что изменения рыхлой соединительной ткани видны не только на месте воздействия ультразвуком, где они более выражены, но и в пределах этой ткани — в отдалении. Ткань реагирует, как целостная система, в чем, по-видимому, и проявляется значение нервно-рефлекторных механизмов.

В специальной серии опытов мы наблюдали за изменением содержания тимонуклеиновой кислоты в ядрах,

которое может служить показателем интенсивности обменных процессов, связанных с биосинтезом белковых комплексов и стимуляцией развития и роста клеточных форм. Исследования подтвердили повышение содержания тимонуклеиновой кислоты в ядрах впоследствии в связи с применением ультразвука.

Как видно из приведенных данных, применение небольших доз ультразвуковой энергии обуславливает стимуляцию и усиление жизнедеятельности рыхлой соединительной ткани, что может представить теоретический и практический интерес. Вероятно, при меньших дозах, чем мы имели возможность применить, первоначальная фаза угнетения ткани уже не будет иметь морфологического выражения и основное в действии ультразвука сведется лишь к биохимическим явлениям, с чем, по-видимому, главным образом и связана специфика его действия, в частности в условиях физиотерапевтической практики.

В работе И. Л. Марцвеладзе, аспиранта вышеупомянутой кафедры (кратко упомянутой выше), неоднократно подчеркивалось значение сложнорефлекторных явлений в ответных реакциях организма и тканей на ультразвуковое воздействие.

Однако в доступной нам литературе мы не нашли указаний об изменениях под влиянием ультразвука в нейронах межпозвоночных узлов. Между тем такие исследования могли бы иметь значение при объяснении некоторых явлений (обезболивающий эффект) в клинике при патологии у человека, в частности, при лечении ультразвуком заболеваний с наличием болевого синдрома.

Нашей задачей было изучить реакции нейронов межпозвоночных ганглиев при воздействии в эксперименте на животных дозами ультразвука, которые для человека считаются терапевтическими. Эксперименты проведены на здоровых взрослых кошках. Применялась лабильная методика, которая, однако, в связи с малой площадью (4×7 см в области правого бока) должна быть скорее расценена как приближающаяся к стабильной. Кошек подвергали воздействию ежедневно по 2 минуты в дозе 0,2 и 2 Вт/см² по 2 и 6 озвучиваний на курс. После озвучивания велось наблюдение за состоянием животных. От воспаления легких погибла 4 кошки.

Через 2 дня и через 7 дней после озвучивания животных забивали путем эфирного наркоза. При вскрытии обнаружены застойные явления в органах брюшной полости, у некоторых кошек — полнокровие легких и очаги воспаления в них большей или меньшей величины.

Для исследования брали нижние грудные спинномозговые узлы с обеих сторон, фиксировали спиртом и обрабатывали по Ниссля.

При микроскопическом исследовании клеточных элементов межпозвоночных узлов животных, получивших по два воздействия в дозе 2 вт/см^2 и забитых через 2 суток, наблюдалось неравномерное распределение нислевской субстанции и образование мелких и средней величины вакуолей. При увеличении числа сеансов озвучивания или срока после озвучивания количество вакуолей увеличивалось. В некоторых нейронах вакуоли достигали огромных размеров, оттесняя протоплазму и ядро клетки. Наблюдались также изменения в ядрах нервных клеток. Ядро пикнотизировалось, приобретало гомогенное строение и хорошо окрашивалось толудиновым синим. Имелись явления перинуклеарного отека. В некоторых клетках спинальных узлов возникал кариолизис. Все эти изменения протоплазмы и ядра приводили к гибели части нейронов спинномозговых узлов и пролиферации глиальных элементов. Однако в препаратах можно было видеть и неповрежденные нейроны. При дозах 0.2 вт/см^2 указанные изменения в общем были менее выражены.

Из приведенных данных видно, что нейроны спинномозговых узлов весьма чувствительны к ультразвуку. Можно думать, что под влиянием ультразвука функционально угнетаются, блокируются или полностью выключаются нервные элементы спинномозговых узлов. Как известно, эти нейроны имеют значение при развитии патологии возбуждения, в частности при поражении периферических нервов с наличием болевого синдрома.

Вполне возможно, что седативное действие ультразвука обуславливается специфическим воздействием на нейроны спинномозговых узлов. Характерно, что описанные изменения отмечаются лишь в некоторых, как бы избранных, нервных клетках. Отсюда становится понятным указание Л. И. Богдановича о том, что обезболивающее действие ультразвука связано с выключением афферентного импульса вследствие блокирования наибо-

лее измененных патологическим процессом нервных клеток спинальных узлов.

С целью изучения функциональных изменений в коже под влиянием терапевтических доз ультразвука было исследовано 30 здоровых людей¹.

Капиллярное кровообращение на озвученных участках кожи усиливается, что выражается в покраснении фона, расширении капиллярных петель, ускорении тока крови и увеличении кровенаполнения. В частности, покраснение фона отмечено у 22 человек из 30, расширение капиллярных петель — у 24, ускорение тока крови — у 27 и увеличение кровенаполнения — у 22. Под влиянием многократного озвучивания интенсивность отдельных показателей этой реакции несколько уменьшилась.

Температура кожи на озвученных участках, как правило, повышалась в среднем на $0,6^{\circ}$. После многократного озвучивания повышение было менее выраженным.

Потоотделение на озвученных участках усиливалось. Многократное воздействие ультразвука не оказало заметного влияния на динамику потоотделительной реакции.

На тактильную и болевую чувствительность однократное и многократное воздействие ультразвука заметного влияния не оказало.

При гистамин-адреналиновой пробе выявлена на предварительно озвученных участках кожи более интенсивная по сравнению с контрольными участками реакция на гистамин и, наоборот, менее интенсивная по сравнению с контрольными на адреналин. Под влиянием многократного озвучивания отмечалось небольшое понижение реакции кожи на гистамин и адреналин, в частности, если после первого озвучивания диаметр волдыря был равен в среднем 5,1 мм, то после 10-го озвучивания он был равен 4,2 мм. Соответствующие изменения, но менее выраженные, в капиллярном кровообращении, кожной температуре и потоотделении отмечались и на неозвученных симметричных участках, что свидетельствует о рефлекторном характере этих изменений.

Небольшое снижение отдельных показателей капиллярного кровообращения, температурной реакции и гис-

¹ Л. И. Богданович. Ультразвук в дерматологии. Дисс. докт. ЦИУ. М., 1958.

тамин-адреналиновой пробы говорит о некотором понижении реактивности кожи под влиянием многократного воздействия ультразвука.

Полученные нами данные при изучении капиллярного кровообращения кожной температуры, потоотделения и гистамин-адреналиновой пробы свидетельствуют об участии нервной системы, преимущественно ее вегетативного отдела, в механизме биологического действия ультразвука¹.

О терапевтической дозе. Терапевтическая доза определяется врачом в каждом отдельном случае с учетом ряда моментов. Наибольшее значение из них имеют общее состояние организма, возраст больного, характер заболевания и область озвучивания. Для установления дозы подбираются соответствующие время, частота, интенсивность и методика озвучивания.

При лабильном методе озвучивания интенсивность не должна превышать 2 вт/см^2 , а время — 20 минут на сеанс; при стабильном методе интенсивность не должна превышать $0,5 \text{ вт/см}^2$, а время озвучивания — 5 минут. Эти данные соответствуют частоте 800 кгц. При применении более высокой частоты интенсивность ультразвука необходимо соответственно уменьшить. Для озвучивания межпозвоночных узлов, симпатического ствола, периферических нервных стволов и артерий пользуются пульсирующим ультразвуком частотой 800—1000 кгц при интенсивности до $0,5 \text{ вт/см}^2$, времени озвучивания до 5 минут. Для озвучивания мягких тканей, суставов пользуются обычно непрерывным ультразвуком интенсивностью до 2 вт/см^2 при времени озвучивания до 20 минут на все участки. У лиц пожилого возраста применяют интенсивность не более $1,5 \text{ вт/см}^2$ при общем времени озвучивания не более 12 минут на сеанс и 1—3 сеанса в неделю. При нарушении общего состояния либо снижают дозу ультразвука, либо прекращают процедуры. Имеет значение и площадь вибратора. Приведенные данные соот-

¹ В. И. Сухарев, Е. С. Святенко, И. П. Марцвеладзе. К механизму действия ультразвука на животный организм. Тезисы докладов на объединенной сессии Академии наук СССР, Азербайджанской, Армянской и Грузинской ССР, посвященной 40-летию создания Коммунистической партии и установления Советской власти в Азербайджане. Баку, 1960.

ветствовали площади вибратора 10 см². При большей площади излучателя время озвучивания соответственно уменьшают, при меньшей, наоборот, увеличивают.

Показания к применению и методика ультразвуковой терапии при некоторых дерматозах

Гидраденит. Озвучивание непрерывным ультразвуком при прямом контакте, чаще всего лабильно, частотой 1000 кгц, интенсивностью 2 вт/см² в течение 5—20 минут в зависимости от количества узлов. В среднем каждый узел озвучивают 3—4 минуты. При наличии большого количества абсцессов озвучивают всю подмышечную впадину в течение 15 минут. Ультразвуковые процедуры назначают ежедневно до наступления клинического излечения, обычно 6—15 процедур.

Хроническая рецидивирующая крапивница. Озвучивание пульсирующим ультразвуком при прямом контакте, лабильно, частотой 1000 кгц, интенсивностью 0,5—0,8 вт/см² в импульсе, паравертебрально вдоль всего позвоночника (С₃—S₅) с обеих сторон (тотальное сегментарное озвучивание) в течение 10—16 минут (по 5—8 минут с каждой стороны) ежедневно. Количество процедур 5—10—15.

Локализованный кожный зуд. Зудящий участок кожи озвучивают пульсирующим ультразвуком при прямом контакте, частотой 1000 кгц, интенсивностью от 1 до 2 вт/см² в импульсе и частотой 3000 кгц, интенсивностью от 0,4 до 1 вт/см² в импульсе, в течение 5—10 минут ежедневно. В качестве контактной среды при всех зудящих дерматозах следует, по предложению Л. И. Богдановича, предпочитать рафинированное подсолнечное либо персиковое масло¹. На курс 10—20 процедур.

Универсальный кожный зуд. Тотальное сегментарное озвучивание пульсирующим ультразвуком при прямом контакте, частотой 0,5—0,8 вт/см² в импульсе, в течение 10—16 минут ежедневно. На курс 8—15 процедур.

Ограниченный невродермит. Очаги поражения озвучивают пульсирующим ультразвуком при пря-

¹ Обычно применяемое в качестве контактной среды вазелиновое масло у ряда больных вызывало усиление зуда.