

Эпопея строительства Байкало-Амурской железнодорожной магистрали и освоения прилегающих к ней территорий, решения связанных с ними медико-биологических проблем не канула в Лету. Она в научных трудах, в памяти участников, в накопленном огромном

опыте проведения крупномасштабных комплексных исследований, результаты которых, часто имеющие общебиологическое значение, могут быть применимы к любым регионам с экстремальными условиями существования человека.

RESEARCHES OF EMPLOYEES OF FACULTY OF HOSPITAL THERAPY ISMI AND THE ACADEMIC GROUP K.R. SEDOV'S IN THE ZONE OF CONSTRUCTION OF THE BAIKAL-AMUR RAILWAY

Y.V. Zobnin
(Irkutsk State Medical University)

The historical sketch of scientific-practical researches and other actions under the decision of medical and biologic problems of region of construction of a Baikal-Amur trunk-railway and new economic development of the adjoining territories which have been carried out by employees of faculty of hospital therapy of Irkutsk state medical institute and the academic group under the direction of the full member of Academy of Medical Sciences of the USSR K.R. Sedova is submitted.

ЛЕКЦИИ

© ШЕВЧЕНКО Е.В., ХЛОПЕНКО Н.А. — 2006

ДЕЙСТВИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА ОРГАНИЗМ

Е.В. Шевченко, Н.А. Хлопенко

(Иркутский государственный медицинский университет, ректор — д.м.н., проф. И.В. Малов, кафедра медицинской и биологической физики, зав. — д.б.н., проф. Е.В. Шевченко)

Резюме. Показано, что основные характеристики ультразвука (частота, интенсивность, длительность воздействия) в значительной мере определяют особенности распространения его в среде и биотканях. При распространении ультразвука в биотканях проявляется ряд эффектов (механический, термический, физико-химический), который приводит к некоторым отклонениям от физических законов его распространения в веществе, характер которых необходимо учитывать при проведении диагностических и терапевтических мероприятий.

Ключевые слова. Ультразвук, характеристики, биологическая ткань, диагностика.

Современная клиническая медицина немыслима без мощного диагностического обеспечения, без которого принципиально невозможно выработать и своевременно корректировать план адекватного лечения. В основе такого обеспечения лежит использование высоких технологий лучевой диагностики, позволяющей визуализировать нормальные и патологические ткани организма человека с помощью различных физических агентов. Состав лучевой диагностики сейчас включает рентгенодиагностику, в том числе рентгеновскую компьютерную томографию, радионуклидную диагностику, ультразвуковые исследования (УЗИ), магнитно-резонансную визуализацию, термографию и некоторые другие, менее распространенные, диагностические технологии.

По диагностической значимости важное место занимают УЗИ. Ультразвуковая диагностика позволяет без нарушения кожных покровов и без особенного вмешательства в физиологические процессы организма изучать положение, форму, размеры, состояние поверхности и внутреннее строение всех органов человека, а также оценивать их функциональное состояние.

Ультразвук представляет собой механические колебания упругой среды, занимающий область выше 16000 Гц. Верхний предел спектра ультразвуковых колебаний не установлен. В медицине применяется ультразвук относительно высокой частоты 800–3000 кГц. Для полу-

чения ультразвука в настоящее время применяются специальные устройства, в которых используются пьезоэлектрический, магнитострикционный, электродинамический, аэро- и гидродинамический эффекты.

Частотная характеристика и длина волны в значительной мере определяют особенности распространения колебаний в окружающей среде. Если низкочастотный ультразвук обладает способностью распространяться в воздушной среде, то ультразвук высокой частоты практически в воздухе не распространяется за счет сильного поглощения. При короткой длине волны ультразвук может фокусироваться и направляться линейным пучком. С уменьшением длины волны снижается способность волны к дифракции, что создает благоприятные условия для экранирования.

Происходящие в ультразвуковой волне колебательные движения частиц вещества характеризуются очень малой амплитудой смещения и чрезвычайно большими ускорениями. Так, при частоте 880 кГц и при интенсивности 2 Вт/см², частицы тканей тела колеблются с амплитудой $3,5 \cdot 10^{-6}$ см. Максимальное ускорение при этом достигает $90 \cdot 10^4$ см/с², что превышает ускорение свободного падения тел почти в 100 тысяч раз. Скорость распространения ультразвука в тканях человека и животных колеблется от 1490 до 1610 м/с, т. е. почти не отличается от скорости распространения ультразвука в

воде. Существенное влияние на скорость ультразвука оказывает температура среды. При повышении температуры воздуха на 1° скорость увеличивается на 0,5 м/с. При температуре воздуха 0° скорость звука и ультразвука — 331,5 м/с, а при температуре $+18^\circ\text{C}$ она увеличивается до 342 м/с. Повышение температуры воды на 1° приводит к увеличению скорости на 2,5 м/с.

Помимо указанных параметров (частоты, длины волн и скорости), ультразвук характеризуется интенсивностью. В медицинской практике по интенсивности ультразвуковые колебания подразделяют на три диапазона: до 1,5 Вт/см² — малая; 1,5–3 Вт/см² — средняя; 3–10 Вт/см² — большая интенсивность.

При переходе ультразвука из одной среды часть энергии проходит во вторую среду, а часть — отражается. Отражение зависит от акустического сопротивления сред. Чем больше отличаются величины акустического сопротивления двух сред, тем больше отражение ультразвуковых волн на границе раздела. Например, акустическое сопротивление воздуха 41 г·с/см², а воды $15 \cdot 10^4$ г·с/см². Вследствие большой разницы этих величин коэффициент отражения на границе раздела — 0,9993, т.е. из воздуха в воду и обратно проходит около 0,1% энергии. Так же плохо ультразвук распространяется из металла в воздух и обратно.

Известно, что ультразвуковые колебания хорошо распространяются из воды в биологические ткани и, наоборот, плохо проходят из воздуха в ткани. Так, установлено, что коэффициент поглощения ультразвука, распространяющегося из воздуха в кожу, такой же, как на границе воздух-вода.

Но при этом нельзя делать заключение, что ультразвук не проникает в ткани и почти полностью отражается от поверхности тела, так как необходимо учитывать строение кожи, не игнорируя то обстоятельство, что она состоит из разных по влагосодержанию тканей. Поверхностный слой кожи (эпидерма) содержит мало влаги и не может быть отождествлен с этой точки зрения с внутренними органами, мышечной тканью и тем более с водой. Нужно помнить также и небольшую толщину эпидермы. Не исключено, что и по этой причине она не может быть серьезным препятствием для распространения ультразвука в более глубокие слои кожи. Поглощение ультразвука тканями человека изучалось с целью выяснения возможного влияния его на организм. Однако на основании только величины коэффициента поглощения нельзя предсказать биологический эффект. Очевидно, следует учитывать и явления отражения, происходящие в тканях, что может приводить к усилению биологического эффекта.

Выше изложенное свидетельствует о необходимости аналитического подхода к оценке установленных физиками относительных величин. При решении гигиенических вопросов необходимо исходить, прежде всего, из их биологической значимости.

При распространении ультразвуковых колебаний в различных средах их интенсивность ослабевает обратно пропорционально квадрату расстояния от источника. Потеря энергии происходит вследствие поглощения ультразвука средами, в которых он распространяется. Поглощение обусловлено вязкостью и теплопроводностью среды. Установлено, что поглощение ультразвука в воздухе примерно в 2000 раз больше, чем в воде. По-

глощение также зависит от частоты ультразвуковых колебаний и увеличивается пропорционально квадрату частоты. Поэтому затухание ультразвуковых волн при повышении частоты быстро растет.

Следует отметить, что совершенно не подчиняется общим физическим закономерностям поглощение ультразвука в биологических тканях. В биологических тканях существует не квадратичная, а линейная зависимость поглощения от частоты. Это объясняется большей неоднородностью тканей. Неоднородностью биологических тканей обусловлена и разная степень поглощения ультразвука. Например, наименьшее поглощение наблюдается в жировом слое и почти вдвое большее в мышечной ткани. Серое вещество мозга в 2 раза больше поглощает ультразвук, чем белое. Мало поглощает ультразвуковую энергию спинномозговая жидкость. Наибольшее поглощение наблюдается в костной ткани.

При распространении ультразвука в среде проявляется ряд эффектов, основными из них являются: механический, термический и физико-химический. Прохождение ультразвука в средах сопровождается их нагреванием вследствие превращения акустической энергии в тепловую в результате поглощения ультразвука. Кроме того, образование тепла обусловлено физическими явлениями, вызывающими так называемый эффект пограничных поверхностей. Сущность его заключается в усилении действия ультразвука на границе раздела двух сред, что приводит к усилению теплового эффекта в несколько раз. Это связано с отражением колебаний от пограничных поверхностей: чем больше отражение, тем больше выражено их действие, т.е. с увеличением поверхности, отражающей колебания, тепловое действие усиливается. При проведении ультразвуковой терапии при плотном прилегании источника ультразвука к коже у пациента не наблюдается неприятных ощущений. Но если между кожей и головкой излучателя имеется небольшая прослойка воздуха, появляется ощущение жжения. Усиление термического эффекта обусловлено интенсивным отражением ультразвуковых колебаний на границе кожа-воздух вследствие большой разницы в их акустическом сопротивлении.

Механический эффект, в свою очередь, обусловлен самой природой ультразвука, представляющего собой волновое движение газообразных, жидких и твердых сред, и связан с переменным акустическим давлением во время сжатия и растяжения среды и силами, развивающимися вследствие больших ускорений частиц. Этим определяется размельчающее и диспергирующее действие ультразвука.

Известно, что возбуждение ультразвуковых колебаний в жидкости сопровождается кавитацией. В жидкости при распространении упругих волн возникают последовательно фазы сжатия и разрежения. В фазе разрежения в отдельных участках жидкости образуются разрывы или полости, которые заполняются парами жидкости или растворенными в ней газами. Последующее сжатие приводит к захлопыванию образовавшихся пузырьков. Перед захлопыванием в них создается большое давление. Поэтому в момент исчезновения пузырьков происходят мощные гидравлические удары, обладающие большой разрушительной силой. Помимо освобождения механической энергии, образование кавитационных полостей сопровождается возникновением

электрических зарядов на пограничных поверхностях, вызывающих люминесцентное свечение и ионизацию молекул воды, распадающихся на свободные гидроксильные радикалы и атомарный водород. В химическом отношении продукты распада ионизированных молекул воды крайне активны. Именно их большой активностью обусловлен ряд общебиологических эффектов, проявляющихся под влиянием ультразвука. В частности, с этим связано его окисляющее действие; распад белков в ультразвуковом поле; деполимеризация белковых соединений, инактивация ферментов, ускорение химических реакций.

Исследования биологического действия высокочастотного ультразвука на животных и человека были вызваны в основном потребностями практической медицины — необходимостью изучить, разработать и установить оптимальные лечебные дозы высокочастотного ультразвука, применяемого контактным способом. Важное значение данной проблемы было обусловлено и тем, что с конца 40-х годов начали поступать сообщения о различных осложнениях, связанных с передозировкой высокочастотного ультразвука в лечебной практике. В настоящее время интенсивность применяемого терапевтического ультразвука на частотах от 800 кГц до 1÷1,5 МГц значительно снижена: вместо 2÷4 Вт/см² наиболее часто применяется 0,2÷0,4 Вт/см². В случае диагностики параметры ультразвука при этом остаются еще высокими: частота может достигать от 800 кГц до 20 МГц, интенсивность варьировать между 0,01÷0,1 Вт/см² и 10÷20 Вт/см², а иногда и более.

Изучение биологического действия контактного высокочастотного ультразвука на различные системы целостного организма показало, что наиболее чувствительной к нему является центральная и периферическая нервная система: прежде всего, головной мозг-гипоталамус и ретикулярная формация ствола, кора больших полушарий, центральные и периферические вегетативные структуры и затем периферические нервы. Сердечно-сосудистая и дыхательная функции первично страдают в результате воздействия ультразвука на соответствующие гипоталамические и стволовые центры.

Экспериментальными исследованиями были показаны 3 характерные стадии биологического действия высокочастотного ультразвука на теплокровных. Интенсивное облучение мозга на частоте 400 кГц последовательно вызывало: 1) возбуждение, 2) торможение и 3) параличи дыхательного, а затем сердечно-сосудистого центров. На записях артериального давления и дыхания соответственно выступало: начальное возбуждение, последующее повышение давления до критических величин и паралич дыхания, как это наблюдается при шоке. Всю клиническую картину в целом находят весьма близкой к сотрясению мозга, что подтверждалось при гистологической обработке этих материалов. Указанные изменения мозга исследователи трактуют как травматические, вызванные механическим действием ультразвука, клиновидные же очаги некроза считают характерным распределением лучистой ультразвуковой энергией. Ультразвуковое воздействие разной интенсивности на различные области головы приводило к выраженным трофическим изменениям (похудение, незаживающие язвы, выпадение шерсти), глубокой астении, эндокринным расстройствам, обменным

нарушениям, к изменению состава периферической крови — лейкоцитозу либо лейкопении, изменению гемолитической стойкости эритроцитов и пр. Это связано с рефлекторным действием высокочастотного ультразвука на вегетативные центры головного мозга и, в первую очередь гипоталамической области.

Ультразвуковые колебания изменяют структуру клеточных мембран, увеличивают их проницаемость, стимулируют процессы гидролиза, гликолиза, активность биокатализаторов. Они повышают проницаемость кожи, повышают активность холинэстеразы почти в 2 раза. Доказано участие коры больших полушарий в функциональной перестройке деятельности организма, происходящей под влиянием ультразвукового облучения. Опыты показали, что под действием ультразвуковых колебаний разной интенсивности возникают направленные изменения биопотенциалов коры головного мозга, при этом слабое и однократное озвучивание сопровождается увеличением биопотенциалов коры, повторное либо интенсивное воздействие ультразвука приводит к снижению их, вплоть до полного биоэлектрического «молчания». Итак, в зависимости от интенсивности и длительности воздействия ультразвука оказывают стимулирующее, активирующее влияние либо угнетают, тормозят и подавляют биологические процессы, физиологические реакции организма.

При озвучивании разных отделов спинного мозга и периферических нервных стволов отмечены те же закономерности, что и при озвучивании головного мозга. Патогенез ультразвуковых изменений можно объяснить механическими колебаниями — вибрационной микротравматизацией, приводящей к явлениям сотрясения спинного мозга.

В отношении периферических нервов установлены такие же закономерности воздействия ультразвука разной интенсивности: ультразвуки слабой и средней мощности повышают возбудимость и ускоряют проведение нервного импульса; с повышением интенсивности и продолжительности озвучивания нарастает угнетение возбудимости нерва до появления полного блока; патогистологически определяются набухание нервных волокон, их извитость, вакуолизация и распад.

Практика терапевтического применения высокочастотного ультразвука также выявила возможность неблагоприятного его воздействия на периферические отделы нервной системы. При лечебном действии высокочастотного ультразвука 1,5 Вт/см² наблюдалась анагезия в зоне иннервации нерва ниже места озвучивания.

В ряде наблюдений приводятся данные заболевания периферических нервов активной руки у лиц, отпускающих лечебные процедуры. Отпуская сотням пациентам ультразвуковые процедуры, специалисты отмечают боли, парестезии и слабость правой кисти; после переключения на левую руку — аналогичные явления возникают и в левой кисти.

Большой интерес представляют функциональные и морфологические изменения в различных тканях и органах, возникающие, по заключению большинства авторов, от воздействия ультразвука на ЦНС. В этом плане существенную роль играют кожные анализаторы и особенно богато представленная на периферии вегетативная нервная система. Кожа является своеобразной антенной вегетативной нервной системы, пере-

дающей ультразвуковое раздражение на путь кожно-висцеральных рефлексов. Кроме того, ультразвуковое раздражение, падая на рецепторный аппарат кожи, передается по всем направлениям на периферические и центральные образования симпатической и парасимпатической нервной системы, на все уровни спинного и головного мозга как по специфическому, так и неспецифическому путям. На основании экспериментальных и клинических исследований многими авторами выявлены закономерные изменения сердечно-сосудистой деятельности.

Исследование сосудистых реакций организма на воздействие ультразвука позволило установить, что малые дозы высокочастотного ультразвука ($0,2+1$ Вт/см²) вызывают сосудорасширяющий эффект, большие дозы (3 Вт/см² и более) — сосудосуживающий. Заметное влияние оказывает ультразвук и на тонус артерий крупного и среднего калибра. Достаточно широко известны изменения деятельности желудочно-кишечного тракта и других органов, развивающиеся под действием высокочастотного ультразвука. Исследователи связывают наблюдаемые ими изменения с воздействием ультразвука на гипоталамус, регулирующий деятельность внутренних органов рефлекторным и нейрогуморальным путем.

Ультразвуковые повреждающие изменения кохлеар-

ного аппарата и других тканей (костей) трактуются как неспецифические, вызванные действием вибрации.

Механизм действия ультразвуковых колебаний на организм объясняется не только непосредственным специфическим влиянием ультразвука на нервную систему, но и рефлекторным влиянием, осуществляемым путем сложнейших перекрестных рефлексов.

Приведенные сведения о действии высокочастотного ультразвука на организм животных и человека свидетельствуют о полиморфных и сложных изменениях, происходящих почти во всех тканях, органах и системах организма соответственно степени их резистентности к ультразвуку. Изменения происходят на клеточном, молекулярном и субмикроскопическом уровнях тканей, вызывая «перестройку» физиологических реакций, нейрогуморальных, обменных процессов, эндокринной функции и деятельности различных систем и органов, подчиняясь общей закономерности: малые интенсивности стимулируют, активируют, средние и большие угнетают, тормозят и могут полностью подавлять функции.

Таким образом, этот материал, изложенный с позиции воздействия ультразвука на биологические системы, поможет медикам ориентироваться в выборе параметров ультразвука при использовании этого лечебного фактора.

THE INFLUENCE OF ULTRASOUND ON THE ORGANISM

E.V. Shevchenko, N.A. Kchlopenko
(Irkutsk State Medical University)

It's shown that main ultrasound characteristics (intensity, exposition duration, rate) establish the peculiarities of its spreading in medium and biotissues. A number of effects (mechanical, thermal and physical-chemical) occurs when the biotissues influenced by ultrasound. These effects result in some deviations from physical laws (principles) the nature of which is to be taken into the consideration when diagnostic and medical (therapeutic) measures are performed.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлов И.Г. Ультразвук и его применение. — Л., 1968. — 245 с.
2. Ультразвук и термодинамические свойства. — Курск, 1990. — 437 с.
3. Применение ультразвука к исследованию вещества. — М., 1987. — 382 с.
4. Боголюбов В.А., Пономаренко В.Н. Общая физиотерапия. — М., 1998. — С.239-259.
5. Боголюбов В.А. Техника и методики физиотерапевтических процедур. — М.: Медицина, 2002. — С.246-272.
6. Руденко Т.Л. Физиотерапия. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2000. — С.214-228.
7. Молчанов Г.И. Ультразвук в фармазии. — М., 1980. — 412 с.
8. Царцис П.Г., Френкель И.Д. Биохимические основы физической терапии или общая физиотерапия. — М., 1987. — 453 с.

© БАРДЕДИНОВ Х.К. — 2006

ЛЕКЦИИ ПО ФОРМАЛЬНОЙ ЛОГИКЕ: ВВЕДЕНИЕ В УЧЕНИЕ О ПОНЯТИИ (лекция 2)

Х.К. Бардединов

(Иркутский институт повышения квалификации работников образования, ректор — д. ист. н., проф. Л.М. Дамешек, кафедра коррекционно-развивающего обучения, и.о. зав. — Х.К. Бардединов)

Резюме. Известно, что в процессе подготовки специалиста (врача, юриста, психолога, педагога, журналиста и т.д.) не только накапливаются нужные знания, но формируется так называемое «профессиональное» мышление. Это своеобразная мыслительная деятельность специалиста, предполагающая особые формы и взаимосвязи анализа, синтеза, обобщения, которые связаны с необходимостью соотношения общего (общая картина болезни, картина поведения, преступления, успеваемости и др.) с отдельными составляющими (факторы, влияющие на поведение, успеваемость, симптомы болезни и др.). Профессиональное мышление также предполагает быстрое и своевременное принятие единственно правильного решения. Значительную составляющую в таком мышлении, кроме интуитивного и творческого, представляет аналитическое (логическое) мышление, которое позволяет специалисту создавать картину ситуации в виде четких мыслей — в виде понятий, суждений, умозаключений.

Ключевые слова. Мышление, логика, понятие, содержание, специалист.

Логическая теория — своеобразна. Она высказывает об обычном человеческом мышлении то, что покажется Вам на первый взгляд необычным и без необхо-

димости усложненным. Основное содержание логики формулируется зачастую на особом, созданном специально для формализации мысли искусственном языке.