

## **БИОФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

**Валько Игорь Николаевич**

студент, Кубанский государственный университет, РФ, г. Краснодар

**Добро Людмила Федоровна**

научный руководитель, канд. пед. наук, доц., Кубанский государственный университет, РФ, г. Краснодар

Изучение влияния акустического поля на биологические ткани на сегодняшний день является довольно актуальной задачей. Знания об изменениях состояния отдельных структур организма на всех уровнях его организации под действием акустического поля имеют важное значение для применения звуковых методов в терапии различных заболеваний. В этой связи большое внимание уделяется именно ультразвуку – акустическим колебаниям высокой частоты –, так как именно он интенсивно применяется в медицинской практике. На протяжении нескольких десятков лет в диагностике используются методы ультразвуковой эхолокации, позволяющие исследовать органы и ткани человека и отслеживать заболевания на ранних стадиях развития.

Развитие ультразвуковой техники берет свое начало со время Первой мировой войны. Французский ученый Поль Ланжевен воздействовал ультразвуком на рыб, находящихся в большом аквариуме. С этого времени начались исследования биологического действия акустической энергии. С 1920-ых годов начинаются первые попытки использовать ультразвук в медицине. Вскоре акустическую энергию стали широко применяться в физиотерапии в качестве довольно эффективного средства. Рассмотрим некоторые биофизические аспекты ультразвукового воздействия на организм.

### **Механическое действие**

Механическое действие на биологический организм объясняется тем, что звук представляет собой упругую волну, которая распространяясь в среде, создает колебания частиц: молекул, ионов или атомов. В результате этого в биологической ткани возникают области сжатия и разрежения, то есть переменное давление [5].

Воздействие на биологические объекты зависит от характеристик звука, его частоты и интенсивности. Так, при небольших энергиях ультразвук приводит к микровибрациям тканевых элементов, способствующий лучшему обмену веществ, кровенаполнению органов и лучшей ее циркуляции.

Высокая интенсивность ультразвука оказывает разрушающее действие за счет явления кавитации. Это образование неустойчивых полостей в тканях, в которые накачивается газ под действием ультразвука. Далее эти пузырьки схлопываются, приводя к локальному повышению температуры и давления и даже образованию плазмы [6]. В медицинской практике этот эффект играет важную роль, поскольку может широко применяться в хирургии для разрушения патологических структур, новообразований, деструкции камней в нефрологии. К тому же ультразвук может быть наложен на скальпели, что значительно уменьшает усилия хирургов и увеличивает точность проведения операций.

На клеточном уровне ультразвук активизирует функции клеточных структур, изменяет свойства мембран, ускоряя проникновение лекарственных веществ в цитоплазму,

обеспечивает уменьшение вязкости цитозоля, разрыхлению соединительной ткани [1].

### Тепловое действие

Естественно, что волна переносит энергию, а значит передает ее той среде, в которой распространяется. В нашем случае такой средой является биологический объект, а значит ультразвук вызывает разогрев тканей и органов. Примечательно, что биоткань разогревается неравномерно по всей толщине, а в местах с перепадами величины, называемой акустическим сопротивлением, определяемой формулой:

$$Z = \rho c, \quad (1)$$

где:  $c$  – скорость распространения звука, м/с;

$\rho$  – плотность среды, кг/м<sup>3</sup>.

Местное нагревание тканей или органов оказывает стимулирующий эффект, но повышение температуры должно быть порядка нескольких долей градуса. При этом ускоряется метаболизм, способствуя жизнедеятельности клетки. Значительное же повышение температуры оказывает лишь разрушающее действие, приводя к некрозу тканей, вскипанию клеточных структур. Тепловой эффект используется в хирургии для проведения операций. Здесь важно создать звуковой пучок в условном месте для увеличения интенсивности. Для этого используются специальные фазирующие решетки для создания фокусированного ультразвука [4]. Скорость выделения тепла в единичном объеме при прохождении ультразвука определяется формулой [2]:

$$Q = \mu I \quad (2)$$

где:  $\mu$  – коэффициент затухания, б/р;

$I$  – интенсивность волны, Вт/м<sup>2</sup>.

Модель распространения ультразвука в среде и количества выделяемого при этом тепла, описанная в книге [2], позволяет рассчитывать, какой нагрев можно ожидать в системах, состоящих из тканей различных типов. Расчеты необходимы для безопасного использования ультразвука, то есть использования таких интенсивностей, которые не приведут к необратимым последствиям.

### Химическое действие

Несмотря на то что ультразвук – это физическое поле, оно способно вызывать в организме синтез или распад сложных химических соединений. Причем эти вещества могут быть как благоприятными для организма, так и опасными. Например, ультразвуковое поле интенсивностью 0,3–0,5 Вт/см<sup>2</sup> запускает процесс образования азотистой кислоты. Если постепенно увеличивать интенсивность, то появляется азотная кислота. Изменяются свойства ферментов, одни из которых угнетаются, а активность других, наоборот, увеличивается. Акустическая волна приводит к возбуждению и переходу в свободное состояние гормонов, активизируя их действие.

Платформой для химических реакций является кавитация. Как уже говорилось, схлопывание газовых пузырьков приводит сверхбыстрому нагреву и образованию плазмы. А плазма представляет собой набор ионизированных молекул. Все это приводит к образованию радикалов, готовых вступить в реакции, а также атомарного водорода:



В химическом отношении продукты распада ионизированных молекул воды крайне активны. Именно их большой активностью обусловлен ряд общебиологических эффектов, проявляющихся под влиянием ультразвука: окисляющее действие ультразвука, распад белков, деполимеризация белковых соединений, инактивация ферментов, ускорение химических реакций, изменение pH среды, расщепление высокомолекулярных соединений [3]. При исследовании в биологических объектах отмечено, что ультразвуковой массаж высвобождает из тканей гистаминоподобные вещества [2].

Таким образом, ультразвук вызывает разрушение клеток в результате механического действия, приводит к интенсивному нагреву тканей, изменению проницаемости клеточных мембран. Явление кавитации – схлопывания полостей, образующихся под действием ультразвука, может быть использовано в хирургических целях. Медицинская акустика на сегодняшний день является быстро развивающейся отраслью науки. Исследователи находят новые методики использования звуковой энергии, разрабатываются способы доставки лекарственных препаратов, в том числе распайка капсул внутри организма ультразвуком. Разрабатываются новые методы диагностики и лечения различных патологий человека и животных, устанавливаются стандарты, обеспечивающие эффективное и безопасное использование этих технологий.

### **Список литературы:**

1. Акопян Б.В. Основы взаимодействия ультразвука с биологическими объектами: учебное пособие / Б.В. Акопян, Ю.А. Ершов; под ред. профессора С.И.Щукина. – М.: Москва: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2005. – 224 с.
2. Демин И.Ю. Современные акустические методы исследований в биологии и медицине: учебно-методические материалы / И.Ю. Демин, Н.В. Прончатов-Рубцов. – М.: Нижний Новгород: НГУ им. Н.И. Лобачевского, 2007. – 118 с.
3. Резников И.И. Физические основы использования ультразвука в медицине: учебное пособие / И.И. Резников, В.Н. Федорова, Е.В. Фаустов и др. – М.: Москва: Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И.Пирогова, 2015. – 97с.
4. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: учебник / А.Н. Ремизов. – 4-е изд., испр. и перераб. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 648 с.
5. Российский медицинский информационный ресурс / Методы акустических лечебных воздействий – [Электронный ресурс] – URL: <http://www.rosmedic.ru> (Дата обращения 20.01.2017).
6. Шилаев А.С. Физические основы применения ультразвука в медицине и экологии: учебно-методическое пособие / А.С. Шилаев, С.П. Кундас, А.С. Стукин; под общ. ред. профессора С.П. Кундаса. – М.: Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2009. – 110 с.