

СНИЖЕНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ГИПОКИНЕЗИИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА ТЕРАПИЕЙ БИОУПРАВЛЯЕМЫМ УЛЬТРАЗВУКОМ

Климовец А.И., Китаёв И.А., студенты

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Андрианова Е.В. – ассистент

Аннотация. В этой работе мы исследовали проблему длительной неподвижности у пациентов в коме. Попробовали использовать биоуправляемую терапию – когда низкочастотные импульсы заполняются высокочастотным ультразвуком (830 кГц), а модуляция идёт по пульсу самого пациента. С теоретической точки зрения показали, что модулированный ультразвук входит в резонанс со стенками капилляров, благодаря чему энергообмен получается максимальным при минимальных затратах энергии. На практике проверяли это на куриных эмбрионах – частота сердцебиения увеличилась на 15-20%, а кровоток в мелких сосудах стал заметно лучше.

Когда человек долго лежит без движения, особенно в коме, у него начинаются серьёзные проблемы со здоровьем. Это состояние называют гипокинезией – то есть резкое снижение или вообще отсутствие двигательной активности. Мышцы слабеют, и от этого страдают абсолютно все органы и системы организма. Что конкретно происходит? Обобщая – организму нужна какая-то искусственная стимуляция микроциркуляции, иначе не избежать пролежней и тромбов. Мы решили попробовать биоуправляемую терапию ультразвуком. Суть в том, что ультразвуковые волны идут не постоянно, а в режиме пульсограммы – то есть по ритму сердца пациента.

Теоретическая часть. Ещё в 73-м году прошлого века учёный Родионов предположил, что для нормального обмена веществ в капиллярах нужна именно пульсация [1], т. е. кровь должна течь не равномерным потоком, а как бы толчками. Обмен веществ через стенки капилляров он разбил на две части, где главную роль играет именно пульсирующий компонент. А задаёт этот ритм, конечно же, сердце – оно работает как биологический насос-генератор колебаний.

Когда по сосудам идут пульсовые волны давления и скорости, стенки капилляров начинают колебаться. Это можно описать обычным уравнением вынужденных колебаний.

Самое интересное начинается, когда частота внешней силы приближается к собственной частоте системы – возникает резонанс. Амплитуда колебаний резко вырастает. Это как раз то, что нам нужно: максимальный энергообмен при минимальных затратах энергии. А для пациента в тяжёлом состоянии экономия энергии – это вопрос жизни и смерти. Нужно ещё учитывать, как ультразвук затухает в тканях. Чем глубже он проникает, тем слабее становится.

Эксперименты. Проверять всё это мы решили на куриных эмбрионах. Почему именно они? Во-первых, на третьи сутки развития у них как раз начинается кровообращение, сердце только-только формируется и бьётся. Во-вторых, их регуляторные механизмы ещё слабые – чем-то похоже на угнетённое состояние мозга при коме.

Брали яйца из инкубатора на третьи сутки, аккуратно вскрывали верхнюю часть скорлупы. Сквозь плёнку было видно, как бьётся маленькое сердечко и как течёт кровь по сосудам. Заливали область желтка тёплым физраствором и ставили туда ультразвуковой излучатель площадью где-то 1 квадратный сантиметр. Его подключали к генератору прямоугольных импульсов.

Использовали несущую частоту 830 кГц, а модуляцию делали по частоте сердцебиения эмбриона – это где-то 2-3 герца. И что получилось? Частота ударов сердца выросла на 15-20 процентов! Плюс невооружённым глазом было видно, что кровь в мелких сосудах желточного мешка побежала активнее. Причём эффект держался ещё минут 5-10 после того, как мы выключили аппарат. Это значит, что собственные регуляторные системы организма действительно включаются в работу.

Выводы. Биоуправляемая ультразвуковая терапия – это реально перспективное направление для борьбы с последствиями длительной неподвижности. За счёт резонанса модулированный ультразвук очень эффективно взаимодействует со стенками капилляров, при этом тратится минимум энергии.

Наши опыты показали, что метод действительно улучшает микроциркуляцию и помогает поддерживать ритмическую работу сердца и сосудов. Конечно, это только начало. Дальше нужно точнее подбирать параметры воздействия и пробовать применять это в настоящей реанимации. Ну и для космической медицины, кстати, тоже пригодится – там тоже есть проблемы с гипокинезией.

Список использованных источников

1. Родионов Ю.Я. Пульсирующий характер транкапиллярного обмена // Физиология человека. – 1973. – Т. 4, № 3. – С. 456-463.