

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА: ГАЛЬВАНИЗАЦИЯ И ЭЛЕКТРОФОРЕЗ

- Цель работы:** 1. Изучение физических основ воздействия постоянного тока на биологические ткани.
2. Изучение принципа введения лекарственных веществ с помощью постоянного электрического тока.
3. Измерение подвижности ионов в растворе.

Приборы и принадлежности: аппарат для гальванизации АГП-33, кювета с раствором.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ВВЕДЕНИЕ

ГАЛЬВАНИЗАЦИЯ – это применение с лечебной целью воздействия постоянным током низкого напряжения (60-80 В) при небольшой силе тока (до 50 мА) на ткани организма. Для проведения гальванизации используют электроды из листового свинца или станиоля толщиной 0,3 – 0,5 мм. Между электродами и кожей помещают гидрофильные прокладки, смоченные теплой водой.

Большинство тканей человека содержит до 65 % воды и являются электролитами с разной электропроводностью. Хорошо проводят ток кровь, лимфа, моча, спинно-мозговая жидкость, паренхиматорные органы, мышцы. Плохо проводят – жировая ткань, сухожилия, кости. Не проводят ток роговой слой сухой кожи, ногти, волосы.

Под действием напряжения, подаваемого на электроды, происходят сложнейшие процессы на клеточном уровне. Под влиянием электрического поля ионы движутся с разной скоростью и скапливаются около клеточных мембран, вследствие чего полупроницаемые мембраны клеток поляризуются, образуя внутри мембраны электрическое поле, направленное навстречу внешнему. Поэтому в области мембраны происходит резкое падение напряжения. Клеточные мембраны изменяют проницаемость, при этом усиливаются процессы диффузии и осмоса, интенсивнее происходят процессы гидратации и дегидратации.

Перемещение ионов H^+ к катоду и OH^- - ионов к аноду вызывает сдвиги в кислотно-щелочном равновесии. Изменение рН-среды отражается на деятельности ферментов, тканевом дыхании. Изменяются условия возбуждения клеток и их электрохимический режим. Достигнув электродов ионы теряют свой заряд и превращаются в нейтральные атомы, способные вступать в реакции. Этот процесс называется электролизом. Он проявляется у поверхности металлических электродов. Например, при электролизе водного раствора NaCl на катоде выделяется натрий, на аноде – хлор. Эти атомы, соединяясь с водой, образуют у анода кислоту, а у катода – щелочь, вызывая долго незаживающие химические ожоги. Поэтому, чтобы избежать этого, между кожей и электродами помещают гидрофильные прокладки, смоченные теплой водой.

Большое значение имеет подвижность ионов, которая зависит от их массы, заряда, пространственной конфигурации. Одновалентные ионы Na^+ и K^+ , мелкие по сравнению с ионами Ca^{++} и Mg^{++} , обладают большей подвижностью. Они быстро достигают поверхности катода. В области же анода увеличивается относительная концентрация ионов Ca^{++} и Mg^{++} . Возбудимость тканей в области катода увеличивается вследствие повышенной концентрации

ионов калия и натрия, в области же анода уменьшается, так как ионы кальция и магния ее снижают.

Таким образом, в основе биологического действия постоянного тока лежат процессы электролиза, изменения концентрации ионов в клетках и тканях и процессы, вызываемые в мембранах клеток.

Гальванический ток оказывает нормализующее влияние на функциональное состояние центральной и вегетативной нервной системы, способствует улучшению крово- и лимфообращения, расширяет коронарные сосуды, стимулирует функции желез внутренней секреции, влияет на возбудимость нервно-мышечного аппарата.

Показаниями для назначения гальванизации являются: гипертоническая болезнь 1 и 2 стадии, бронхиальная астма, гастрит, колит, панкреатит, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, заболевания периферической нервной системы (неврит, плексит, радикулит) и т.д.

Гальванизация противопоказана при индивидуальной непереносимости тока, острых гнойных процессах, нарушениях целостности кожи в местах наложения электродов, гипертонической болезни 3 стадии, злокачественных новообразованиях, кожных заболеваниях распространенного характера (экзема, дерматит) склонности к кровотечениям, полной потере болевой чувствительности.

ЭЛЕКТРОФОРЕЗ – это введение в организм лекарственных веществ с помощью постоянного тока. Электрофорез выполняется так же как и гальванизация, только прокладку у активного электрода смачивают раствором лекарственного вещества. В этом случае на организм одновременно действуют два фактора – лекарственный препарат и постоянный ток.

В растворе многие лекарственные препараты распадаются на ионы и, в зависимости от знака заряда, вводятся с соответствующего электрода. С прокладки положительного электрода вводятся положительные ионы, с прокладки отрицательного – отрицательные. С прокладки положительного электрода вводят ионы металлов (калий, натрий, магний, кальций, литий, медь, серебро), а также положительно заряженные частицы сложных веществ (новокаин, хинин, лидаза, димедрол и др.) С прокладки отрицательного электрода вводят кислотные радикалы и отрицательно заряженные частицы сложных соединений (пенициллин, гепарин, эуфиллин, гидрокортизон и др.) Проникая при прохождении тока в толщу кожи под электродами, лекарственные вещества создают так называемые «кожные депо», из которых они затем медленно поступают в организм.

Введение лекарственных веществ методом электрофореза имеет ряд преимуществ по сравнению с другими способами:

1. Лекарственное вещество поступает в виде ионов, что повышает его фармакологическую активность.
2. Образование «кожного депо» увеличивает продолжительность действия лекарства.
3. Высокая концентрация лекарственного вещества создается вблизи патологического очага или в нем самом.
4. Не раздражается слизистая оболочка желудочно-кишечного тракта.
5. Обеспечивается возможность одновременного введения нескольких лекарственных веществ.

Показания и противопоказания к применению электрофореза такие же как и при гальванизации.

АППАРАТУРА

Для проведения процедур гальванизации и электрофореза применяются аппараты различных типов (АГН-1, ГР-2, АГН-32, АГП-33, Поток-1 и др.), различающиеся в основном лишь конструкцией. По физическому принципу действия все они представляют собой выпрямитель переменного тока с регулировкой выходного напряжения. Блок –схема аппарата приведена на рис. 1.



Рис. 1. Блок-схема аппарата для гальванизации и электрофореза.

На рис. 2 представлена передняя панель аппарата АГП-33.

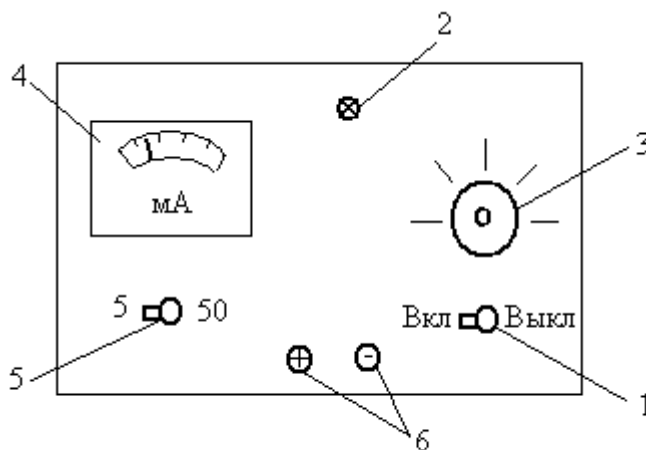


Рис. 2. Передняя панель аппарата АГП-33

На панели имеется выключатель сети 1, сигнальная лампочка 2, ручка регулировки тока 3, миллиамперметр 4, переключатель пределов измерения миллиамперметра 5, выходные клеммы для подключения электродов 6.

Аппарат для гальванизации может быть использован при решении различных исследовательских задач, например, для определения подвижности ионов в растворе методом измерения тока и напряжения в цепи электролита (метод электролитической ячейки). Этот метод удобен, когда молекулы диссоциируют на два иона, подвижности которых близки (например, K^+ и J^-), или когда подвижность одного из ионов известна.

Направленное движение ионов в электрическом поле создает ток, плотность которого определяется по формуле: $J = n^+q^+v^+ + n^-q^-v^-$, где n – концентрация ионов, q – заряд иона, v – скорость направленного движения ионов. Знак $+$ относится к положительным ионам, $-$ к отрицательным ионам. Так как при диссоциации KJ образуются два иона, то их заряды равны, $q^+ = q^-$, концентрации ионов также равны: $n^+ = n^- = \gamma n$, где γ – коэффициент диссоциации, n – концентрация молекул KJ в растворе. Скорость направленного движения ионов пропорциональна напряженности электрического поля: $v = fE$, где f – подвижность иона. Таким образом, учитывая это, можно записать: $J = \gamma nqE(f^+ + f^-)$.

Считая, что в растворе молекулы KJ диссоциируют полностью, то есть $\gamma = 1$, $f^+ = f^- = f$, а также учитывая, что $J = I/S$, $E = U/d$, где I – сила тока, S – площадь поперечного сечения

проводника (электролита), d – длина проводника, U – напряжение между электродами, получим:

$$f = \frac{Id}{2nqUS} \left(\frac{\text{м}^2}{\text{В} \cdot \text{с}} \right)$$

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Наполните кювету раствором КJ известной концентрации.
2. Электроды, опущенные в кювету, соедините с выходными клеммами аппарата для гальванизации.
3. К этим же клеммам, соблюдая полярность, присоедините вольтметр.
4. Включите аппарат в сеть.
5. Включите тумблер «Сеть». При этом должна загореться сигнальная лампочка 2.
6. Поворачивая ручку 3 регулировочного потенциометра, изменяйте напряжение и ток в цепи, фиксируя показания вольтметра и миллиамперметра. Необходимо произвести 8-10 замеров. Данные занесите в таблицу.
7. После измерений уберите напряжение с электродов, повернув ручку 3 потенциометра в крайнее левое положение против часовой стрелки.
8. Выключите тумблер «Сеть» и выньте вилку шнура из розетки.
9. Измерьте и занесите в таблицу расстояние между электродами и площадь поперечного сечения электролита в кювете.
10. Рассчитайте по формуле подвижность ионов для всех измерений (для расчета используйте значения $n = 10^{26} \text{ м}^{-3}$ и $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$).
11. Вычислите среднее значение подвижности ионов, абсолютную и относительную погрешность.
12. Начертите вольт-амперную характеристику $I = f(U)$.
13. Рассчитайте напряженность электрического поля в электролите для максимального значения напряжения.

ТАБЛИЦА

d =		S =			n = 10 ²⁶ м ⁻³			q = 1,6·10 ⁻¹⁹ Кл	
U, В									
I, мА									
f, м ² /Вс									

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какой метод лечения называется гальванизацией?
2. Что такое электролиз?
3. Для чего нужны гидрофильные прокладки у электродов?
4. Основные механизмы воздействия постоянного тока на биологические ткани при гальванизации.
5. Что такое электрофорез?
6. Какие вещества вводятся с положительного, а какие с отрицательного электрода?
7. Преимущества электрофореза по сравнению с другими способами введения лекарств.
8. Для каких веществ удобно использовать метод электролитической ячейки для определения подвижности ионов?