

---

# Действие токов и полей на ткани организма. Методы физиотерапии

---

## Электрические свойства биологических тканей

- **Электрический ток** – упорядоченное движение свободных заряженных частиц
- **Электропроводность** – свойство веществ проводить электрический ток
- **Сопротивление** – свойство проводника противодействовать установлению электрического тока
- **Сила тока** – количество заряда, прошедшего через площадь поперечного сечения проводника за единицу времени.

где  $q$ -заряд,  $t$ -время  $[I]=1$  А (ампер)

- **Плотность тока** – отношение силы тока к площади поперечного сечения проводника.

$dt$ , где  $S$  - площадь поперечного сечения проводника  $[j]=1$  А/м<sup>2</sup>

$$j = \frac{I}{S}$$

## ■ Сопротивление - физическая величина

[R=1 Ом]

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S}$$

- **Удельное сопротивление** – сопротивление цилиндрического проводника единичной длины и единичной площади поперечного сечения [ $\rho=1\text{Ом}\cdot\text{м}$ ]

$$\rho = \rho_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t),$$

$\rho_0$  – удельное сопротивление при  $20^{\circ}\text{C}$

$\alpha$  – температурный коэффициент сопротивления

$$\rho = \frac{1}{g}, \text{ где } g - \text{удельная электропроводность}$$

- Проводники и диэлектрики**
- **Проводники** – вещества, содержащие **свободные** носители электрического заряда (металлы и их сплавы, электролиты, из биологических тканей – нервные волокна, кровеносные и лимфатические сосуды, спинномозговая жидкость)
  - **Диэлектрики** - вещества, в которых нет свободных носителей электрического заряда (пластмассы и керамика, из биологических тканей – кожа сухая, кость, сухожилия)

**Удельное сопротивление некоторых биологических тканей и жидкостей**

<i>Вещество</i>	<i>Удельное сопротивление, Ом·м</i>
Спинномозговая жидкость	0,55
Кровь	1,66
Мозговая и нервная ткань	14,33
Жировая ткань	33,3
Мышечная ткань	2
Кожа сухая	$10^5$
Кость без надкостницы	$10^7$
Диэлектрики	$10^8 - 10^{16}$

## Ткани организма обладают:

- Активным сопротивлением  $R$ .
- Емкостным сопротивлением  $X_c$ , которое обусловлено тем, что:
  - а) биологическая мембрана – «плоский конденсатор»:
  - б) существуют макрообразования – соединительнотканые оболочки (диэлектрики), окруженные с двух сторон тканями, богатыми жидкостью (проводники).

- **Импеданс** – полное сопротивление тканей организма (Z)

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2} = \sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 \cdot c^2}}$$

$\omega$  – частота,  $c$  - емкость

- **Реография** – метод диагностики, основанный на регистрации во времени изменения полного сопротивления тканей при функционировании органа (в стоматологии используют для оценки кровообращения в тканях челюстно-лицевой области)

## *Действие постоянного электрического тока на ткани организма*

Постоянный электрический ток оказывает *раздражающее действие* на ткани организма. Т.е. под действием постоянного тока происходит *перемещение* (вдоль силовых линии поля) имеющих в тканях заряженных частиц, главным образом *ионов* тканевых электролитов. При этом вследствие различной подвижности ионов, а главным образом задержки и накопления их у полупроницаемых мембран в тканевых элементах и прежде всего внутри клетки и в окружающей ее тканевой жидкости происходит *изменение обычной концентрации ионов* той или иной природы. Изменение ионной среды может вызвать изменение функционального состояния клеток в сторону *возбуждения* или *торможения их деятельности*.

*Методы, основанные на воздействии на ткани организма постоянным электрическим током*

1. **Гальванизация** - метод лечебного воздействия **постоянным током** небольшой величины (напряжение 60—80 В).

2. **Электрофорез** — метод **введения лекарственных веществ** в организм (ионы йода, металлы, пенициллин и др.) при помощи **постоянного электрического тока**. Препарат вводится с электрода, знак которого имеют вводимые ионы: с катода — отрицательные ионы, с анода — положительные ионы.

*Предельно допустимая плотность тока* при электрофорезе и гальванизации:

$$j_{\text{пред}} = 0,1 \text{ mA} / \text{cm}^2$$

## Действие переменного (гармонического) электрического тока низкой частоты (меньше 500 кГц)

- Оказывает **раздражающее действие**, т.е. под действием низкочастотного тока происходит перемещение ионов, изменение их концентрации вблизи мембран клеток, что приводит к изменению мембранного потенциала и, следовательно, к изменению функционального состояния клетки. При этом **в физиотерапии используют токи, находящиеся между порогом осязаемого значения и порогом неотпускающего значения.**
- **Порогом осязаемого значения** называют наименьшую силу тока, раздражающее действие которого ощущает человек. Среднее значение порога осязаемого тока на частоте **50 Гц** составляет на участке предплечье-кисть порядка **1 мА**.
- **Порогом неотпускающего значения** называют наименьшую силу тока, при которой человек не может самостоятельно освободиться от проводника (источника тока), так как происходит непроизвольное сгибание сустава. Среднее значение порога неотпускающего значения на частоте **50 Гц** составляет **6 – 10 мА**.

## Действие переменного (гармонического) электрического тока высокой частоты

- Оказывает **тепловое** действие

Количество теплоты ( $q$ ), выделяемое в  $1\text{ м}^3$  за  $1\text{ с}$ , под действием переменного электрического поля высокой частоты:

$$q = j^2 \cdot \rho$$

$j$  – плотность тока

$\rho$  - удельное сопротивление тканей

- **Диатермия** – метод физиотерапии, основанный на воздействии на биологические ткани **переменного электрического тока высокой частоты** (1-2 МГц), небольшого напряжения (150-200 В) и большой силы (2 А)

## Действие постоянного электрического поля

Под действием постоянного электрического поля в тканях-диэлектриках происходит ориентация полярных молекул вдоль силовых линий. В тканях-проводниках возникает упорядоченное движение ионов, т.е. возникают микротоки. В цитоплазме клеток такое движение ионов приводит к разделению зарядов, изменению концентрации ионов, а, следовательно, к изменению мембранного потенциала и раздражению клетки (возникновению потенциала действия), что способствует усилению обмена веществ клетки с окружающей средой.

**Франклинизация** — метод физиотерапии, основанный на использовании постоянного электрического поля высокого напряжения.

## Действие переменного электрического поля высокой

- На ткани-проводники: **тепловое** и **ток** приводит к упорядоченному движению ионов, т.е. возникает электрический ток, приводящий к нагреву тканей

Количество теплоты ( $q$ ), выделяемое в  $1\text{м}^3$  за 1 с:

$$q = \frac{E^2}{\rho}$$

- На ткани-диэлектрики: **тепловое** и **осцилляторное**, т.к. происходит колебательное вращение полярных молекул (они переориентируются вдоль силовых линий), что приводит к поглощению тканями энергии электрического поля

Количество теплоты ( $q$ ), выделяемое в  $1\text{м}^3$  за 1 с:

$$q = \frac{E_{\max}^2 \cdot \omega \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot \text{tg} \delta}{2}$$

$E_{\max}$  – амплитуда напряженности электрического поля

$\omega$  – циклическая частота электрического поля

$\rho$  - удельное сопротивление тканей

$\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость

$\varepsilon_0$  – электрическая постоянная

## Применение переменного электрического поля в медицине

- **УВЧ-терапия** – бесконтактный метод физиотерапии, основанный на использовании **переменного электрического поля ультравысокой частоты**. Используется для глубокого прогрева тканей-диэлектриков.

# Действие переменного магнитного поля

- **Тепловое** за счет возникновения вихревых токов в тканях-проводниках (явление электромагнитной индукции)

Количество теплоты, выделяемое в  $1\text{ м}^3$  за 1 с, под действием переменного магнитного поля:

$$q = \frac{k \cdot B_{\max}^2 \cdot \omega^2 \cdot \sin^2 \omega t}{\rho}$$

$B_{\max}$  – амплитуда магнитной индукции

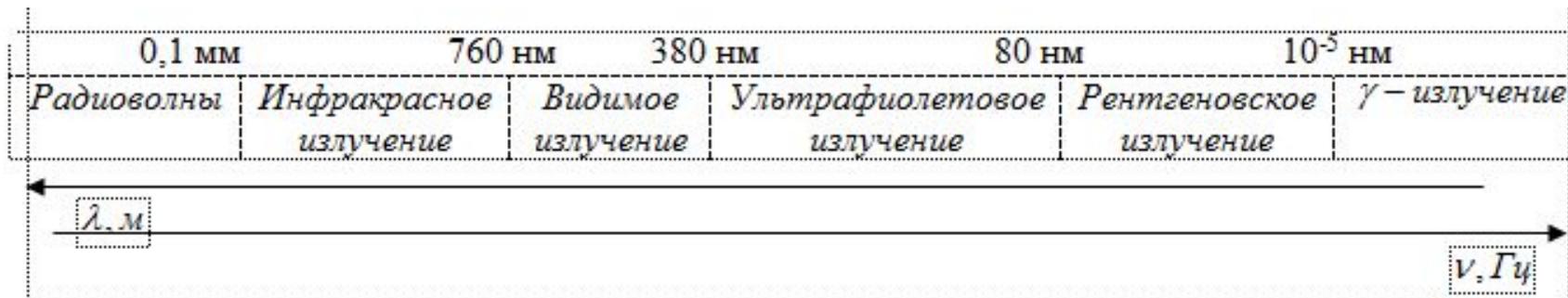
$\omega$  – циклическая частота магнитного поля

$\rho$  - удельное сопротивление тканей

**Индуктотермия** – метод физиотерапии, основанный на воздействии на биологические ткани переменным магнитным полем высокой частоты (10-15 МГц).

При индуктотермии больше тепла образуется в тканях с хорошей электропроводностью (низким сопротивлением), т.е. в жидких средах (кровь, лимфа) и хорошо кровоснабжающихся тканях (мышцы, печень и др.).

## Шкала электромагнитных волн



# *Использование электромагнитных волн в медицине*

**Радиоволны** оказывают **тепловое** воздействие на ткани богатые водой.

**СВЧ-терапия** – это контактный метод поверхностного прогрева тканей, богатых жидкостью (кровь, лимфа, слизистые оболочки) путем воздействия радиоволнами.

**Инфракрасное излучение** оказывает **тепловое** действие.

**Ультрафиолетовое излучение** оказывает **витаминообразующее** и **бактерицидное** действие.

**Рентгеновское и гамма-излучение** используют в онкологии для разрушения раковых опухолей. Под действием данных излучений происходят химические реакции с образованием высокоактивных в химическом отношении соединений, которые вступают во взаимодействие с другими молекулами и в итоге приводит к разрушению биологических мембран и гибели клетки.