

The background features abstract, overlapping geometric shapes in various shades of green, ranging from light lime to dark forest green. The shapes are primarily triangles and polygons, creating a dynamic, layered effect. The overall composition is clean and modern, with the text centered in the white space.

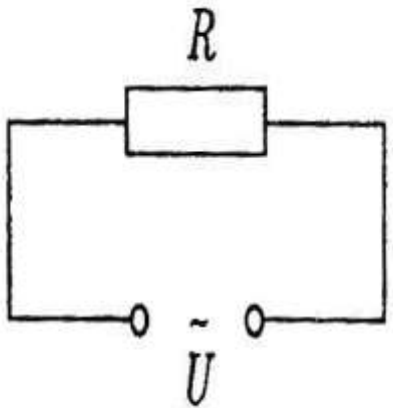
Лекция. Воздействие переменного тока на биологические ткани

1. Переменный ток

Опр. Переменный ток - это ток, характеристики которого (q , I , U) являются функциями зависимости от времени и изменяются по закону *sin* или *cos*

$$U = U_{\max} \cos \omega t$$

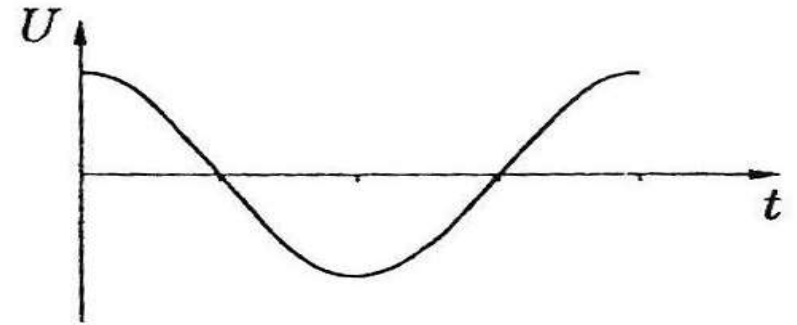
Цепь с резистором R



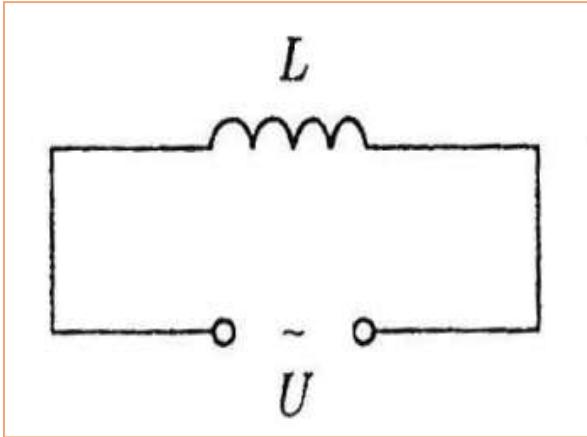
$$U = U_{\max} \cos \omega t$$

$$I = I_{\max} \cos \omega t$$

Сила тока совпадает по фазе с напряжением



Цепь с индуктивностью L



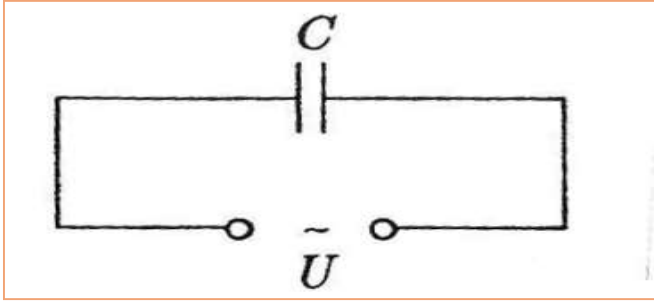
$$U = U_{\max} \cos \omega t$$

$$I = I_{\max} \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

Сила тока отстает по фазе от приложенного напряжения

Цепь обладает индуктивным сопротивлением $X_L = \omega L$

Цепь с конденсатором C



$$U = U_{\max} \cos \omega t$$

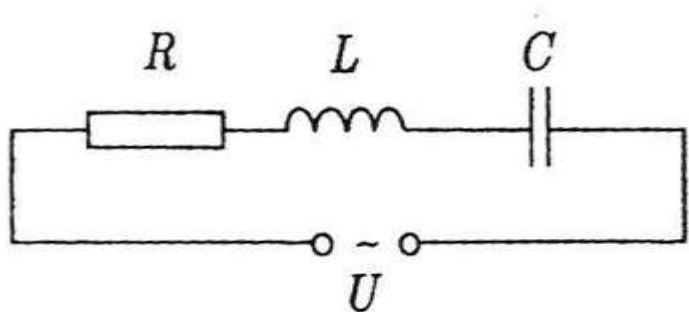
$$I = I_{\max} \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

Сила тока опережает по фазе напряжение на $\pi/2$

Цепь обладает емкостным сопротивлением

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

Опр. Импеданс = полное сопротивление в цепи переменного тока



$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

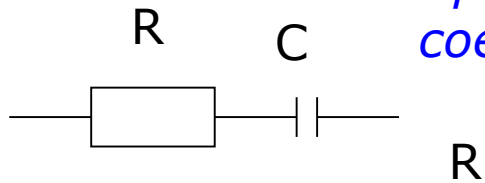
*Активное
сопротивление*

*Реактивное
сопротивление*

Опр. Импеданс тканей организма – это полное сопротивление живых объектов **переменному** току. Это геометрическая сумма **активного** и **емкостного** сопротивления живых клеток



Сила тока опережает по фазе приложенное напряжение



При последовательном соединении

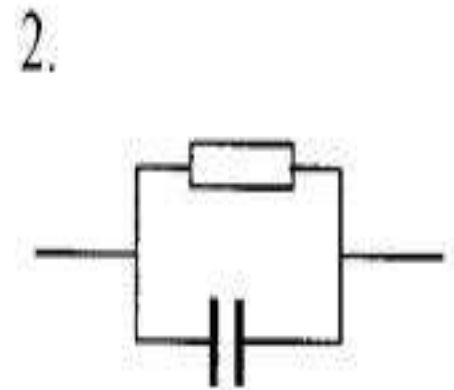
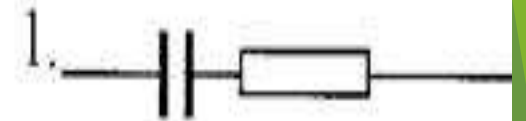
$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

При наложении внешнего электрического поля ткани биологического объекта поляризуются, то есть представляют собой диэлектрик, помещенный между обкладками заряженного конденсатора. Следовательно, при прохождении через них переменного электрического тока могут характеризоваться с помощью реактивного (емкостного сопротивления X_c):

$$X_c = \frac{1}{\omega C}$$

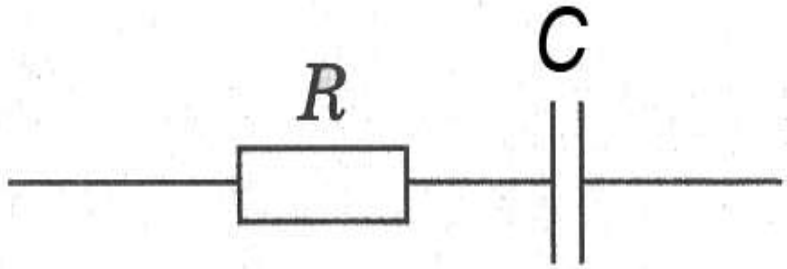
Биологические ткани могут быть заменены эквивалентной электрической цепью, включающей в себя активное и емкостное сопротивление (рис.) и обладающей полным сопротивлением (импедансом):

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

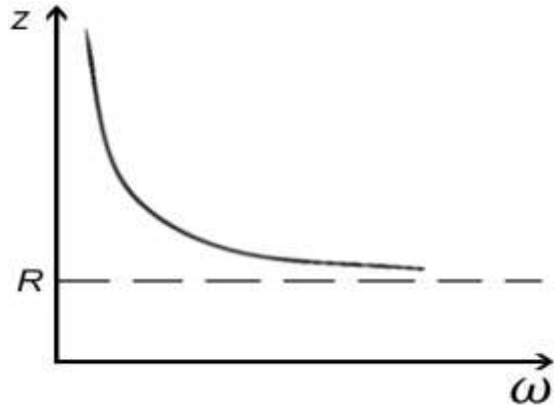


Опр. Эквивалентные электрические схемы тканей организма - это **модели** биологических тканей

Последовательное соединение R и C

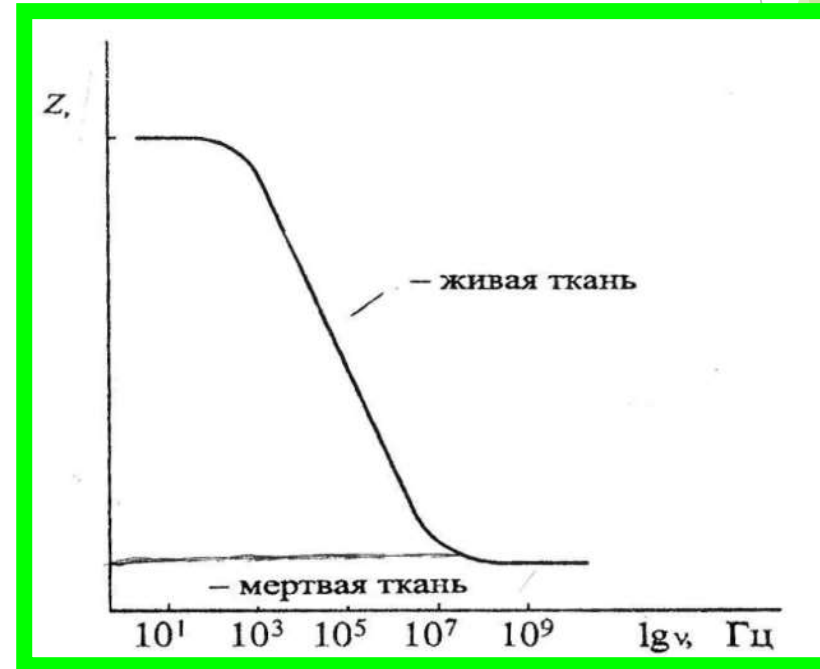


Не работает на НЧ

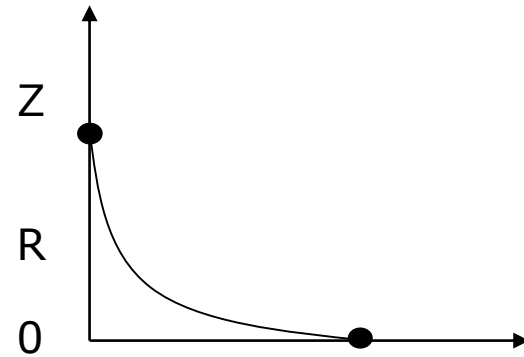
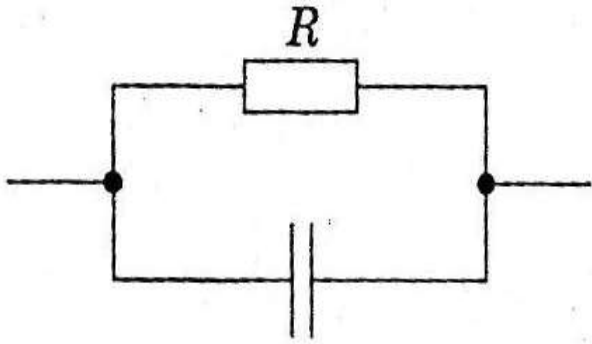


$$\downarrow X_C = \frac{1}{\uparrow \omega C}$$

Работу этих моделей проверяли по кривой дисперсии импеданса:

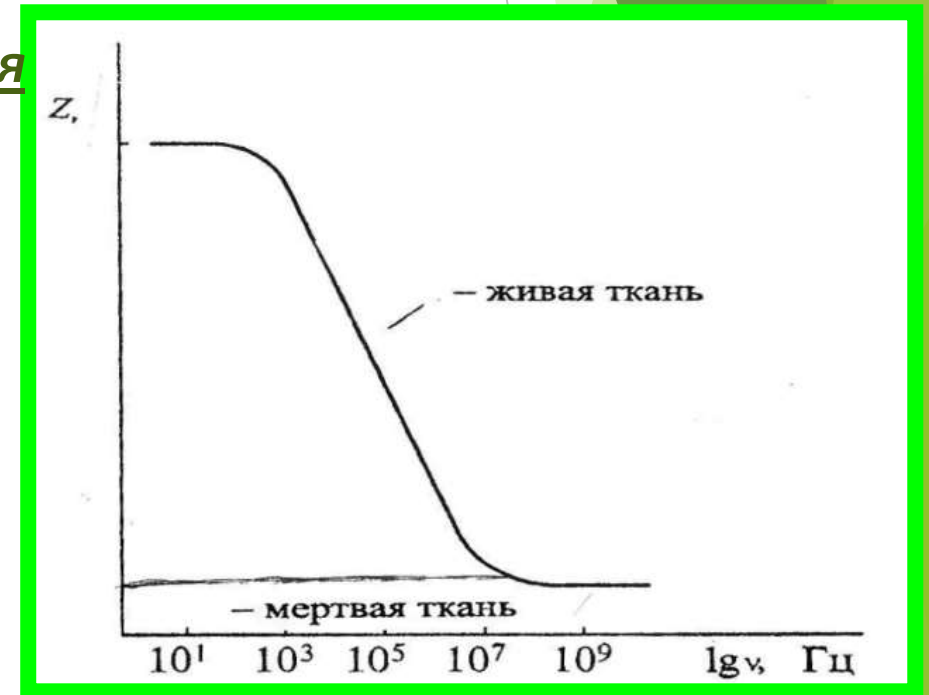
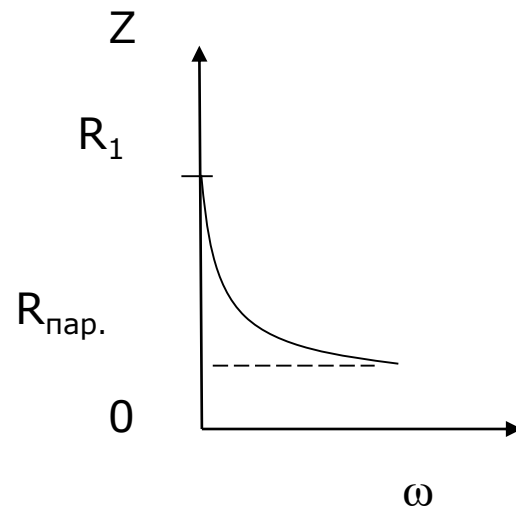
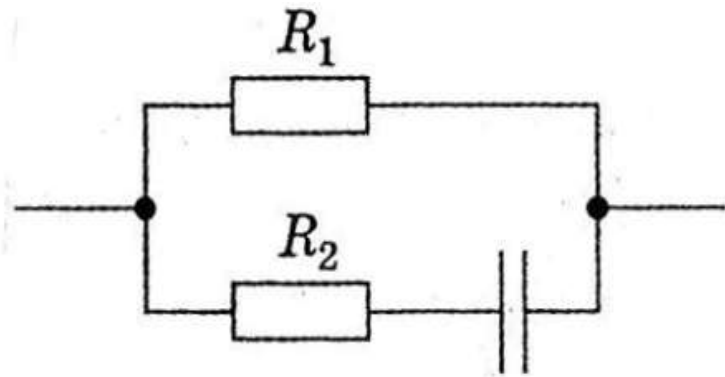


Параллельное соединение R и C



Не работает на ВЧ

Межклеточное R_1 и внутриклеточное R_2 сопротивления



В настоящее время метод измерения импеданса довольно широко применяется в медицине и биологии. Достоинство данного метода заключается в том, что используемые напряжения (менее 50 мВ) не вносят существенных изменений в физико-химические процессы, протекающие в биологических объектах, и, тем более, не повреждают их. Метод нашел широкое применение при изучении процессов, протекающих в живых тканях при изменении их физиологического состояния, при патологических состояниях, при действии повреждающих факторов: температуры, излучения, ультразвука и т.д. При патологических процессах в тканях происходит изменение их электрических свойств: увеличивается проницаемость мембран и, как следствие, увеличиваются ионные потоки и, следовательно, ослабляется эффект поляризации границ раздела. Это приводит к падению сопротивления и емкости на низких частотах.

Опр. Диагностический метод регистрации изменений сопротивления органов, обусловленный изменением кровенаполнения, называется **реографией**. С помощью этого метода получают реограммы головного мозга (реозэнцефалография), сердца (реокардиография), магистральных сосудов, легких, печени и конечностей.

Опр. Реография — неинвазивный метод исследования кровоснабжения органов, в основе которого лежит принцип регистрации изменений электрического сопротивления тканей в связи с меняющимся кровенаполнением.

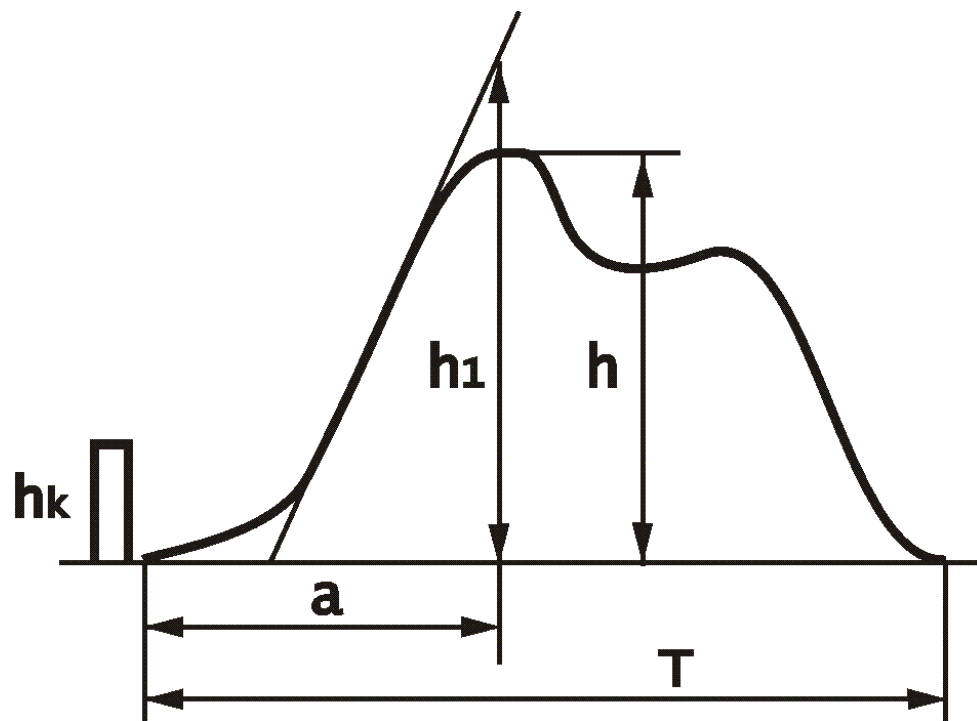
Чем **больше** приток крови к тканям, тем **меньше** их сопротивление.

Для получения реограммы через тело пациента пропускают переменный ток частотой 50-100кГц, малой силы (не более 10 мкА), создаваемый специальным генератором.



Формула Кедрова

$$\frac{\Delta V}{V} = -\frac{\Delta Z}{Z}$$



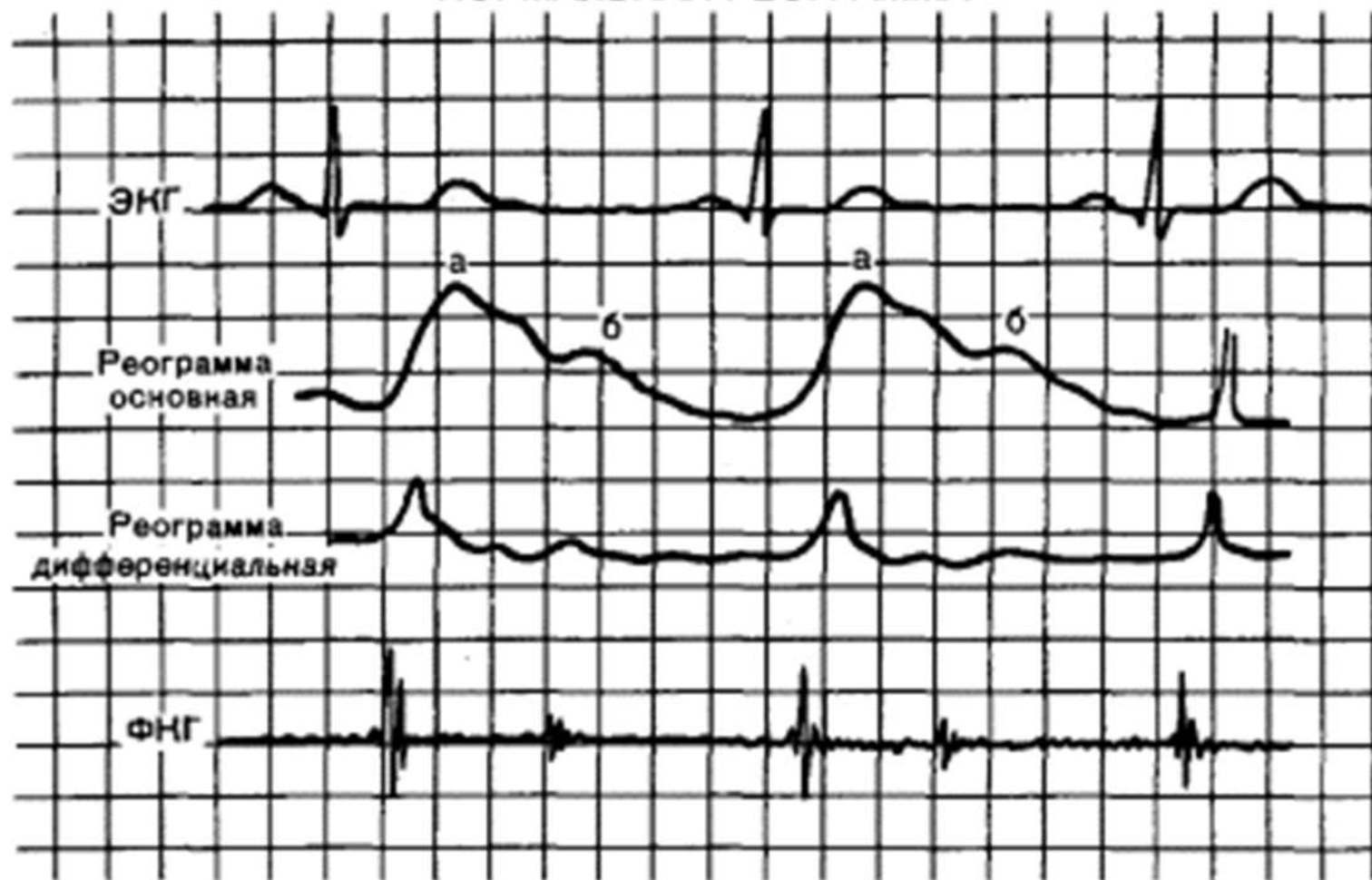
h – амплитуда реограммы;
 h_1 – амплитуда для расчета
ударного объема крови;
 a – длительность восходящей
части реограммы;
 T – период реограммы;
 h_k – высота калибровочного
импульса.

Показатели реограммы

- ▶ реографический индекс (РИ) - отношение амплитуды реограммы h к величине стандартного калибровочного импульса h_k . РИ характеризует величину пульсового кровенаполнения.
- ▶ время восходящей части волны a , характеризующее *полное раскрытие сосуда*.
- ▶ период реограммы T , соответствующий длительности сердечного цикла
- ▶ реографический коэффициент (РК) - отношение длительности восходящей части к периоду реограммы (норма - 10% - 15%)

Вид стандартной реограммы

НОРМАЛЬНАЯ РЕОГРАММА



Виды реографии

- ▣ **Реоэнцефалография (РЭГ)** - исследование кровенаполнения сосудов головного мозга.
- ▣ **Реовазография** - исследование заболеваний периферических сосудов, сопровождающихся изменениями их тонуса, эластичности, сужением или полной закупоркой артерий.
- ▣ **Реогепатография** - исследование кровотока печени. Позволяет судить о процессах, происходящих в сосудистой системе печени: кровенаполнении, очагах поражения, особенно при остром и хроническом гепатите и циррозе
- ▣ **Реомиография** - исследование кровенаполнения работающих мышц.

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

1. 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.

Механизм действия переменного тока

2. Переменный ток вызывает в тканях организма разнонаправленное маятникообразное перемещение ионов.

С увеличением частоты и напряженности электрического поля нарастают колебательные смещения ионов. При колебательных движениях заряженные частицы сталкиваются между собой возникает трение и возникает эндогенное тепло.

3. Переменный ток оказывает тепловое действие.

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

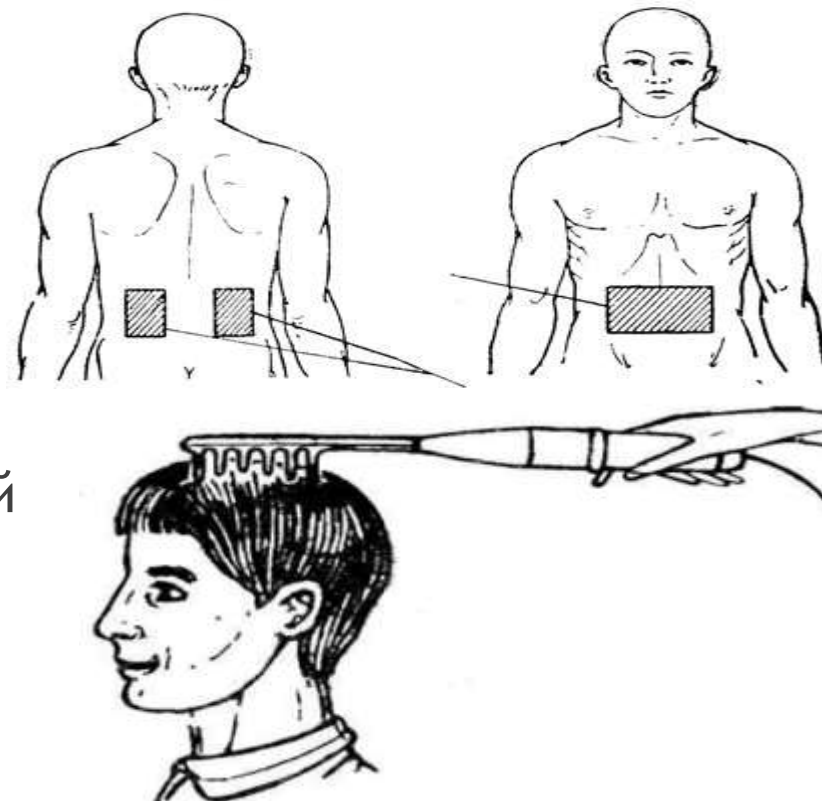
$$q = j^2 \cdot \rho$$

j – плотность тока

ρ - удельное сопротивление тканей

Опр. **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)

Опр. **Дарсонвализация** - метод физиотерапии, основанный на воздействии на биологические ткани импульсным переменным током частоты 110 кГц, высокого напряжения (25-30 кВ) и слабой силы. Это вызывает появление токов смещения с максимальной плотностью в поверхностных тканях, где и реализуются их основные лечебные эффекты.



Действие переменного электрического поля высокой частоты

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

Количество теплоты (q), выделяемое в 1 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 м^3 за 1 с:

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

E_{\max} – амплитуда напряженности электрического поля

ω – циклическая частота электрического поля

ρ – удельное сопротивление тканей

ε – диэлектрическая проницаемость

ε_0 – электрическая постоянная

Применение переменного электрического поля в медицине

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



Действие магнитных полей

- ▶ Магнитное поле оказывает силовое воздействие на движущиеся заряженные частицы (ионы) и ориентирующее воздействие на частицы, обладающие магнитным моментом. Переменное магнитное поле создает в проводящих тканях токи Фуко, которые оказывают как тепловое, так и раздражающее действие. С физическими эффектами связаны разнообразные биологические эффекты. Их делят на **тепловые** и **нетепловые**.
- ▶ Магнитные поля, используемые в медицине, создаются постоянными магнитами или катушками-соленоидами, которые называют *индукторами*. При проведении терапевтических процедур с использованием магнитного поля пациент не имеет контакта с проводниками, находящимися под напряжением. Поэтому эти процедуры **электробезопасны**.

Действие переменного магнитного поля

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

Количество теплоты, выделяемое в 1 м^3 за 1 с , под действием переменного магнитного поля:

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

Опр. **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.).

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.