

## **Физиотерапия.**

### **Биофизические механизмы действия электрических полей, волн и тока на организм человека**

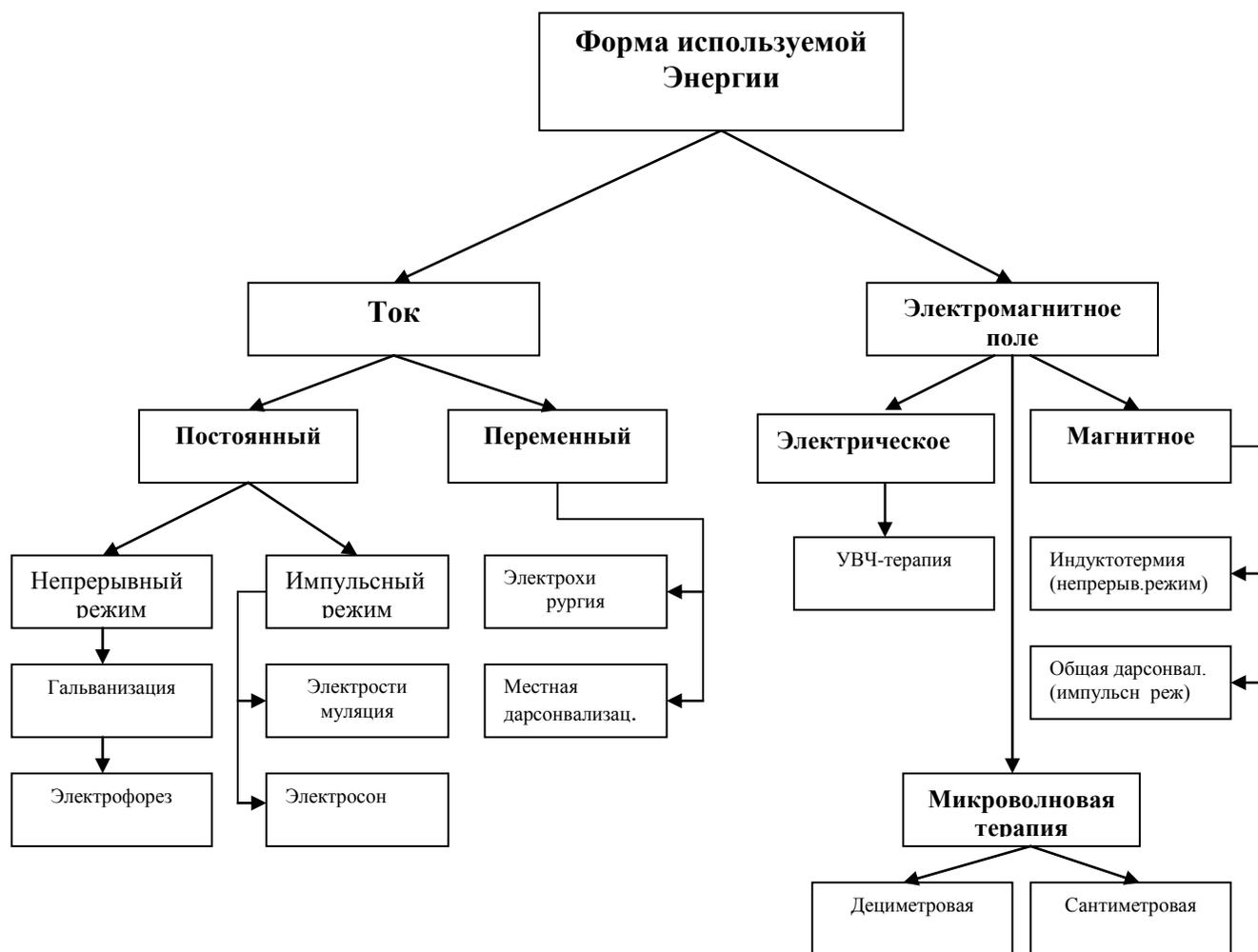
1. Классификация частотных интервалов, принятая в медицине.
2. Основные методы физиотерапии
3. Физико-химические основные основы действия лечебных физических факторов на организм.
4. Электромагнитные колебания в идеальном контуре.
5. Электромагнитные волны. Уравнение электромагнитной волны. Скорость распространения. Вектор Умова-Пойтинга.
6. Физические процессы, происходящие в тканях организма под воздействием:
  - Постоянного тока (гальванизация)
  - Постоянного тока в импульсном режиме (электростимуляция, электросон)
  - Высокочастотного тока (дарсонвализация, электрохирургия)
  - Переменного электрического поля высокой частоты. (УВЧ-терапия)
  - Переменного магнитного поля высокой частоты. (индуктотермия)
  - Электромагнитных волн сверхвысокочастотного диапазона (ДЦВ и СВВ-терапия.)
  - Постоянного магнитного поля и переменного магнитного поля низкой частоты. Магнитотерапия.

#### **I. Классификация частотных интервалов, принятая в медицине.**

В медицине принято следующее условное разделение электромагнитных колебаний на частотные диапазоны.

<b>Вид колебаний</b>	<b>Частота</b>
<b>1. Низкие частоты</b>	0- 20 (Гц)
<b>2. Звуковые частоты</b>	(20- 20000) Гц
<b>3. Ультразвуковые частоты</b>	(20-200) кГц
<b>4. Высокие (ВЧ)</b>	200 кГц-30 МГц
<b>5. Ультравысокие (УВЧ)</b>	(30-300)МГц
<b>6. Сверхвысокие (СВЧ)</b>	Свыше 300МГц

#### **II. Основные методы физиотерапии.**



### III. Физико-химические основы действия лечебных физических факторов на организм.

Действие лечебных физических факторов на организм обусловлено преобразованием их энергии (электрического тока, поля волн) в биологический процесс. Поглощенная часть энергии трансформируется в биоэнергетические процессы. Основу трансформации поглощенной энергии составляют физико-химические сдвиги, происходящие в тканях и оказывающие влияние на биохимические и физиологические процессы.

#### 1. Температурный эффект.

Энергия физического фактора может переходить в тепло. Биологическое действие тепловой энергии, возникающее в результате усиления броуновского движения молекул, определяется ее влиянием на скорость протекания биохимических (ферментативных) реакций. Повышение температуры стимулирующе влияет на жизнедеятельность целостного организма.

#### 2. Ионные сдвиги.

Согласно ионной теории, действие физических факторов на организм определяется изменением концентрации и соотношения ионов в клетках и тканях. При воздействии постоянным электрическим током, полем возникает направленное движение

ионов, накопление у мембран, перераспределение между клеткой и средой, усиленным накоплением их в отдельных структурах клетки.

### 3. Электрическая поляризация.

Электрическая поляризация-это образование в твердых, жидких веществах и газах собственной электродвижущей силы, направленной против приложенного к объекту электрического поля (тока).

Виды электрической поляризации: **электронная, ионная, дипольная, макроструктурная и поверхностная.**

- a) Электронная поляризация- смещение электронов на своих орбитах, относительно ядер.
- b) Ионная поляризация-смещение иона в кристаллической решетке.
- c) Дипольная поляризация- ориентация свободных полярных молекул под действием внешнего поля.
- d) Макроструктурная поляризация- связана с неоднородностью электрических свойств вещества. Свободные ионы хорошо перемещаются в пределах хорошо проводящих тканей и накапливаются у ее границ.
- e) Поверхностная поляризация- происходит на поверхностях, имеющих двойной электрический слой.

Затухает поляризация в течении различного времени от минут до часов, дней и многих суток.

При ВЧ-терапии характерно наступление макроструктурной и дипольной поляризации. Возникает поляризация белковых и др. органических молекул, обладающих дипольным моментом.

Тепловой эффект высокочастотных факторов обусловлен диэлектрической поляризацией. Максимальный нагрев происходит в зоне дисперсии электропроводности, когда поляризация наиболее интенсивна.

Если время, в течении которого электрическое поле направлено в одну сторону, больше времени релаксации какого-либо вида поляризации, то поляризация достигает максимального значения. Релаксация-время возникновения электронной поляризации после наложения поля.

### 4. Свободно-радикальные процессы.

Свободные радикалы- молекулы или их части, имеющие один или несколько неспаренных электронов. Они являются активными промежуточными продуктами ферментативных окислительно- восстановительных процессов в биосистемах, участвуют в генерации биопотенциалов, имеют важное значение для процессов возбуждения в авторегуляторных механизмах клетки.

Доказана роль свободных радикалов в механизме первичного действия магнитных полей. Наблюдается не только повышение их уровня, но и перераспределение их между тканями. Микроволны, электрический ток на радикальные процессы действуют косвенно.

### 5. Конформационные изменения.

Конформация- изменение пространственной трехмерной структуры макромолекул в живом организме. Этим свойством обладают белки и др. биополимеры. Имеются данные о существовании спонтанных конформационных колебаниях. При этом возможно поглощение энергии электромагнитных колебаний ( $\nu=10^{10}$  Гц). Совпадение частоты спонтанных колебаний макромолекул с действующей частотой физического фактора является основой резонансного поглощения их энергии. Изучено действие переменного магнитного поля на конформацию белков сыворотки крови, тканей, ферментов.

#### б. Изменение состояния воды.

Изменение макроструктуры воды наблюдается при совпадении частоты внешних воздействий с частотой активационных форм движения молекул воды, которые осуществляют вибрационное, трансляционное и вращательное движение.

Частота их равна  $10^6, 10^8, 10^9$  Гц. Под действием магнитного поля, электромагнитного обнаружено возрастание поверхностного натяжения, вязкости, электропроводности воды. Для свободных молекул воды характеристическая частота релаксации находится в СВЧ-диапазоне.

Вода играет важную роль в механизме поглощения электромагнитной энергии.

Рассмотренные физико-химические эффекты при действии физических лечебных факторов либо непосредственно, либо косвенным образом влияют на физиологические процессы организма. Они могут рассматриваться как промежуточная стадия на пути преобразования поглощенной энергии физического фактора (физическая стадия) в биологическую реакцию (биологическая стадия).

#### IV. Электромагнитные колебания в идеальном колебательном контуре.

**Колебания** - процессы, повторяющиеся через равные промежутки времени.

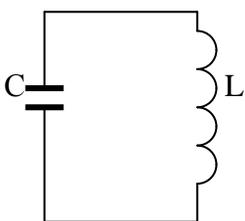
В зависимости от физической природы процесса различают колебания :

**механические, электрические, электромагнитные** и т. п.

Все колебания подчиняются общим закономерностям, которые описываются аналогичными математическими уравнениями.

Источником электромагнитных колебаний служит колебательный контур.

Рассмотрим процессы, происходящие в колебательном контуре.



Колебательный контур называется идеальным, если его активное сопротивление равно нулю ( $R=0$ ).

Для выяснения характера изменений во времени основных величин, характеризующих колебательный процесс составим дифференциальное уравнение, которое их связывает

$$E_i = -L \frac{dI}{dt} \quad E = U \quad \text{-ЭДС самоиндукции равна}$$

падению напряжения на обкладках конденсатора.

$$\text{Так как } I = \frac{dq}{dt} \text{ то } -L \frac{d^2 q}{dt^2} = \frac{q}{C} \quad \text{или} \quad \frac{d^2 q}{dt^2} + \omega^2 q = 0, \text{ где } \frac{1}{LC} = \omega^2$$

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + \omega^2 q = 0 \text{ -дифференциальное уравнение гармонических колебаний.}$$

Решением дифференциального уравнения является:  $q = q_0 \cos(\omega t + \varphi_0)$

Так как  $U = q/C$ . то  $U = U_0 \cos(\omega t + \varphi_0)$  и  $I = -I_0 \sin(\omega t + \varphi_0)$

В колебательном контуре происходят колебания заряда, напряжения, силы тока.

Период колебаний определяется формулой:  $T = 2\pi \sqrt{LC}$  а частота колебаний равна:

$$\nu = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}. \quad \text{Энергия заряженного конденсатора: } E_{эл} = \frac{CU_{\max}^2}{2} \cos^2(\omega t + \varphi) \text{ и}$$

энергия магнитного поля:  $E_M = \frac{LI_{\max}^2}{2} \sin^2(\omega t + \varphi)$  периодически

изменяются со временем т. е. возникают **электромагнитные колебания**.

#### V. Электромагнитные волны. Уравнение электромагнитной волны. Скорость распространения. Вектор Умова-Пойтинга.

**Электромагнитное поле**-совокупность переменных, взаимно индуктирующих друг друга вихревых электрического и магнитного полей. ( $v=3 \cdot 10^8$  м/с- в вакууме).

**Электромагнитная волна** (поперечная)- процесс распространения электромагнитного поля.

Уравнение электромагнитной волны должно описывать закон изменения векторов напряженности электрического (E) и магнитного (H) электромагнитного поля в зависимости от времени **t** и положения **x**.  $E=f(x,t)$  и  $H=f(x,t)$ , т. е.:

$E=E_0 \sin \omega(t-x/v)$  -уравнения электромагнитной волны.

$H=H_0 \sin \omega(t-x/v)$

Скорость электромагнитной волны определяется формулой:  $V = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0 \epsilon \mu}} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon \mu}}$

**Энергия электромагнитного поля.**

Волна переносит энергию. Поток энергии волны равен :  $P = \frac{W}{t}$  - это энергия, переносимая волной в единицу времени, через некоторую поверхность, перпендикулярно направлению распространения.

Плотность потока энергии (интенсивность волны) равна:  $U = \frac{W}{St} = \frac{\omega \cdot \Delta V}{t \cdot S} = \frac{\omega \cdot l \cdot S}{t \cdot S} = \omega \cdot V$ ,

где  $\omega$ -объемная плотность энергии.

$\vec{U} = \omega \cdot \vec{V}$  -вектор **Умова-Пойтинга**. (Плотность потока энергии равна произведению объемной плотности энергии на скорость волны).

Полная энергия тела, совершающего гармоническое колебание равна:

$W = \frac{1}{2} mA^2 \omega_0^2$  так как  $\omega = \frac{W}{\Delta V}$  то  $\vec{U} = \frac{1}{2} \rho A^2 \omega_0^2 \vec{V}$

Плотность потока энергии прямо пропорциональна  $\rho, A^2, \omega_0^2, V$ ,

Где  $\omega_0$ - собственная частота колебаний,  $\rho$ - плотность энергии, A-амплитуда колебаний.

#### VI. Физические процессы, происходящие в тканях организма при различных методах физиотерапии.

##### 1 **УВЧ-терапия.**

**УВЧ-терапия**-лечебный метод, при котором на ткани больного воздействуют дистанционно непрерывным или импульсным электрическим полем ультравысокой частоты ( $v=40,67$  МГц,  $\lambda=7,37$  м или  $v=27,12$  МГц,  $\lambda=11,05$  м).

Мощность от 1 до 100 Вт- при непрерывном режиме, от 4 до 8 Вт –в импульсном.

При УВЧ-терапии на ткани больного действуют две количественно и качественно неравнозначные составляющие электромагнитного поля УВЧ-преимущественно электрическая, в меньшей степени магнитная.

При воздействии электрического поля на ткани-проводники энергия поля УВЧ взаимодействует с ионами этих тканей. В результате возникает движение ионов с частотой поля. Таким образом образуется переменный ток в тканях. При частоте 27-40 МГц, ионный ток протекает не только по внеклеточной жидкости, но и по внутриклеточной среде, так как емкостное сопротивление мембран клеток на этой частоте снижается.

При воздействии на ткани-диэлектрики энергия поля взаимодействует с электронами, ионами и в результате возникает смещение зарядов в пределах атома или молекулы. Появляются различные виды поляризации без образования тока. Первичные процессы взаимодействия электрического поля УВЧ развиваются в основном с электронами, ионами, дипольными молекулами и полярными группами сложных молекул тканей-диэлектриков. Поглощение энергии происходит как за счет передвижения ионов (потери проводимости), так и за счет релаксационных колебаний дипольных молекул белка, углеводов, жиров (диэлектрические потери). Поскольку эти процессы протекают в тканях и средах организма, обладающих электрическим сопротивлением и вязкостью, то возникает расход энергии внешнего поля на преодоление сопротивления. Энергия электрического поля УВЧ преобразуется в тепловую.

Перераспределение разновалентных ионов в межклеточной и внутриклеточной среде и все виды поляризации в тканях-диэлектриках составляют при УВЧ –терапии «нетепловой» или «физико-химический» компонент действия.

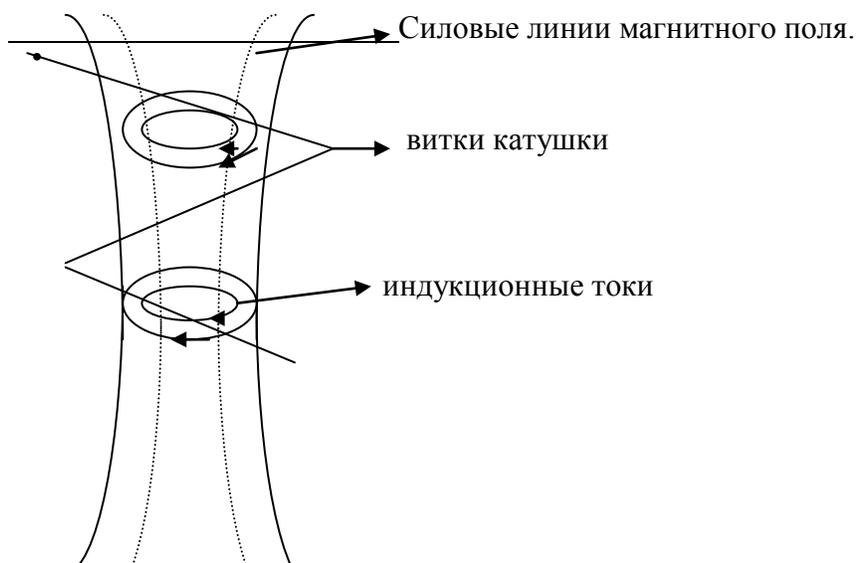
Действие электрического поля УВЧ на организм тесно связано с диэлектрическими свойствами тканей. Ткани с высоким содержанием воды имеют высокие диэлектрические свойства (мышцы, почка), а ткани с низким ее содержанием (жир, костный мозг) - низкие. В тканях высокой диэлектрической проницаемостью происходит более интенсивное поглощение энергии и соответственно укорачивается  $\lambda$  по сравнению с воздухом. Поглощение энергии при УВЧ тканями с низкой диэлектрической проницаемостью обеспечивает более глубокое проникновение ее.

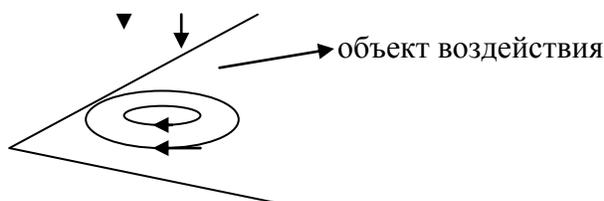
Глубина проникновения : в водной среде-11,2см, бедной водой-118см .

$Q = \kappa \omega E^2 \varepsilon \varepsilon_0 t g \delta$  - количество тепла , образуемое в тканях-диэлектриках при УВЧ-терапии.

**2. Индуктотермия**-лечебный метод, в основе которого лежит действие переменного высокочастотного магнитного поля, образуемого током, протекающим в катушке.

В тканях организма возникают индукционные токи , расположенные в плоскостях, перпендикулярных силовым линиям магнитного поля.





При воздействии в виде плоской спирали наведенные токи располагаются по касательной к границам между тканями (кожа-жир, жир-мышца). Магнитное поле проникает на глубину 5-8 см и вызывает там образование индукционных токов Фуко. Это сопровождается образованием тепла.  $Q = kv^2 \gamma B^2$ .

Наибольшее количество тепла образуется в тканях, имеющих лучшую электропроводность- $\gamma$ . Жидкие среды (кровь, лимфа, почки, легкие, печень, селезенка, мышцы) будут нагреваться интенсивнее, чем кожа, жировая и соединительная ткань.

Таким образом, тепловое действие индуктотермии, обусловленное поглощением энергии преимущественно магнитного поля, приводит к термоэффекту в глубину тканей. Магнитное высокочастотное поле вызывает линейные перемещения ионов, заряженных частиц. В результате этого в клетках не успевает измениться концентрация ионов, почти отсутствуют электрохимические изменения, в тканях преобладают реакции теплообразования за счет теплового движения частиц.

Взаимодействие переменного магнитного поля с тканями организма сопровождается не только тепловым эффектом, но и направленной ориентацией дипольных молекул, связанной с частотой колебаний поля. Данный эффект принято называть специфическим, осцилляторным, нетепловым. В методе индуктотермии специфический нетепловой компонент выражен слабее, чем в методе УВЧ, поскольку частота переменных колебаний составляет 13,56 МГц, при которой наиболее выражен биофизический процесс, связанный с токами проводимости, проявляющийся тепловым эффектом. Изолировать действие теплового компонента от осцилляторного практически невозможно, поэтому ответные реакции организма представляют результат интеграции и взаимодействия этих сложных биофизических процессов. Однако тепловой эффект можно контролировать увеличением или уменьшением мощности поля, а так же изменением продолжительности воздействия фактора.

Местные реакции при индуктотермии характеризуются повышением локальной температуры на 1-3 и даже 6 °С в зависимости от применяемой дозы воздействия и удельной электропроводности ткани, выраженным расширением капилляров, значительным повышением кровотока в сосудах, изменением проницаемости клеточных мембран, нарастанием интенсивности обмена веществ.

Нагревание способствует расслаблению мышц, снятию спазмов мышц и сосудов. Активное изменение капиллярного кровообращения, повышение проницаемости клеточных мембран и нарастание обмена веществ приводят к проявлению рассасывающего действия индуктотермии, ликвидации воспалительных изменений.

Лечебные эффекты:

противовоспалительный, сосудорасширяющий, болеутоляющий, бактериостатический, рассасывающий, седативный.

### 3. Электромагнитные волны сверхвысокочастотного диапазона (ДЦВ и СМВ-терапия.)

**Микроволновая терапия**-лечение микроволнами  $\lambda=(100-1)\text{см}$  и  $\nu=(300-30000)\text{МГц}$ .

Микроволны условно подразделяются на дециметровые (ДЦВ) и сантиметровые волны (СМВ).

- **Дециметровая волновая терапия**-метод, при котором с лечебными целями применяют дециметровые волны длиной 69,65 и 33см ( $\nu=433, 460, 915 \text{ МГц}$ ).

Действие микроволн на организм имеет ряд особенностей, зависящих от их физических свойств. Микроволны, как и свет, можно сконцентрировать в достаточно узкий пучок, что позволяет их локализовать на определенном участке тела.

Прохождение электромагнитных волн через неоднородные среды сопровождается отражением их от поверхности раздела. При толщине кожи 0,2-0,4см и жировой подкожной клетчатки 0,5-2см отраженная от тела энергия на частоте 460 МГц изменяется в пределах от 63 до 35%. Отражение в основном происходит от кожи.

Микроволны, падающие на тело человека, поглощаются его тканями. Ткани, богатые водой, больше поглощают энергию ( $x=3,6\text{см}$ ) электромагнитных СВЧ, чем ткани, бедные водой ( $x=26\text{см}$ ). Большое поглощение сопровождается меньшим проникновением. В среднем ДМВ проникают в ткани человека до 9см.

При ДМВ часть поглощенной энергии переходит в тепло, а часть в физико-химические «осцилляторные» эффекты. Поглощение в основном обусловлено ионной проводимостью и релаксационным колебанием дипольных молекул главным образом воды, а также отдельных частей белковых молекул. Определенная роль, по-видимому, принадлежит резонансному поглощению энергии, если учесть, что спектр ряда биологических веществ (некоторых аминокислот и др.) близок к рассматриваемому диапазону частот. Некоторые белки, например миозин, под влиянием ДМВ меняют свои биофизические и биохимические свойства, что может быть связано с конформационными изменениями белковой молекулы. Это ведет к повышению биологической активности белков и образованию свободных форм биологически активных веществ, таких как кортикостероидные гормоны, серотонин, гистамин.

Первичные механизмы взаимодействия ДМВ с тканями человека определяются конформационными процессами в белковых структурах клетки, в частности митохондрий, явлениями поляризации на мембранах и изменением их проницаемости, когерентным колебанием молекул, главным образом связанной воды, а также взаимодействием собственных зарядов электрически активных элементов клетки с воздействующим электромагнитным полем. При ДМВ большая часть поглощенной энергии превращается в тепло. Величина теплообразования в тканях прямопропорциональна дозе воздействия и зависит от  $\epsilon$  и от терморегулирующих свойств ткани. Максимальное теплообразование идет в мышечной ткани ( $\Delta t=4-6^\circ\text{C}$ ). Под влиянием образовавшегося в тканях тепла происходит расширение сосудов, усиливается кровоток.

При подведении к больному достаточно строго локализованной энергии ДМВ в зону действия ЭМП попадает сравнительно небольшой объем тканей. Проникая в среднем на глубину 9см, ДМВ влияют непосредственно на глубоко расположенные органы и ткани. В результате образовавшегося тепла и физико-химических изменений в тканях активизируются местный метаболизм, микроциркуляция, изменяются содержание биологически активных веществ (гистамин, серотонин и др.). Это ведет к раздражению рецепторов, находящихся в зоне воздействия.

Лечебное действие: противовоспалительное, антиаллергический эффект, антиспастическое и сосудорасширяющее действие.

- **Сантиметроволновая терапия**- метод, при котором с лечебными целями применяют электромагнитные волны длиной 12,6 и 12,2 см ( $\nu=2375$  Гц и  $\nu=2450$  Гц)

При СВЧ частота ЭМП близка частоте инфракрасной области оптического излучения, поэтому все физические законы, которым подчиняется свет, применимы к этому виду энергии в большей степени, чем при всех других частотах ЭМП.

Взаимодействие СВЧ со средой, в том числе и с тканями организма, сопровождается поглощением, отражением, преломлением, дифракцией и интерференцией.

Особенностью СВЧ является большая степень отражения (от 25 до 75%) от поверхности тела.

Другая особенность этого вида излучения состоит в возможности возникновения в живых тканях «стоячих» волн из-за отражения волны и наложения ее на падающую

волну. Вследствие этого в области, имеющей максимум электромагнитной энергии, может образоваться большое количество тепла и вызвать перегревание вплоть до ожога тканей.

При взаимодействии СВЧ с биологическими тканями происходит их поглощение, которое зависит от частоты подведенного поля и диэлектрических свойств тканей. Первичные физико-химические процессы связаны с колебаниями ионов электролитов в большей степени, чем при УВЧ терапии, с релаксационными колебаниями молекул воды, свойства которых меняются на частоте выше 1000 МГц. В 12-сантиметровом диапазоне волн половина энергии поглощается за счет релаксации молекул воды. В результате максимальное поглощение энергии происходит в тканях, богатых водой ( $\lambda=1,7$  см на частоте 2450 МГц) в тканях с малым содержанием воды глубина проникновения - 11,2 см.

Сравнительно небольшая длина волны обуславливает поглощение СВЧ в основном поверхностными тканями и быстрое затухание поля. В биотканях поле СВЧ затухает в 2 раза быстрее, чем ДМВ, в соответствии с чем и проникновение СВЧ в ткани человека в 2 раза меньше и составляет 3-5 см.

Первичные механизмы взаимодействия с тканями человека энергии СВЧ обусловлены физико-химическим и «осцилляторным» и тепловыми компонентами действия.

Первичные механизмы взаимодействия с тканями человека энергии СВЧ проявляются конформационными процессами в структурах клеток (митохондриях, белковых молекулах), релаксационными колебаниями полярных молекул  $H_2O$ , изменениями электрически активных элементов клетки, обуславливающих изменение проницаемости клеточных мембран.

Тепловое действие СВЧ является результатом как перехода поглощенной энергии в тепло, так и стимуляции местных биохимических процессов. Интенсивность теплового эффекта зависит от дозы СВЧ, диэлектрической проницаемости облучаемых тканей, от состояния терморегуляции у больного. Максимальное теплообразование происходит в коже, подкожной жировой клетчатке и других прилегающих тканях, температура которых повышается на 2-5°C.

Под влиянием тепла расширяются сосуды, увеличивается число функционирующих капилляров, усиливается крово- и лимфоток, что ведет к уносу тепла и уравниванию теплопродукции и теплоотдачи.

## 1. **Высокочастотный ток (дарсонвализация, электрохирургия)**

- **Дарсонвализация**-это воздействие с лечебной целью импульсным синусоидальным током высокой частоты (110 и 440кГц), высокого напряжения (20 кВ) и малой силы тока(0,02мА).

1. Так как сила тока мала, продукция тепла в тканях невыражена.
2. Так как высока частота-нет сдвигов в концентрации ионов, и его раздражающее действие на сократимые мышечные структуры не выявлено.

#### 1. Местная дарсонвализация.

Высокое напряжение подводится к участку тела через вакуумный электрод (0,1-0,5мм.рт.ст.). При небольшом напряжении за счет ионизации воздуха образуется тихий электрический разряд, который оказывает раздражающее действие на нервные рецепторы. Если напряжение увеличить, то происходит вторичная самостоятельная ионизация воздуха. Это приводит к образованию искрового разряда, который вызывает прижигающее действие вследствие большой мгновенной мощности искры и развития высокой температуры. Физиологические реакции носят сегментарный характер и зависят от зоны и интенсивности воздействия.

Местная дарсонвализация:

- а) способствует улучшению циркуляции крови и лимфы, вызывает рассасывание воспалительных очагов. Расширение просвета сосудов улучшает местный кровоток, увеличивает содержание кислорода в тканях, повышается температура кожи.
- б) Оказывает бактерицидное действие. Искровой разряд и тихий вызывают гибель при длительном воздействии и задерживают развитие микроорганизмов.
- в) Оказывает болеутоляющее действие.
- д) Повышает работоспособность мышц, стимулирует образование костной мозоли, активизируются защитные силы тканей.

#### 2. Общая дарсонвализация.

Больной находится внутри большого соленоида, подключенного к колебательному контуру аппарата. По виткам соленоида проходит импульсный высокочастотный (440кГц) ток, что приводит к возникновению магнитного поля ( $B=0,1-0,2\text{МТл}$ ). В тканях возникают горизонтальные вихревые токи, а также более слабые вертикальные, являющиеся следствием скопления электростатических зарядов на проводниках соленоида. Вихревые токи наводятся преимущественно в тканях, содержащих воду.

Общая дарсонвализация вызывает различные физиологические реакции:

- а) Замедляет свертывание крови.
- б) Понижает артериальное давление.
- в) Нормализует тонус сосудов головного мозга.

Всё это снижает головные боли, утомляемость, улучшает сон, работоспособность, усиливается тканевый обмен.

- **Электрохирургия.**

Тепло, образующееся в тканях при прохождении через них ВЧ-тока, используется для разрушения тканей.

Активный электрод имеет площадь в тысячи и десятки тысяч раз меньше, чем пассивный электрод. Плотность тока очень велика.

- а) Сваривание ткани-**электрокаогуляция**-активный электрод в форме шара или диска плотно прижимается к ткани и включается ток ВЧ ( $t=60-80^{\circ}\text{C}$ )- происходит свёртывание белков.(удаление папиллом, бородавок, остановка кровотечения)

б) **Электротомия**-рассечение тканей.

Активный электрод имеет форму лезвия, прикасаются к телу и включают ток. При интенсивном нагреве ткани жидкости испаряются и разрывают ткань.

Пассивный электрод ( $S=200-300\text{см}^2$ ) крепится на конечности оперируемого.

5. **Электростимуляция**-применение электрического тока с целью возбуждения или усиления деятельности определенных органов и систем.

Способность электрического тока вызывать возбуждение тканей и стимулировать их деятельность используется с целью электродиагностики и электростимуляции.

Физическая характеристика.

Под **электродиагностикой** понимают применение электрического тока с целью определения состояния и функциональных возможностей определенных органов и систем в зависимости от их реакции при различных параметрах воздействия.

Постоянный ток раздражающего действия не оказывает. Раздражение вызывается при изменении силы тока и зависит от скорости изменения тока.

**Закон Дюбуа-Реймона:**  $V = \frac{dI}{dt} = \frac{d^2q}{dt^2}$  -раздражающее действие тока обусловлено

ускорением при перемещении ионов тканевых электролитов.

Поскольку раздражающее действие свойственно быстрым изменениям силы тока для электростимуляции используются электрические импульсы, представляющие кратковременное действие тока или напряжения.

Раздражающее действие одиночного импульса тока зависит от его формы, длительности и амплитуды.

Виды импульсов:

1.  - прямоугольные

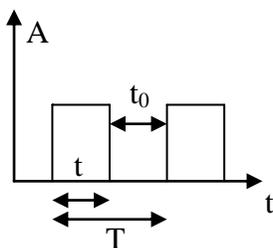
2.  - пилообразные

3.  – экспоненциально спадающие (конденсаторные разряды)

4. -  -экспоненциально нарастающие

5.  – экспоненциально нарастающие и спадающие импульсы.

Параметры импульса:



$$S = \frac{T}{t} - \text{скважность импульса.}$$

t- длительность импульса.

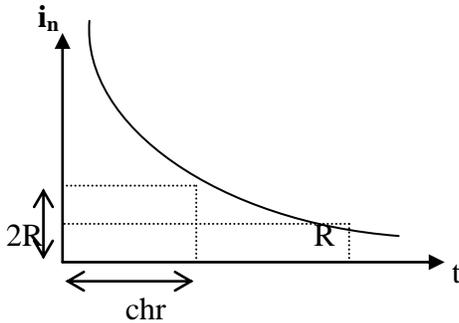
Чаще применяют импульсы прямоугольной формы. Ёмкостные свойства тканей могут вызывать изменения формы импульсов тока.

Раздражающее действие прямоугольных импульсов в значительной мере зависит от их длительности, обуславливающей наибольшее смещение иона за время действия импульса.

Эта зависимость описывается уравнением **Вейса-Лапика**.

$$i_n = \frac{a}{t} + b, \text{ где } i_n - \text{пороговая сила тока.}$$

Зависимость пороговой силы тока от длительности импульса выражается графиком:



1. Кратковременные импульсы не оказывают раздражающего действия  $i_n \rightarrow \infty$
2. Длительные импульсы оказывают раздражающее действие, не зависящее от длительности импульса.  $t_n$ - называется реобазой.

Для электростимуляции применяют постоянные импульсные токи с различной формой импульсов различной формы и длительности от 1 до 300 мс при интенсивности до 50 мА.

Применяют серии импульсов до 100Гц.

#### Механизм воздействия.

Электрический ток, проходя через ткани, вызывает в них перераспределение ионов тканевых электролитов, наиболее четко выраженное у клеточных оболочек и других полупроницаемых мембран. Такое перераспределение ионов изменяет обычный биохимизм тканей, повышает интенсивность обменных процессов в них, ведет к повышению возбудимости у катода и понижению её у анода. При плавном увеличении действующего тока повышение концентрации ионов у клеточных мембран не достигает слишком большой величины, так как процессу накопления противодействует процесс диффузии их через полупроницаемую мембрану. При внезапном включении тока концентрация ионов у оболочек клеток в течение короткого времени становится очень большой, что ведет к значительному изменению дисперсности белков клетки и к её сильному возбуждению. Если такой процесс происходит в двигательном нерве или в мышечной клетке, то наступает сокращение мышцы. Если возбуждается поперечнополосатая мышца, то её сокращение носит очень быстрый характер со сразу же наступающим расслаблением.

Для получения двигательного возбуждения необходима какая-то минимальная сила тока или его напряжения, которые названы пороговой (реобазой). Если одиночные раздражения токов наносить с достаточно большой частотой (свыше 20 в 1с), то мышца, не успев расслабиться после воздействия предыдущего импульса, будет подвергаться влиянию последующих импульсов, не позволяющих ей расслабиться.

В результате суммации нервно-мышечным аппаратом отдельных возбуждений создается непрерывное, так называемое тетаническое сокращение. В зависимости от вида заболевания электровозбудимость может повышаться или понижаться.

#### Лечебное действие.

Двигательное возбуждение ведет к усилению притока крови к возбуждаемым мышцам, к интенсификации обменных процессов, активации биосинтетических процессов, синтеза нуклеиновых кислот (РНК). Благоприятно влияет стимуляция мышечной деятельности на венозное кровообращение и на лимфоток.

Применение для профилактики:

1. Развития атрофии мышц.
2. Активизация гормональной регуляции и обменных процессов во всем организме.
3. Предупреждение послеоперационных флегмотромбозов.

Применение с лечебной целью:

1. При повреждении двигательных нервов
2. При спастических параличах
3. С целью усиления и нормализации слабой родовой деятельности.

### **6.Электросон.**

Электросон – метод нейротронного, нефармакологического воздействия на центральную нервную систему постоянным импульсным током прямоугольной формы импульсов, низкой частоты и малой силы тока.

В качестве слабого однообразного ритмического раздражителя, усиливающего процессы торможения, вызывающего сонливость и сон используется импульсный постоянный ток с прямоугольной формой импульсов, низкой частоты ( от 1 до 150-160 Гц ), малой силы тока ( до 10 мА) с длительностью импульсов от 0,2 до 2 мс, в зависимости от частоты импульсов.

Механизм действия:

Основной механизм действия электросна непосредственное прямое действие тока на образования мозга. При этом ток проникает через отверстие глазниц в мозг, распространяется по ходу сосудов в подкорковых образованиях.. Нервно-рефлекторный механизм действия электросна связан с воздействием импульсов постоянного тока малой силы, как слабого однообразного ритмического раздражителя рецепторов важной рефлексогенной зоны кожи глазниц и верхнего века. Раздражение этой области по рефлекторной дуге передается в подкорковые образования, в кору головного мозга, вызывает эффект торможения. В механизме лечебного действия электросна имеет место способность нервных клеток мозга усваивать определенный ритм импульсного тока.

Подобрав адекватную частоту подачи импульсов, можно изменить биоэлектрическую активность мозга в желаемом направлении. В механизме лечебного действия электросна выделяют две фазы: “торможения” и “расторможения”, фаза торможения клинически характеризуется дремотным состоянием, сонливостью, сном, урежением пульса, дыхания, снижением биоэлектрической активности мозга по данным электроэнцефалограммы. Фаза растормаживания проявляется сразу после окончания процедуры и в отдаленном периоде и клинически выражается в появлении бодрости, энергичности, освеженности, повышения работоспособности, улучшения настроения, в стимуляции биоэлектрической активности мозга.

Электросон оказывает на организм мягкое успокаивающее действие, вызывая сон, близкий к физиологическому. Он не дает побочных явлений и привыкания. Под влиянием электросна наступает снижение условно-рефлекторной деятельности, выравнивание и урежение дыхательных волн, тенденция к расширению мягких и средних сосудов, капилляров, урежение пульса, снижение артериального давления. В период лечения электросном показатели уровня сахара, молочной, пировиноградной кислот в крови, белков сыворотки крови не выходят за пределы физиологических колебаний.

## 6. Постоянного тока (гальванизация)

### БИОФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДА ГАЛЬВАНИЗАЦИИ.

Среди электролечебных методов наибольшее распространение имеют гальванизация и электрофорез. На их долю и сегодня, несмотря на внедрение в лечебную практику большого количества новых эффективных методов, приходится до 20% всех проводимых физиотерапевтических процедур.

Гальванизация-применение с лечебной целью постоянного электрического тока низкого напряжения (40-80В) и небольшой силы (до 50 мА), подводимого к телу больного через контактно наложенные электроды.

#### Биофизические основы

Действие постоянного тока на организм определяется прохождением тока через ткани и вызываемыми в них физико-химическими сдвигами.

Вследствии сложности состава и неоднородности микроструктуры тканей прохождение тока и вызываемое им перемещение заряженных частиц происходит неравномерно и не по кратчайшему пути между электродами, как это наблюдается в однородных средах. В организме ток распространяется по пути наименьшего сопротивления, преимущественно по межклеточным пространствам, кровеносным и лимфатическим сосудам, оболочкам нервных стволов, мышцам. Через неповрежденную кожу ток проходит в основном по выводным протокам потовых желез. Вследствие небольшого количества потовых желез и высокого омического сопротивления кожного барьера при гальванизации большая часть напряжения, подводимого к электродам, приходится на кожу и здесь преимущественно поглощается электрическая энергия. Именно поэтому при гальванизации, прежде всего, происходит раздражение кожных рецепторов.

В живом организме электропроводность кожи и других тканей не остается величиной постоянной. Она изменяется под влиянием факторов, приводящих к нарушению водно-электролитного равновесия в тканях. Ткани, находящиеся в состоянии гиперемии или отека, пропитанные тканевой жидкостью или воспалительным экссудатом, обладают более высокой электропроводностью, чем здоровые. Электропроводность тканей зависит от состояния нервной и гормональной систем.

Прохождение тока через биологические ткани сопровождается физико-химическими сдвигами, лежащими в основе первичного действия гальванизации на организм.

В связи с емкостными свойствами тканей в них при гальванизации возникает электрическая поляризация-скопление у мембран противоположно заряженных ионов с образованием электродвижущей силы, имеющей направление, обратное приложенному напряжению. Наиболее интенсивно поляризационные явления выражены в коже, имеющей сложную мембранную структуру. Поляризация происходит и в глубоко расположенных тканях, находящихся на пути прохождения тока. Поляризация сказывается на дисперсности коллоидов протоплазмы, гидратации клеток и

проницаемости клеточных мембран. Затухает поляризация в течение нескольких часов, с чем в какой-то степени связано длительное последствие постоянного тока.

Наиболее существенным физико-химическим процессом, играющим важную роль в механизме действия гальванизации, считается изменение ионной структуры, количественного и качественного соотношения ионов в тканях. При прохождении через ткани постоянного тока катионы движутся к катоду, а анионы - к аноду.

Неодинаковая скорость перемещения ионов связана с различиями их физико-химических свойств (заряд, радиус, гидратация и др.). Поэтому после гальванизации возникает ионная асимметрия, сказывающаяся на жизнедеятельности клеток, скорости в них протекания биофизических, биохимических и электрофизиологических процессов. Наиболее характерным проявлением ионной асимметрии можно считать преобладание у катода одновалентных катионов, а у анода - двухвалентных анионов.

Такие изменения в соответствии с ионной теорией П. П. Лазарева сопровождаются повышением возбудимости нервных окончаний у катода. У анода происходят противоположные сдвиги.

При гальванизации наблюдается также увеличение активности ионов в тканях, особенно выраженное в первые минуты воздействия. Увеличение активности основных неорганических ионов способствует повышению физиологической активности тканей и рассматривается как один из основных механизмов специфического и стимулирующего действия гальванизации. Повышение ионной активности в тканях, очевидно, объясняется тем, что важнейшие неорганические ионы в них находятся в свободном и связанном с полиэлектролитами состояниях. Связь их с этими компонентами лабильна и при наложении разности потенциалов происходит высвобождение связанных ионов и увеличение их активности.

Из физико-химических сдвигов можно указать также на изменение кислотно-основного состояния в тканях вследствие перемещения  $H^+$ -ионов к катоду, а  $OH^-$ -ионов - к аноду. Изменение pH кожи не только служит источником раздражения рецепторов, но и влияет на интенсивность циркуляторно-метаболических процессов в коже. Сдвиги pH отражаются на деятельности ферментов и тканевом дыхании, состоянии биокolloидов, определяющем функциональное состояние клеток.

Воздействие гальваническим током сопровождается возникновением разнообразных физиологических реакций. Местные изменения касаются преимущественно кожи. При гальванизации развивается гиперемия, более выраженная в области катода. Она способствует улучшению обмена веществ, усилению репаративных процессов, оказывает рассасывающее действие, служит источником рефлекторного раздражения. В коже и подлежащих тканях происходит усиленное образование биологически активных веществ (ацетилхолин, гистамин, гепарин и др.), преимущественно на катоде. Под влиянием гальванизации усиливаются процессы в коже, увеличивается число активных кожных желез, активируются митотические процессы в эпителии и соединительной ткани. Гальванизация улучшает проведение импульсов по нерву. Изменяется при гальванизации и возбудимость нервов: у отрицательного полюса она повышается, у положительного - снижается.

Перераспределение ионов, накопление продуктов электролиза, образование биологически активных соединений и другие физико-химические сдвиги ведут к раздражению рецепторов, заложенных в коже.

Под влиянием гальванизации усиливаются регуляторная и трофическая функции нервной системы, улучшаются кровоснабжение и обмен веществ мозга, ускоряется регенерация поврежденных нервных стволов.

### **Лечебное действие.**

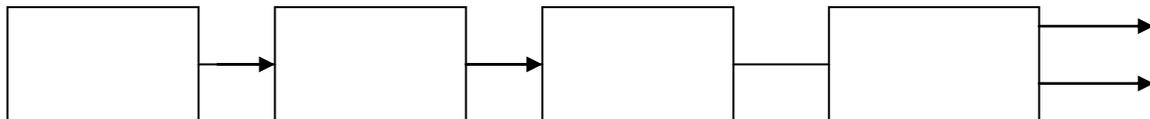
При гальванизации отмечаются урежение сердечной деятельности, снижение повышенного давления, улучшения кровообращения и стимуляция трофических процессов в органах, стимуляция лимфообращения, усиление секреторной и моторной функции желудка и кишечника, улучшением метаболических функций печени. Гальванический ток вызывает бронхолитический эффект, стимулирует деятельность мерцательного эпителия. Вобщем на состояние внутренних органов гальванизация оказывает нормализующее действие.

### **Аппаратура.**

Аппарат для гальванизации представляет собой выпрямитель переменного тока, снабженный фильтром для сглаживания пульсаций, выходным регулировочным потенциометром и измерительным прибором.

Первым блоком является понижающий трансформатор, уменьшающий напряжение от 220 В до 40-80 В. Выпрямитель собирается либо на лампах, либо на полупроводниковых диодах. Сглаживающий фильтр состоит из дросселя и конденсаторов. В качестве измерительного устройства используют миллиамперметр.

### **БЛОК-СХЕМА АППАРАТА ДЛЯ ГАЛЬВАНИЗАЦИИ.**



### **Показания и противопоказания.**

Гальванизация применяется при лечении:

1. Травм и заболеваний периферической нервной системы инфекционного, токсического и травматического происхождения (плекситы, радикулиты, радикулоневриты, нейромиозиты, невриты, невралгии различной локализации )
2. Заболеваний и последствий инфекционных, сосудистых и травматических поражений центральной нервной системы (солитариты, мигрень, травма головного мозга, расстройства мозгового кровообращения, энцефалиты и др. )
3. Неврастений и других невротических состояний
4. Заболеваний желудочно-кишечного тракта, протекающих с нарушением моторной и секреторной функций (хронические гастриты, колиты, холециститы и дискинезии желчного пузыря, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки)

5. Гипертонической и гипотонической болезнью, атеросклероза в начальных стадиях
6. Хронических воспалительных процессов в различных органах и тканях
7. Заболеваний глаз (глаукома, кератиты, увеиты, и др.)
8. Переломов костей и остеомиелитов.

Основными противопоказаниями для гальванизации являются:

1. Новообразования и подозрения на них
2. Острые воспалительные и гнойные процессы
3. Системные заболевания крови
4. Резко выраженный атеросклероз
5. Декомпенсация сердечной деятельности
6. Обширные нарушения целостности кожного покрова и расстройства кожной чувствительности
7. Беременность
8. Индивидуальная непереносимость гальванического тока
9. Кахексия
10. Токсические состояния

Литература:

1. В.М.Богомолов «Курортология и физиотерапия.»
2. А.Н. Ремизов «Медицинская и биологическая физика»

- Постоянного магнитного поля и переменного магнитного поля низкой частоты. Магнитотерапия.