

Лекция: «Электрические и магнитные свойства живых сред (биологических тканей). Влияние постоянного тока на биологические ткани»

1. Электрические свойства живых (биологических) тканей

1. Живые ткани являются

композиционными средами:

объемное **сочетание разнородных** компонентов

Одни структурные элементы тканей обладают свойствами **проводников**, а другие – **диэлектриков**.

2. Электропроводность органов и тканей обусловлена наличием в них ионов, которые проявляют себя как свободные заряды, создающие внутри организма токи проводимости от электрических внешних внутренних полей. Ток проводимости зависит от вида и возраста, и вида тканей.

На электропроводность влияет содержание воды. К тканям с низким содержанием (около 15%) относятся костная и жировая ткани. С

3. Опр. Дисперсия электропроводности живых тканей - зависимость электропроводности от частоты воздействующего электромагнитного поля. С повышением частоты электромагнитного поля электропроводность тканей увеличивается.

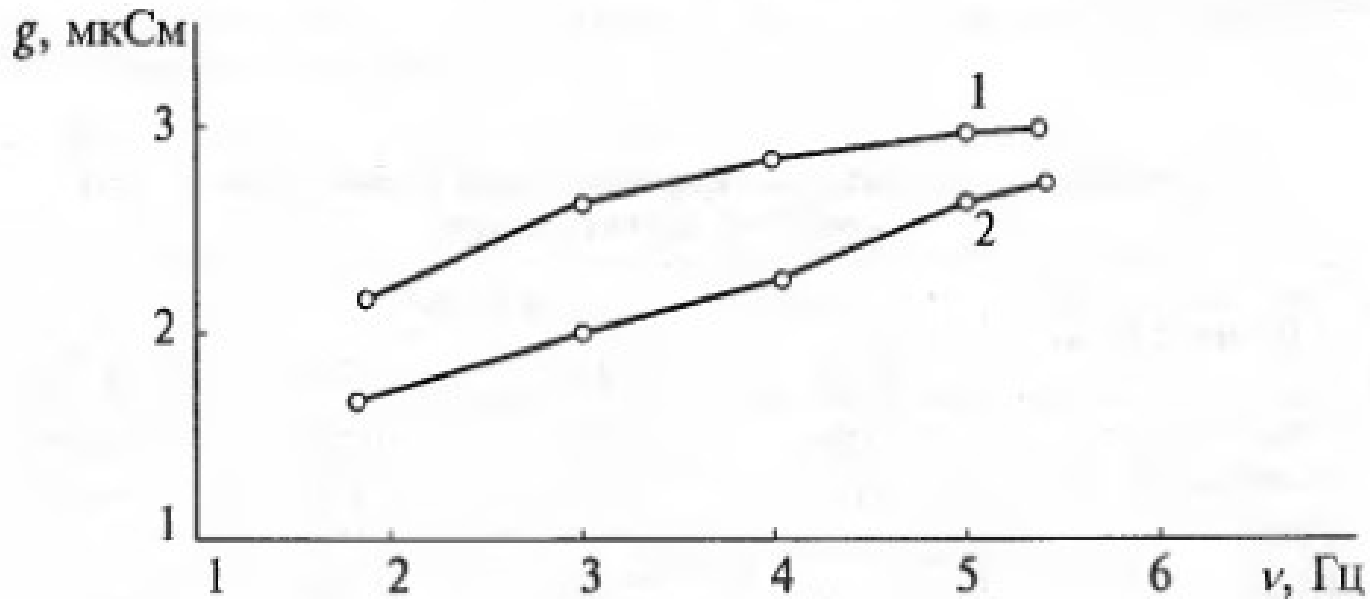
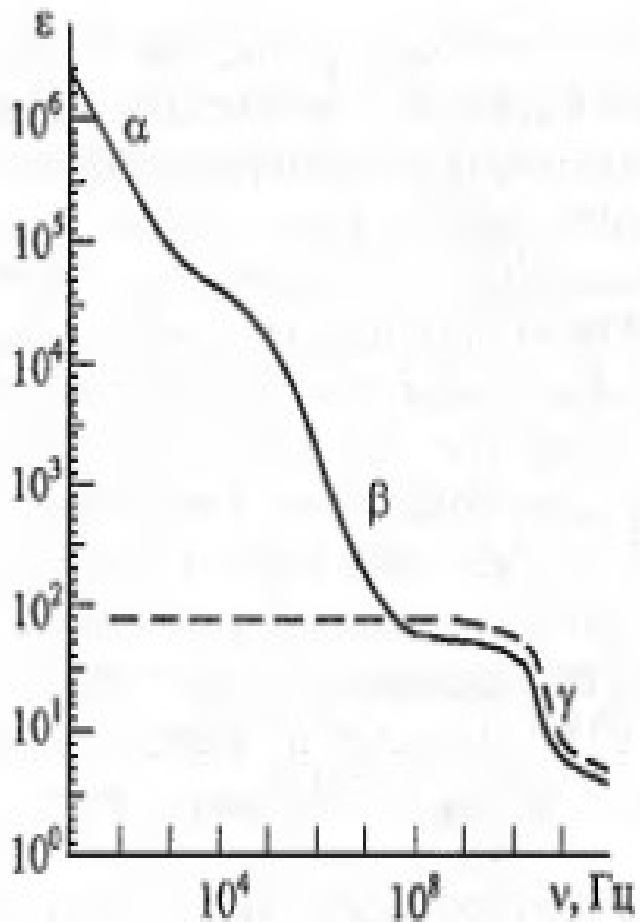


рис. 3.2. Дисперсия электропроводности мозга кролика (1) и печени крысы (2) — данные Л. А. Цивирко:

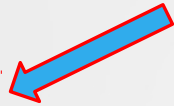
4. Диэлектрические свойства биологических тканей определяются присутствием в ней воды и растворенных в ней макромолекул. Биологические ткани ведут себя как сегнетоэлектрики, т.к. каждый органоид, на мембране которого поддерживается разность потенциалов имеет значительный дипольный момент и обладают значительной диэлектрической проницаемостью.

5. **Опр. Дисперсия диэлектрической проницаемости** – зависимость диэлектрической проницаемости живых тканей от частоты электромагнитного поля.



- α – дисперсия – низкочастотный диапазон; поляризация внутриклеточных компонентов.
- β – дисперсия – изменение диэлектрической проницаемости в следствие того, что макромолекулы не успевают поворачиваться в соответствии с частотой электромагнитного поля
- γ – дисперсия – высокочастотная – уменьшение диэлектрической проницаемости в следствие того, что даже молекулы воды не успевают поворачиваться в соответствии с частотой электромагнитного поля

Биологические ткани разнородны по электропроводности и являются



Проводники Внутриклеточная и межклеточная жидкость

- обладают **свободными зарядами** (ионы)
- определяют **электропроводность** биологических тканей

Под действием **внешнего** электромагнитного поля возникают **токи проводимости**

Белки

Диэлектрики

Биологические мембраны

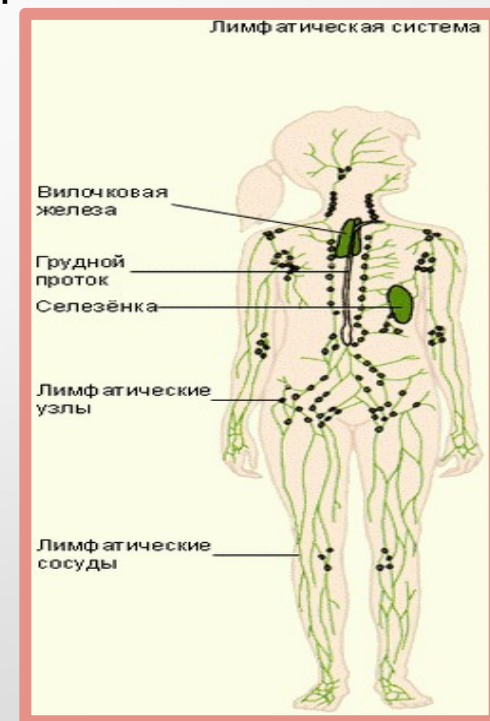
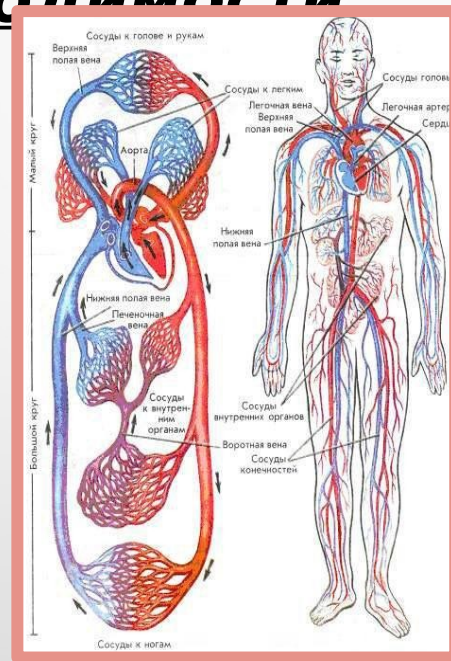
- обладают **связанными зарядами** (диполи)
- определяют **поляризацию** биологических тканей

Свыше 30 МГц возникают **токи смещения**

Электропроводность – это способность тканей пропускать электрический ток **под воздействием электрического поля.**

Электропроводность связана с присутствием ионов, которые являются свободными зарядами, создающими в организме ток проводимости

Электропроводность в живых тканей определяется прежде всего **электрическими свойствами крови, лимфы, межклеточной жидкости и цитозоля.**



Электрический ток выбирает путь, на котором он встречает **наименьшее сопротивление**



Чем **больше** в тканях **жидкости**, тем больше электропроводность G

Удельные сопротивления различных тканей и жидкостей организма

Ткань	ρ , Ом·м
Спинномозговая жидкость	0,55
Кровь	1,66
Мышцы	2
Ткань мозговая и нервная	14,3
Ткань жировая	33,3
Кожа сухая	10^5
Кость без надкостницы	10^7

Электропроводность биологических ЖИВЫХ

1. тканей определяется:
наличием **свободных ионов**:

- Их **концентрацией** и
- Их **подвижностью**, а также

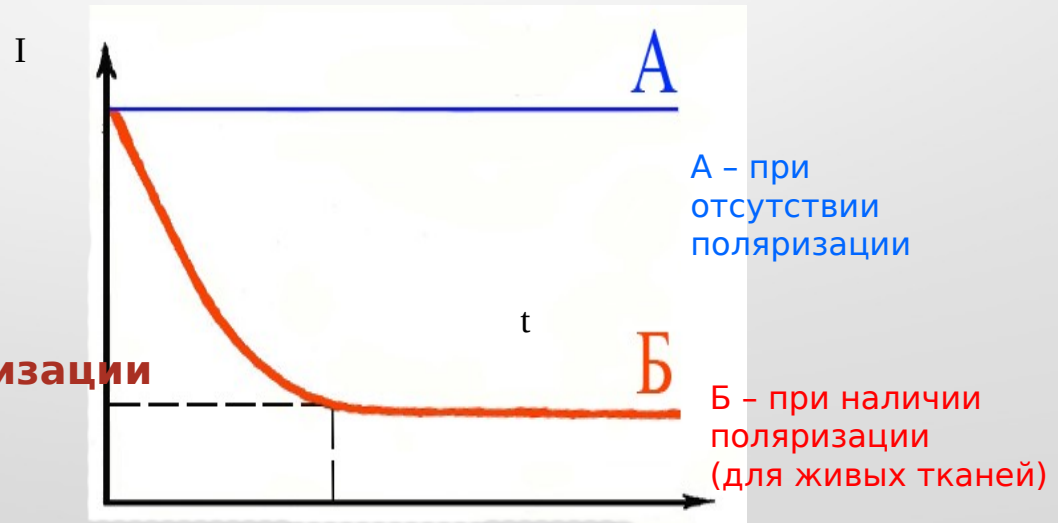
2. явлениями **поляризации**.

Закон Ома для биологических

не объектов выполняется.

$$I = \frac{U - \varepsilon_{\text{пол}}(t)}{R}$$

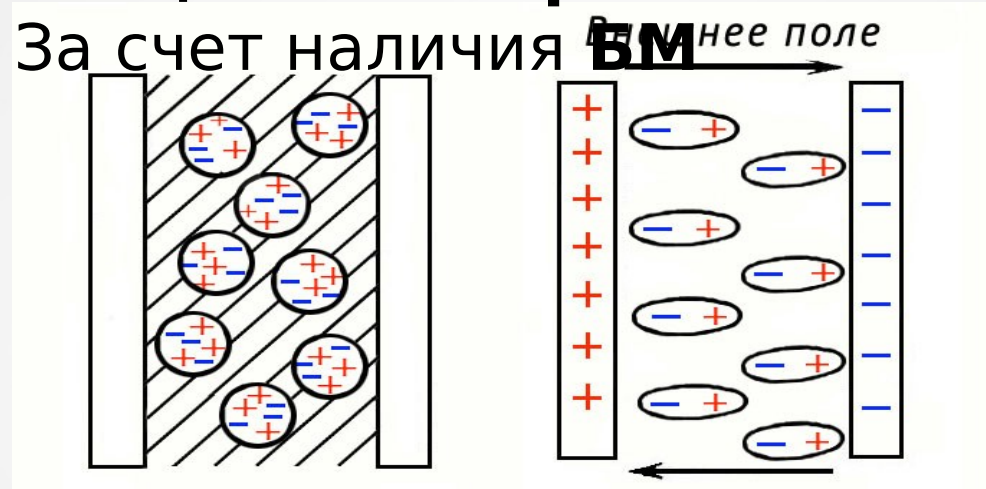
Уменьшение тока на **2-3** порядка с **явлениями поляризации**



1. Макрополяризация = поверхностная поляризация . За счет наличия **ВМ** *внешнее поле*

Компартмент

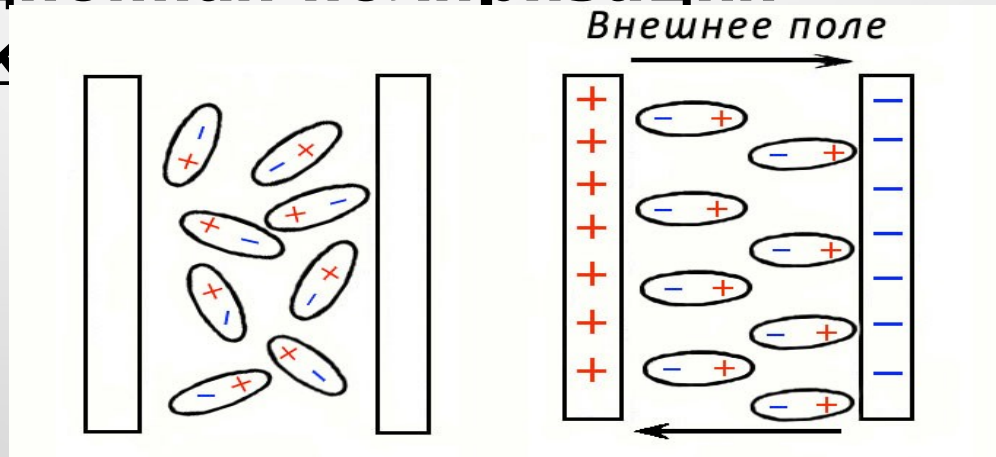
Участвует
двойной
электрический
слой



$\varepsilon(t)$

2. Ориентационная поляризация макромолекул

Белк
и



3. Поляризация микромолекул **ВОДЫ** в белковых комплексах.

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:

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

Физико-химические основы действия постоянного тока

1. Неповрежденная кожа человека обладает высоким омическим сопротивлением и низкой удельной электропроводностью, поэтому в организм ток проникает в основном через выводные протоки потовых и сальных желез, межклеточные щели. Поскольку их общая площадь не превышает $1/200$ части поверхности кожи, то на преодоление эпидермиса, обладающего наибольшим электросопротивлением, тратится большая часть энергии тока. Поэтому здесь развиваются наиболее выраженные первичные (физико-химические) реакции на воздействие постоянным током, сильнее проявляется раздражение нервных рецепторов.
2. Преодолев сопротивление эпидермиса и подкожной жировой ткани, ток дальше распространяется по пути наименьшего омического сопротивления, преимущественно по межклеточным пространствам, кровеносным и лимфатическим сосудам, оболочкам нервов и мышцам, значительно отклоняясь от прямой, которой можно условно соединить два электрода.

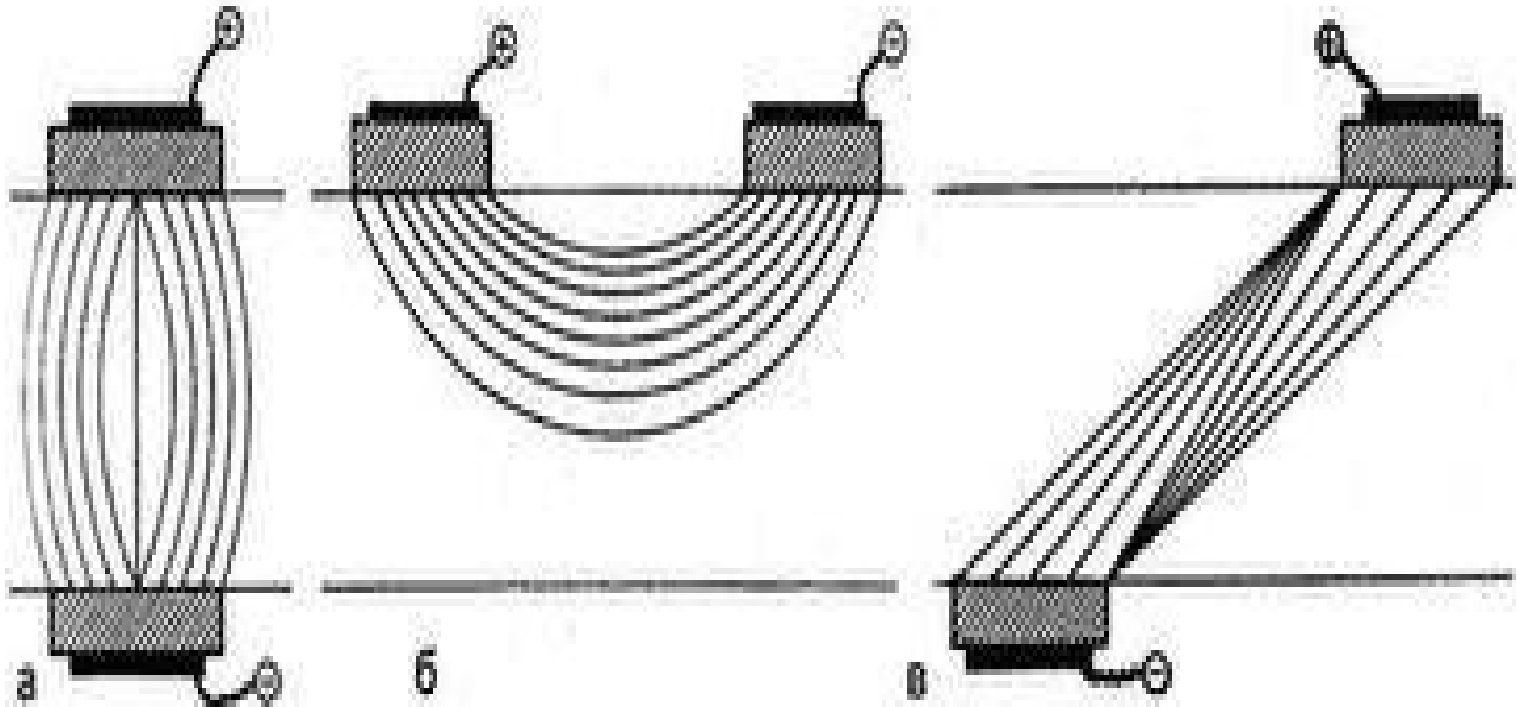


Рис. Схема хода силовых линий постоянного тока через биологические ткани при поперечном (а), продольном (б) и поперечно-диагональном(в) расположении электродов на поверхности тела.

3. Прохождение тока через ткани сопровождается рядом физико-химических сдвигов, которые и определяют первичное действие гальванизации на организм. Наиболее существенным физико-химическим процессом, обусловленным природой фактора и играющим важную роль в механизме действия постоянного тока, считается *изменение ионной конъюнктуры*, количественного и качественного соотношения ионов в тканях.

4. Под действием приложенного извне электрического поля положительно заряженные ионы (катионы) двигаются к катоду (отрицательному электроду), а отрицательно заряженные ионы (анионы) — к аноду (положительному электроду).

ионов скорость их перемещения в тканях будет неодинакова. В результате этого после гальванизации в тканях организма возникает *ионная асимметрия*, сказывающаяся на жизнедеятельности клеток, скорости протекания в них биофизических, биохимических и электрофизиологических процессов.

Наиболее характерным проявлением ионной асимметрии является относительное преобладание у катода одновалентных катионов (K^+ , Na^+), а у анода — двухвалентных катионов (Ca^{2+} , Mg^{2+}). Именно с этим явлением связывают общеизвестное раздражающее (возбуждающее) действие катода и, наоборот, успокаивающее (тормозное) — анода

переходом части ионов из связанного с полиэлектролитами в свободное состояние. Данный процесс способствует повышению физиологической активности тканей и рассматривается как один из механизмов стимулирующего действия гальванизации.

7. Существенную роль среди первичных механизмов действия постоянного тока играет явление *электрической поляризации* — скопление у мембран противоположно заряженных ионов с образованием электродвижущей силы, имеющей направление, обратное приложенному напряжению. Поляризация приводит к изменению дисперсности коллоидов протоплазмы, гидратации клеток, проницаемости мембран, влияет на процессы диффузии и осмоса. Поляризация затухает в течении нескольких

от одного из физических химических эффектов при гальванизации считается *изменение кислотно-основного состояния* в тканях вследствие перемещения положительных ионов водорода к катоду, а отрицательных гидроксильных ионов к аноду. Одновременно происходит направленное перемещение ионов Na^+ и Cl^- , восстановление их в атомы, а взаимодействие с водой может привести к образованию под анодом кислоты (HCl), а под катодом — щелочи (NaOH или KOH).

Продукты электролиза являются химически активными веществами и при их избыточном образовании могут быть причиной ожога подлежащих тканей. Изменение же pH тканей отражается на деятельности ферментов и тканевом дыхании, состоянии биocolлоидов, служит источником раздражения кожных рецепторов.

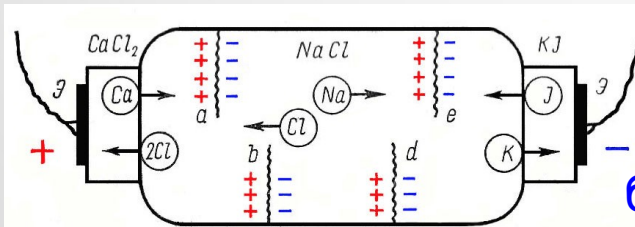
10. Наряду с движением ионов при гальванизации происходит движение жидкости (воды) в направлении катода (*электроосмос*). Вследствие этого под катодом наблюдается отек и разрыхление, а в области анода — сморщивание и уплотнение тканей, что следует учитывать, особенно при лечении воспалительных процессов.

Опр. Лекарственный электрофорез - введение лекарственных веществ через кожу или слизистую оболочку с помощью постоянного тока.

$$U = 60 \div 80V$$

$$I - \text{до } 50 \text{ мА}$$

Лекарство вводят с того полюса, зарядом которого оно обладает.



+ : J,
гепарин,
бром,
пенициллин

+ : Li, Na, Ca,
новокаин

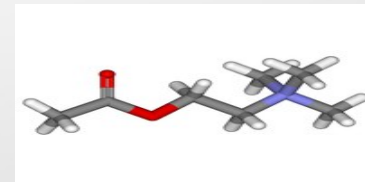
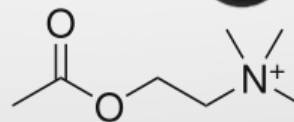
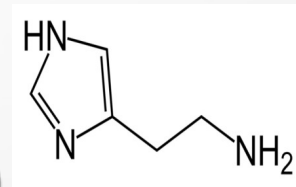
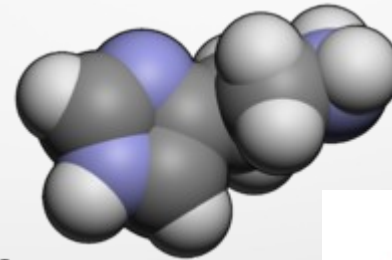
Глубина проникновения 0,5 - 0,7 см



1. Лекарство вводится в **ионной**, а не в молекулярной форме, что повышает его фармакологическую активность.
2. Создается **кожное депо ионов**-продлевается лечебный эффект до 20 дней.
3. Возможность создания максимальной концентрации в патологическом очаге

Кроме того, в биологических тканях образуются **биологически активные вещества**

Гистамин



АХ- ацетилхолин- химический передатчик нервного возбуждения в холинергических синапсах.

Физиологическое и лечебное действие ПОСТОЯННОГО ТОКА

1. Местные изменения возникают преимущественно в коже. В зоне воздействия отмечается гиперемия, более выраженная в области катода, что способствует улучшению обмена веществ и усилению процессов репарации, оказывает рассасывающее действие.
2. Кроме того, под катодом увеличивается содержание **гистамина, ацетилхолина, адреналина, гепарина, натрия, калия**, снижается активность холинэстеразы и содержание хлора, что повышает активность тканей (катэлектротон).
3. Под анодом происходят противоположные сдвиги и возбудимость тканей, наоборот, снижается (анэлектротон). Под анодом отмечается также уменьшение отечности тканей.

1. Изменения функционального состояния ЦНС и эндокринной системы, происходящие при гальванизации, оказывают нормализующее действие на состояние внутренних органов и обмен веществ.

2. В тканях увеличиваются содержание АТФ и напряжение кислорода, активируются процессы окислительного фосфорилирования, уменьшается содержание в крови холестерина и др.

- 
- Спасибо за внимание!