

# ЭЛЕКТРОТЕРАПИЯ: ПОСТОЯННЫЙ ТОК, ИМПУЛЬСНЫЕ ТОКИ

Электрические токи низкого напряжения (0-100 В) и малой силы (0-100 мА) применяются для лечения и профилактики заболеваний и патологических состояний опорно-двигательного аппарата, периферической нервной системы, сердца и сосудов, органов дыхания и верхних дыхательных путей, органов пищеварения, органов выделения и воспроизведения, кожи и подкожной клетчатки, а также для профилактики старения организма, улучшения кровообращения, трофики, тургора и эстетического состояния тканей покровов тела.

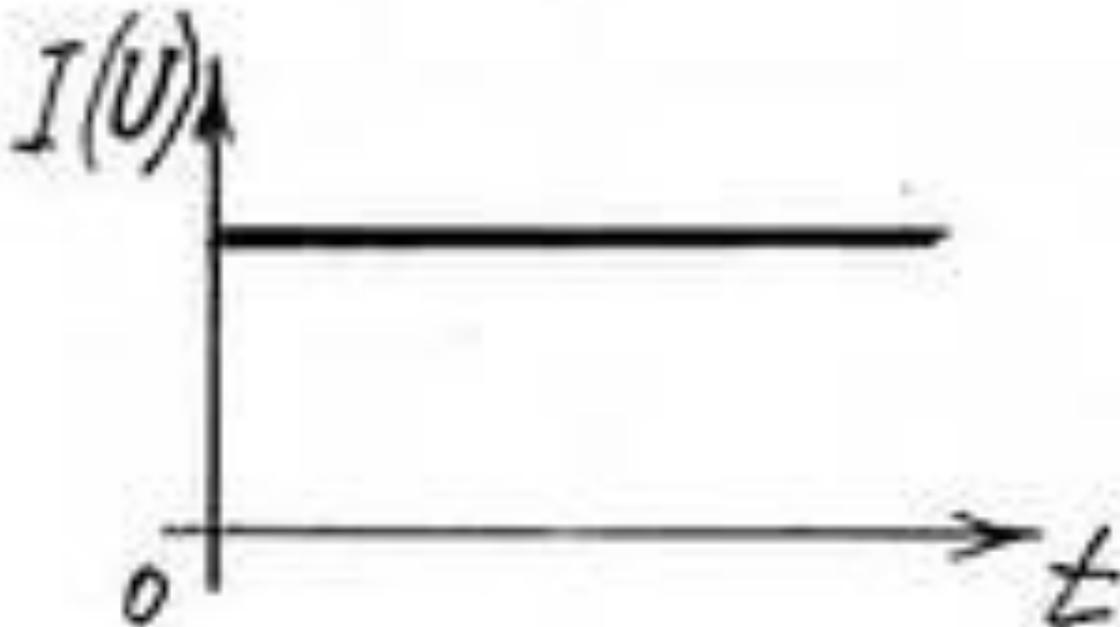
# **Виды электрических токов**

- **постоянный непрерывный ток**
- **постоянные импульсные токи с низкой частотой**
- **переменные (биполярные) импульсные токи с низкой частотой**
- **переменные импульсные токи средней частоты, модулированные с низкой частотой**

# Постоянный непрерывный ток

- **Постоянный непрерывный (гальванический) ток** низкого напряжения и малой силы характеризуется постоянным направлением и постоянной силой тока.
- Основными биологически значимыми параметрами гальванического тока являются:
  - полярность тока:**  
принято считать, что постоянный ток течет от *положительного* электрода к *отрицательному*.  
*Положительный* электрод - анод.  
*Отрицательный* электрод - катод.
  - сила тока:**  
сила тока измеряется в миллиамперах (мА).

# Постоянный непрерывный (гальванический) ТОК



# **В возбудимых тканях под электродами развивается:**

- электрическая поляризация**
- электролиз**
- электроосмос**
- электродиффузия**

# Электрическая поляризация

Под положительным электродом (анодом) возникает **электрическая гиперполяризация** (повышение трансмембранного потенциала покоя нервных и мышечных волокон), **понижается возбудимость** клеток, **болевая и тактильная чувствительность** (**анэлектротон**).

Под отрицательным электродом (катодом) возникает **электрическая гипополяризация** (понижение трансмембранного потенциала покоя возбудимых клеток), **повышается чувствительность, возбудимость, проводимость** нервных и мышечных волокон, болевых и тактильных рецепторов (**катэлектротон**).

# Электролиз

Под положительным электродом (анодом) увеличивается концентрация легких неорганических анионов ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ), а также тяжелых катионов ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ).

Под отрицательным электродом (катодом) накапливаются легкие неорганические катионы ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ).

Анионы разряжаются аноде, а катионы – на катоде, превращаются в атомы, обладающие высокой химической активностью, которые взаимодействуют с водой. В результате химической реакции **под анодом возникает кислота ( $\text{HCl}$ ), под катодом щелочь ( $\text{NaOH}$ ).**

# Электроосмос

В гидратационных оболочках катионов содержится больше молекул воды, чем в оболочках анионов. Поэтому под катодом, где повышается содержание катионов возникает гидратация клеток и тканей, повышается тургор кожи, сглаживаются морщины, а под анодом происходит дегидратация, уплотнение клеточных оболочек.

# Электродиффузия

- Повышается проницаемость клеточных мембран для биологически активных молекул и питательных веществ, улучшается метаболизм клеток, трофика тканей.

Гальванический ток используется для воздействия методами **гальванизации, электрофореза** лекарственных веществ и биологически активных средств а также методом **электроэлиминации**

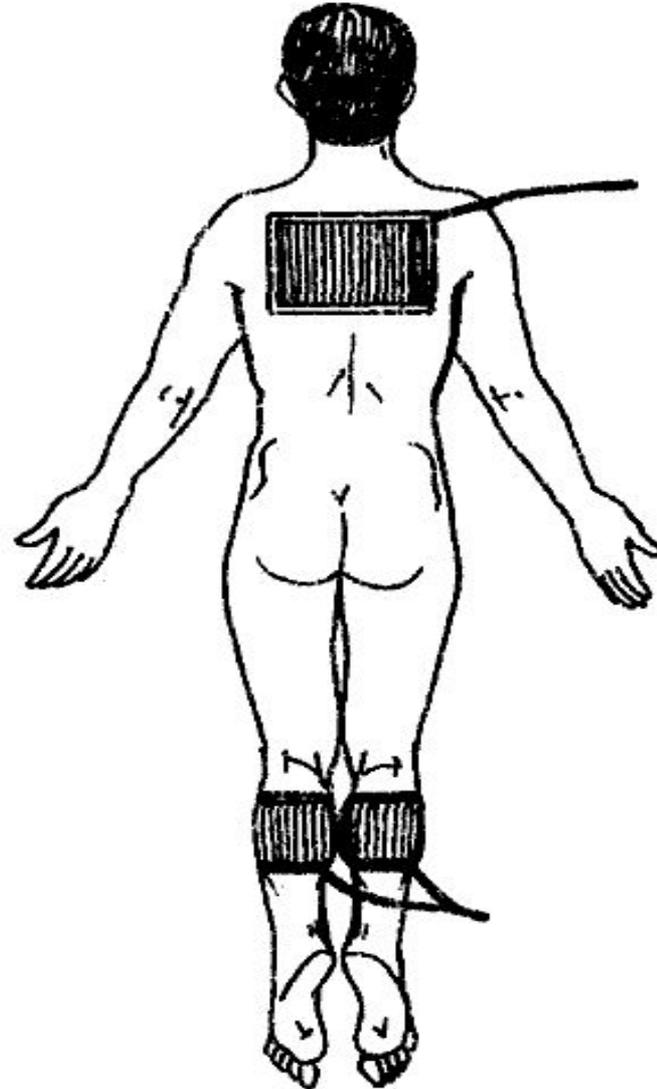
Гальванизация проводится по **общим и рефлекторным методикам**. Очаговые методики используются редко.

# **Общие методики гальванизации**

- **общая методика С.Б.Вермеля**
- **4-камерные гидрогальванические ванны**
- **общая трансабдоминальная методика на область печени**

применяются для нормализации состояния ЦНС и высших вегетативных центров, нейроэндокринной системы, улучшения жизнедеятельности организма, профилактики старения органов и тканей

# Общая методика Вермеля С.Б.



# 4-камерные гидрогальванические ванны

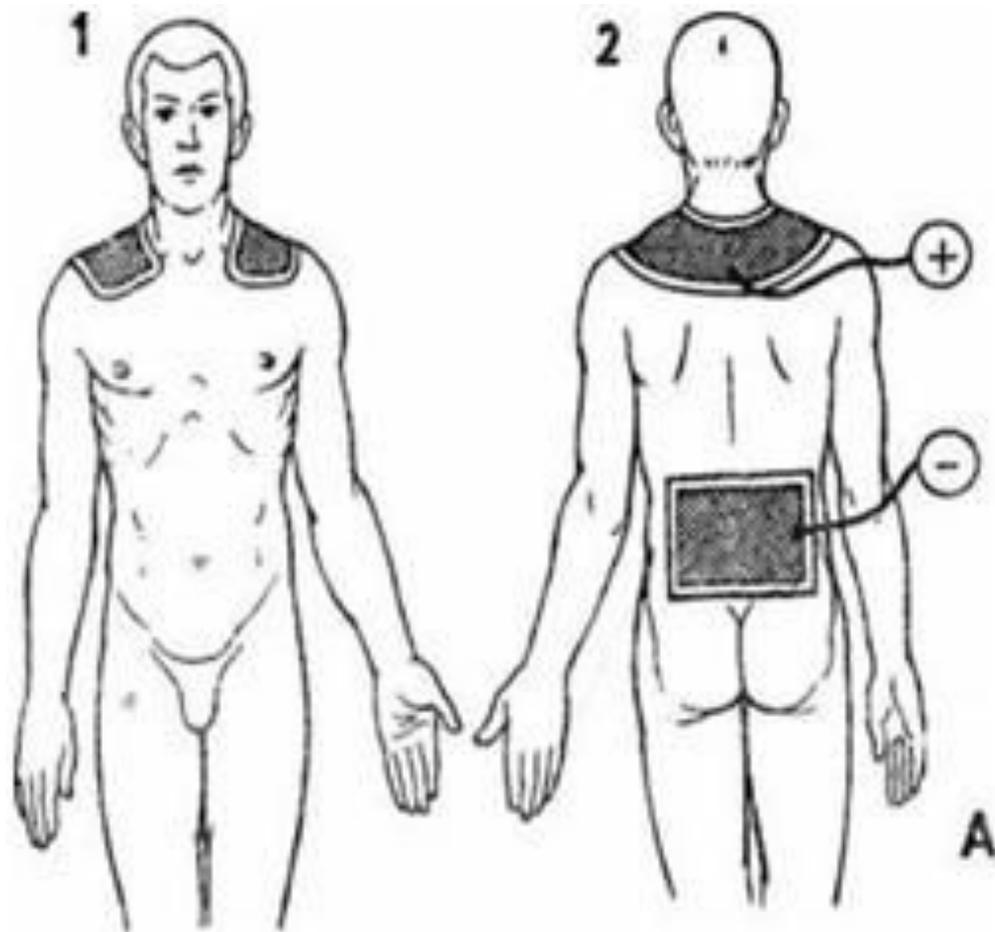


# Рефлекторные методики

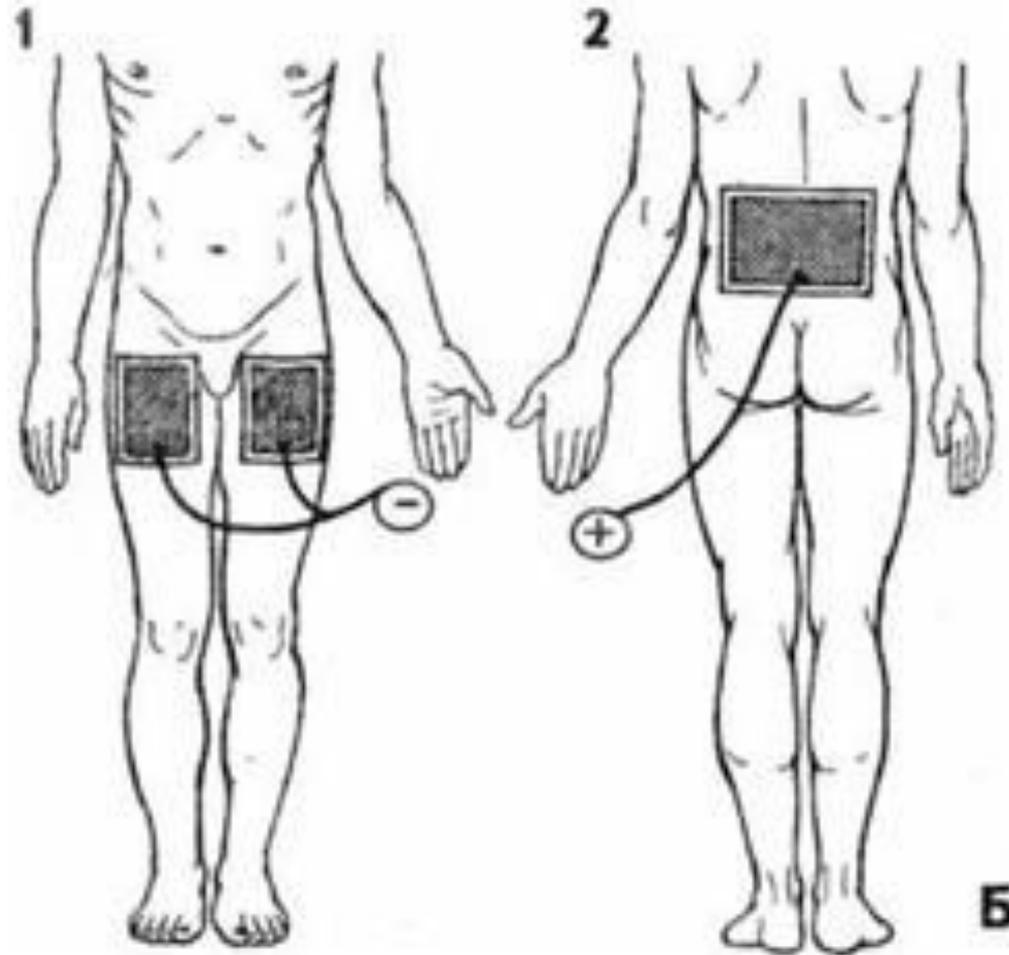
Используются классические рефлекторные методики:

- воротниковая (по А.Е.Щербаку)
- трусиковая (по А.Е.Щербаку)
- «общих ионных рефлексов» (по А.Е.Щербаку)
- глазнично-затылочная (по Бургиньону),
- «полумаска» (по Бергонье)
- назорефлекторная (по Келлату)
- синокаротидная

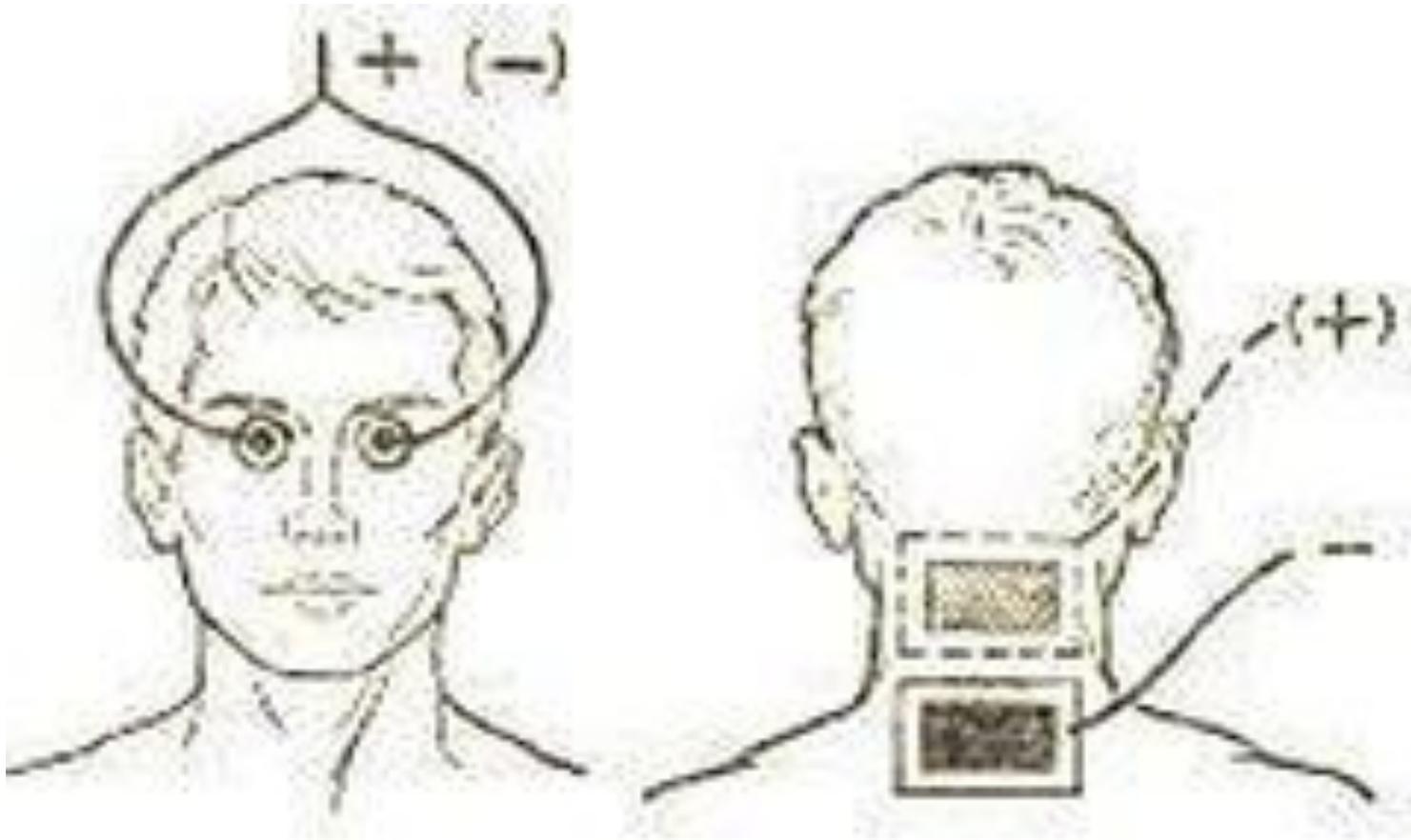
# Воротниковая методика гальванизации (по А.Е.Щербаку)



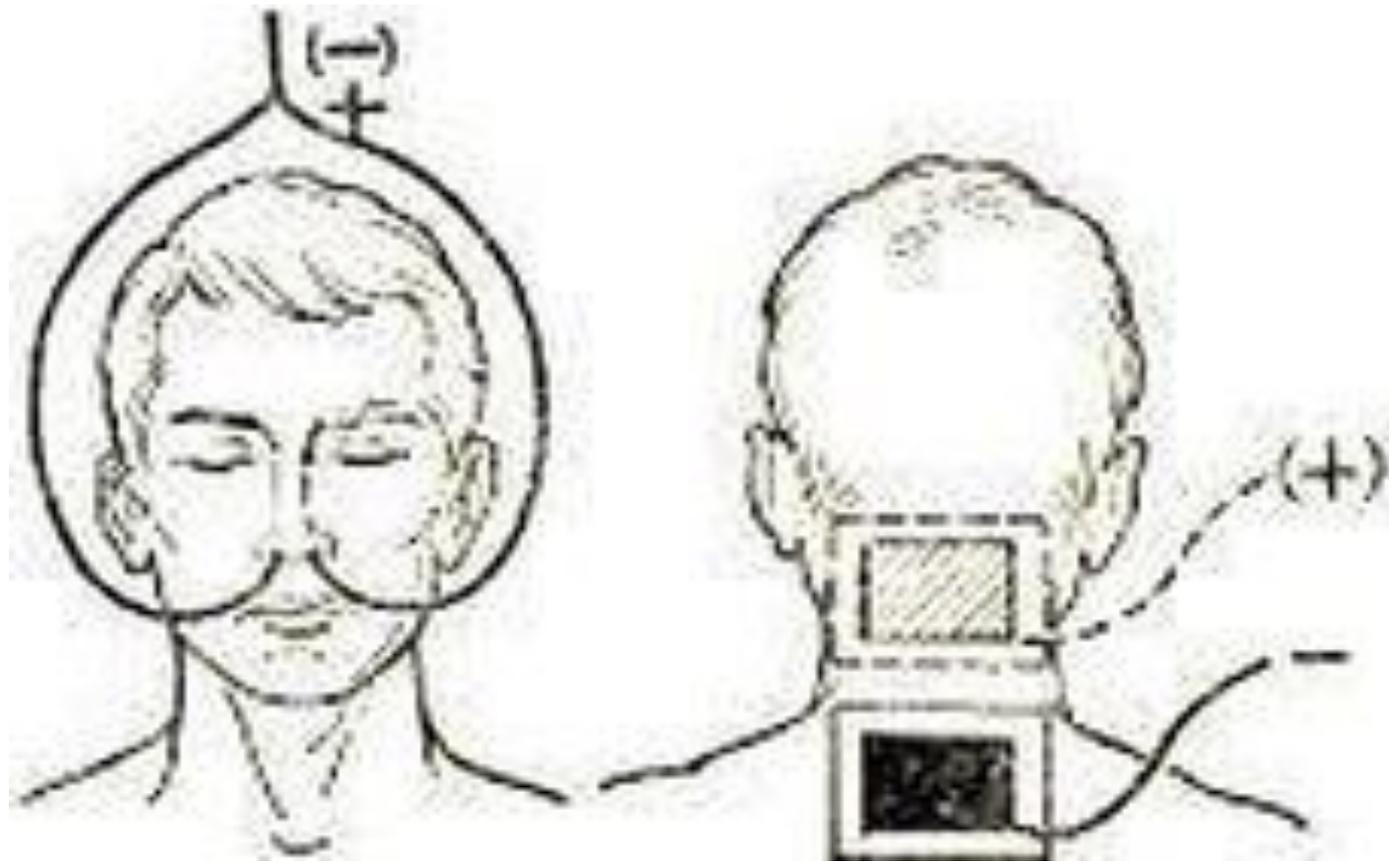
# Трусовая методика гальванизации (по А.Е.Щербаку)



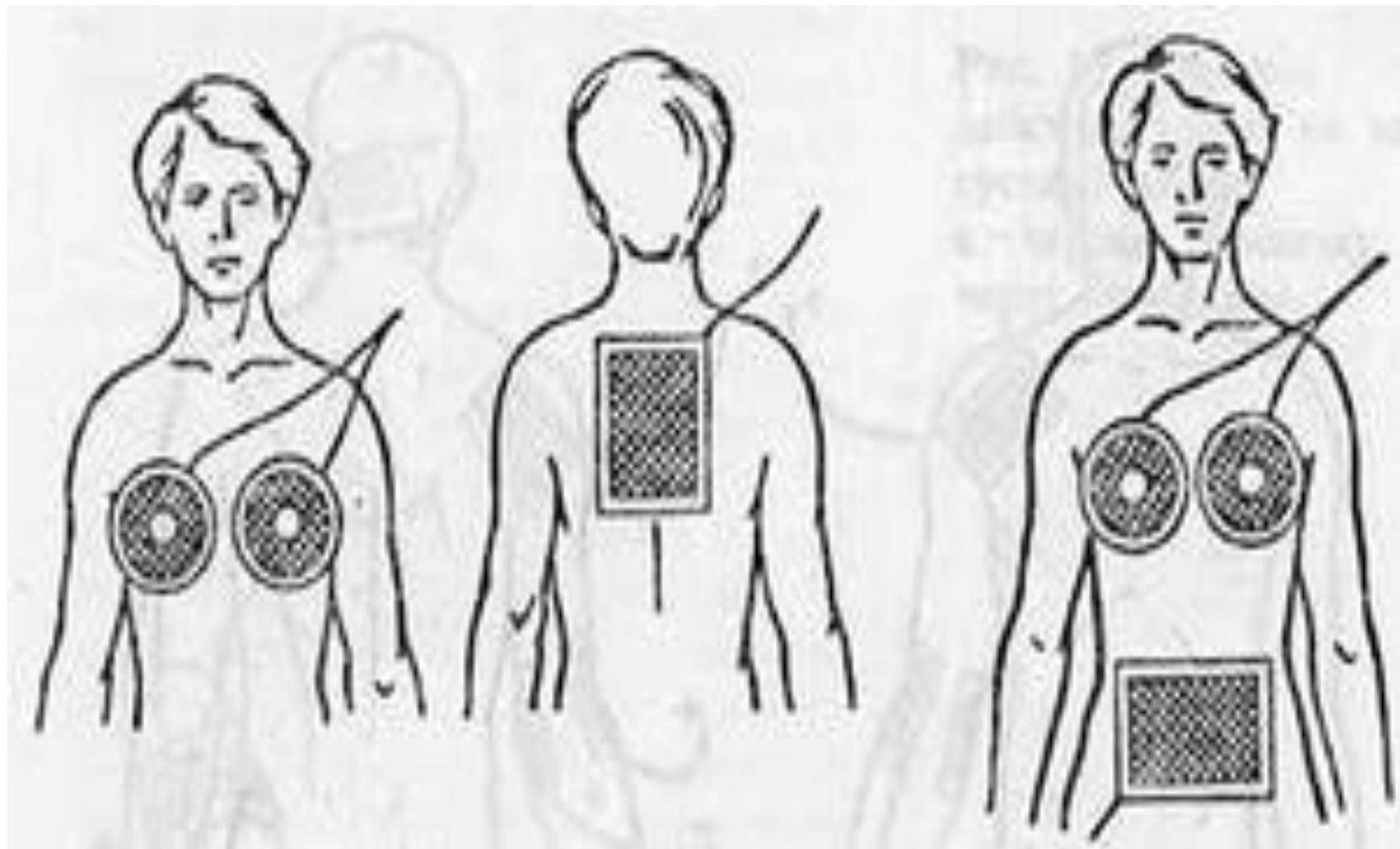
# Глазнично-затылочная методика гальванизации (по Бургиньону)



# Назорефлекторная методика гальванизации (по Келлату- Змановскому)



# Гальванизация области молочных желез



# Лечебный (лекарственный) электрофорез

Комплексный физико-фармакологический метод лечения, равную долю участия в эффектах которого имеют постоянный непрерывный электрический ток и лекарственные вещества, вводимые током в покровы тела. Электрический ток вводит в кожу только те вещества, которые обладают подвижностью в электрическом поле и способностью проникать через устья кожных желез и волосяных фолликулов: неорганические ионы и кислотные остатки из растворов солей, электрически заряженные молекулы. Большинство лекарственных и биологически активных веществ в электрическом поле перемещаются от анода к катоду, активным электродом в методиках лекарственного электрофореза чаще всего является анод.

**Перечень лекарственных веществ (препаратов) для лекарственного электрофореза содержится в официально утвержденных таблицах.**

# Электроэлиминация (дезинкрустация)

Метод воздействия гальваническим током **отрицательной полярности (электродом-катодом)** для выведения из кожи катаболитов, токсинов, тканевого детрита, повышения pH кожи при себорее и угревой болезни, омыления комедонов, оказания противовоспалительного действия.

Электроэлиминация проводится по лабильной методике электродом-манипулятором, присоединенным к клемме отрицательной полярности аппарата гальванизации, при стабильном сегментарном расположении индифферентного электрода положительной полярности.

Выбор катодной полярности активного электрода обусловлен тем, что большинство органических соединений, продуктов катаболизма и тканевого распада в электрическом поле перемещаются **от анода к катоду**, а также тем, что в результате электролиза под катодом возникает **щелочная среда**, что приводит к омылению жиров.

Катодизация даёт выраженный сосудорасширяющий эффект, стимулирует микроциркуляцию, улучшает трофику тканей.

Электроэлиминация (дезинкрустация) используется для улучшения трофики и обменных процессов в коже, профилактики старения покровов тела, улучшения эстетического состояния кожи, лечения и вторичной профилактики себореи и угревой болезни, кожно-гнойничковых заболеваний кожи.

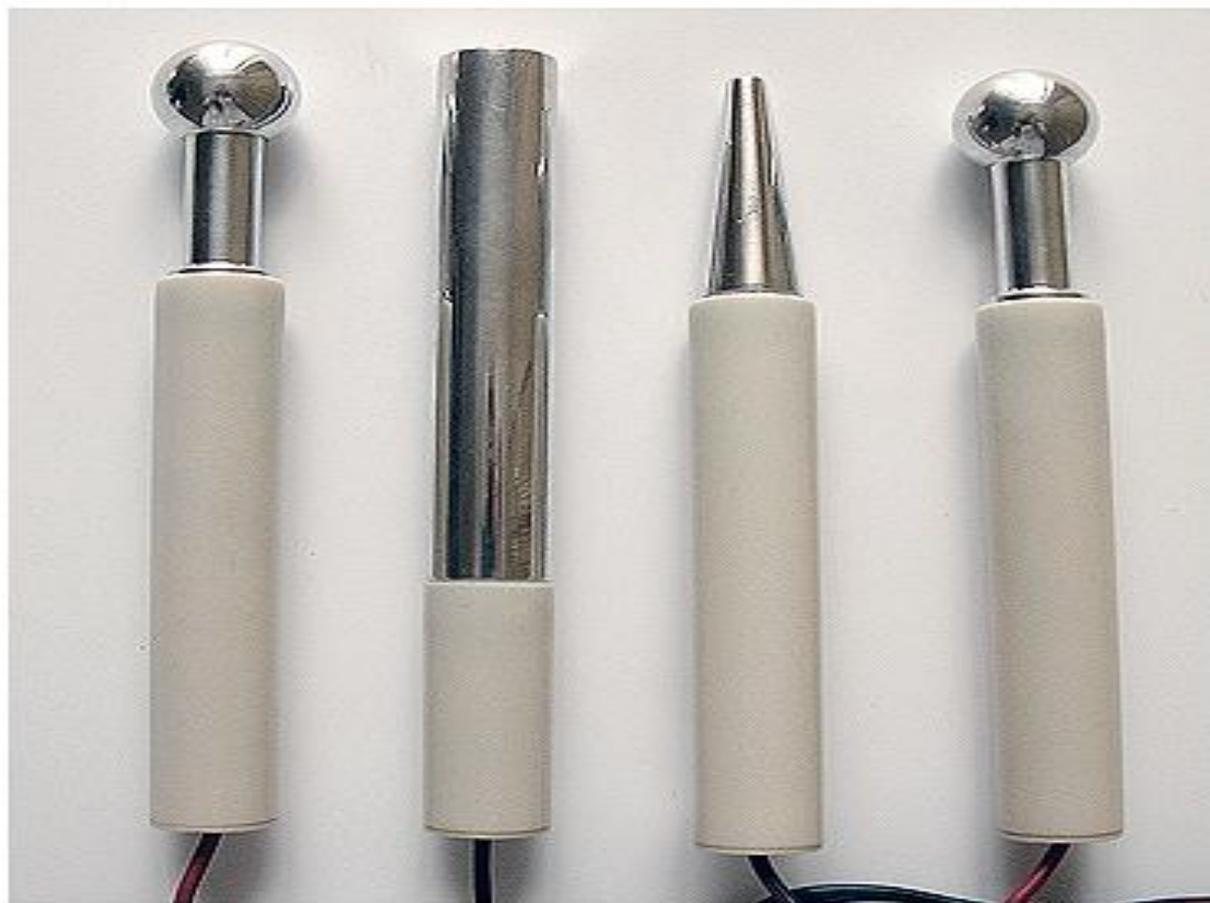
# Аппарат гальванизации Поток-1



# ЭЛФОР™-проф Автоматизированный аппарат для гальванизации и лекарственного электрофореза



# Электроды-манипуляторы косметологические аппарата «ЭЛФОР-проф»



# Аппарат для гальванизации и электрофореза «ЭЛФОР»



# «НЕВОТОН АК-201» Аппарат для комплексного ухода за кожей в домашних условиях

Напряжение питания аппарата, В, не более 9

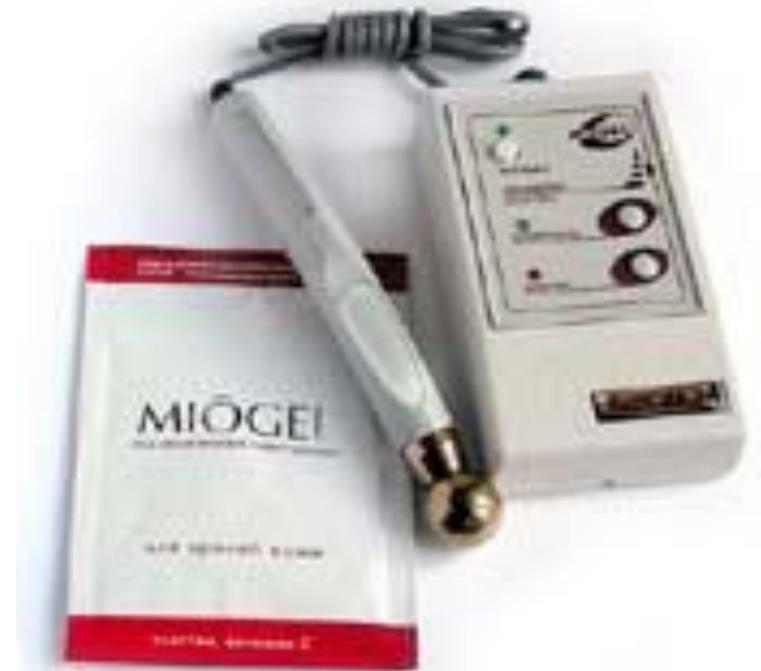
Напряжение на электродах, В, не более 25

Максимальный ток через электроды, мА, не более 20

Источник питания батарея 6F22 (типа «Крона»)

Габаритные размеры корпуса, мм не более 60x120x34

Масса аппарата без электрода, г, не более 200



# Ионизатор серебра «Невотон»



# Ионизатор серебра «Невотон»



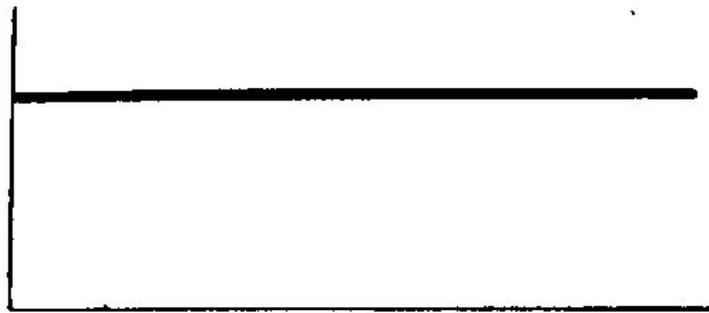
# **Низкочастотные импульсные токи (НИТ)**

- **постоянные импульсные токи с низкой частотой**
- **переменные (биполярные) импульсные токи с низкой частотой**
- **переменные импульсные токи средней частоты, модулированные с низкой частотой**

**У постоянного импульсного тока с низкой частотой низкого напряжения и малой силы направление импульсов тока постоянное (от анода к катоду). Такие токи применяются в лечебных методах:**

- электросон и ТЭС**
- диадинамотерапия**
- электростимуляция**

В отличие от гальванического тока (а), НИТ (б, в, г) имеют толчкообразный (импульсный) характер. Между импульсами тока имеются паузы.



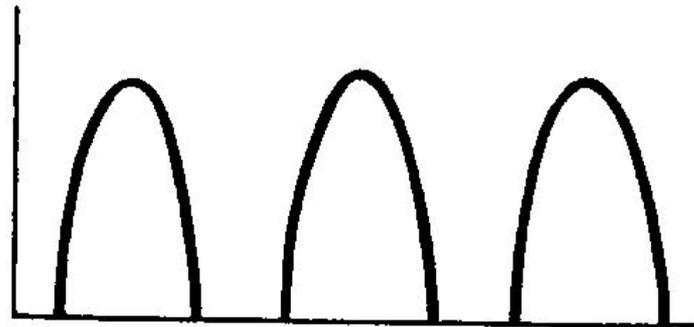
а



в



б

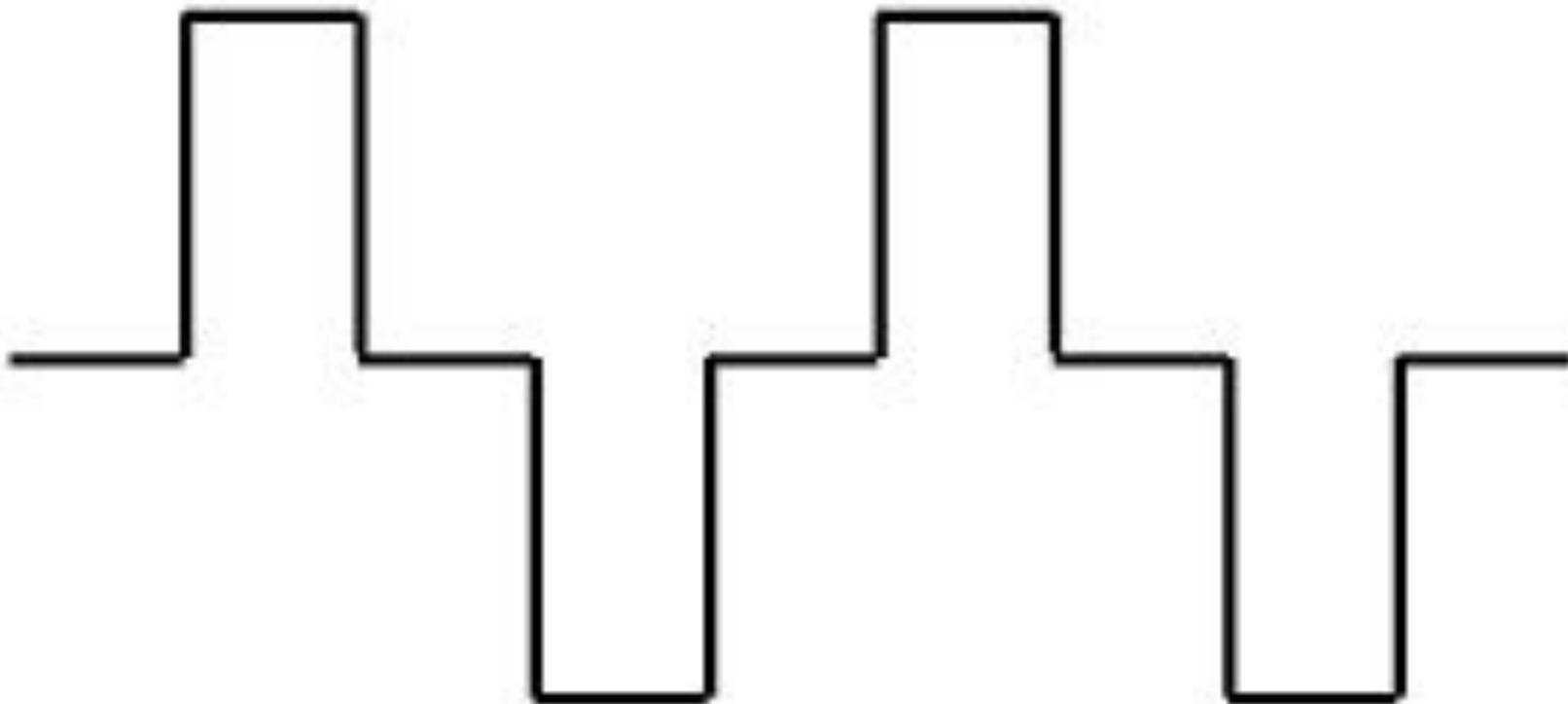


г

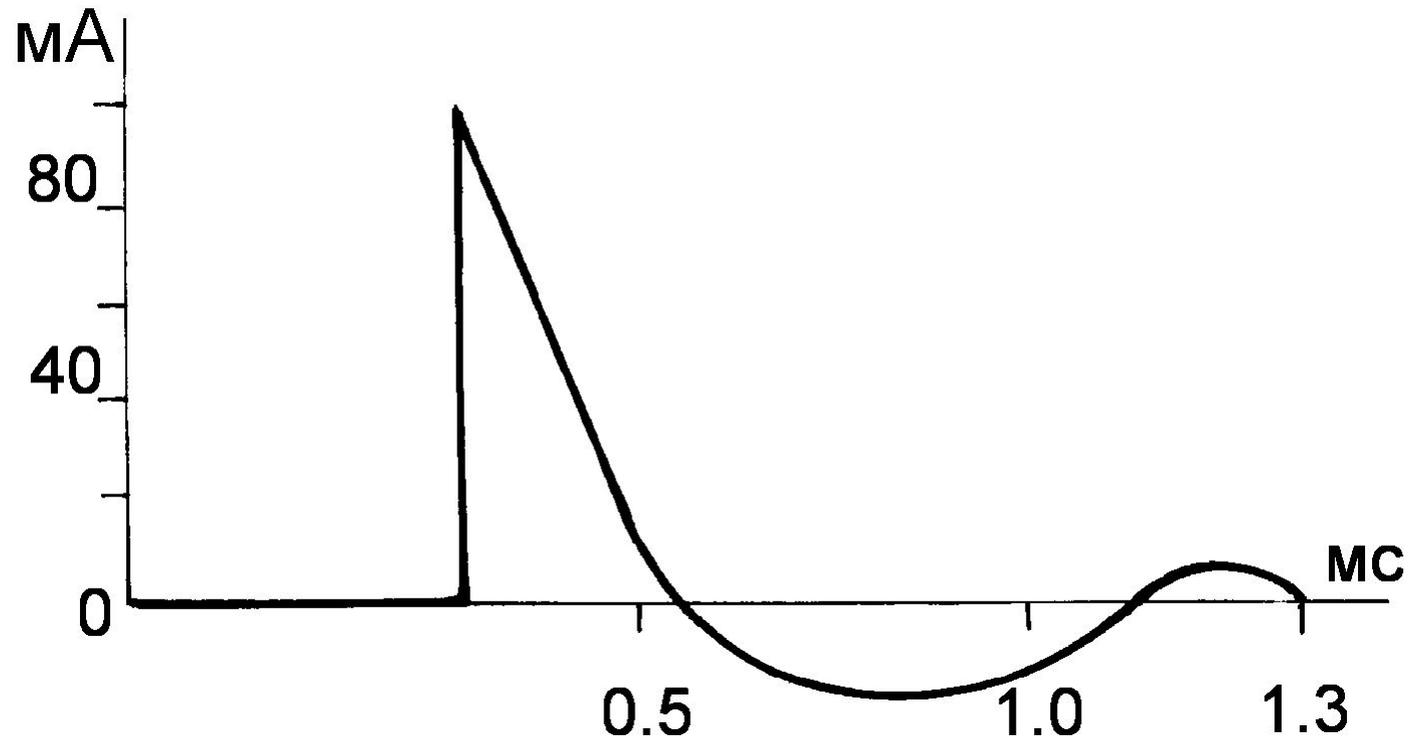
**– у переменных импульсных токов с низкой частотой низкого напряжения и малой силы электрическое направление импульсов переменное, электрическая полярность электродов не фиксированная. Такие токи применяются при:**

- терапии нейроподобными токам (аппараты Миоритм-040, КМТ-09)**
- флюктуоризации**
- транскраниальной электростимуляции**
- электростимуляции**

# Прямоугольный биполярный импульсный ток



# Нейроимпульсные (биполярные асимметричные) токи



# Аппарат нейроимпульсной терапии «Миоритм-040»



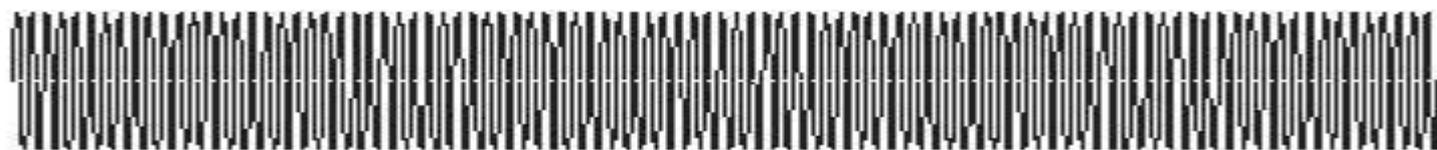
# Электростимулятор «Невотон КМТ-09»



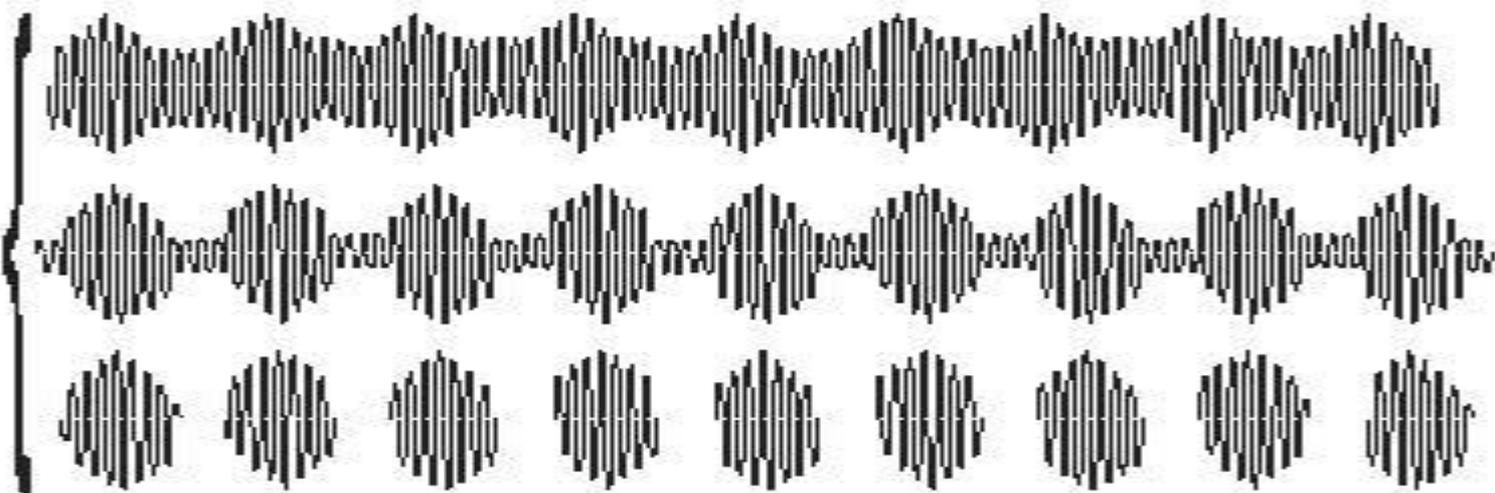
**Переменный импульсный ток средней частоты, модулированный низкой частотой - это ток переменный по направлению и синусоидальный по форме с частотой от 2000 до 5000 Гц, амплитуда осцилляций которого непрерывно меняется по синусоидальному закону с низкой частотой, что приводит к формированию серий колебаний среднечастотного переменного тока, имеющих частоту 0-160 Гц. Такие импульсные токи используются в методах:**

- **амплипульстерапии (СМТ)**
- **интерференционной терапии (токи Немека)**
- **высокотоновая терапия (Нтор)**

HK



I PP



II PP



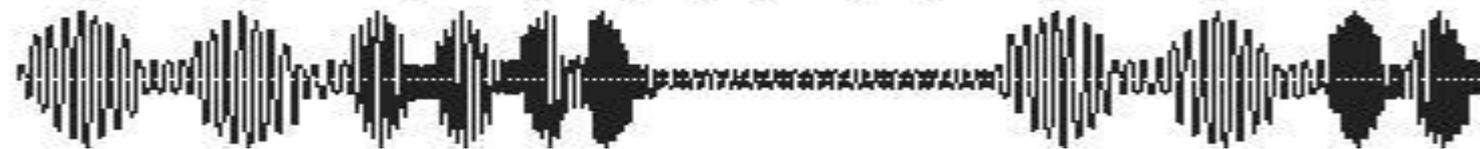
III PP



IV PP



V PP



# Амплипульс-7



# Амплипульс-8



# Аппарат «Амплипульс-7м»



# МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИЙ АППАРАТ "РЕФТОН-01-ФЛС"



# Токи широкополосной модуляции: аппарат «Надежда»





15/05/2016 16:31

Благодарю за внимание



# Первичные биофизические механизмы действия НИТ

В электрическом поле, возникающем при нарастании электрического напряжения тока в импульсе, происходит **изменение электрофизиологического состояния нервных и мышечных клеток (волокон).**

Разность электрических потенциалов на поверхности контактных терапевтических электродов приводит к возникновению электрического тока в биологических тканях, сила которого, по закону Ома, обратно пропорциональна электрическому сопротивлению тканей.

$$I = U/R$$

Проводником тока в биологических тканях являются жидкие среды (электролиты) организма (плазма крови, лимфа, интерстициальная жидкость, цитоплазма клеток паренхиматозных органов и мышц), содержащие ионы **Na<sup>+</sup>**, **K<sup>+</sup>**, **Ca<sup>++</sup>**, **Mg<sup>++</sup>**, **Cl<sup>-</sup>**, **HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>**.

Электролиты – проводники второго рода, они проводят ток вследствие разнонаправленного движения заряженных молекул и ионов в электрическом поле.

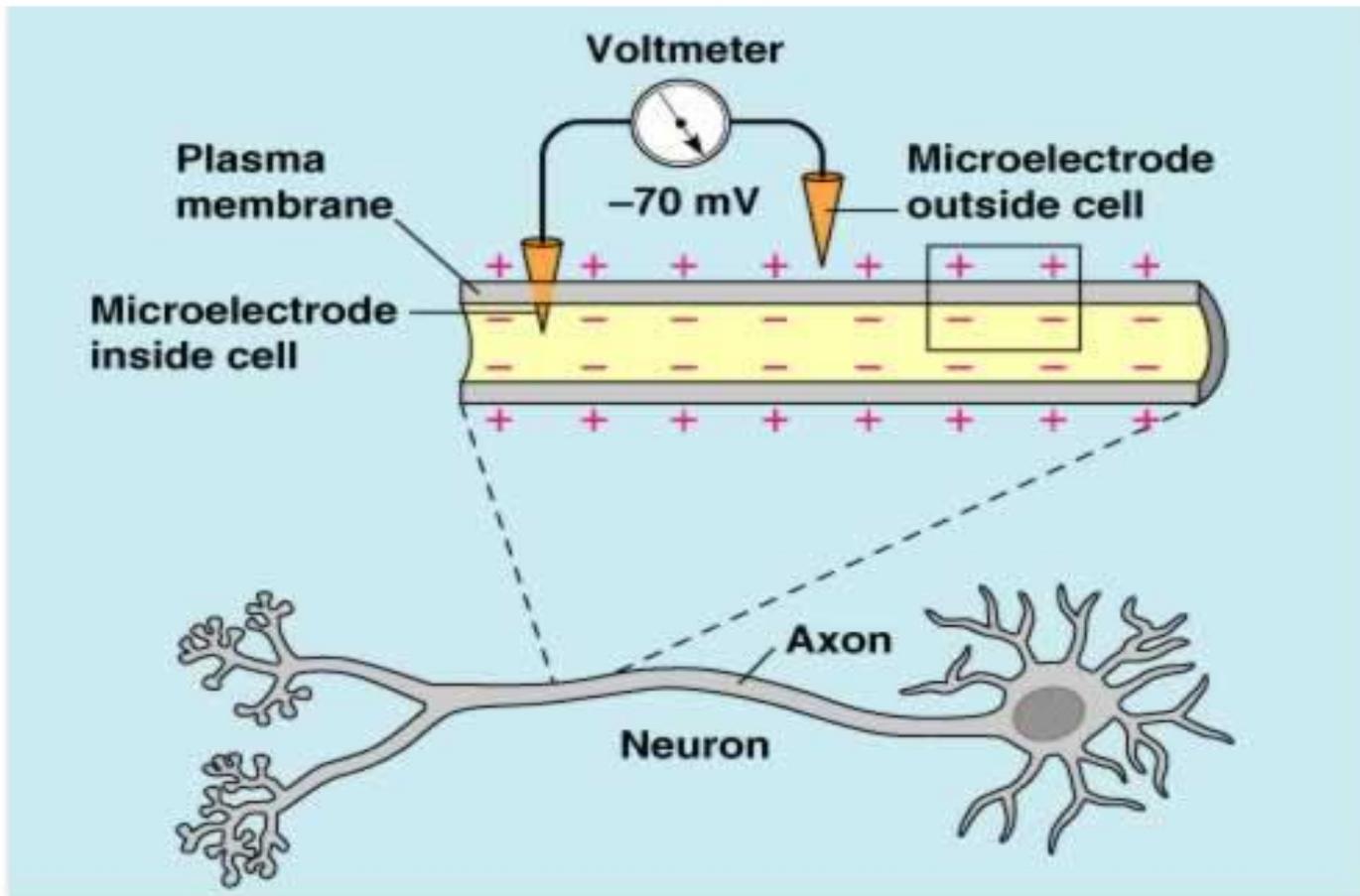
**Ткани бедные водой - кожа, подкожная клетчатка, сухожилия, хрящи, связки, кости, имеющие высокое электрическое сопротивление, ток проводят слабо.**

Мембраны возбудимых (нервных и мышечных) клеток, находящихся в состоянии покоя, поляризованы: на внешней поверхности имеется положительный электрический заряд (+40-90 мВ), а на внутренней – отрицательный (-40 -90 мВ).

Эта поляризация носит название – трансмембранный потенциал покоя.

Величина потенциала покоя возбудимых клеток зависит от их гистологической природы и функциональной активности. Наиболее высокий уровень потенциала покоя (90 мВ) имеют черепно-мозговые нервы, толстые миелинизированные нервные волокна, здоровые скелетные мышечные волокна.

# Трансмембранный потенциал покоя

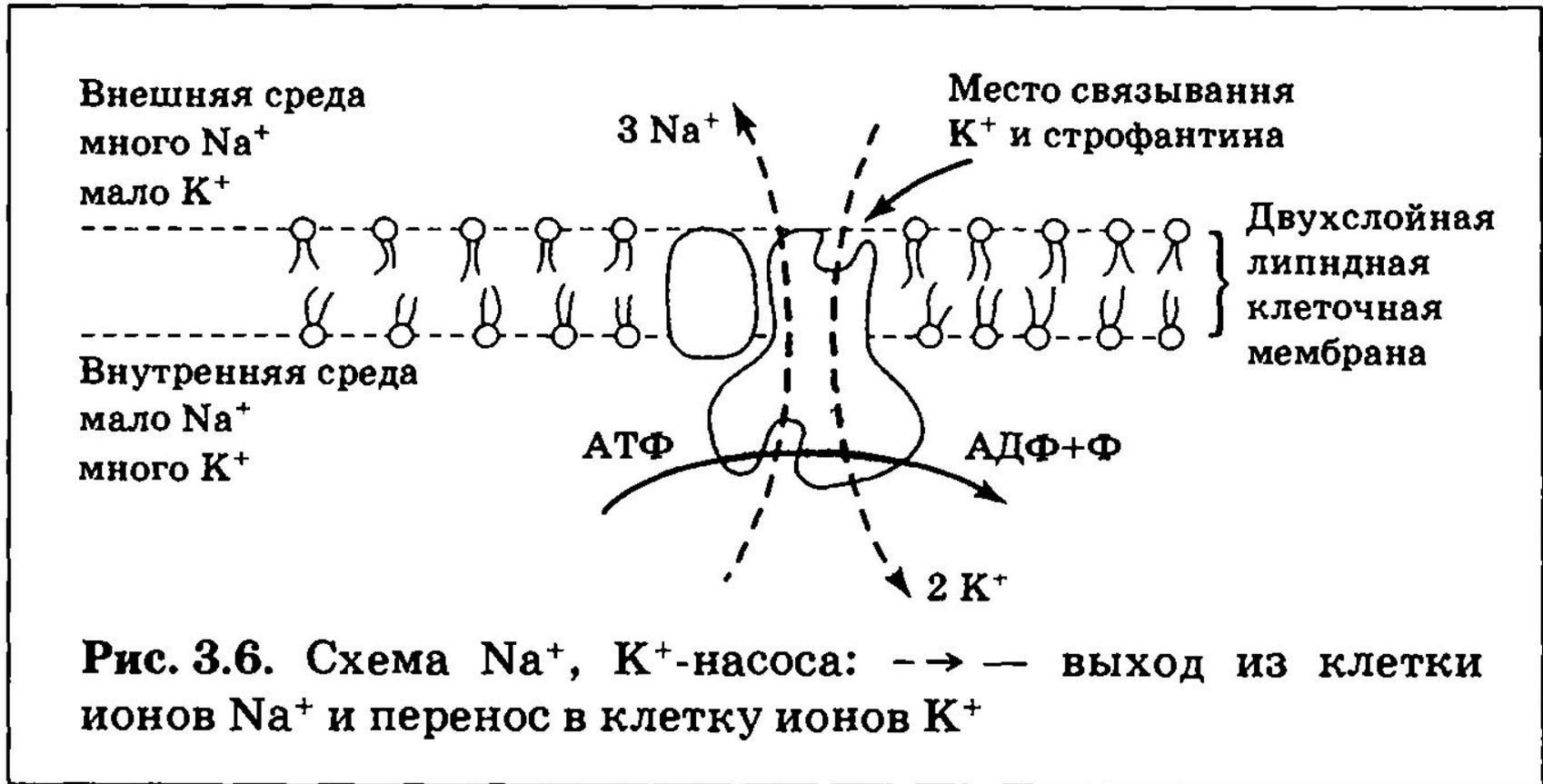


Наличие трансмембранного потенциала покоя у возбудимых клеток обусловлено дисбалансом концентраций ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  внутри клетки и во внеклеточном пространстве: ионов  $\text{Na}^+$  в 40 раз больше в интерстициальной жидкости, а ионов  $\text{K}^+$  в 9 раз больше внутри клетки.

Разность концентраций создается и поддерживается энергозависимым ферментативным мембранным  $K^+$ - $Na^+$  ионным насосом, функционирующим с потреблением АТФ. Он регулирует пропускную способность натриевых и калиевых каналов клеточной мембраны.

При покойном состоянии клетки  $K^+$ - $Na^+$  насос работает в электронейтральном режиме, при этом на каждые 2 выведенных из клетки иона  $Na^+$  приходится 2 введенных иона  $K^+$ .

# Работа K-Na-насоса мембраны

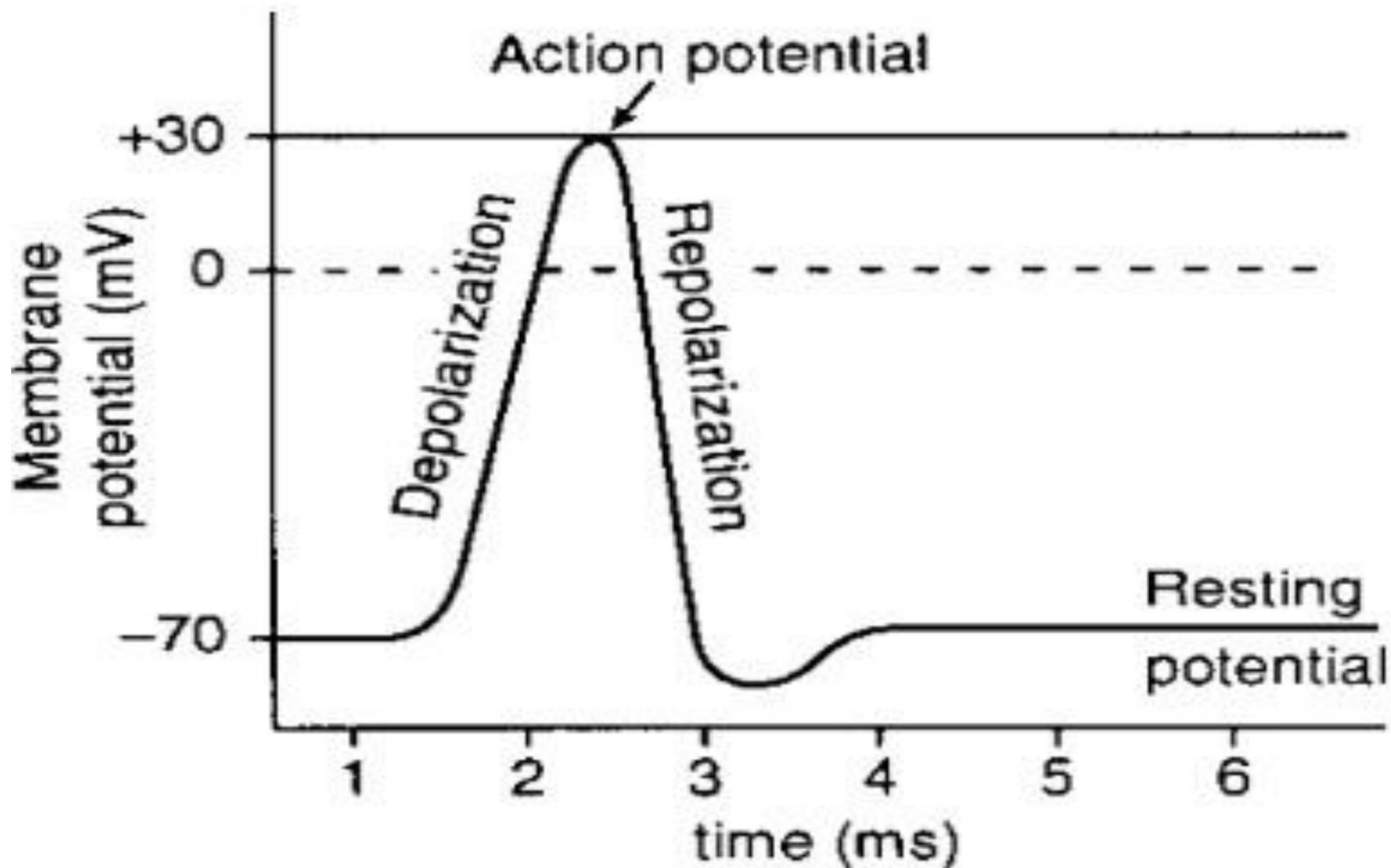


Электрическое раздражение нервных и мышечных клеток импульсным электрическим напряжением приводит к быстрому индуцированному понижению потенциала покоя мембран возбудимых клеток. Степень понижения трансмембранного потенциала покоя пропорциональна росту внешнего электрического напряжения импульса.

При достижении критически низкого уровня трансмембранного потенциала, который существенно отличается у возбудимых клеток различного типа (10-30 мВ), происходит инактивация (раскрытие) быстрых натриевых каналов клеточной мембраны и ионы  $\text{Na}^+$  стремительно поступают внутрь клетки.

Это приводит к **локальной деполяризации** и реверсии заряда мембраны, при этом на ее внутренней поверхности регистрируется слабый положительный потенциал (+20-30 мВ), а на наружной поверхности – слабый отрицательный потенциал (-20-30 мВ).  
Развивается **потенциал действия**

# Вызванный потенциал действия нервной клетки



На пике реверсии заряда мембраны происходит постепенное восстановление активности (закрытие) натриевых каналов и прекращается быстрое поступление  $\text{Na}^+$  в клетку, начинается фаза реполяризация клетки.

I быстрый этап фазы реполяризации обусловлен инактивацией (раскрытием) калиевых каналов и выходом  $\text{K}^+$  из клетки по градиенту концентрации, а дальнейшее частичное восстановление калиевых ворот приводит к уменьшению скорости реполяризация.

**II медленный этап** фазы реполяризации связан с активацией  $K^+$ - $Na^+$  насоса, который в электрогенном режиме на каждый такт своей работы вводит в клетку 2 иона  $K^+$  и выводит из клетки 3 иона  $Na^+$ .

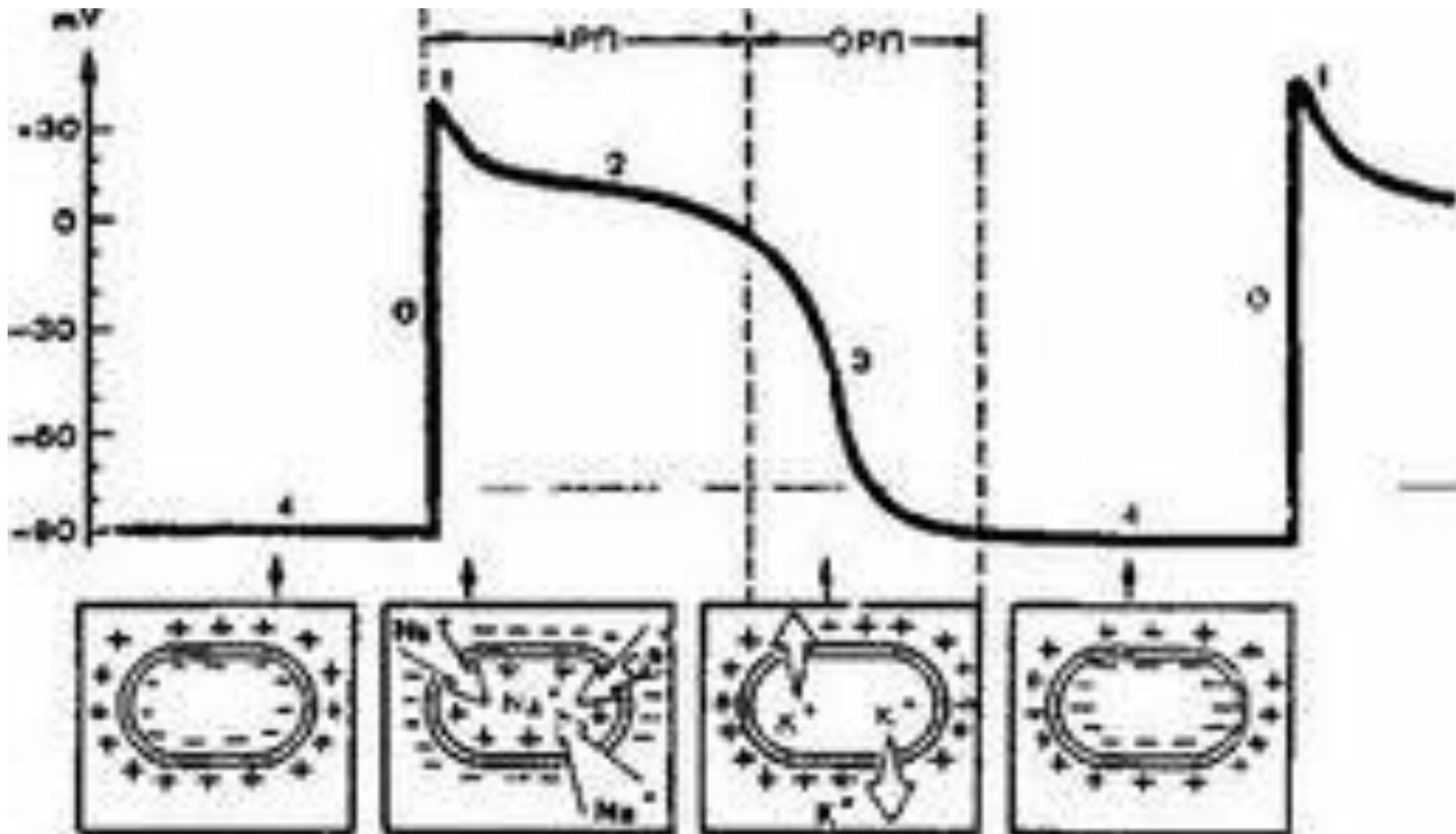
**Потенциал действия**, состоящий из фазы деполяризации и фазы реполяризации, завершается восстановлением исходной концентрации ионов на полупроницаемых мембранах нервных и мышечных клеток.

# РЕФРАКТЕРНЫЕ ФАЗЫ

Во время потенциала действия отмечаются фазовые изменения возбудимости клетки. В фазе деполяризации и на начальных этапах фазы реполяризации клетка не отвечает на повторное электрическое раздражение, независимо от его силы. Этот период, запрещенный для повторного возбуждения, носит название -

*абсолютной рефрактерной фазы  
(АРФ).*

# Фазы потенциала действия нервного волокна



Затем происходит постепенное восстановление возбудимости клетки до исходного состояния, в этот период внешний раздражитель может вызвать возбуждение (генерацию нового потенциала действия), но для этого его мощность раздражителя (амплитуда импульса тока) должна быть намного больше пороговой.

Этот период пониженной возбудимости называют ***относительной рефрактерной фазой (ОРФ)***.

В основе явления рефрактерности лежат процессы инактивации натриевых каналов клеточной мембраны и восстановления их активности.

# Проведение возбуждения

Локальная деполяризация распространяется лавинообразно вдоль мембраны нервного или мышечного волокна, возбуждение проводится по **афферентным нервным волокнам в структуры ЦНС**, а по **эфферентным нервным волокнам в мишеневые органы и ткани**, в частности в **скелетные мышцы**.

Наиболее чувствительны к воздействию импульсных токов *тактильные рецепторы* покровов тела, *проприоцепторы* мышц, сухожилий, суставов.

Возбуждение поступает в задние рога спинного мозга, проводится по восходящим путям заднего столба белого вещества спинного мозга (лемнисковая система), достигает **продолговатого мозга, таламуса, соматосенсорных зон коры головного мозга.**

# Центральные эффекты

Электрическая стимуляция структур таламуса и гипоталамической области приводит к понижению активности центральных адренергических структур и повышению парасимпатической активности гипоталамуса, что проявляется брадикардией, замедлением и углублением дыхательных движений, умеренным понижением тонуса артериол и артерий мышечного типа, уменьшением периферического сосудистого сопротивления, ликвидацией спазмов сосудов и гладкой мускулатуры внутренних органов.

Усиливается выработка некоторых нейропептидов, в частности эндорфинов в ядрах лимбической системы ЦНС. Усиливается электрическая активность в участках соматосенсорных зон коры головного мозга, соответствующих локализации воздействия импульсным током. При болевом синдроме *новая электрофизиологическая доминанта* в соматосенсорной зоне коры головного мозга подавляет *патологическую доминанту боли*.

# Мышечное сокращение

Импульсный ток возбуждает соматические двигательные эфферентные нервы, что вызывает возбуждение иннервируемых ими скелетных мышц и **мышечные сокращения**. В мышечных волокнах электрический потенциал действия преобразуется в энергозависимый эффект механического сокращения который протекает при участии  $\text{Ca}^{++}$  с потреблением АТФ.

Согласно теории А.Хаксли (1971) биофизика мышечного сокращения базируется на взаимном встречном скольжении нитей сократительных фибриллярных белков – актина и миозина, находящихся внутри миофибриллы.

Единичный сократительный элемент - саркомер состоит из 4 тонких нитей актина между которыми расположена толстая нить миозина. Концы актиновых нитей попарно прикреплены к oppositно расположенным Z-мембранам, ограничивающим саркомер.

Длина саркомера около 2-2.5 мкм.  
Взаимное скольжение нитей  
сократительных белков, которое  
приводит к уменьшению линейных  
размеров саркомера, достигается за счет  
активного неоднократного  
взаимодействия головок поперечных  
мостиков миозина со связывающими  
участками на молекуле актина.

# Основные биотропные параметры НИТ

- **амплитуда импульса**
- **форма импульса**
- **полярность импульса**
- **длительность импульса**
- **частота импульсов**

# Амплитуда импульсов

Амплитуда – основной силовой параметр тока. Если амплитуда импульсов тока превышает порог возбуждения нервных и мышечных волокон, происходит деполяризация (перезарядка) их мембран. Минимальная сила тока, вызывающая деполяризацию наиболее чувствительных волокон данного вида возбудимой ткани называется **реобазой**.

Амплитуда импульсов токов, используемых в физиотерапевтической практике для целей обезболивания, стимуляции кровообращения, оказания противовоспалительного, противоотечного, рассасывающего действия, для электростимуляции нервов и мышц, коррекции фигуры, лечения целлюлита — существенно выше реобазы, она регулируется плавно в диапазоне от 0 до 100 мА.

# Микротоки

Токи с амплитудой импульсов ниже реобазы называются **микротоками**.

Микротоки вызывают ритмическую электрическую поляризацию мембран нервных и мышечных клеток.

Под анодом происходит повышение трансмембранного потенциала покоя, под катодом - понижение трансмембранного потенциала покоя.

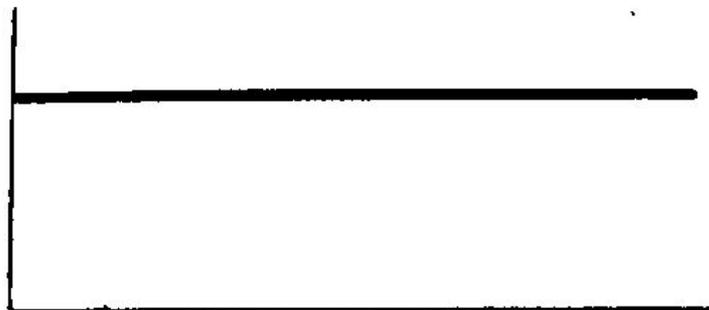
Изменяются биофизические свойства  
клеточных мембран, активность  
мембранно-ассоциированных фермента-  
тивных комплексов, усиливается  
трансмембранный транспорта  
неорганических ионов и органических  
молекул, изменение состояния  
внутриклеточных коллоидов, общее  
повышение клеточного метаболизма.

# Форма импульсов

Форма импульсов тока может быть **прямоугольной, треугольной, экспоненциальной, трапециевидной, полусинусоидальной, биполярной прямоугольной, нейроподобной.**

От формы импульсов зависит сила раздражающего воздействия, характер физиологических и лечебных эффектов тока (закон Э. Дюбуа-Раймона) .

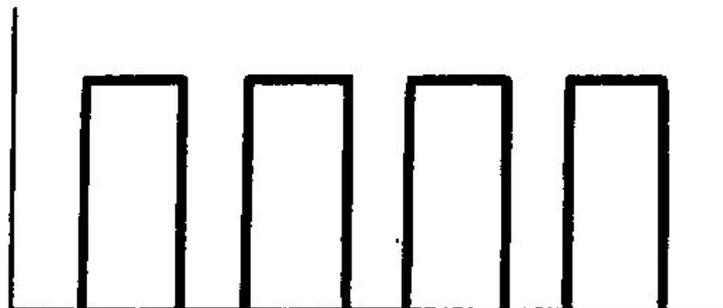
# ФОРМЫ ИМПУЛЬСОВ



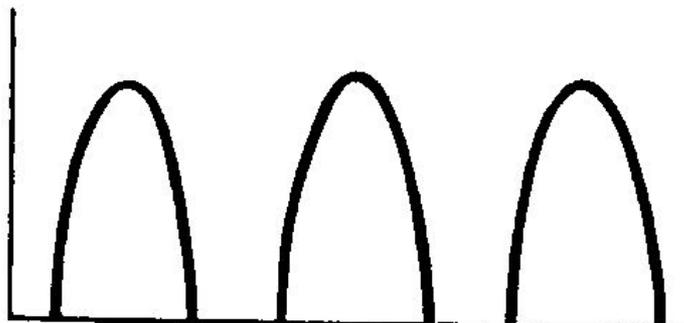
а



б



в



г

# Закон Э. Дюбуа-Раймона

Возбуждающее действие тока связано не только с максимальной амплитудой импульсов, но и со скоростью нарастания амплитуды.

Наибольшим возбуждающим действием обладают импульсы с вертикальным фронтом (прямоугольные, биполярные прямоугольные, нейроподобные).

При медленном нарастании напряжения тока в импульсе (полусинусоидальный, трапециевидный импульс) развивается аккомодация электрических свойств мембран вследствие повышения их электрической ёмкости как импровизированных конденсаторов, а также вследствие инактивации натриевых каналов. Повышается критический уровень деполяризации возбудимых клеток, понижается раздражающее действие тока.

При быстром нарастании напряжения тока в импульсе (передний фронт импульса крутой, практически вертикальный), электрические свойства мембран нервных и мышечных клеток не успевают измениться. Наибольшим возбуждающим действием обладают импульсы токов с крутым, вертикальным передним фронтом, в частности прямоугольные, биполярные прямоугольные, биполярные ассиметричные (нейроподобные). Такие токи вызывают наиболее быструю и глубокую деполяризацию возбудимых тканей.

# Полярность импульсов

- От полярности импульсов зависит характер раздражающего воздействия тока.
- Импульс может быть **униполярным** (постоянное направление тока) или **биполярным** (переменное направление тока).
- К **униполярным** относятся прямоугольные, треугольные, экспоненциальные, трапецевидные, полусинусоидальные импульсные токи, а **биполярным** – биполярные прямоугольные и биполярные асимметричные (нейроподобные) токи.

Согласно *закону полярного действия импульсных токов Пфлюгера-Бреннера* - при применении **униполярных токов** замыкание цепи тока приводит к первоочередному возбуждению нервов и сокращению мышц под **отрицательным электродом (катодом)**.

При замыкании цепи электрического тока под катодом мышечные фибрилляции возникают при меньших амплитудах импульсов. Поэтому при применении постоянных импульсных токов активным является электрод отрицательной полярности.

При электростимуляции *катод* помещают в области *двигательных точек* нервов и мышц, при лечении болевых синдромов - в области наибольшей болезненности, при лечении воспаления и воспалительной пролиферации – в области патологического очага.

При применении биполярных токов результирующий эффект зависит от формы импульсов.

Если импульсы имеют симметричную форму (прямоугольный биполярный ток), то сила действия закона полярного действия тока Пфлюгера-Бреннера утрачивается, терапевтические электроды становятся равноправными.

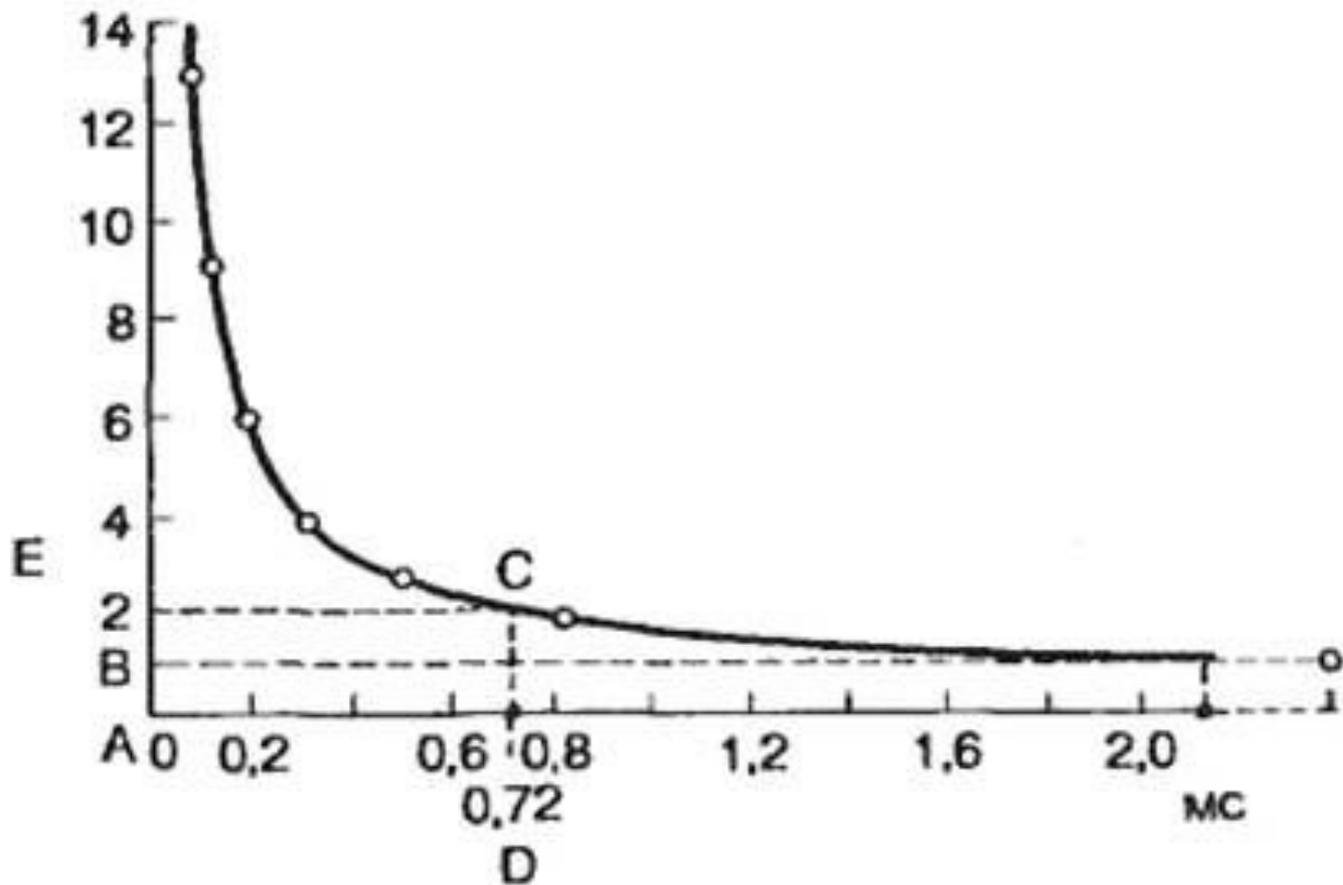
Если импульсы тока ассиметричны и в одной из полярностей импульса имеется высокоамплитудная осцилляция (биполярный ассиметричный или нейроподобный ток), закон полярного действия тока сохраняет силу, несмотря на общую электрическую нейтральность импульсов тока. В этом случае биполярный импульсный ток имеет функциональную полярность, а электроды сохраняют полярные функции катода и анода.

# Длительность импульсов

Длительность импульса тока должна быть достаточной для возбуждения клеток-мишеней. Существует обратно-пропорциональная зависимость между амплитудой импульсов и длительностью импульсов тока в области пороговых (вызывающих деполяризацию) величин этих параметров, которая отображается **кривой сила-длительность**.

С увеличением *амплитуды импульса* выше значения реобазы минимально необходимая *длительность возбуждающего импульса* тока уменьшается по гиперболическому закону. По мере увеличения длительности импульса нарастает его раздражающее действие.

# Кривая сила-длительность



Длительность импульсов измеряется в миллисекундах (мс). Импульсы малой продолжительности (менее 0.01 мс) не вызывают возбуждения нервных и мышечных волокон.

Минимальную продолжительность импульса, вызывающего потенциал действия называют *полезным временем*.

Низкое значение *полезного времени* характерно прежде всего для черепно-мозговых нервов, а также для толстых миелинизированных афферентных и эфферентных периферических нервов, интактных скелетных мышц, высокое значение полезного времени - для гладкой мускулатуры внутренних органов, сосудов, клеток вегетативных нервных узлов и волокон вегетативной нервной системы.

В лечебной практике импульсные токи с малой длительностью импульсов (0.01-0.1 мс) используются для купирования болей различного, в том числе опухолевого происхождения. Лечебный метод, основанный на использовании токов с малой длительностью импульсов, получил название чрескожной электронейростимуляции — правильнее - короткоимпульсная электроанальгезия (КИЭА).

Эти токи избирательно возбуждают наиболее чувствительные толстые миелинизированные тактильные афферентные нервные волокна.

Конечной мишенью такого электроимпульсного воздействия являются спинальные, стволовые, подкорковые и кортикальные структуры ЦНС, а преимущественными лечебными эффектами обезболивающий и спазмолитический.

Отсутствие мышечных сокращений и заметной сосудистой реакции позволяет применять КИЭА с целью обезболивания даже в онкологии для лечения больных на поздних этапах опухолевой болезни без существенного риска усиления метастазирования.

Для электростимуляции поперечнополосатых мышц применяются импульсные токи с продолжительностью импульсов, не менее 0.1-0.5 мс.

Такая продолжительность импульсов существенно превышает полезное время периферических двигательных нейронов с различной лабильностью, интактных скелетных мышц.

С целью повышения эффективности электронейромиостимуляции используется *режим дрейфа длительности импульсов*. Ритмическое изменение длительности импульсов позволяет более эффективно возбуждать нервные и мышечные волокна с различной чувствительностью и избегать развития адаптации к электроимпульсному воздействию.

# Частота импульсов

Частота – кратность импульсов в единицу времени (секунду). Единицей измерения частоты является  $\text{имп} \cdot \text{с}^{-1}$  или традиционная внесистемная единица герц (Гц). Значение частоты  $1 \text{ имп} \cdot \text{с}^{-1}$  (1 Гц) соответствует 1 импульсу в 1 с.

Применяются импульсные токи с низкой частотой (0-1000 имп•с<sup>-1</sup>).

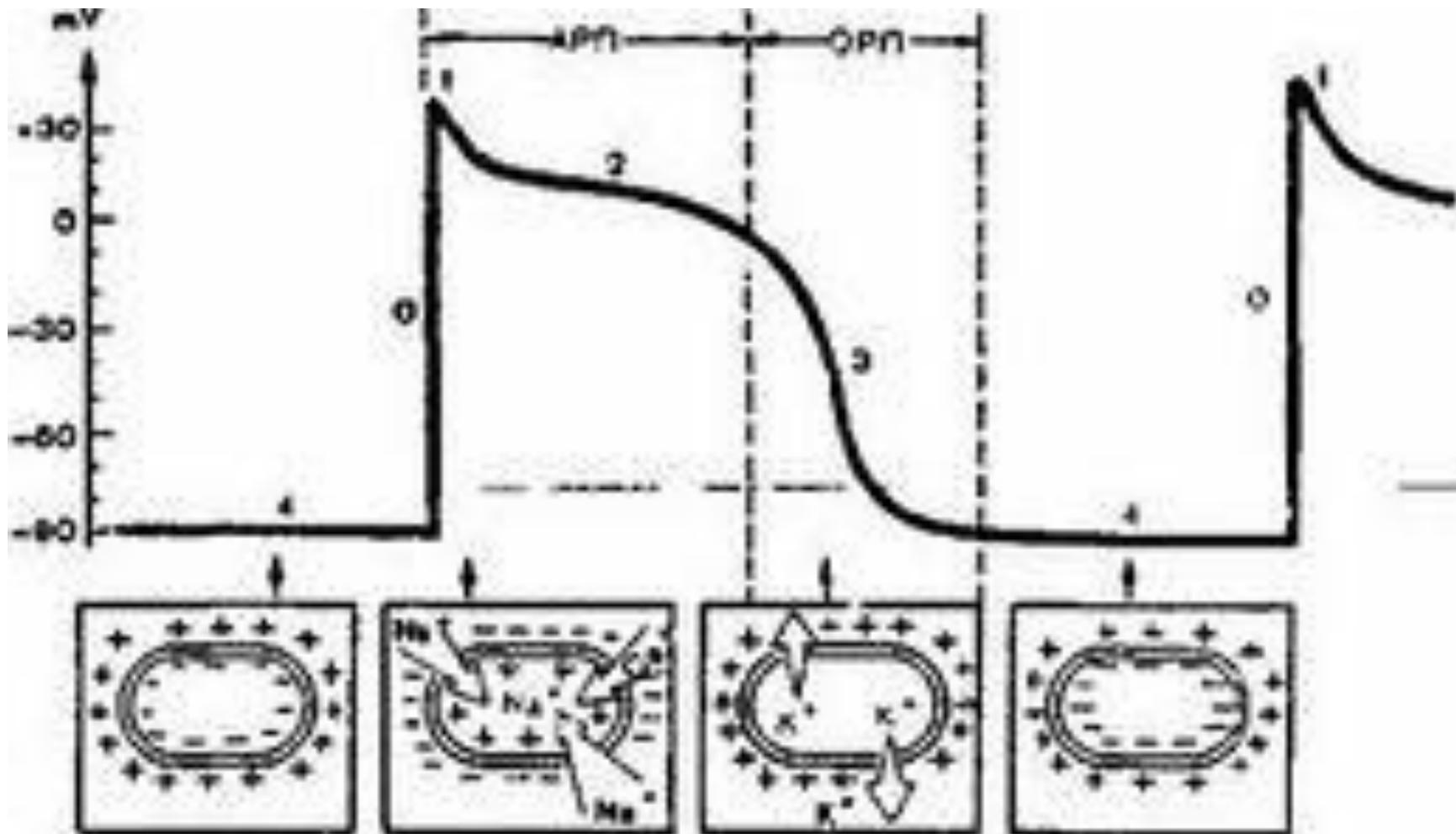
Выбор частоты импульсов зависит от цели электротерапевтического воздействия, методики и электрофизиологических свойств возбудимой ткани, при этом основными критериями выбора являются электрофизиологическая лабильность и частотный оптимум ткани.

# Электрофизиологическая лабильность

Электрофизиологическая лабильность  
(подвижность) возбудимой ткани –  
*максимально возможная частота*  
*генерации спонтанных или*  
*вынужденных (стимулированных)*  
*потенциалов действия.*

Электрофизиологическая лабильность зависит от продолжительности потенциала действия нервного (мышечного) волокна в целом и от длительности абсолютной рефрактерной фазы (АРФ) и относительной рефрактерной фазы (ОРФ) в частности.

# Фазы потенциала действия нервного волокна



Если частота терапевтического тока **превышает** численное значение величины *электрофизиологической лабильности* ткани, то каждый повторный импульс возбуждения приходится на АРФ или ОРФ.

Ожидаемого ответа в виде повторного распространяющегося потенциала действия не происходит. Развивается **парабиоз** возбудимых структур, **пессимум возбуждения** и **блокада проведения** (Н.Е.Введенский)

Парабиоз (Н.Е.Введенский) характеризуется понижением чувствительности возбудимых клеток как к внешним, так и к внутренним воздействиям, а также способности к возбуждению и сокращению мышечных волокон, замедлением проведения по нервным волокнам, понижением тонус гладкомышечных клеток и органов, ликвидацией спазмов сфинктеров и жомов, понижением перистальтики.

Если частота тока **соответствует** величине *электрофизиологической лабильности* ткани, каждый повторный импульс тока приходится на фазу покоя клеточной мембраны.

Ответная реакция нервных и мышечных структур - нормальный потенциал действия.

**Частота импульсного тока применяемого для электротерапии импульсным током не должна быть выше величины электрофизиологической лабильности возбудимой нервной/мышечной ткани.**

Наиболее высокое значение электрофизиологической лабильности имеют черепно-мозговые нервы (более 1000 Гц). Лабильность толстых миелинизированных нервных волокон ( $A\alpha$ ,  $A\beta$ ) составляет сотни Гц, однако при ишемическом, воспалительном, дистрофическом или ином невропатическом повреждении их лабильность понижается пропорционально тяжести повреждения, достигая десятков и даже единиц Гц.

Лабильность тонких миелинизированных и немиелинизированных, в том числе **ноцицептивных и вегетативных** нервных волокон в несколько раз ниже, чем лабильность толстых волокон.

Быстрые фазные волокна интактных скелетных мышц имеют лабильность до 400-500 Гц, а медленные тонические волокна - лишь 50-100 Гц, гладкомышечные клетки внутренних органов – 10-40 Гц.

Лабильность скелетных мышечных волокон значительно понижается при частичной денервации, вызванной невропатией или повреждением периферического нерва, вследствие утраты мышечными волокнами ацетилхолиновых рецепторов.

# Частотный оптимум

Импульсный ток с частотой, соответствующей величине лабильности данной ткани, вызывает мышечные сокращения с неполной амплитудой, так как при этом происходит возбуждение лишь части высоколабильных – «фазных» волокон.

Наиболее мощное мышечное сокращение происходит при применении импульсных токов с частотой, соответствующей так называемому **частотному оптимуму**.

**Частотный оптимум** - окно частот, соответствующее лабильности большей части волокон, составляющей данный вид ткани. Численное значение частотного оптимума как правило в 2-3 раза ниже значения электрофизиологической лабильности ткани.

Импульсные токи с частотами, соответствующими частотному оптимуму фазных волокон скелетных мышц (50-150 имп•с<sup>-1</sup>), вызывают интенсивные мышечные сокращения, выраженное усиление местного артериального, коллатерального кровообращения и микроциркуляции, стимуляцию венозного и лимфатического дренирования тканей.

Активная сократительная деятельность подавляющего большинства как быстрых, так и медленных мышечных волокон приводит к усилению синтеза белков и рабочей гипертрофии миофибрилл.

Поэтому выбор импульсных токов частотного оптимума при электростимуляции мышц оптимален при проведении процедур, направленных на увеличение объема мышц (шейпинг).

При воздействии импульсным током с постоянной частотой происходит постепенная адаптация возбудимых структур, уменьшается ответная реакция нервов и мышц, понижается амплитуда мышечных сокращений.

**Явление адаптации** нервно-мышечных структур при продолжительной электростимуляции обусловлено повышением критического уровня трансмембранного потенциала покоя ограниченного пула двигательных единиц вследствие увеличения электрической ёмкости клеточных мембран.

Для профилактики адаптации применяется **режим дрейфа (девиации) частоты.**

При ритмическом изменении частоты импульсов тока, репертуар двигательных единиц, резонансно реагирующих на электростимуляцию, постоянно изменяется.

Режим дрейфа частоты импульсов применяется для более эффективного воздействия на эфферентные нервы и на скелетные мышечные волокна с различной электрофизиологической лабильностью, а также для профилактики адаптации нервно-мышечных структур к импульсному току.

# Физиологические и лечебные эффекты НИТ

- седативный
- гипотензивный
- общий антиспастический
- брадикардический
- обезболивающий
- нейромистимулирующий
- сосудорасширяющий
- противовоспалительный
- резорбтивный
- трофический
- спазмолитический
- ганглиолитический

Импульсные токи дают седативный, гипотензивный эффект и понижают частоту сердечных сокращений практически при любой локализации воздействия, однако эти эффекты НИТ наиболее выражены при проведении лечебных процедур на рефлексогенные зоны в области шейных и верхних грудных сегментов тела (воротниковая зона), а также на голову по транскраниальным методикам и на зоны афферентной иннервации тройничного нерва.

# Седативное действие НИТ

Наиболее выраженное седативное действие имеет место при транскраниальном воздействии по глазнично-затылочной или лобно-затылочной методикам (электросон, ТЭС).

Клинические признаки - уменьшение аффективной слабости, лабильности аффекта, возбудимости, улучшение ночного сна, аппетита отмечаются уже после единичных процедур, а при проведении курса процедур усиливаются и стабилизируются.

Седативное действие НИТ обусловлено:

- повышением синтеза эндорфинов в ЦНС
- рефлекторным воздействием по каналу тройничного нерва на ядра гипоталамуса
- торможением проведения активирующей информации по волокнам ретикулярной формации среднего и промежуточного мозга.

# Гипотензивное действие НИТ

При воздействии НИТ по транскраниальным и по рефлексорным методикам у большинства пациентов происходит понижение систолического и диастолического артериального давления на 5-15 мм р.с. Гипотензивные реакции развиваются у лиц с нормальным уровнем давления и с транзиторной артериальной гипертонией при исходно повышенной центральной адренергической активности.

При воздействии на зоны иннервации тройничного нерва (электросон, ТЭС) или или другие рефлексогенные зоны импульсные токи понижают адренергическую активность гипоталамуса и повышают его парасимпатическую регулирующую активность на механизмы общей гемодинамики.

Уменьшение центральных адренергических влияний приводит к понижению тонуса артериол и артерий мышечного типа, ликвидации спазмов сосудов, понижению общего периферического сосудистого сопротивления (ОПСС) и постнагрузки на миокард.

Парасимпатическая перестройка центральных механизмов регуляции общей гемодинамики вызывает брадикардию и уменьшению минутного объема кровообращения (МОК). Одновременное понижение ОПСС и МОК обуславливает артериальный гипотензивный эффект.

# Антиспастический эффект

Понижение центральной адренергической активности при применении НИТ по транскраниальным и по рефлекторным методикам приводит к понижению тонуса не только периферических сосудов, но и гладкой мускулатуры внутренних органов, снимаются спазмы сфинктеров и жомов желудочно-кишечного тракта, желчевыводящих путей, уменьшается частота и амплитуда перистальтических волн. Описанные изменения характеризуются как общий антиспастический эффект НИТ.

# Нейромиостимулирующий эффект

Возбуждение нервных и мышечных волокон, индукция мышечных сокращений является первичным биофизическим феноменом, определяющим все физиологические и лечебные эффекты НИТ.

Нейромиостимулирующий эффект импульсных токов используется для решения частных терапевтических задач при лечении больных с заболеваниями и повреждениями черепно-мозговых и периферических нервов, с заболеваниями и повреждениями опорно-двигательного аппарата, заболеваниями и гипотоническими дискинезиями внутренних органов, а также для понижения избыточной массы тела, профилактики и лечения целлюлита в эстетической медицине.

Применяются методики электростимуляции с индивидуальным подбором параметров дозирования НИТ, при этом критически важными параметрами являются частота, продолжительность и форма импульсов. При выборе частоты тока следует руководствоваться представлениями о частотном оптимуме данного вида возбудимой ткани при ее состоянии в текущий момент.

Благодарю за внимание

