



# МЕДИЦИНСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ПЛОВДИВ

## ФАКУЛТЕТ „Фармация“

### ЦЕНТЪР ЗА ДИСТАНЦИОННО ОБУЧЕНИЕ

## **Лекция №7 *Медицинска физика***

**Електро-диагностична медицинска апаратура** - функции, принципи на действие и основни компоненти (устройства за получаване, измерване, съхраняване, обработка и анализ на информация). Биотелеметрични и мониторинжни системи в медицината - основни функции, видове и принципи на действие. Магнитно поле - същност, източници и количествени характеристики (магнитна индукция и интензитет). Електромагнитно поле и вълни - същност, източници, енергия, скорост на разпространение и спектър. Биологични ефекти и медицински приложения на електромагнитни полета с ултразвукова честота (дарсонвализация), висока честота (индуктотермия), ултрависока честота (ултракъсовълнова терапия) и свръхвисока честота (микровълнова терапия).

**проф. Константин Балашев, д.х.н.**

# МЕДИЦИНСКИ ПРИЛОЖЕНИЯ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ТОКОВЕ

## Терапевтични и диагностични приложения на ПОСТОЯННИЯ ТОК



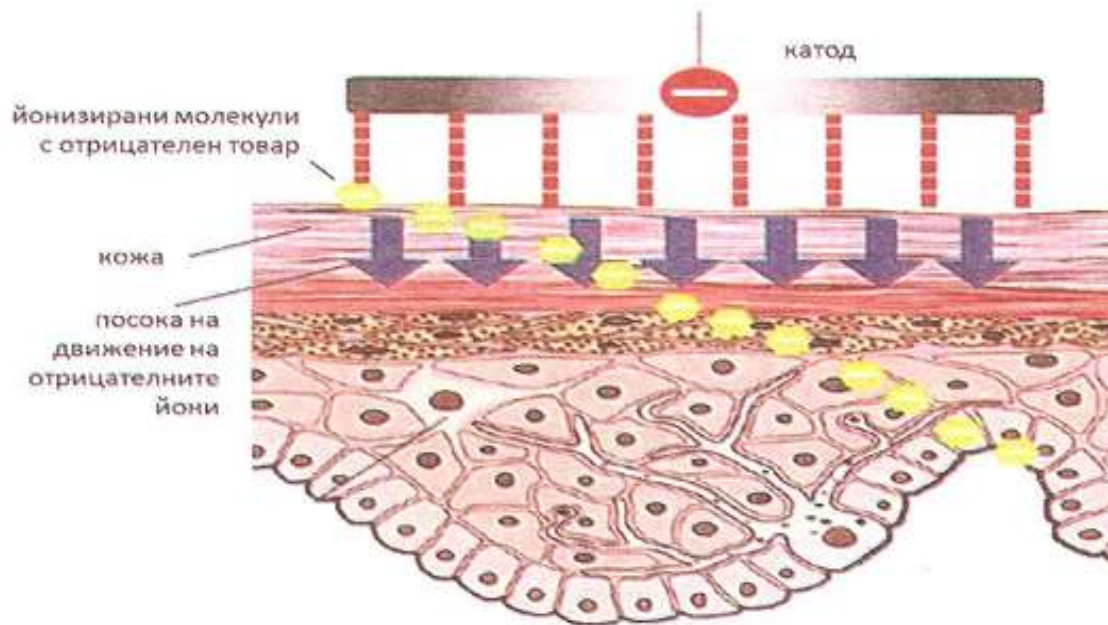
**Галванизацията** е метод на електролечение, при който през тялото на пациента се пропуска постоянен електрически ток. Обикновено, с помощта на листови метални електроди, обвити с тампони, намокрени с физиологичен разтвор, към даден участък от тялото се прилага напрежение 30-80 V. Площта на тези електроди и силата на преминаващия ток (до 50 mA) трябва да са такива, че плътността на тока да не надвишава  $0,2 \text{ mA/cm}^2$  (за кърмачета още по-ниска -  $0,02 \text{ mA/cm}^2$ , а за подрастващи деца - до  $0,1 \text{ mA/cm}^2$ ). Използват се и течни електроди във вид на вани, в които се потапят крайниците на пациента.

При методиките на т.нар. *стабилна галванизация* електродите са фиксирани към тялото и токът протича непрекъснато. Прилага се и *ритмична галванизация*, при която токът протича ритмично през определени паузи, а също и т. нар. *лабилна галванизация* - токът протича непрекъснато, но единият електрод е подвижен (четка или валяк) и се движи от манипулиращия върху различни участъци от тялото на пациента.

Когато площите на електродите са различни, по-активен е електродът с по-малката площ, тъй като под него протича ток с по-голяма плътност. Поради това усещанията на пациента там са по-интензивни. Продължителността на един галванизационен сеанс обикновено е от 5 до 25 минути.

Протичането на постоянен ток през тъканите предизвиква промени в проницаемостта на клетъчните мембрани и в концентрацията на йоните около тях. В резултат на галванизацията се увеличава лумена на капилярите и проницаемостта на техните стени. Това засилва кръвоснабдяването и трофиката на тъканите, подобрява обмяната на веществата и клетъчния метаболизъм. Въздействието разбира се в голяма степен зависи от силата и плътността на тока.

Установено е, че постоянното и равномерно протичане на постоянен ток понижава възбудимостта. Поради това стабилната галванизация най-често се прилага в случаи на патологично **повишена възбудимост** - при синдроми от най-различно естество (невралгии, неврити), при повишена възбудимост на моторния неврон (мускулни спазми), при вазомоторни разстройства (мигрена и периферни съдови синдроми), при неврози, при заболявания на опорно-двигателния апарат и др. Обратно, ритмичната и лабилната галванизация водят до **подобряване на възбудимостта**. Те могат да се прилагат при хипотрофии и хипотонии на мускулите, при парези и парализи. Трябва да се отбележи обаче, че този тип стимулация с постоянен ток на практика рядко се прилага, тъй като силно отстъпва по ефект на стимулацията с нискочестотни променливи токове.

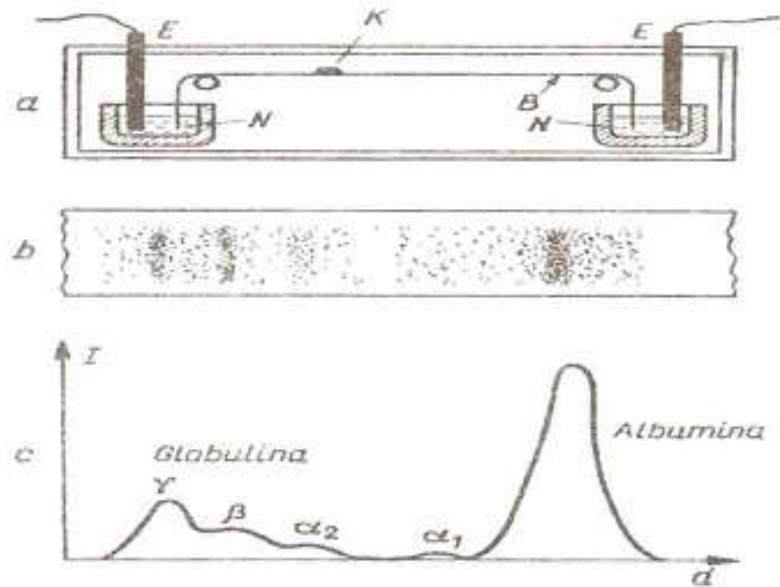


**Йонофорезата (лекарствена електрофореза)** е терапевтичен метод, при който лекарства се въвеждат в организма чрез постоянен електричен ток. Физиологичното и терапевтичното действие на йонофорезата се определят от комбинирания ефект на постоянния ток и фармакологичните свойства на въвежданя чрез него медикамент. Въвеждането се извършва електричното поле през потните и мастни жлези, кръвоносни и лимфни капилляри на кожата или лигавиците. Могат да се въвеждат само такива лекарства, които във водна среда дисоциират на йони (йод, аналгин, пеницилин, тетрациклин, новокаин, лидокаин, нивалин и др.). Използува се апаратура и сила на тока, аналогични на тези при галванизацията.

Фармакологичният ефект при йонофорезата може да се упражни непосредствено върху въздействия участък, но също така и чрез кръвообръщението или по нервно-рефлекторен път, което може да повлияе различни нива на централната нервна система.

Показанията за лекарствена електрофореза са твърде широки - при болкови синдроми, дегенеративни ставни процеси, парализи, парези, хипертрофични съединително-тъканни процеси (цикатрикси), посттравматични отоци на меките тъкани и др. Тя се прилага и за въздействия върху по-отдалечени рефлекторни реакции, например при менструални разстройства у жените и импотентност при мъжете, мигрени, неврастении, исхемична болест на сърцето, бронхиална астма и други алергични състояния.

Електрофоретичният начин на въвеждане на лекарства в организма има важни предимства пред останалите (per os, инжекционен, инхалационен). Той дава възможност при интактна кожа да се осъществява локално въздействие върху патологичното огнище като създава в него висока концентрация на лекарството. Това намалява значително възможностите за странично действие на медикамента. При този начин се използват по-малки количества от лекарството (10 пъти по-ниски дози оказват същия терапевтичен ефект). Обезпечава се по-продължително въздействие, тъй като въведените лекарствени йони се депонират под кожата, от където постепенно проникват в кръвта и по такъв начин въздействат по-дълго време - от няколко часа до няколко дни.



Диагностична електрофореза. Поради различния повърхностен електричен товар на различните макромолекули, скоростта на тяхното движение в постоянно електрическо поле ще бъде различна. Следователно, за един и същ период от време те ще се придвижат на различни разстояния. На тази база е създаден и широко се използва електрофоретичен метод за разделяне на отделните фракции на белтъците в кръвната плазма. Чрез него се получава т.нар. белтъчен профил на плазмата, който има важно диагностично значение.



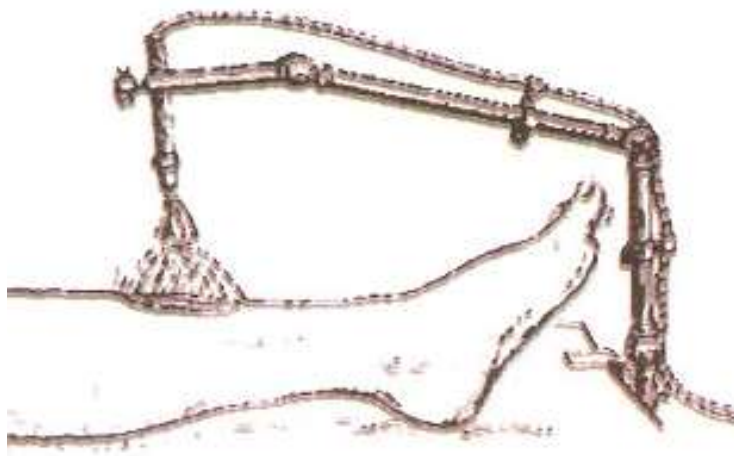


**Франклинизацията** представлява лечебен метод, при който организмът на болния или отделни участъци от тялото му се подлагат на безконтактно въздействие с постоянно електрическо поле с висок интензитет (10 - 50 kV напрежение и 0,5 mA ток). Полето се създава между два електрода - плосък анод и катод във вид на набор от остриета. Под влияние на полето в тъканите се извършва поляризация на молекулите и движение на йоните. Освен това, в близост до катода се създават и отрицателни аеройони, които дразнят слизестите обвивки на горните дихателни пътища и по сложен нервно-рефлекторен път предизвикват реакция на съдовата мрежа





Общата франклинизация оказва седативно и десенсибилизиращо действие, способства за спадане на артериалното налягане. Под действие на отрицателните аеройони намалява умствената и физическа умора, повишава се тонусът на съдовете и се забавя пулса. При местна (локална) франклинизация вследствие активирането на обменно- трофичните процеси в тъканите се ускорява изчистването на раните от гной и тяхното зарастване.



### **Аероелектрофореза (Аеройонофореза).**

Посредством процедурата за местна франклинизация (с постоянно електрическо поле с висок интензитет) може да се вкарват безконтактно лекарствени йони в тялото на болния. На повърхността на кожата се накупва разтвор на лекарството и катода на апарата се поставя над участъка на разстояние 5 -10 cm. При напрежение 20 - 40 kV продължителността на процедурата е 20 - 25 min.

**Аеройнотерапия.** При протичането на електричен ток във въздуха се създават аеройони. Аеройоните всъщност са съвкупност от всякакви газови йони, получени във въздуха вследствие протичането на електричен ток през него (азотни, кислородни и пр.). Разделят се на: леки (съставени са от единични йони, диаметър около 1 Å) и тежки (състоят се от газов йон и неутрална молекула или частица, диаметър от 1 µ до 0,01 mm).

Установено е, че тежките аеройони действат вредно на човешкия организъм, а леките, отрицателните, оказват положително въздействие.

Изследвания показват, че мрачни и меланхолични хора, склонни към депресия и хипохондрия, в присъствие на отрицателни аеройони променят настроението си към бодро и оптимистично. Обратно, присъствието на положителни йони във въздуха засилва оплакванията им. Установено е, че леките отрицателни йони повишават работоспособността и ускоряват реакцията на звукови и зрителни дразнители.

Как аеройоните осъществяват своите ефекти върху организма все още не е напълно ясно. Предполага се, че по някакъв начин влияят върху невромедиаторите (вещества, които участват в провеждането на нервните импулси и по същество обуславят в голяма степен работоспособността и психическото състояние на организма). Такива са адреналинът (хормон на страха и бягството), норадреналинът (обуславящ агресивното настроение и гнева), серотонинът (важен стимулатор на оптимистичното начало в мисленето), допаминът и др. Засега е установено че йонизацията на въздуха силно повлиява концентрацията на серотонин в мозъка - положителните йони я намаляват, а отрицателните - повишават. Леките отрицателни аеройони въздействат върху дихателния тракт и някои други процеси в организма и се използват за лечение на някои заболявания (например астма).

## Биологични ефекти на синусовия променлив ток

Прилагането на променливо електрическо поле върху организма предизвиква протичането на променливи електрически токове през неговите тъкани. Ефектите на променливия ток са по-сериозни от тези на постоянния. Най-чувствителни за увреждане са мозъка, нервните центрове, контролиращи дишането дихателните мускули и сърцето.

Както при постоянния ток биологичните ефекти на променливия ток силно зависят от неговата **плътност**. Но за разлика от постоянния ток, променливият има още и **честота**, която също в голяма степен определи физиологичното му действие.

За най-често използваните в медицинската практика променливи токове е прието едно условно разделяне в следните честотни диапазони:

### честотен диапазон

### биологичен ефект

ниски честоти (НЧ)

0 Hz - 20 Hz

възбуждане

звукови честоти (ЗЧ)

20 Hz - 20 kHz

възбуждане

ултразвукови честоти (УЗЧ)

20 kHz - 300 kHz

възбуждане и отделяне на топлина

високи честоти (ВЧ)

300 kHz - 30 MHz

отделяне на топлина

ултрависоки честоти (УВЧ)

30 MHz - 300 MHz

отделяне на топлина

свръхвисоки честоти (СВЧ)

300 MHz - 3 GHz

В таблицата са показани двата основни ефекта, които зависят от честотата - **възбуждане** и **отделяне на топлина**. Дразненето (възбуждането) на клетките, което променливият ток предизвиква, се дължи на промени в йонната концентрация около клетъчните мембрани. Мембраните на възбудените клетки нормално са поляризирани. Вследствие движението на йоните в една или друга посока, те могат да се деполяризират и да се генерира акционен потенциал, т.е. клетката да се възбуди. Възбуждащото действие на променливия ток зависи и от плътността на протичащите токове. При по-високи честоти, поради инертността на йоните, пътят който те изминават под действието на приложеното напрежение, намалява. При много висока честоти йоните практически само вибрират на едно място без да се преместват в пространството. Затова, с увеличаване на честотата, промените в трансмембранната йонна концентрация постепенно намаляват и дразнещият (възбуждащ) ефект на променливите токове постепенно преминава в топлинен.

При *ниски, звукови и ултразвукови* честоти (т.е. до около 300 kHz) променливият ток предизвиква възбуждане на двигателните нерви и контракция на мускулите. Това е обусловено от периодичното преместване на йони, и в резултат - на промяната на трансмембранните им концентрации. Токове с такива честоти се използват предимно за електростимулация на мускулите. Възбуждащото действие на променливия ток с такива честоти зависи и от силата на тока.

Най-малката сила на тока, чието дразнещо действие се усеща, се нарича *праг на осезаемия ток*. При увеличаване силата на тока над този праг може да се предизвика такава контракция на мускулите, която човек да не може самостоятелно и волево да преодолее. Минималната сила на този ток се нарича *праг на неотпускащия ток*. Токове със сила между прага на осезаемия ток и прага на неотпускащия ток се наричат *отпускащи токове*.



Променливият ток в електрическата мрежа с честота  $50 \text{ Hz}$  може да бъде смъртоносен. Всяка негова промяна стимулира нервните и мускулни клетки, а това предизвиква принудителни спазми 50 пъти в секунда променливи токове с честоти до  $1 \text{ kHz}$  безопасната сила е около  $10 \text{ mA}$ . Токове със сила между  $25$  и  $80 \text{ mA}$  могат да доведат до обратимо спиране на сърцето, а над  $1 \text{ A}$  последиците са необратими. Смъртта обикновено се причинява от спиране на сърдечната дейност, задушаване в резултат на спазъм на дихателните мускули или тежки изгаряния.

С увеличаване на честотата ефектът на възбуждане постепенно намалява и преминава в топлинен. При честоти над 300 kHz (*високи, ултрависоки и свръхвисоки честоти*) поради по-бързата смяна на посоката на електрическото поле и поради инертността на йоните, амплитудата на тяхното движение намалява и става съизмерима с тази на топлинното движение. При високи честоти йоните практически само вибрират на едно място без да се преместват в пространството, при което част от енергията се трансформира в топлина.

Затова основният ефект на токовете с такива честоти е отделянето на топлина. Топлинното действие се дължи не само на предизвиканите високочестотни трептения на йони, но и на преориентиране на съществуващи диполни молекули в тъканите (например тези на водата). Освен това тези полета в някои случаи могат и да поляризират неполярни молекули на веществото (т.е. да ги трансформират в електрически диполи). Съществуващите и индуцирани диполни молекули се въртят около оста си - полето периодично ги преориентира в синхрон със собствената си честота. По такъв начин голяма част от енергията на електрическото поле се трансформира в топлина.

## Терапия със синусов променлив ток

В медицината за терапия се прилагат както *възбуждащия*, така и *топлинния ефект* на променливите токове. Възбуждането на клетките, което променливият ток предизвиква, се дължи на промени в йонната концентрация около клетъчните мембрани. В норма мембраните на възбудимите клетки са поляризирани. Вследствие на движението на йоните в една или друга посока, те могат да се деполяризират и да се генерира акционен потенциал, т.е. клетката да се възбуди.

*При честоти до около 300 kHz (ниски, звукови и ултразвукови честоти)* променливият ток предизвиква **възбуждане** на двигателните нерви и контракция на мускулите. Това е обусловено от периодичното преместване на йони, което променя трансмембранните им концентрации. Токове с такива честоти се използват за **електростимулация** на мускулите. Степента на възбуждащо действие на променливите синусови токове с такива честоти зависи и от плътността на тока.

Най-малката плътност на тока, чието дразнещо действие се усеща, се нарича *праг на осезаемия ток*. Увеличаване над този праг може да предизвика такава контракция на мускулите, която човек не може самостоятелно и волево да преодолее. Минималната плътност на този ток се нарича *праг на неотпускащия ток*. Токове между прага на осезаемия ток и прага на неотпускащия ток се наричат *отпускащи токове*.

*При честоти над 300 kHz (високи, ултрависоки и свръхвисоки честоти)* поради по-бързата смяна на посоката на електрическото поле и поради инертността на йоните, амплитудата на тяхното движение намалява. Йоните само вибрират на едно място без да се преместват в пространството, при което част от енергията на тока се трансформира в топлина. Затова с увеличаване на честотата промените в трансмембранната йонна концентрация постепенно намаляват и възбуждащият ефект на променливите токове постепенно преминава в топлинен. Основният ефект на токовете с такива честоти е отделянето на **топлина**.

Лечебното нагряване с високочестотни токове притежава редица предимства пред традиционното нагряване посредством топлообмен с нагрети тела. При топлообмен, нагряването на вътрешни органи се осъществява през кожата и подкожната мазнина и следователно зависи от тяхната топлопроводимост.

Високочестотното нагряване се извършва директно във вътрешността на организма, т.е. там, където е нужно. Регулирайки мощността на генератора, може да се управлява и степента на топлоотдаване във вътрешните органи. Отделяната топлина зависи от диелектричната проницаемост на тъканите, от тяхното специфично съпротивление и честотата на тока. Нагряването посредством високочестотни токове е по-удобно и поради въздействието на по-голяма дълбочина и възможностите за по-добро дозиране на -даването



Апаратите за електротерапия с променлив ток се състоят от генератор на променливо напрежение, което се прилага *контактно (галванично)* чрез електроди върху пациента.

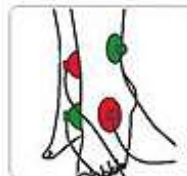
## Синусови модулирани токове

Широко приложение за електротерапия намират синусовите променливи токове със звукова честота. Най-често се използват токове с основна честота 5 kHz, които са модулирани по амплитуда с ниска честота 10-150 Hz. Токовете с такава честота преминават през тъканите без изразено дразнене на кожните рецептори, а амплитудната им модулация оказва *възбуждащо* действие върху нервно- мускулния апарат.

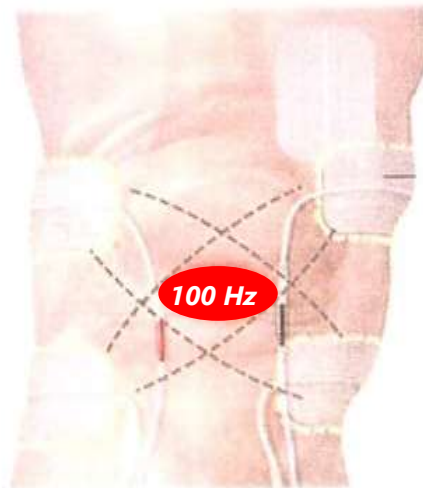
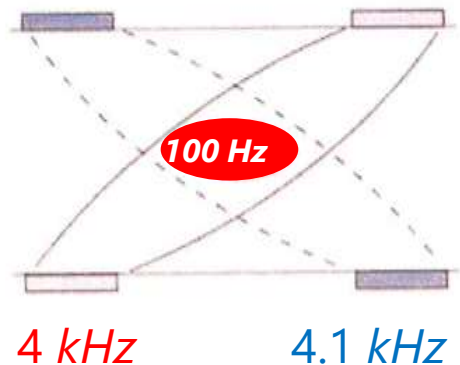
Физиологичният ефект на този вид токове е болкоуспокояващ и трофичен. Когато се прилагат синусови модулирани токове редуващи се с паузи, се осъществява възбуждане на нервно-мускулния апарат и поради това такъв тип токове се използва за електростимулация и електрогимнастика на мускулите.



# Интерферентни токове



Когато областта, на която трябва да се въздейства, е разположена по-дълбоко в тялото, токът преминава и през други тъкани, което предизвиква тяхното дразнене. Затова е разработен *метода на интерферентните токове*. Интерферентен ток в даден участък от тялото се получава в резултат на взаимодействието на два тока със звукова честота и с малка разлика в честотите, които протичат перпендикулярно и се пресичат в този участък.



Например, при интерференцията на токове с честоти **4 kHz** и **4,1 kHz** се получава амплитудно модулиран ток с честота **100 Hz**, равна на разликата между честотите на двата тока. По такъв начин възбуждащият ефект на нискочестотния ток с честота 100 Hz се локализира в определена област във вътрешността на тялото. Освен това, се получава възможност лечението да се провежда със значително по-голяма сила на прилаганите токове, поради по-слабото дразнене на кожните рецептори.

Ниските честоти **до 50 Hz** действат стимулиращо на мускулатурата, а от **50-100 Hz** оказват обезболяващ ефект. Интерферентния ток подобрява периферното кръвообращение, тъканния метаболизъм и отделянето биологичноактивни вещества, което създава противовъзпалителен и аналгетичен ефект. Интерферентния ток стимулира регенерацията на периферните нерви, подобрява функционалното състояние на нервно-мускулния апарат и ускорява зарастването на костите.

# Диатермия



Диатермия се нарича използването за лечебни цели на токове с висока честота (около 1 MHz) и сила на тока - няколко ампера, но с плътност, не надвишаваща  $10 \text{ mA/cm}^2$ . Този ток не оказват дразнещ ефект. Те оказват дълбоко термично действие. Диатермията се нарича още ендотермия, тъй като създава ендогенна (вътрешна) топлина в тъканите. Тъй като най-голямо специфично съпротивление притежават кожата, мазнините и костите, то те се нагряват най-силно. По-слабо нагряване се осъществява в кръвта, лимфата и мускулите

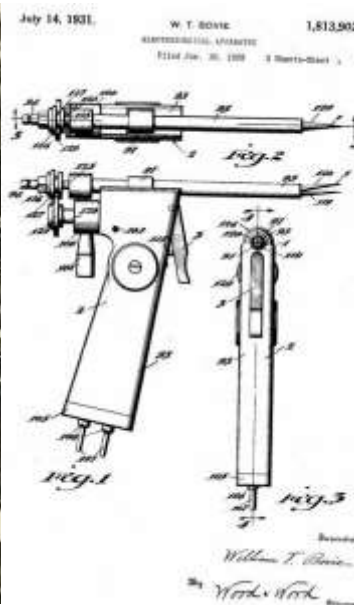


Недостатък на диатермията е, че голямо количество топлина се отделя непродуктивно в слоя кожа и подкожни мазнини. Освен топлинен ефект, диатермичните токове предизвикват увеличаване йонната проникваемост на биомембраните, разширяване на кръвоносните съдове, усилване кръвообращението и обмяната на веществата. Те действат обезболяващо, противовъзпалително, антиспазматично, понижават възбудимостта и проводимостта на нервните влакна. Диатермията се прилага при бъбречни заболявания, артрити, артрози, гастрити, язвена болест и др.

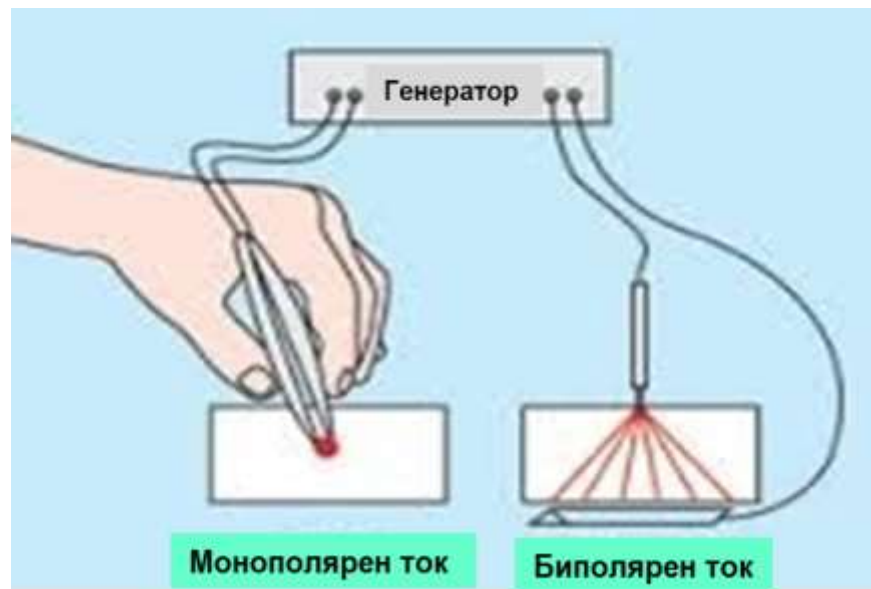
# Електрохирургия



William Bovie  
1882 – 1958

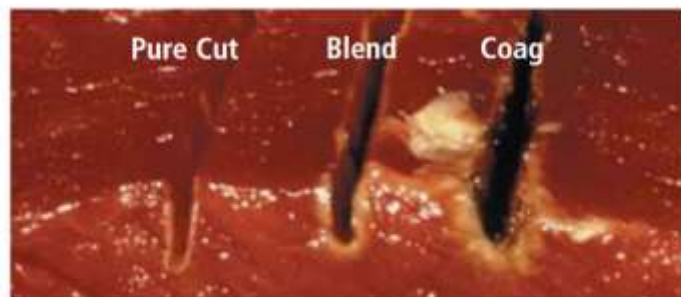
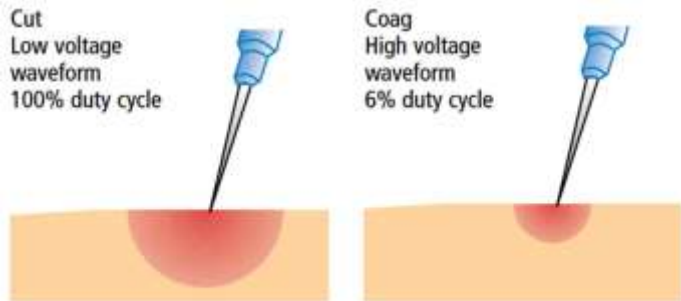


Токове с ултрависока честота се използват за хирургични цели. Първият електрохирургичен апарат е създаден още през 1926 г. от William Bovie. Нервната система на човека е много чувствителна към токовете с ниска честота. Те предизвикват електричен удар, съпроводен с остра болка, мускулни спазми и спиране на сърдечната дейност. Тези ефекти намаляват с увеличаване на честотата, защото възбудането намалява. За сметка на това обаче се увеличава отделената оттока топлина.



Електрохирургичното оборудване най-често работи в честотния диапазон от 200 kHz до 5 MHz. Тези честоти кореспондират с диапазона на средните вълни при радиостанциите. Но електрохирургията не използва свободно разпространяващи се радиовълни, а електричен ток през затворена верига, част от която е човешкото тяло.

Плътноста на тока е мярка за концентрацията на електрическата енергия. По-високата плътност осигурява по-голямо количество отделена топлина. В зависимост от плътността на тока тъканите могат да коагулират (*диатермокоагулация*) или да бъдат разрязвани (*диатермотомия*). При диатермокоагулацията се използва плътност на тока  $0,5-1 \text{ A/cm}^2$ . При диатермотомията плътността на тока е по-голяма - до  $4 \text{ A/cm}^2$ , в резултат на което температурата на тъканта се повишава повече и тя се разрязва.



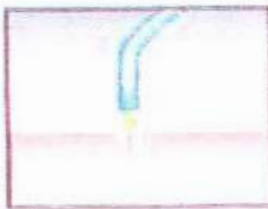
Low ← Thermal Spread/Charring → High  
 Low ← Voltage → High

За рязане се използва непрекъснат синусов ток, който загрява бързо. Бързото загряване коагулира белтъчните молекули, предизвиква възвирание и взривно изпаряване на клетъчната цитоплазма. На макрониво това формира един чист и безкръвен разрез на тъканта. Когато се прилага пулсиращ синусов ток, например амплитудно модулиран, той има по-малко електрическа енергия и оказва по-бавен загряващ ефект. Това предизвиква само коагулация. В зависимост от дълбочината и формата на модулация количеството на отделяната топлина варира. Силно модулирани токове се използват за *хемостаза* (спиране на кръвотечение) и обгаряне на повърхности.



Рязане

4.0 MHz



Гладки микро разрези с незначително странично загряване минимална клетъчна деструкция най-добри козметични резултати и бързо възстановяване за разрези на кожата и биопсия (тъканни проби).

Рязане/коагулиране

4.0 MHz



Рязане с коагулиране кръвоспиране полезен при области с кръвоносни съдове минимално странично загряване и увреждане на тъпаните

Хемостаза

4.0 MHz



Хемостаза с контролирано проникване рязане с максимален хемостазен контрол.

Обгаряне

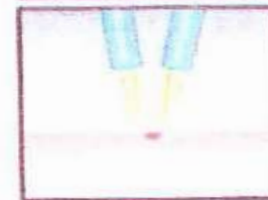
4.0 MHz



Максимална хемостаза умишлено разрушаване на тъканите.

Биполярен

1.7 MHz



Прицелна микрокоагулация минимално овъгляване, некроза на тъканите коагулация в и около мястото на третиране

Силно модулирани токове се използват за хемостаза (спиране на кръвотечение) и обгаряне на повърхности.



Два основни режима на работа се използват при електрохирургията: **монополярен** и **биполярен**. И при двата токът е ултрависокочестотен и тече между два електрода. Разликата е в разположението на тези електроди



При монополярния режим напрежението се прилага между остър електрод (скалпел) и плосък с голяма площ, разположен дистално. При контакт на активния електрод (скалпела) с тъканта в близост до острието протича ток с висока плътност (до  $4 \text{ A/cm}^2$ ), който силно загрява тъканта и тя коагулира или се разрязва. Къ "пасивния" електрод с голяма площ токът вече е с ниска плътност и няма тези разрушителни ефекти.



При биполярния режим активният и пасивен електроди са разположени в непосредствена близост, напрежението обикновено се прилага между металните щипки на операционен форцепс, които всъщност са двата електрода и захващат малко парче тъкан между тях

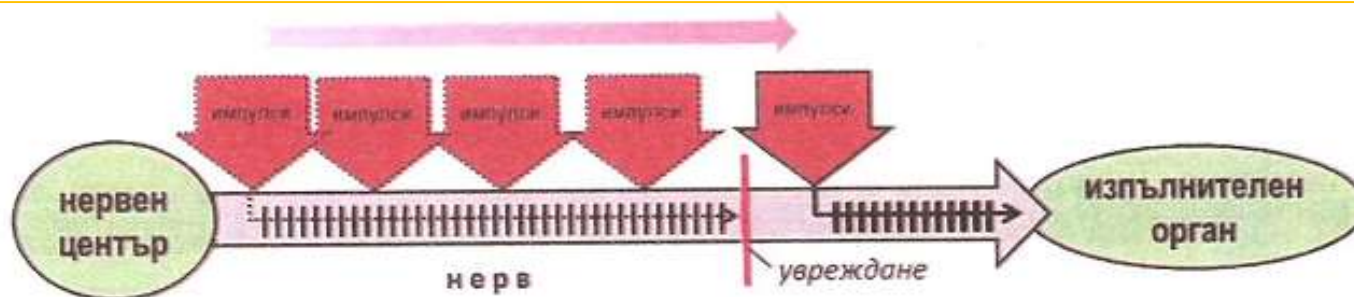
# Медицински приложения на импулсните токове



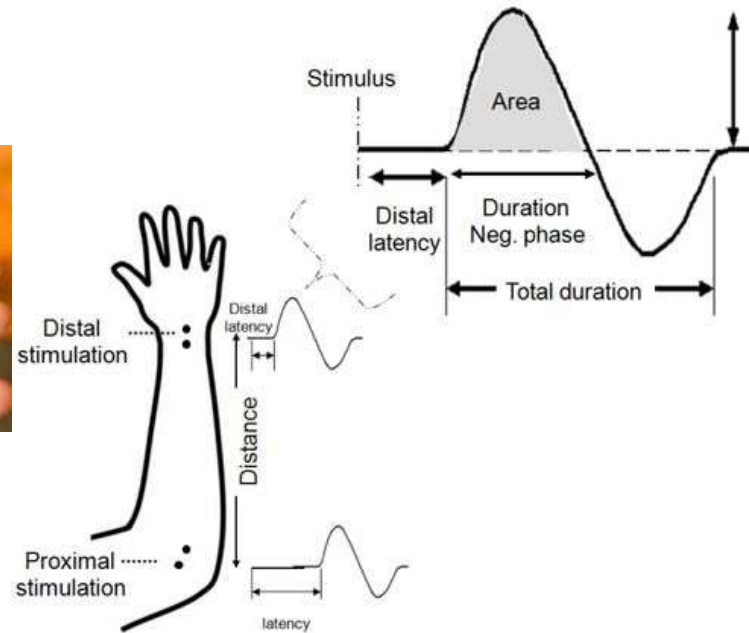
Импулсните променливи токове намират изключително широко приложение в медицината. Те се • з ползват за диагностика, стимулация и управление на физиологични процеси, анестезия и терапия.

# ПРИЛОЖЕНИЯ ЗА ДИАГНОСТИКА

## Изследване на нервната проводимост



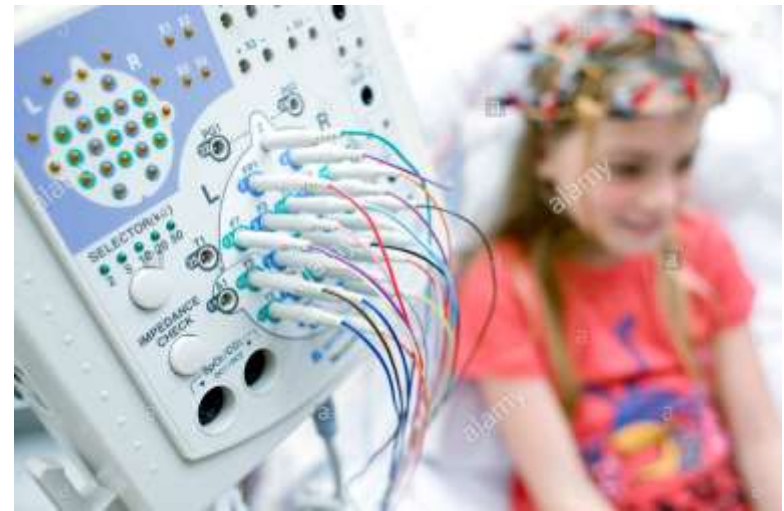
При изследване проводимостта на нервните пътища и/или обусловеното от нея функционално състояние на инервираните от тях структури се използва *възбуждащия* ефект на електрическите импулси. По протежение на изследвания нерв се въздейства последователно с електрически импулси и се регистрира дали има ефект от това дразнене върху инервирания изпълнителен орган (например мускул) и колко силен е този ефект. Така се открива мястото на увреждане.



В много случаи увреждането на нерв намалява неговата проводимост. Скоростта на провеждане на нервните импулси може да се измери като нервът се стимулира с електрически импулс в определена точка и се регистрира времето за преминаване на определено разстояние от точката на стимулация. Типични скорости са 40-50 m/sec. Скорости под 10 m/sec са индикация за проблем. Степента на възстановяване на нервната проводимост при рехабилитационни процедури се следи по подобен начин.



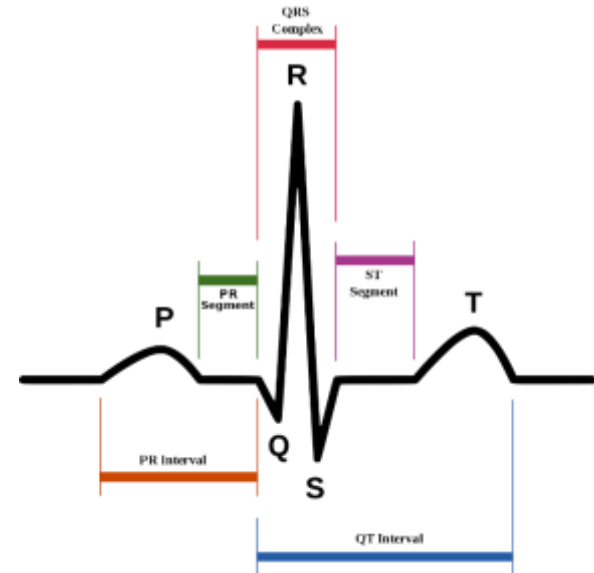
## ***Изследване на генерирани от организма импулсни напрежения***



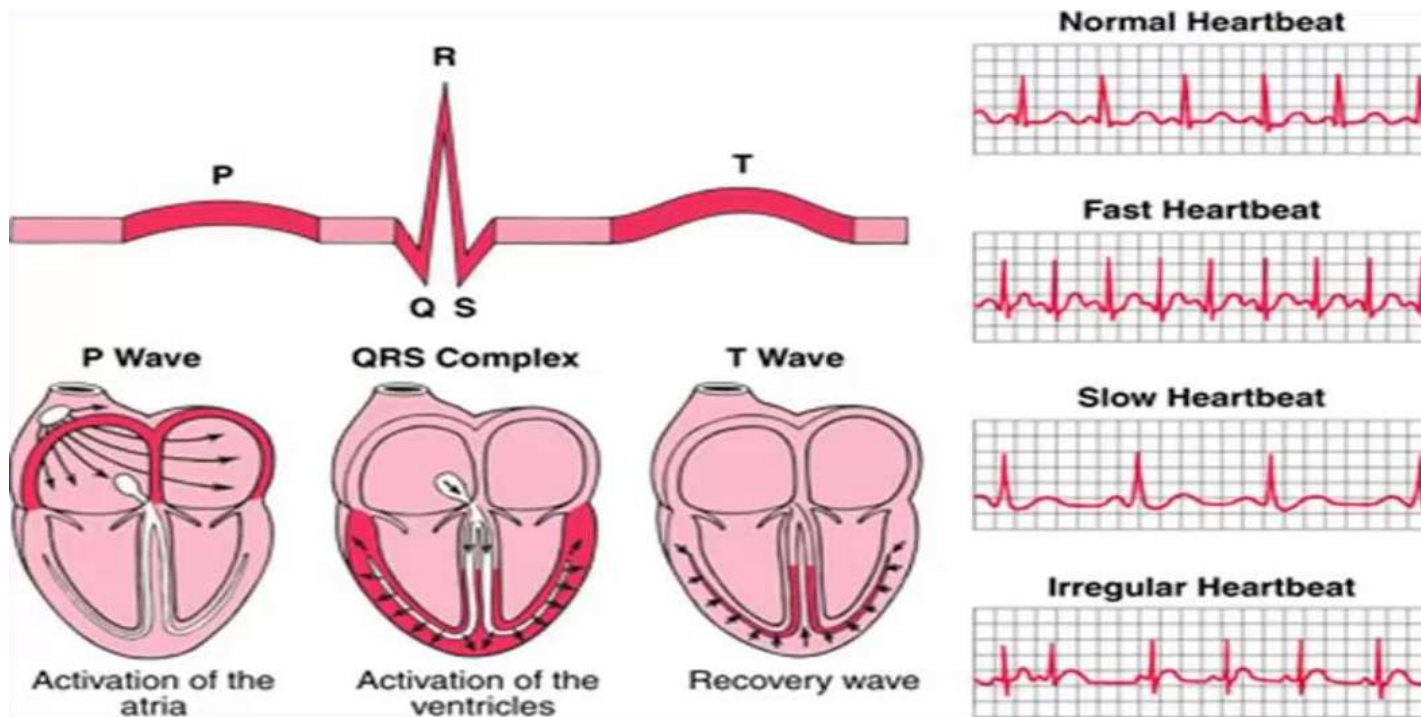
Полезна диагностична информация за състоянието и функционирането на някои органи дава изследването и записването на генерирани от тях импулсни напрежения, например електрокардиография на сърдечните мускули, електроенцефалография на мозъка, електромиография на скелетните мускули и др.



Electrocardiogram (ECG)

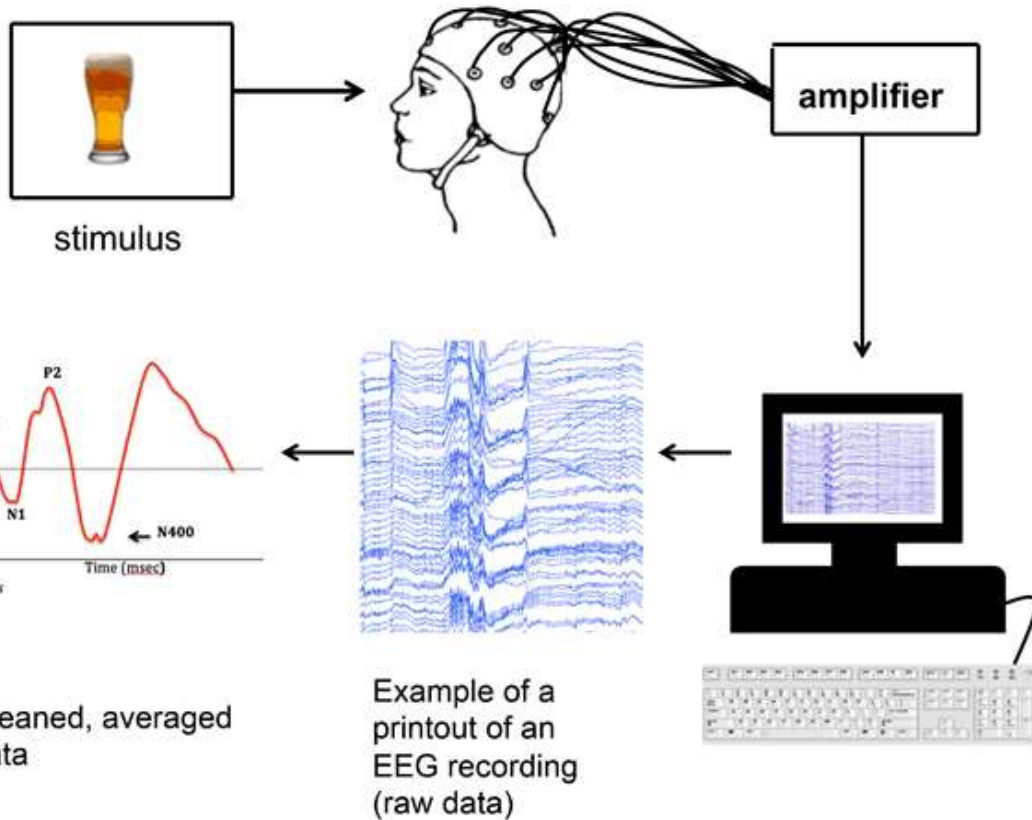


При **електрокардиографията** с помощта на няколко електрода се снемат и записват промени в електричния потенциал на повърхността на тялото, които се дължат на активността на сърдечните мускули. Получената крива, електрокардиограма (ЕКГ), представя последователните фази на сърдечното съкращение.

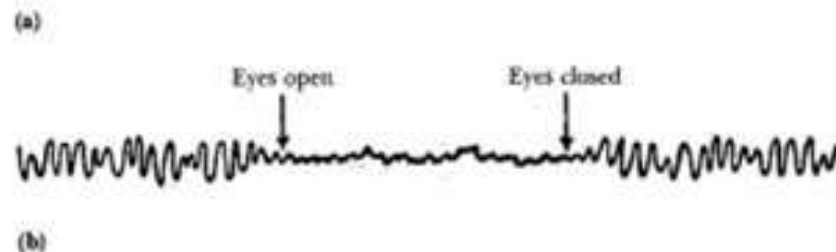
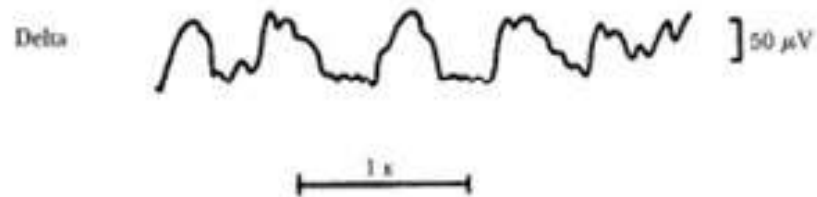
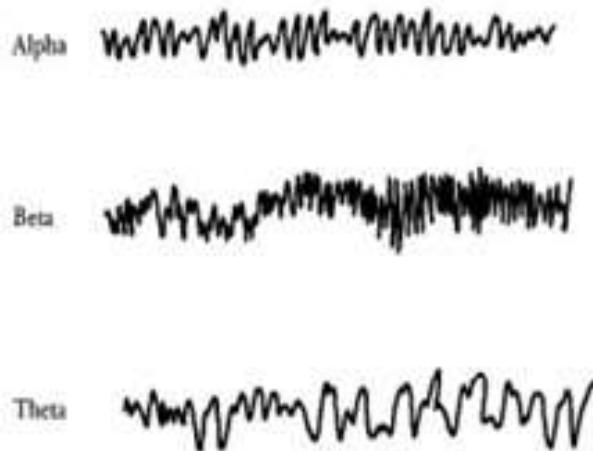


Нормално електрокардиограмата съдържа три характерни участъка, условно маркирани като **P**, **QRS** и **T**. **P** сегментът е къс, с малка амплитуда и е обусловен от контракция на предсърдията. Той е последван от интервал на покой, който дава времето за преминаване на електричните импулси в камерите. Следва бърза **QRS** вълна с голяма амплитуда, която представя съкращението на камерите, а след това бавна, по-слаба **T** вълна, маркираща възстановяването на камерите. Специфични отклонения във формата, амплитудата, поляритета и продължителността на различни сегменти от този **PQRST** комплекс са индикация за различни типове сърдечни патологии. Основно приложение на ЕКГ е в диагностиката на сърдечносъдовите заболявания - миокардит, сърдечен инфаркт, исхемична болест на сърцето и др.

# Електроенцефалография

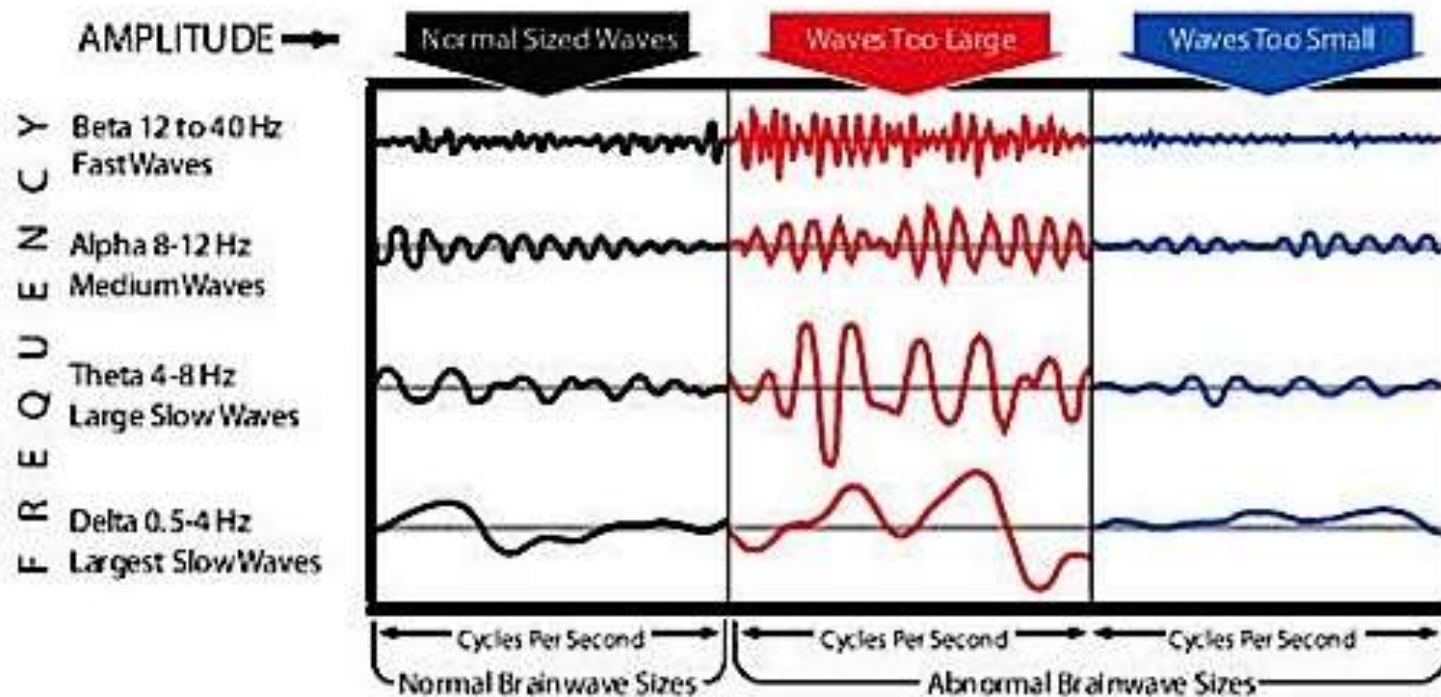


Електроенцефалографията е метод за анализ на електрическата активност на мозъка. С помощта на прикрепени към главата електроди промените в електричните потенциали, генерирани от главния мозък се отвеждат и записват. Тяхната амплитуда е малка (около  $50 \mu\text{V}$ ), а честотата зависи от мозъчната активност. Получената крива се нарича *електроенцефалограма (ЕЕГ)*.

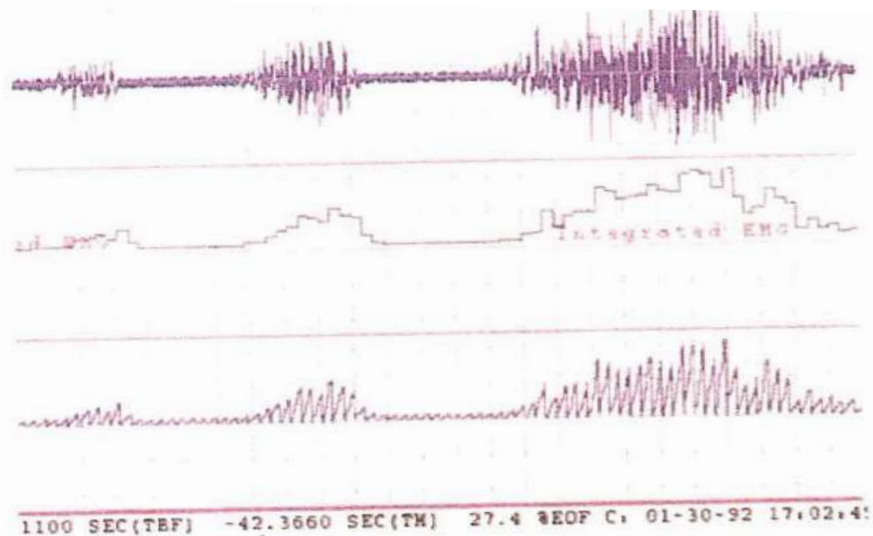


*Електроенцефалограмата* може да съдържа четири типа вълни, различаващи се по честотен диапазон: *бета - бързи* (с честоти от *12 до 30 Hz*), *алфа - по-бавни* (честоти от *8 до 12 Hz*), *тета - умерено бавни* (честоти от *4 до 8 Hz*) и *делта - бавни* (с честоти от *0,5 до 4 Hz*). Бета ритъмът доминира в ЕЕГ при стрес. Алфа вълните са характерни за нормалната активност на мозъка при здрави (психически и физически) индивиди. Присъствието на тета-вълни при възрастните може да е белег за мозъчно увреждане, а при деца - обикновено е сигнал за отключване на емоции. Делта вълните типично се асоциират с дълбокия релаксиращ сън. Може да се забележи, че с намаляване на мозъчната активност амплитудата нараства, а честотата намалява.



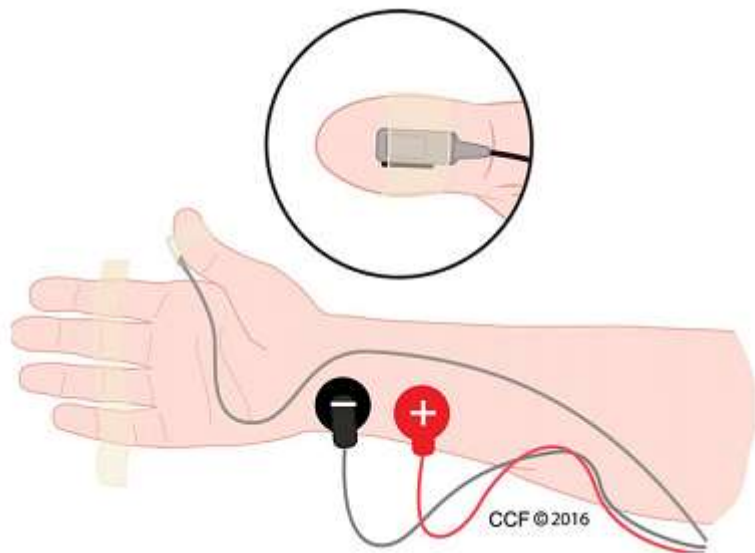


При различни мозъчни заболявания настъпват специфични промени в ЕЕГ. По тях е възможно да диагностицират епилепсия, инсулт, енцефалит, мозъчни тумори (тъй като мозъчната активност в региона тумора е намалена), нарушения в съня, както и да се установи мозъчна смърт (което е важно, когато трябва се вземат органи за трансплантация възможно най-бързо след смъртта). ЕЕГ не се използват за диагностика психиатрични заболявания.



*Електромиографията* е метод за отвеждане и записване на електричните потенциали, възникващи съкращения на напречно-набраздената мускулатура. Електрическата активност се регистрира с помощта иглени електроди, въведени в мускулите. Измерванията се правят при мускулен покой и по време контракции. Полученият запис - електромиограма (ЕМГ) дава сведения за функционалното им състояние. Използва се и за диференциране на мускулни заболявания от заболявания на периферните нерви. Отгов~ на стимулация с електрически импулси позволява да се определи например дали мускулната слабос\* резултат от миозит (възпаление на мускула) или невропатия.

## ПРИЛОЖЕНИЯ ЗА СТИМУЛАЦИЯ



Електростимулацията е основана на *възбуждащото* действие на импулсните токове. Електрическите си се използват за управление, усилване или коригиране функцията на увредени органи. Тя се прилага с когато развиваш, се патологичен процес е предизвикал само функционални, но не и органични гоения. Възможни са няколко варианта.

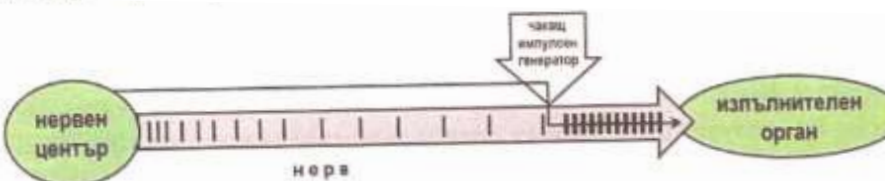




Нервният център не генерира акционни импулси, които управляват изпълнителен орган. В такъв случай те могат да бъдат заместени с електрически импулси, генерирани от външен импулсен генератор. Прилага се външна стимулация, която напълно заменя липсващите управляващи сигнали.

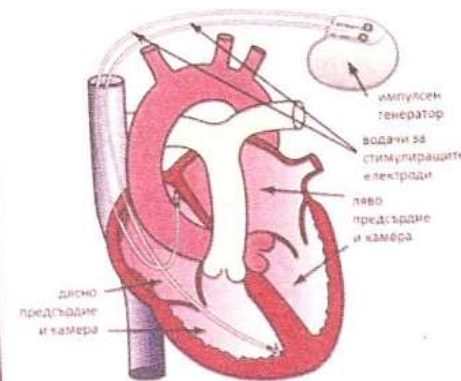
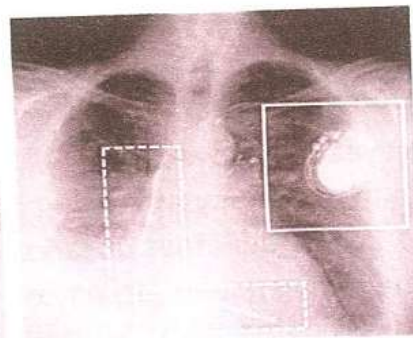


Поради увреждане на нервни влакна не провеждат импулси до управлениния орган. В такъв случай тези акционни потенциали също могат да бъдат заместени с електрически импулси, генерирани от импулсен генератор.

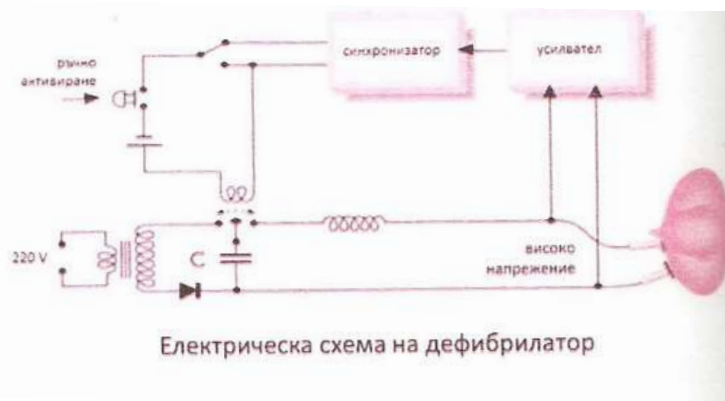
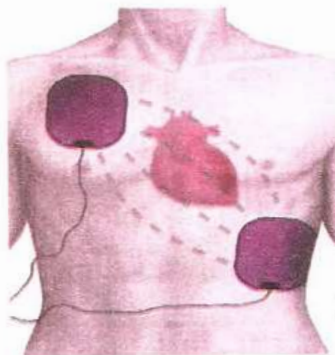


Нервните влакна провеждат управляващите импулси, но с отслабване. В този случай, с помощта на външен чакащ импулсен генератор се прилага синхронизирана стимулация, усилваща слабите сигнали.

*Импулсната електростимулация* се прилага за стимулация на мускулната дейност на някои вътрешни органи: сърце (кардиостимулатори и дефибрилатори за поддържане и възстановяване ритъма на сърдечната дейност), стомашно-чревен тракт (стимулатор на аналния сфинктер), органи от отделителната и гениталната системи и др.



Кардиостимулаторите поддържат ритъма на сърдечната дейност като стимулират сърцето с периодични нискоенергетични правоъгълни импулси (енергия около 20 mJ, амплитуда 1-3 V, продължителност 1 ms и честота 1-1,5 Hz (70-90 импулса в минута)).



Дефибрилаторите при необходимост възстановяват сърдечния ритъм. Върху сърцето се въздейства : мощни електрически импулси (амплитудна сила на тока 20 A, продължителност 0,2 ms и енергия около 200 J).

В резултат на електричен удар или други инциденти, а също и при хирургични интервенции сърцето може да спре или контракциите на сърдечните мускули да станат некоординирани (*фибрилация*). В такива случаи прилагането на шокови къси, но мощни електрични импулси върху сърцето може да спаси живот, тъй като това принуждава сърдечните мускули да започват да се съкращават синхронизирано.



Импулсната електростимулация се прилага и за електрогимнастика на скелетните мускули (импулси : триъгълна форма, продължителност 1 ms, честота 100 Hz или с експоненциална форма, продължителност 3-6- ms, честота 8-80 Hz)

## ПРИЛОЖЕНИЯ ЗА АНЕСТЕЗИЯ

Докато импулсната електродиагностика и електростимулация са основани на възбуждащото действие на електрическите импулси, при *импулсната електроанестезия* се използва обратния им ефект. При определени условия електрическите импулси могат да предизвикват не процеси на възбуждане, а на *задържане*, особено на централната нервна система.

Така например, ако върху главния мозък се въздейства първоначално със силен токов импулс (със сила 120-150 mA), пациентът изпада в състояние на **електрошок**. След това се прилага импулсен ток с големина 60-70 mA и това поддържа състояние на **електроанестезия**, което трае до изключването на тока.

В неврологията и психиатрията често се използва т.нар. **електросън**, при който върху главния мозък на пациента се въздейства със слаби импулсни токове, предизвикващи разлято задържане, което постепенно преминава в обикновен сън. Импулсният ток въздейства непосредствено върху подкоровостволовата област мозъка. За такава цел се използват обикновено правоъгълни импулси с честота от 20 до 250 Hz, напрежение около 30 V и продължителност около 1 ms (максимална сила на протичащия импулсен ток - около 1 mA. Електродите се разполагат контактно: едната двойка върху очите, а втората - в шийната област (*pro mastoidei*).

Електросънят подпомага възстановяването на нарушените невро-хуморални, невро-съдови и невро-ендокринни системи. Нормализират се основните процеси на висшата нервна дейност. Сnižава емоционалното напрежение, увеличава се умствената и физическа работоспособност, понижава артериалното налягане.

# ПРИЛОЖЕНИЯ ЗА ТЕРАПИЯ

## *Нискочестотни периодични импулсни токове*



За терапевтични цели се използват нискочестотни импулсни токове с честоти до 120 Hz. Импулсите честота до 10 Hz влияят *стимулиращо* върху мускулите, с честота от 30 до 60 Hz имат *трениращо* въздействие върху тях, а импулси с честоти от 90 до 120 Hz действат *обезболяващо*. Прилагат се импулси с различна форма и големина, както и пакети от импулси, последвани от паузи. Тези токове са в състояние да предизвикат съкращаване на мускулите при едновременно рефлекторно засилване на кръвообращението и обменно- трофичните процеси. Нискочестотните импулсни токове се използват за стимулация на мускули, за възстановяване на перисталтиката на стомашно-чревния тракт, за подобряване трофиката след хирургични интервенции и пр.



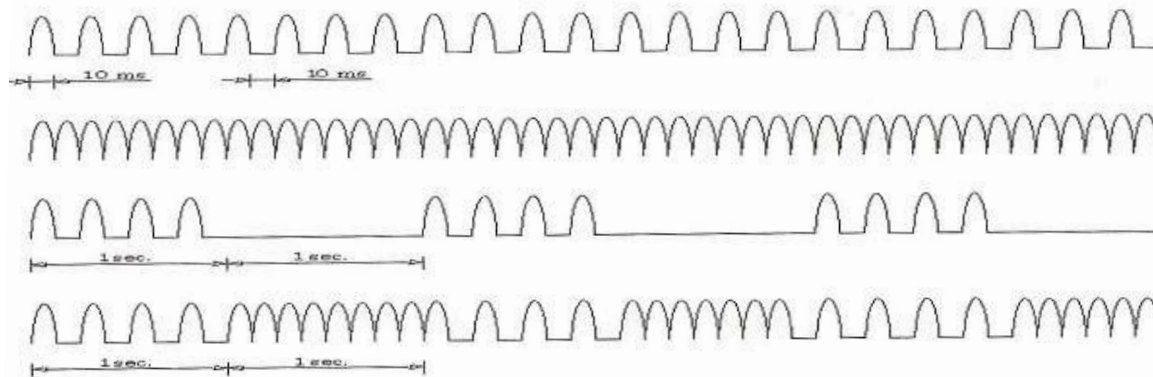
## ***Нискочестотни апериодични импулсни токове***

При лечение на възпалителни процеси, невралгии, неврити, артрити и при стоматологични заболявания се прилагат нискочестотни апериодични импулсни токове. Методът се нарича още *флуктоаризация*. Това е електролечение, при което се използва неперодичен импулсен ток с ниско напрежение (до 100 V), с хаотичноменяща се честота (от 30 до 200 Hz) и амплитуда (плътност на тока до 3 mA/cm<sup>2</sup>). Предимство на този вид токове е, че към тях не настъпва бърза адаптация на организма. Флуктоаризацията усилва кръвния и лимфоток с леко повишаване на температурата. Увеличава проницаемостта на съдовете и се подобрява трофиката на тъканите, което стимулира тяхната регенерация. Действа противовъзпалително и болкоуспокояващо.



# Диадинамични токове

За терапевтични цели се използват и т.нар. **диадинамични токове** (токове на *Bernard*), получавани чрез еднопътно или двупътно изправяне на променливия ток от електрическата мрежа (честота 50 или 100 Hz) с редуцирани напрежение и сила на тока (до 50 mA). Те представляват комбинация между постоянен и монополярен импулсен ток с различно съотношение между амплитудите на тези две компоненти.



Създадени са различни апарати за тяхното генериране, например Diadynamik - Франция, Бипулсатор и Тонус 2 - България и др. Обикновено те имат няколко режима на генерация: непрекъснат монофазен ток и еднопътно изправен с честота 50 Hz, равномерно редуване на монофазен ток с паузи, двуфазен ток (двупътно изправен с честота 100 Hz), редуване на монофазен ток с двуфазен и др.

Физиологичното и терапевтично действие на този тип токове най-общо се изразява в техния *възбуждащ и болкоуспокояващ ефект*. Токовете с честота 50 Hz с успех се използват за електрогимнастика и стимулация на денервирани мускули. Те предизвикват мускулни контракции, поради което се използват при лечението на мускулни хипотрофии и леко степенни парези. Токовете с честота 100 Hz водят до потискане на болкови синдроми. Затова тези токове се прилагат с добра ефективност при лечението на невралгии, неврити, радикулити и др. Тъй като са комбинация от постоянен и импулсен монополярен ток диадинамичните токове могат да се използват и за **диадинамофореза** - електрофоретично въвеждане на локални анестетици и лекарствени вещества (новокаин, лидокаин, нивалин и др.).