

## **Електронні стимулятори. Низькочастотна фізіотерапевтична електронна апаратура. Високочастотна фізіотерапевтична електронна апаратура. Апарати електрохірургії**

Будемо, заради стислості, називати фізіотерапевтичну електронну апаратуру низькою і звукової частоти низькочастотною, а електронну апаратуру всіх інших частот узагальнюючим поняттям – високочастотна.

Медичні апарати – генератори гармонійних та імпульсних низькочастотних електромагнітних коливань – об'єднують дві великі групи пристроїв, які важко чітко розмежувати: електронні стимулятори (електростимулятори) і апарати фізіотерапії. При невеликих частотах найбільш істотна специфічна, а не теплова, дія струму. Тому лікування струмом має характер стимулювання будь-якого ефекту роздратуванням струмами. Ця обставина, ймовірно, і тягне змішування понять «лікувальний апарат» і «електростимулятор».

Хоча електричне подразнення м'яза було виявлено ще у XVIII ст., широке використання електростимуляторів почалося лише в останні десятиліття. В даний час є багато різних електростимуляторів. Але і зараз важливою медичною і фізіологічною проблемою залишається точне завдання вихідних параметрів електричного сигналу розробникам електростимуляторів: форма імпульсу, його тривалість, частота імпульсного струму і шпаруватість проходження імпульсів.

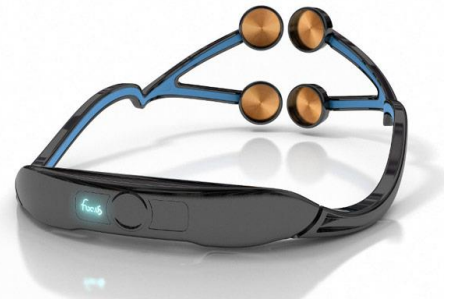
**Стимулятори електронні** – електронні генератори для дозованої дії електричним струмом на біологічно збудливі системи (органи і тканини). Застосовуються для електричної стимуляції при терапевтичних діях на серці (головним чином при порушенні ритму серцевих скорочень), на м'язи скелетні і м'язи внутрішніх органів (наприклад, на сфінктер сечового міхура), при діагностиці захворювань нервової і м'язової систем. Поділяються на



нейростимулятори і кардіостимулятори, а за типом виконання – на стаціонарні, переносні (частіше з батарейним живленням) і такі, що імплантуються в організм досліджуваної тварини або хворої людини. Сучасні електронні стимулятори містять декілька генераторів на електронних лампах і напівпровідниках (транзисторах) і видають імпульси різної форми (прямокутні, синусоїдальні, пило- або колоколоподібні). Частіше застосовуються електронні стимулятори, що створюють прямокутні імпульси: найбільш близькі формою до нервових імпульсів. Для тонких біофізичних експериментів створено електронно-оптичний генератор імпульсів будь-якої форми. Імпульси, що подаються до біологічних об'єктів, можуть бути поодинокими, парними (однієї або різних полярностей), такими, що поступають у безперервному режимі або пачками з різними частотами дотримання і кількістю імпульсів у пачці. Електронні стимулятори забезпечують вихідними розділовими блоками (щоб

імпульс не заважав відводити і реєструвати біоелектричні потенціали, що виникають у відповідь на роздратування).

Електронні стимулятори головного мозку широко використовуються у фізіології для вивчення функцій різних відділів центральної нервової системи. Здійснюється введенням електродів в певні точки мозку. В експериментах, де електричні стимул-реакції подаються в мозок самими тваринами, виявлені точки мозку, особливо охоче стимульовані тваринами, так звані зони позитивних емоцій. При електронній стимуляції деяких інших відділів мозку спостерігається зміна поведінки тварин. Електронні стимулятори головного мозку людини застосовують в нейрохірургії для виявлення вогнищ патологічного збудження, що викликають епілептичні припадки, гіперкінези не епілептичного характеру та ін. Проводиться електронна стимуляція як за допомогою електродів, що імплантуються, вводяться в глибокі структури мозку, так і при одномоментних операціях.



Електронні стимулятори застосовують для нормалізації функцій деяких органів. Одним з таких органів є серце людини. Здорове серце має так звану провідну систему, здатну стимулювати скорочення серцевого м'яза. У нормі імпульси генеруються в синусно-передсердному вузлі в стінці правого передсердя. Збудження проводиться через передсердя в атріовентрикулярний вузол, який розташований у перегородці між передсерддями і шлуночками. Потім імпульси проходять через пучок Гіса і викликають скорочення обох шлуночків.

Електропровідність імпульсів може порушуватися в більшій чи меншій мірі при певних захворюваннях серця. Щоб нормалізувати серцевиття використовують штучні електронні серцеві водії ритму (стимулятори). Електрод, приєднаний до тонкого проводу, вводять в серце через вену плеча за допомогою катетера. Пристрій, що генерує прямокутні електричні імпульси відповідної амплітуди і тривалості, залишається за межами тіла і підтримує серцевиття.

При постійному режимі мініатюрний стимулятор встановлюється хірургічно під *musculus pectoralis major*. Електрод вводять в серце через вену або хірургічно імплантують на поверхню серця. Імплантовані стимулятори як джерело енергії використовують електричні батареї, які вимагають заміни з регулярним інтервалом, зазвичай кожні чотири – п'ять років.

Перше покоління серцевих водіїв ритму були так званого синхронного типу. Вони генерували регулярні електричні імпульси більшої частоти, ніж пошкоджений природний водій ритму серця. Після установки стимулятори не змінювали своїх характеристик. Більш сучасні пристрої – асинхронні водії ритму. Вони збуджують серцеві скорочення тільки в разі порушення нормального ритму серця. Водії ритму цього типу починають генерувати



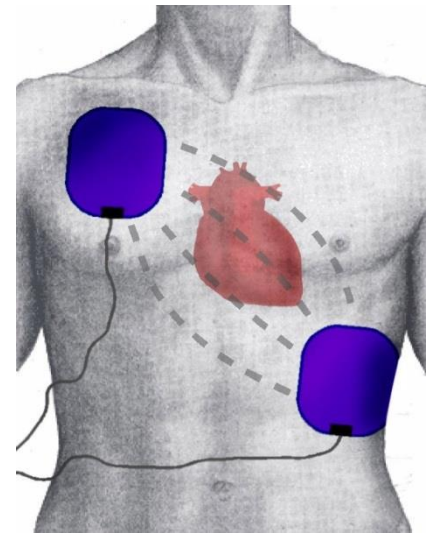
імпульси, коли показники природних серцевих скорочень падають нижче нормальної величини. Такі водії ритму мають електрод і спеціальний пристрій, який призначається для виявлення передсердних біопотенціалів.

Існує багато типів стимуляторів, призначених для лікування нервових і м'язових хвороб. Вони обладнані зовнішніми електродами і генерують прямокутні або модульовані синусоїдальні імпульси. Ці стимулятори використовують для лікування різних типів паралічів м'язів і хворобливих станів.

Апарат дефібрилятор розроблений для усунення фібриляції шлуночків, яка є дуже небезпечним серцевим порушенням. Відомо, що нормальне серцебиття виникає, якщо м'язові клітини серця збуджуються синхронно. Фібриляція є результатом нерегулярного і асинхронного збудження і скорочення кардіоміоцитів. У стані фібриляції, серце не може призвести систолу, і циркуляція крові припиняється.

Основною частиною токового дефібрилятора є конденсатор, який заряджають до високої напруги. Він розвантажується через електроди, що контактують з тілом пацієнта. Тривалість імпульсу становить майже 5 – 10 мілісекунд, і електричний струм досягає кілька ампер. Застосування цього методу допомагає, відновлюючи нормальні серцебиття, зберегти людині життя.

Прикладом фізіотерапевтичного апарату для електротерапії синусоїдальними модульованими струмами є «Ампліпульс-3». У ньому частота несучих синусоїдальних коливань дорівнює 5 кГц, частота модулюючих синусоїдальних коливань може плавно регулюватися в межах 10 – 150 Гц.



Велика група медичних апаратів – генераторів електромагнітних коливань і хвиль – працюють в діапазоні ультразвукових (над тональних), високих, ультрависоких і надвисоких частот і називається узагальнюючим терміном високочастотна електронна апаратура.

Проблема електродів в даному випадку вирішується по-різному. Для високочастотних струмів використовуються скляні електроди. Вплив змінним магнітним полем (індуктотермія) виявляється через спіралі або плоскі згорнуті кабелі по яких проходить змінний струм, створюючи змінне магнітне поле. При УВЧ-терапії частину тіла, що прогрівають вміщують між дископодібними металевими електродами, покритими шаром ізолятора. При впливі електромагнітними хвилями до тіла наближують випромінювач цих хвиль.

Для безпеки хворого електроди підключаються не до коливального контуру генератора, а до контуру пацієнта (терапевтичного контуру), який індуктивно пов'язаний з основним коливальним контуром генератора. Індуктивний зв'язок виключає можливість випадкового попадання хворого під високу постійну напругу, яка практично є у більшості медичних високочастотних генераторів.

Фізіотерапевтичні апарати, які є генераторами електромагнітних коливань, конструюються так, щоб не заважати радіоприйому і телебаченню. Це

забезпечується, з одного боку, спеціальними пристроями, а з іншого боку, певним суворим завданням діапазону робочих частот.

Приклад деяких апаратів: апарат «Іскра-1» – високочастотний генератор, що працює в імпульсному режимі і використовується для місцевої дарсонвалізації, апарат ІКВ-4 для індуктотермії, що працює на частоті 13,56МГц, переносний апарат для УВЧ-терапії – УВЧ-66, апарат для мікрохвильової терапії «Луч-58».

До високочастотної електронної медичної апаратури відносять і апарати електрохірургії (високочастотної хірургії). Основою цих пристроїв є генератор електромагнітних коливань гармонійних або модульованих. Потужність електромагнітних коливань, що використовують в електрохірургії, може бути від 1Вт до кілька сотень ват.

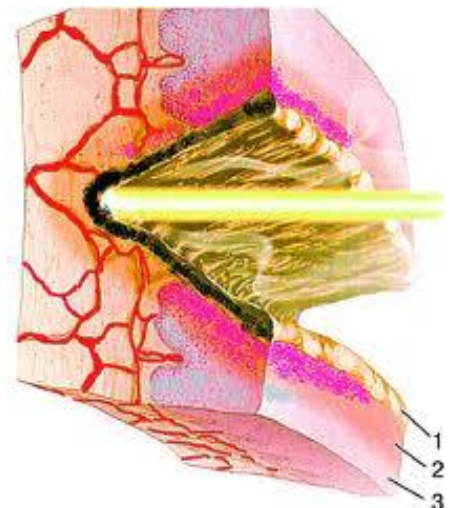
Особливість генераторів в тому, що вони повинні віддавати потужність в навантаження (біологічна тканина), яка змінюється в значних межах. Тривалий час генератори взагалі можуть працювати без навантаження, тому в апаратах електрохірургії ще значною мірою використовуються вакуумні лампи, які в порівнянні з напівпровідниковими пристроями володіють більшою стійкістю до можливих перевантажень.



**Електрохірургія** – медична процедура, яка полягає у руйнуванні біологічних тканин за допомогою змінного електричного струму з частотою від 200кГц до 5,5МГц. Основний принцип електрохірургії полягає в перетворенні високочастотного струму в теплову енергію. При використанні металевих електродів (використовується активний і нейтральний електрод для утворення повністю замкнутого електричного кола) і хорошому контакті з пацієнтом можна забезпечити пробою на відстані менше одного міліметра. При цьому виділяється величезна енергія і, як результат, миттєве випаровування води, що і призводить до руйнування тканини.

На величину нагріву тканини впливають не тільки параметри струму, але величина контактної поверхні електродів (чим менше поверхня, тим більше локально підвищиться температура). Високочастотний струм, генерований електрохірургічними приладами можна модулювати, змінюючи форму хвилі, що також змінює подальший ефект на біологічні тканини. В цілому, такі прилади здатні працювати як у безперервному, так і в імпульсному режимі роботи. Безперервне вплив струмом використовується в основному для проведення розрізів, імпульсне – для електрогемокоагуляції.

Таким чином, основними факторами, що впливають на результуючу дію, є час контакту електродів з тканиною (тривалість впливу), розмір і форма їх контактної поверхні, частота струму і форма хвилі. Тобто того чи іншого ефекту нагрівання можливо досягти, не змінюючи вихідну потужність електрохірургічного генератора.



Підбором різних параметрів можна здійснити різні методи електрохірургії:

- електрокоагуляція – вплив на пошкоджені в ході операції судини призводить до їх зморщування і зупинці кровотечі;
- електрофульгурація – поверхнева абляція шкіри;
- електророзріз.

Електрохірургія широко застосовується для видалення різних доброякісних новоутворень, проведення різних дерматокосметологічних маніпуляцій, взяття біопсій та ін.

Процедура електрохірургічного втручання здійснюється за допомогою електрохірургічного високочастотного апарату (ЕХВЧ апарату).

При електрохірургії електромагнітні коливання подаються на електроди, які розсікають або коагулюють тканину. Розрізняють електроди для монополярної і біполярної електрохірургії.



У першому випадку один вихід генератора апарату з'єднаний з активним електродом, яким і здійснюють електрохірургічний вплив, а інший електрод – пасивний – контактує з тілом пацієнта.

У другому випадку обидва виходи генератора з'єднані з двома активними електродами, між якими протікає високочастотний струм, надаючи хірургічний вплив. У цьому випадку обидва електроди є активними, а пасивний електрод не використовується.