

4. Лабораторна робота 4

Фізична дія електромагнітних хвиль на біологічні тканини

Мета роботи: вивчити дію електромагнітних хвиль та полів на біологічні тканини. Фізіотерапевтичний вплив і взаємодія зовнішніх та біоелектричних сигналів людини. Дарсонвалізація та ультрависокочастотна терапія.

Теоретична частина.

Дія фізичних факторів на біологічні об'єкти.

Протягом усього розвитку життя на Землі живі організми піддавалися дії електромагнітних хвиль і іонізуючих випромінювань, джерелами яких були космічні (Сонце, планети, галактики) і земні (радіоактивні елементи земної кори) об'єкти. На сучасному етапі до природного електромагнітного поля додалося штучний - випромінювання радіостанцій, ядерних установок і ін.

Дія електричного струму й електромагнітного випромінювання може приводити до несприятливих наслідків для людини, у тому числі і до летального. Незважаючи на це, струм і електромагнітне випромінювання володіють цілим пучком властивостей, завдяки яким вони знайшли широке застосування в медицині: як у терапії, так і в діагностиці.

Вплив електричного струму на живий організм.

Під впливом електричного струму в живих організмах відбувається рух заряджених часток, поляризація тканин і їхнє нагрівання (тепловий ефект). Постійний струм і перемінний струм, частота якого нижче 10^5 Гц, можуть становити небезпеку для організму. Вражаюча дія обумовлена

струмом, а не напругою. Безпечної вважається сила струму нижче 0,01 А (хоча навіть слабкі струми позначаються на функціонуванні нервової системи); струм вище 0,1 А небезпечний для життя. Ступінь небезпеки, обумовлений струмом, залежить від шляху поширення струму по організму, наприклад, від того, чи проходить він через чи серце ні.

Як відомо, електричний струм, що проходить через м'яз, викликає його скорочення. При цьому реакція м'яза залежить як від сили струму, так і від тривалості його впливу. Сила струму нижче деякої граничної величини не викликає скорочення, так само, як і занадто короткочасний імпульс. Якщо імпульс був одиночним, то за скороченням піде розслаблення, тобто м'яз здригнеться. Щоб м'яз після скорочення цілком розслабився, потрібно якийсь час. Тому, якщо імпульси слідуєть один за іншим, причому інтервал між ними менше часу, необхідного для скорочення, то м'яз не встигає розслабитися і її скорочення триває стільки ж часу, скільки подаються збудливі імпульси. Такий стан м'яза називається тетанусом. Імпульси постійного струму (імпульсний струм) викликають приблизно таку ж дія на організм, як і змінний струм. Тетанічне скорочення м'яза пояснює той факт, що людина, яка взялася за оголений провід, не може його самостійно відпустити.

Електричний струм невеликої сили (0,01-0,025 А) може привести до розладу подиху (у випадку скорочення дихальних м'язів), серцебиттю і так далі; струм більш високої сили (від 0,1 А) - до оборотної або необоротної зупинки серця. Дія електричного струму може також викликати денатурацію білка, опіку, як результат теплового ефекту.

Будь-яка біологічна система гетерогенна, її опір електричному струму визначається опорами, що змінюються в досить широких межах по її складових частинах (табл. 4.1.). Кут зсуву фаз для різних тканин та рідин організму наведено у табл. 4.2.

Таблиця 4.1. Питомий опір деяких біологічних об'єктів (при частоті 1 кГц).

| Тканина або рідина | Питомий опір Ом·м |
|----------------------------|-------------------|
| Спинномозкова рідина | 0,55 |
| Кров | 1,66 |
| М'язи | 2 |
| Мозкова та нервова тканини | 14,3 |
| Жирова тканина | 33,3 |
| Суша шкіра | 10^5 |
| Кістка без надкiсницi | 10^7 |

Таблиця 4.2. Кут зсуву фаз для різних тканин та рідин організму

| Біологічний об'єкт | Кут зсуву фаз, град. |
|--------------------|----------------------|
| Шкіра людини, жаби | 55 |
| Нерв жаби | 64 |
| М'язи кроля | 65 |

Опір організму, насамперед, визначається опором шкіри, а ця величина, у свою чергу, залежить від її стану: товщини, вологості. У середині тіла струм в основному поширюється по кровоносних і лімфатичних судинах, м'язам і оболонкам нервових волокон. Опір тканин залежить від стану організму. Наприклад, опір збільшується при запальних процесах, що супроводжуються набряканням кліток, тому що при цьому зменшується перетин міжклітинних з'єднань. Зменшення опору, у свою чергу, відбувається при станах з підвищеною пітливістю.

Повний опір якої-небудь системи перемінному струму визначається його активними і реактивними (індуктивною та ємнісною) складовими. У живих системах, як конденсатори виступають біологічні мембрани, а системи, що виявляють індуктивні властивості, відсутні. Тому повний опір - імпеданс - біологічних систем визначається тільки омичним R і ємнісним X_c опорами:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}, \quad (4.1)$$

а прикладена напруга відстає по фазі від сили струму на кут:

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{X_c}{R} \quad (4.2)$$

Значення кутів зрушення фаз для біологічних об'єктів приведені в табл. 4.2. Залежності імпедансу від частоти перемінного струму відрізняються для здорових, хворих і мертвих тканин. На рис. 4.1 приведений якісний вид частотної залежності імпедансу здорової (крива 1) і мертвої (крива 2), де

зруйновані мембрани, тобто відсутній ємнісний опір. Дослідження частотних залежностей тканини, у якій унаслідок впливу яких - не будь вражаючих факторів (наприклад термічного впливу) імпедансу знайшли застосування в трансплантології, де вони проводяться перед пересадженням тканин і органів. Імпеданс тканин і органів змінюється при наповненні кровоносних судин, тобто залежить від стану серцево-судинної системи. Реєстрація імпедансу тканин і органів у процесі серцевої діяльності лежить в основі діагностичного методу, називаного реографією (імпедансом-плетизмографією). Знімають реограми серця (реокардіограми), головного мозку (реоенцефалограми), магістраль судин, легень, печінки і кінцівок. Як правило, дослідження проводять на частоті 30 кГц.

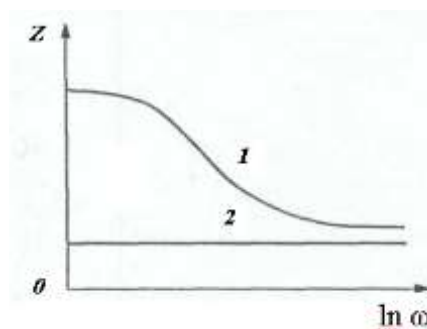


Рис. 4.1 Частотна залежність імпедансу живої (1)
та мертвої (2) тканин

Роздратування може викликати тільки такий струм, тривалість якого перевищує деякий мінімальний час, необхідний для скорочення м'язового волокна. Тому що зі зростанням частоти струму тривалість роздратування знижується, проте при досягненні деякої граничної величини частоти (10^5 Гц) струм уже не викликає скорочення м'язів. У цьому випадку він викликає тільки теплову дію.

Проходження електричного струму через провідник, що має активним опором, супроводжується нагріванням останнього, тому що прискорені електричним полем носії заряду, зіштовхуючись з іншими частками і передають їм частину своєї кінетичної енергії, що приводить до збільшення теплового руху часток, а отже, до підвищення температури провідника.

Кількість виділеної теплоти розраховується за законом Джоуля - Ленца:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t, \quad (4.3)$$

де I — сила струму; R — опір; t — час дії струму. Розділивши даний вираз на об'єм та час, одержуємо кількість теплоти, що виділяється в одиниця об'єму тканини за одиницю часу:

$$q = j^2 \cdot \rho, \quad (4.4)$$

де j — щільність струму; ρ — питомий опір.

Тепловий ефект електричного струму широко застосовується в медицині для прогрівання тканин, для чого використовують струм силою 10-15 А, частотою $\nu > 500$ кГц (зсув іонів, викликуваний їм, безпечно для організму), напругою ~ 10 кВ. Високочастотні струми застосовуються в хірургії для з'єднання

(діатермокоагуляція) і розсічення (діатермотомія) тканин. Постійний струм широко використовується для введення лікарських речовин - електрофорезу. Під дією електричного поля іони лікарської речовини проникають через шкіру в тканині. Негативно заряджені частки речовини (аніони) вводяться з катода; позитивні (катіони)-з анода.

Електрофорез має ряд переваг у порівнянні зі звичайними методами введення лікарських препаратів, тому що дозволяє вводити їхній безпосередньо в тканині, минаючи травний тракт і кров.

Імпульсні струми застосовуються для стимуляції серця, нервових волокон, м'язів з метою відновлення їх скорочувальної чи провідної функції. Пропущенні через серце короткочасних імпульсів струму (декілька мілісекунд) силою 10 А викликає рівномірну деполяризацію мембран і сприяє виникненню синхронного скорочення м'язів міокарда. При реанімації для цих цілей використовують спеціальний апарат - дефібрилятор. У залежності від амплітуди, тривалості і форми імпульсів струм може викликати різну фізіологічну дію на організм.

Електромагнітне опромінення, його дія на біологічні об'єкти і застосування у медицині наведено у таблиці 4.3.

Вплив випромінювання оптичного діапазону на біологічні об'єкти

Дія інфрачервоного випромінювання на організм викликає відчуття тепла; видимого діапазону - зорові реакції, фотосинтез (утворення органічної сполуки за рахунок енергії світла), фототаксис (рух мікроорганізмів до світла, чи від нього); фототропізм (поворот листів і стебел рослин до чи світла від нього); ультрафіолетового - синтез вітаміну D, еритему (почервоніння шкіри, викликане розширенням кровоносних судин шкіри), засмага (утворення в шкірі пігменту меланіну), канцерогенез (утворення пухлин), робить бактерицидний

ефект. З усього діапазону електромагнітного випромінювання людина має рецептори тільки до інфрачервоного випромінювання (терморекцептори) і до видимого (зоріві рецептори).

Процеси, що відбуваються в біологічних системах при впливі випромінювання оптичного діапазону, називаються фотобіологічними. Виділяють наступні їхні стадії: фотофізичну - поглинання кванта світла і перенос енергії збудженого стану; фотохімічну - хімічні перетворення молекул та фізіологічну - відповідь організму на випромінювання. Поглинання кванта випромінювання оптичного діапазону приводить до порушення структури молекули, а отже, до підвищення її реакційної здатності, у результаті чого можуть відбуватися хімічні реакції, що були б неможливі в темряві. Такі реакції називаються фотохімічними, а продукти, що утворюються в них - ф о т о - п р о д у к т а м и. Безпосередній вплив світла на хімічну речовину найчастіше приводить до утворення нестабільних продуктів, що у ланцюзі наступних реакцій перетворюються в стабільні. Ці реакції, як правило, уже не вимагають дії світла і тому називаються темповими.

| | Радіохвилі довгі, середні, короткі, УВЧ, СВЧ | Інфрачервоне опромінення | Видиме світло | Іонізуюче опромінення | | |
|------------------------|--|---|---|---|---|--|
| | | | | Ультрафіолетове | Рентгенівське | Гамма-випромінення |
| Довжина хвилі, м | $10^8 \dots 10^{-3}$ | $10^{-3} \dots 7,6 \cdot 10^{-7}$ | $7,6 \cdot 10^{-7} \dots 3,8 \cdot 10^{-7}$ | $3,8 \cdot 10^{-7} \dots 10^{-8}$ | $10^{-7} \dots 10^{-12}$ | $10^{-10} \dots 10^{-11}$ і менше |
| Полоса частот, Гц | $3 \dots 3 \cdot 10^{11}$ | $3 \cdot 10^{11} \dots 3,95 \cdot 10^{14}$ | $3,95 \cdot 10^{14} \dots 7,9 \cdot 10^{14}$ | $7,9 \cdot 10^{14} \dots 3 \cdot 10^{16}$ | $3 \cdot 10^{15} \dots 3 \cdot 10^{20}$ | $3 \cdot 10^{18} \dots 3 \cdot 10^{21}$ і більше |
| Енергія кванту | $1,24 \cdot 10^{-14} \dots 1,24 \cdot 10^{-3}$ | $1,24 \cdot 10^{-3} \dots 1,63$ | 1,63...3,27 | $3,27 \dots 1,24 \cdot 10^2$ | $12,4 \dots 1,24 \cdot 10^6$ | $1,21 \cdot 10^4 \dots 1,24 \cdot 10^7$ і більше |
| Дія на речовину | Виникнення струмів провідності; поляризація діелектриків. Тепловий ефект | Коливання ядер і рух молекул | Збудження молекул | Збудження і іонізація молекул | Іонізація за рахунок фото- і комітон-ефектів | Іонізація за рахунок фото- і комітон-ефектів, утворення пари |
| Біологічний ефект | Порушення водневих зв'язків і гідрофобних взаємодій; зміна гідратації і конформації макромолекул | Тепловий ефект. Активація термоцентрів у тварин | Зорові реакції у тварин; фотосинтез у рослин. | Синтез вітаміну D і пігменту меланіну у людини. Канцерогенез. Бактерицидний ефект | Первинні і вторинні радіобіологічні ефекти, які призводять до руйнування окремих біологічно важливих молекул і організму у цілому | |
| Застосування у терапії | Лікувальне прогрівання УВЧ- і СВЧ- хвилями (УВЧ- і СВЧ-терапія) | ІК-прогрівання | Лазерна терапія | УФ-терапія шкірних і онкологічних захворювань | Рентгенотерапія | γ -терапія |

| | | | | |
|--|---------------------------------|---|---|---|
| Застосуван ні у клінічній діагностиц і | Тепловізійні методи діагностики | Методи діагностики, основані на явищі люмінісцентності | Рентгенодіагностика: рентгенографія і рентгеноскопія, комп'ютерна томографія | Радіонуклід ні методи діагностики |
|--|---------------------------------|---|---|---|

Таблиця 4.3. Електромагнітне опромінення: дія на біологічні об'єкти і застосування у медицині

Оптичне випромінювання в медицині

Оптичне випромінювання широке використовується при лікуванні і діагностиці ряду захворювань. Наприклад, тепловий ефект інфрачервоного випромінювання ближньої області ($\lambda = 0,76 \dots 2,5$ мкм) використовують для прогрівання поверхневих шарів тіла (на глибині близько 2 см). Як джерело випромінювання використовуються спеціальні лампи. Терморегулююча система організму для охолодження нагрітої ділянки підсилює кровообіг у ньому, що і викликає терапевтичний ефект.

Невеликі дози ультрафіолетового опромінення роблять сприятливу дію на серцево-судинну, ендокринну, нейрогуморальну, дихальну системи. Однак молекулярний механізм такого впливу ультрафіолету в більшості випадків точно невідомий.

Випромінювання гелій-неонового лазера ($\lambda = 632$ нм) застосовується для прискорення загоєння ран. У хірургії використовуються лазерні скальпелі, здатні викликати високотемпературне руйнування тканини з одночасною коагуляцією білка. Такі операції протікають безкровно і широко практикуються при лікуванні відшарування сітківки, глаукоми (лазером проколюються мікроскопічні отвори діаметром 50-100 мкм, що викликає відтік внутрішньої рідини і, отже, зниження внутрішнього тиску).

Ультрафіолетове випромінювання великої потужності робить бактерицидний ефект, що використовується при стерилізації медичних інструментів і приміщень. Як джерело випромінювання застосовуються спеціальні бактерицидні лампи.

Деякі речовини, наприклад лікарські препарати промазін, сульфаніламід, прометазін і інші, у сполученні з ультрафіолетовим випромінюванням викликають фотоалергічні реакції. Поглинаючи

ультрафіолет А -зони, ці речовини зв'язуються з білками, утворити антиген (рис. 4.2). При першому утворенні такого комплексу "речовина - білок" у результаті імунної відповіді організму утворюються сенсibilізовані лімфоцити, а при повторному - спостерігаються алергійні реакції і навіть анафілактичний шок.

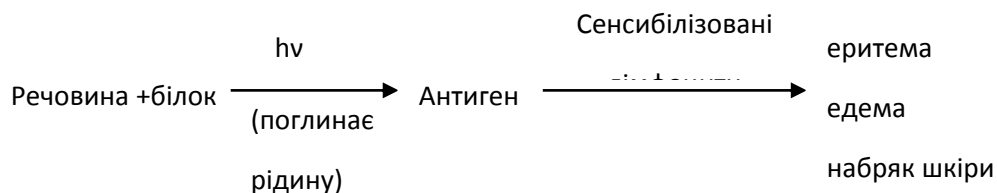


Рис. 4.2 Фотоалергійна реакція організму.

4.2. Апарат для місцевої дарсонвалізації «Корона».

Призначення приладу

Апарат для місцевої дарсонвалізації «Корона» використовується для лікування і профілактики різних захворювань і забезпечує вплив на поверхню шкіри, коронним високочастотним розрядом, без ушкодження структурних біологічних тканин.

Апарат призначений для застосування в косметологічній практиці, спортивній медицині, домашній фізіотерапії й у лікувально-профілактичних установах широкого профілю, лікування і профілактики дерматологічних, невралгічних, судинних і інших захворювань.

Особливо ефективно використання апарата для лікування і профілактики респіраторних захворювань.

Фізіологічні основи лікувального застосування приладу «КОРОНА»

В основі лікувального впливу апарата на біологічні об'єкти є коронний розряд, що виникає між поверхнею тіла й електродом.

Основними діючими факторами при коронному розряді є: електромагнітне випромінювання в широкій смузі частот; високочастотний струм, що протікає в глибинах тканини; теплові випромінювання, що виникають у тканинах організму й в області коронного розряду; ультразвукові коливання слабкої інтенсивності, що виникають безпосередньо в тканинах; хімічно активні речовини: окиси азоту і озон.

Особливістю впливу фізичних факторів при коронному розряді є те, що розряд розвивається не тільки в повітряному проміжку, але і ендогенно, у глибинах біологічних тканин. Шкіра людини містить численні вивідні протоки потових і жирових залоз, що є струмопровідними каналами, заповнені електролітом.

У цих каналах розвивається електричний розряд з утворенням електромагнітних випромінювань і ультразвукових коливань, що здійснюють своєрідний дренаж вивідних проток. Електромагнітні випромінювання різного діапазону, що виникають у глибинах тканин, стимулюють обмін речовин, нормалізують діяльність вегетативної нервової системи, діяльність ендокринних залоз.

З огляду на багатогранність впливу коронного заряду, апарат можна рекомендувати для лікування наступних захворювань: шкірні хвороби, гнійні і запальні процеси; захворювання дихальної системи, м'язів, сухожиль; суглобів; артерій і вен.

4.3 Порядок виконання лабораторної роботи

Підготовка приладу до роботи

1. Вийміть прилад і електрод зі споживчої тари.
- 2.Перевірте відсутність механічних ушкоджень апарата, з'єднувального шнура й електродів.
- 3.Встановіть електрод 3 у корпус трансформатора 2.
- 4.Встановіть регулятор амплітуди 5 у крайнє ліве положення.
- 5.Підключіть вилку генератора 1 до розетки мережі.
- 6.Проконтролюйте наявність світіння індикаторної лампи 6.
7. Регулятор амплітуди сигналу поставте в середнє положення.
8. Прикладіть електрод до тильної сторони руки, і, обертаючи регулятор амплітуди, дочекайтесь появи відчуттів у виді легкого поколювання. Інтенсивність коронного розряду збільшується в міру обертання регулятора амплітуди по напрямку вправо.

Порядок роботи з приладом

1. Встановіть регулятор амплітуди в крайнє ліве положення.
2. Приєднайте електрод до корпусу трансформатора.
3. Обробіть поверхню електрода 3% розчином перекису водню.
4. Підключіть вилку генератора до розетки мережі. Регулятор амплітуди встановіть в середнє положення.
5. Фізіотерапевтичний вплив можна проводити контактнo і дистанційно, лабільним і стабільним способами.

5.1. При контактній методиці ділянка шкіри попередньо висушується і посипається тальком, потім електрод прикладають до шкіри і переміщують лінійними чи круговими рухами, не відриваючись від поверхні шкіри.

5.2. При дистанційній методиці електрод розміщують над місцем впливу на відстані 0,5-1,0 см.

6. Регулятором амплітуди регулюйте інтенсивність коронного розряду по індивідуальному відчуттю.

7. Після закінчення процедури лікування виключіть апарат, видаліть електрод з поверхні шкіри, вийміть вилку з мережі, від'єднайте електрод, промийте його теплою водою з милом і занурити його в дезінфікуючий розчин.

Вимоги до звіту

Вплив електромагнітних хвиль на біологічні тканини.

Структурні схеми: апаратів для місцевої та загальної дарсонвалізації ;

Призначення та область використання апаратів;

Технічні характеристики.

Діючі фактори.

Протокол дослідження (для кожного з апаратів)

| № , досліду | Час дії, с | Діючий фактор | Ефект впливу |
|-------------|------------|---------------|--------------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |

Задані параметри часу для приладів

При $t=10$ с – відчувається слабке поколювання.

При $t=30$ с - більш помітне поколювання, з'являється специфічний запах.

При $t=120$ с – відчувається тепло, запах, поколювання.

- Діючі фактори:**
1. електромагнітне випромінювання;
 2. високочастотний струм;
 3. теплове випромінювання;
 4. слабо інтенсивне УЗ випромінювання;
 5. хімічно-активні речовини(озон, окиси азоту).

Висновки по роботі.

Контрольні питання.

1. Які параметри електромагнітних хвиль та їх вплив на організм?
- 2.Що таке дарсонвалізація?
3. Принцип роботи та структурна схема апарата « Корона».
4. Які фактори впливу електромагнітного випромінювання?
5. Що таке реографія?