

Практична робота 7

Тема : 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.

Навчальні ресурси: відео <https://www.youtube.com/watch?v=EbJg9PHml70>

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.

Завдання1. 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. Вражаючи дія обумовлена струмом, а не напругою. Безпечною 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. Опір організму, насамперед, визначається опором шкіри, а ця величина, у свою чергу, залежить від її стану: товщини, вологості. Усередині 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 клітин, тому що при цьому зменшується перетин міжклітинних з'єднань. Зменшення опору, у свою чергу, відбувається при станах з підвищеною пітливістю. 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.

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 деполаризацію 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.

Завдання 2. 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 кровеносних 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 (зорові 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.

Завдання 3. Оптичне випромінювання в медицині

Оптичне випромінювання широке використовується при лікуванні і діагностиці ряду захворювань. Наприклад, тепловий ефект інфрачервоного випромінювання ближньої області ($\lambda = 0,76 \dots 2,5 \text{ мкм}$) 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 ($\lambda = 632 \text{ нм}$) 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 фотоалергійні реакції. Поглинаючи ультрафіолет, ці речовини зв'язуються з білками, утворюючи антиген. 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.

Додаток

Електромагнітна хвиля — процес розповсюдження електромагнітної взаємодії в просторі у вигляді змінних зв'язаних між собою електричного та магнітного полів. Прикладами електромагнітних хвиль є світло, радіохвилі, рентгенівські промені, гамма-промені

Характеристика

У вакуумі електромагнітна хвиля розповсюджується із швидкістю, яка називається швидкістю світла. Електромагнітна хвиля характеризується частотою. В залежності від частоти електромагнітні хвилі належать до одного із спектральних діапазонів.

Спектральні діапазони

В залежності від частоти чи довжини хвилі (ці величини пов'язані між собою), електромагнітні хвилі відносять до різних діапазонів. Хвилі в різних діапазонах різним чином взаємодіють з фізичними тілами. Електромагнітні хвилі з найменшою частотою (або найбільшою довжиною хвилі) належать до радіодіапазону. Радіодіапазон використовується для передачі сигналів на віддалі за допомогою радіо, телебачення, мобільних телефонів. У радіодіапазоні працює радіолокація. Радіодіапазон розділяється на метровий, дециметровий, сантиметровий, міліметровий, в залежності від довжини електромагнітної хвилі.

Електромагнітні хвилі з вищою частотою належать до інфрачервоного діапазону. В інфрачервоному діапазоні лежить теплове випромінювання тіла. Реєстрація цього випромінювання лежить в основі роботи приладів нічного бачення. Інфрачервоні хвилі застосовуються також для вивчення теплових коливань у тілах і допомагають встановити атомну структуру твердих тіл, газів та рідин.

Електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі від 400 нм до 760 нм належать до діапазону видимого світла. В залежності від частоти й довжини хвилі видиме світло розрізняється за кольорами.

Хвилі з довжиною меншою за 400 нм називаються ультрафіолетовими. Людське око їх не розрізняє, хоча їхні властивості не дуже відрізняються від властивостей хвиль видимого діапазону. Більша частота, а, отже, й енергія квантів такого світла призводить до більш руйнівної дії ультрафіолетових хвиль на біологічні об'єкти. Земна поверхня захищена від шкідливої дії ультрафіолетових хвиль озоновим шаром. Для додаткового захисту природа наділила людей темною шкірою. Проте ультрафіолетові промені потрібні людині для продукування вітаміну D. Саме тому люди в північних широтах, де інтенсивність ультрафіолетових хвиль менша, втратили темне забарвлення шкіри.

Електромагнітні хвилі ще вищої частоти належать до рентгенівського діапазону. Вони називаються так тому, що їх відкрив Вільгельм Рентген, вивчаючи випромінювання, яке утворюється при гальмуванні електронів. В закордонній літературі такі хвилі заведено називати **X-променями**, поважаючи бажання Рентгена, щоб промені не називали його іменем. Рентгенівські хвилі слабо взаємодіють із речовиною, сильніше поглинаються середовищем із більшою густиною. Цей факт використовується в медицині для рентгенівської флюорографії. Рентгенівські хвилі застосовуються також для елементного аналізу та вивчення структури кристалічних тіл.

Найвищу частоту й найменшу довжину мають γ-промені. Такі промені утворюються внаслідок ядерних реакцій і реакцій між елементарними частинками. γ-промені мають велику руйнівну дію на біологічні об'єкти. Проте вони використовуються у фізиці для вивчення різних характеристик атомного ядра.