

«Затверджено»
на засіданні кафедри
медичної інформатики,
медичної і біологічної фізики
«27» серпня 2020 р.
протокол №1 від «27» серпня 2020 р.
Зав. кафедри _____ доцент Сілкова О.В.



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ
ПІД ЧАС ПІДГОТОВКИ ДО ПРАКТИЧНОГО (СЕМІНАРСЬКОГО) ЗАНЯТТЯ

Навчальна дисципліна	Медична і біологічна фізика
Модуль №2	Основи медичної фізики
Змістовний модуль	Електродинаміка, її медичне застосування. Основи медичної апаратури.
Тема заняття	Основи УВЧ – терапії та індуктотермії.
Курс	I,II
Факультет	Медичний №1,2, Стоматологічний

1. Актуальність теми:

Біологічні тканини (Б.Т.) складні за своєю природою, тому при дії ЕП, ЕМП та МП ведуть себе по різному. В медицині поля УВЧ використовуються для глибокого прогріву тканин тіла. В основі лікувального ефекту УВЧ- терапії лежить первинна дія електричного поля ультрависокої частоти на електричні частини, які знаходяться в організмі. УВЧ- електричне поле сприяє протизапальну, антисептичну дію ,стимулює регенерації пошкоджених клітин. Методика проста, тому широко використовується в медицині.

2. Конкретні цілі:

Аналізувати фізичні процеси, що відбуваються при дії електромагнітного поля на біооб'єкти.

Пояснювати нагрівання електроліту та діелектрика в полі УВЧ та будову і принцип дії апарату УВЧ- терапії та УВЧ- індуктотермії.

Малювати найпростіші електричні схеми, графіки.

Проаналізувати механізм дії поля УВЧ- терапії та УВЧ- індуктотермії на Б.Т.

3. Базові знання, вміння, навички, необхідні для вивчення теми (міждисциплінарна інтеграція):

Назви попередніх дисциплін	Отримані навички
1. фізика	Описувати фізичні процеси, визначати фізичні величини, володіти технікою експериментів, малювати схему, графік. Розраховувати значення величин
2. математика	

4. Завдання для самостійної роботи під час підготовки до заняття.

№ п/п	Термін	Визначення
1	Напруженість ел.поля	Напруженість електричного поля у будь-якій точці поля – це відношення сили, що діє на пробний заряд до величини цього заряду: . Звідси слідує, що коли пробний заряд внести в електричне поле напруженістю , то на нього буде діяти сила, величиною $F=q_0 \cdot E$.
2	Увч терапія	УВЧ-терапія - лікувальний метод, у якому використовує вплив електричного поля ультрависокої частоти (від 30 до 300 МГц) на тканини організму. Лікувальний фактор. Біологічні тканини знаходяться в електричному полі конденсатора, обкладинки якого - ізольовані пластини електродів. На ці пластини подається високочастото ($\nu = 40,68$ МГц) напруга амплітудою декілька сотень вольт. Для уникнення електричного контакту пацієнта з електродами (і, наслідок, виникнення УВЧ-

		струму провідності) електроди вкриті ізолюючим шаром діелектрика. Основним діючим фактором і цьому є струми зміщення, що виникають у біологічних тканині під впливом електричного поля змінної напруженості E : $j_{зм} = \epsilon_0 \epsilon_s dE/dt$.
3	Індуктотермія	Індуктотермія - це метод фізіотерапії , заснований на застосуванні магнітного поля високої частоти. Магнітне поле (з частотою 13,56; 27,12; 40,68 МГц) утворюється при проходженні по провіднику індуктора (що представляє собою плоску, конічну, циліндричну спіраль або петлю) змінного струму зазначеної частоти, що підключається до апаратів для індуктотермії і УВЧ-терапії . Підводиться до пацієнта магнітне поле за законом електромагнітної індукції збуджує в добре проводять електричний струм тканинах, внутрішніх органах і рідких середовищах організму вихрові струми високої частоти, або струми Фуко, які викликають утворення тепла.
4	Відкритий коливальний контур (КК)	КК - електричне коло , складене з резистора , конденсатора та котушки індуктивності , в якому можливі коливання напруги й струму . Якщо в КК зменшувати число витків котушки – від цього її індуктивність буде зменшуватися. Одночасно зменшуємо площу пластин конденсатора і розсовуємо їх – це призводить до зменшення ємності конденсатора і до збільшення просторової області, займаної електричним полем.

4.1. Перелік основних термінів, параметрів, характеристик, які повинен засвоїти студент при підготовці до заняття:

4.2. Теоретичні питання до заняття:

1. Що називається ЕП, МП, ЕМП ?
2. Основні характеристики цих полів? Записати формули і одиниці вимірювання.
3. Пояснити механізм дії ЕП та ЕМП на Б.Т. Як впливає значення частинами?
4. В чому полягає явище поляризації?
5. Чому виникають електричні струми?
6. Чому виникає поглинання енергії?
7. Пояснити механізм нагрівання Б.Т. в полях УВЧ- терапії та УВЧ- індуктотермії.

4.3. Практичні роботи (завдання), які виконуються на занятті:

- оволодіти технікою розв'язку типових задач;

- набути навичок вимірювання температури;
- вміти проводити дослідження нагрівання в полі УВЧ- терапії, УВЧ-індуктотермії діелектрика і електроліту.

5. Зміст теми:

Структурно –логічна схема теми:

1. Основні характеристики → магнітна індукція
ЕМП, ЕП, МП
магнітний потік → одиниці вимірювання,
швидкість поширення формули
енергія
густина енергії(об'ємна, поверхова)
інтенсивність потоку енергії
електрична індукція
2. Процеси, що → виникнення електричних струмів:
обумовлюють дію (іонні, індукційні, струми зміщення)
полів на Б.Т. Явище поляризації
резонансне поглинання енергії
3. Тепловий ефект → струмів провідності → електроліти → формули
струмів зміщення діелектрики → формули
вихрових струмів Б.Т. → формули
4. Використання УВЧ- терапії, → сучасні лікувальні методики → блок-схеми
приладів.
УВЧ- індуктотермії
в медицині

↓
Правила техніки безпеки

↓
Інструкції експлуатації апаратів

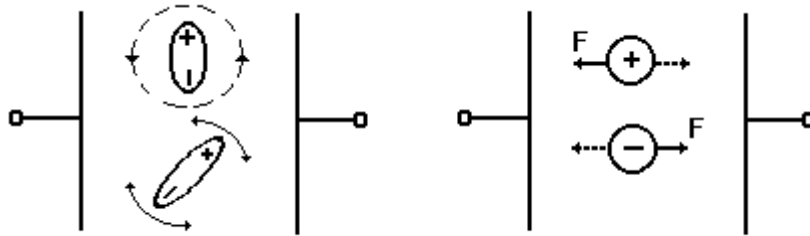
↓
дослідження нагрівання електролітів і діелектриків

скорочення: Б.Т. - біологічна клітина
ЕМП - електромагнітне поле
ЕП- електричне поле
МП- магнітне поле

Механізм прогріву різних середовищ

Діелектрики. Якщо молекули діелектрика володіють власним дипольним моментом, то якісно струми зміщення можна представити як коливально-обертальний рух диполів у змінному електричному полі (мал.А).

Електроліт. Дія змінного електричного поля призводить до коливально-поступального руху іонів (мал.- Б). Амплітуда таких вимушених коливань залежить як від зовнішньої сили, так і від властивостей середовища (наприклад, в'язкості електроліту, розміру молекул, ступеня гідратації іонів тощо).



а) дипольний діелектрик, б) електроліт.

Методики: УВЧ, НВЧ і КВЧ- терапії, основу яких становить дія ультра-, над- і крайньовисокочастотного електромагнітного поля. Для цих методик характерна відсутність електричного контакту між електродами і тканинами пацієнта, тобто створюються умови, які попереджують виникнення струмів провідності.

Резонансне поглинання енергії

Групи атомів, які входять до структури біологічно активних молекул, мають власні частоти збудження і поглинання енергії (переважно частоти відносяться до коливально-обертальної області спектра). При *УВЧ* і особливо при *КВЧ* і *НВЧ методиках* спостерігається резонансне поглинання енергії без підвищення температури, що призводить до структурно-функціональних змін біологічно активних молекул

Тепловий ефект струмів провідності. Кількість виділеної теплоти при наявності струмів провідності визначається за законом Джоуля–Ленца:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t = I \cdot U \cdot t,$$

$$\text{або } q = \rho j^2 = jE .$$

Тепловий ефект можна оцінити за питомою кількістю теплоти, яка виділяється в одиниці об'єму за одиницю часу:

$$q = \frac{Q}{Vt} .$$

Висновки:

- а) чим більша густина струмів провідності у середовищі, тим ефективніше відбувається прогрівання тканин;
- б) при одній і тій самій густині струму j більше нагріваються тканини, що мають більший питомий опір ρ . Відповідно, нагріваються сильніше кістки, шкіра та інші поверхневі ділянки тканин і слабо нагріваються тканини внутрішнього середовища (кров, клітинна і позаклітинна рідини, м'язи тощо).

Тепловий ефект дії вихрових струмів можна оцінити за цією ж формулою, визначивши густину вихрових струмів з :

$$j = I/S,$$

$$q = [\omega \cdot S \cdot B / R(\rho)]^2 \cdot \rho = k \cdot \omega^2 \cdot B^2 / \rho,$$

де k – коефіцієнт, який залежить від геометричних розмірів ділянки й електродів.

Висновок: індукційні струми прогривають середовища, які мають малий питомий опір, тобто ділянки, в яких виникають ці струми (кров, лімфа, м'язи тощо).

Прогрів тканин струмами зміщення залежить від величини напруженості електричного поля, частоти його зміни і діелектричних властивостей середовища.

Струми зміщення викликають ефективний прогрів як тканин, котрі є діелектриками, так і тих, які мають добру електропровідність, чим і обумовлене широке використання УВЧ-, НВЧ-методик прогриву біологічних тканин.

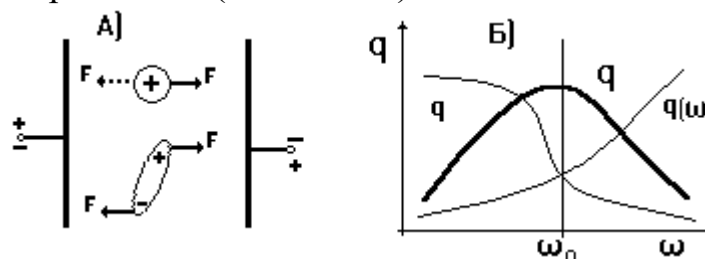
УВЧ-терапія – лікувальний метод, котрий використовує вплив електричного поля ультрависокої частоти (від 30 до 300 МГц) на тканини організму.

Лікувальний фактор. Біологічні тканини знаходяться в електричному полі конденсатора, обкладинки якого – ізолювані пластини електродів. На ці пластини подається високочастотна ($\nu = 40.68$ МГц) напруга амплітудою декілька сотень вольт. Для уникнення електричного контакту пацієнта з електродами (і, як наслідок, виникнення УВЧ-струму провідності) електроди вкриті ізолюючим шаром діелектрика. Основним діючим фактором при цьому є *струми зміщення*, що виникають у біологічних тканинах під впливом електричного поля змінної напруженості E :

$$j_{зм} = \epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot dE/dt.$$

Механізм прогриву тканин. Струм зміщення існує, якщо напруженість електричного поля змінюється з часом. При збільшенні частоти (а, отже і швидкості зміни E) струм зростає. Величина струму зміщення суттєво залежить від типів зарядів, які знаходяться в електричному полі (іонів, диполів, мультиполів тощо), і особливостей їх поведінки у змінному електричному полі.

Прогрів електроліту. У змінному електричному полі напруженості E іони електролітів зміщуються у напрямку дії кулонівської сили $F = q \cdot E$. Якщо вважати, що сила, так само як і напруженість, змінюється за гармонічним законом, то можна припустити, що іон здійснює коливально-поступальний рух відносно положення рівноваги (див. мал. 2).



Мал. 2.

Прогрів діелектрика (вважаємо, що молекули діелектрика мають власний дипольний момент $P = q \cdot l$). Полярні молекули (молекули води, білків, ліпідів тощо) у змінному електричному полі під впливом моменту сил $M \sim PE$ здійснюють коливально-обертальний рух відносно осі, яка проходить через центр маси молекули (мал. 2а).

Кінетична енергія системи у цьому випадку може бути оцінена за частотою обертання і моментом інерції молекули (точний розрахунок досить складний тому, що необхідно враховувати міжмолекулярні сили взаємодії). Приблизну величину для даного випадку можна оцінювати за струмами зміщення, які

виникають у діелектрику за рахунок орієнтаційних (коливально-обертальних) рухів диполя:

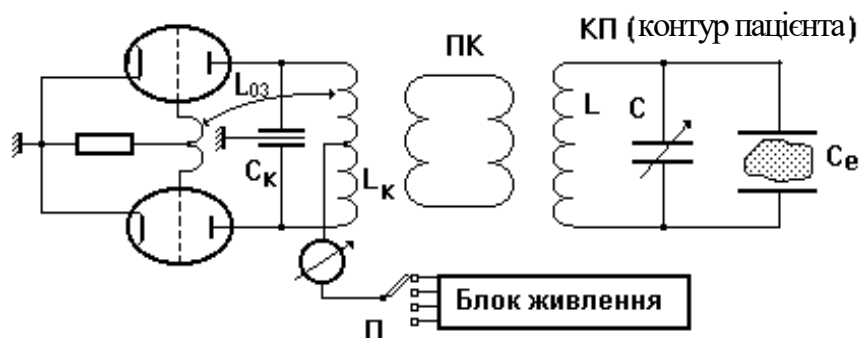
$$q = E j_{zm} = k(\omega) \cdot \omega \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot E^2,$$

де k – коефіцієнт пропорційності, тобто для діелектрика, який знаходиться в однорідному полі конденсатора, величина q визначається за формулою .

Отже, прогрівання діелектрика буде залежати від амплітуди напруженості, діелектричних властивостей середовища та частоти. Кількісно залежність прогріву діелектрика від частоти описує крива, яка подібна до наведеної на мал. 2б, але максимум зміщений в бік більш високих частот.

Кількість виділеної теплоти в окремих структурах, ділянках тканини буде залежати від співвідношення об'ємів, які займають електроліти або дипольні діелектрики.

Окрім теплового впливу на тканини, електричне УВЧ-поле чинить високоефективну специфічну дію на зміни певних біохімічних процесів у клітині за рахунок коливальної і коливально-обертальної дії на молекулярні структури, що в кінцевому результаті призводить до змін швидкості метаболічних реакцій і функцій клітинних структур і органів у цілому.



Мал. 3. Спрощена схема УВЧ-апарата.

Апарат для УВЧ-терапії. Спрощена схема приладу зображена на мал.3. Основні частини приладу: ламповий генератор з контуром L_k , C_k , що налагоджений на частоту $\nu = 40.68$ МГц, контур зворотного зв'язку L_{03} для керування роботою ламп. Потужність електричних коливань регулюється напругою на аноді ламп (перемикач П – “потужність” у блоці живлення (БЖ) змінює напругу на виході блоку живлення). При збільшенні анодної напруги змінюється амплітуда коливань у контурі генератора.

Завдяки індуктивному зв'язку електромагнітні коливання через проміжний контур ПК передаються у контур пацієнта (L , C , C_e). Такий зв'язок забезпечує безпеку пацієнта по відношенню до низькочастотної напруги у колах генератора УВЧ.

Контур пацієнта складається з котушки індуктивності L і змінної ємності C (перемикач – “налагодження”). В ємність контуру пацієнта входить також і міжелектродна ємність C_e . Зняття максимальної потужності з контуру генератора досягається при виконанні умов резонансу, тобто при

$$L_k \cdot C_k = L \cdot (C + C_e).$$

Ємність терапевтичного контуру або контуру пацієнта (КП) змінюється при кожній процедурі (у поле конденсатора вводяться різні частини тіла пацієнта). Змінюючи величину C , можна постійно підтримувати резонанс, при

якому відбувається максимальна передача електромагнітної енергії контуру тканинам пацієнта.

Ступінь налагодження терапевтичного контуру у резонанс з коливальним контуром генератора визначається за яскравістю лампочки або за відхиленням стрілки індикатора на панелі приладу.

6. Матеріали для самоконтролю:

А. Завдання для самоконтролю:

1) Вказати формулу Томсона:

$$1.T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$2.T = 2\pi\sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$5.T = 2\pi LC$$

$$3.T = 2\pi\sqrt{LC}$$

$$4.T = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

2) Вказати формулу власної частоти:

$$1.\omega = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$3.\omega = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$2.\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

$$4.\omega = \sqrt{\frac{C}{L}}$$

3) Індукційні струми прогрівали Б.Т. хворому була призначена дана процедура. Вказати види тканин, що прогрівається сильніше.

А) кров, лімфа, шкіра;

Б) кров, лімфа, м'язи ;

В) шкіра, м'язи;

Г) кісткова тканина, шкіра.

4) Струми провідності прогривають сильніше які тканини:

А) кров, м'язи , шкіра;

Б) кісткова тканина, шкіра;

В) кісткова тканина, шкіра, м'язи;

Г) шкіра, кров, м'язи ,лімфу.

Б. Задачі для самоконтролю:

Задача. Терапевтичний контур апарату УВЧ, що працює на частоті 40,68 МГц, складається із котушки індуктивністю 0,17 мкГн. і конденсатора змінної ємності 10-80 пф. При якій частоті змінного конденсатора терапевтичний контур апарату буде настроєний в резонанс з анодом. В яких межах зміниться власна частота контуру апарату УВЧ?

7. Література:

Основна:

1. Медична і біологічна фізика /під редакцією член .- кол. АПН України, проф. Чалого О.В. / Київ, 2001р.
2. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика. М.-Высшая школа, 1987.
3. Ливенцев Н.М. Курс физики.- М., 1987.
4. Лабораторний практикум з біофізики./ Доценко В.І., Лазарович В.Г., Пилипченко В.І., Чайка О.М. - Полтава, 2004.
5. Губанов Н.И и др.. Медицинская биофизика. – М., 1978.

Додаткова:

1. Вайль Ю.С. , Варановский Я.М. Инфракрасные лучи в классической диагностике и медико- биологических исследованиях: Медицина, 1969.
2. Кандаль Э.И. Криохирurgia. - М.- ,1974.
3. Справочник по анестезиологии и реаниматологии.- М,:1982.
4. Андрейчук М.А. Теплобачення в медицині. Київ,1990.