

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКА МЕДИЧНА СТОМАТОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ



Затверджено на засіданні кафедри
онкології та радіології
з радіаційною медициною
Протокол № _____ от _____ г.
Зав. кафедрою _____ проф. Баштан В.П.

Методичні вказівки
для самостійної роботи студентів
під час підготовки до практичного заняття та на занятті
кваліфікації освітньої «Магістр стоматології»
кваліфікації професійної «Лікар-стоматолог»

<i>Учбова дисципліна</i>	Радіологія
<i>Модуль №</i>	I
<i>Тема заняття:</i>	Біологічна дія іонізуючого випромінювання. Радіоактивність і доза. Дозиметрія іонізуючого випромінювання.
<i>Курс</i>	III
<i>Факультет</i>	стоматологічний

Методичну розробку підготували:
доц. каф. Т. О. Жукова

1. Актуальність теми: методи клінічної радіометрії дозволяють оцінити структурно-топографічні особливості органів і систем хворої людини, функціональний стан, причому точність отриманої інформації більше тієї, яку ми маємо при біохімічних дослідженнях. При діагностиці морфологічних змін можна виявити патологію на ранніх етапах розвитку. Наряду з цим підкреслюється необхідність комбінованого застосування радіометричних методів з іншими, і особливо, з інтраскопічними, рентгенологічними і ехографічними.

2. Конкретні цілі:

1. Методи дозиметрії.
2. Способи дозиметрії.
3. Що таке дозиметр?
4. Що таке радіометр?
5. Види клінічних радіометрів і характер інформації яку вони видають.
6. Принципи методу радіонуклідного аналізу і що входить в набір для проведення радіонуклідного аналізу.
7. Принципи захисту від іонізуючого випромінювання (ІВ) загальні.
8. Принципи радіаційної безпеки .
9. Категорії опромінюваних особин і груп критичних органів.
10. Прикордонні дози для персоналу і пацієнтів.
11. Кому протипоказане радіонуклідне обстеження.
12. Пояснити принцип роботи радіометра
13. Пояснити принцип роботи дозиметра

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

Дисципліна	Знати	Уміти
Нормальна і топографічна анатомія	Анатомічну будову органів і навколишніх тканин, топографію для проведення променевої терапії.	Орієнтуватися в топографічній анатомії для проведення адекватного лікування.
Нормальна фізіологія	Характер фізіологічних процесів організму.	Розрізняти фізіологічні процеси від патологічних і корегування останніх.
Патологічна фізіологія	Характер патологічних процесів в організмі.	Оцінити тяжкість патологічного процесу в організмі.
Внутрішні хвороби	Для установки остаточного діагнозу і тактики лікування, враховуючи супутні діагнози.	Орієнтуватися в протіканні і клінічних проявах хвороб.
Онкологія	Особливості протікання онкозахворювань, верифікації діагнозу і лікування онкологічних хворих.	Орієнтуватися в протіканні і клінічних проявах онкозахворювань.
Рентгенологія	Уміння в достатньому об'ємі орієнтуватися в рентгенограмах для орієнтування в локалізації.	Правильно призначити те або інше рентгендослідження і розібратися оцінити його.

4. Завдання для самостійної роботи під час підготовки до занять і на занятті.

4.1. Перелік основних термінів, які повинен освоїти студент при підготовці до занять:

Термін	Визначення
Глибинна доза	Доза в рентгенах або його похідних або потужність дози, зміряна на певній глибині або на якійсь відстані від поверхні опромінюваного об'єкту, називається дозою опромінювання, або потужністю дози опромінювання на глибині
Дозиметрія	Всі методи реєстрації і визначення іонізуючих випромінювань відносяться

	до спеціального розділу фізики.
Рентген	Така кількість рентгенівського або гамма-випромінювання в повітрі, при якому зв'язана корпускулярна емісія на 0,001293 г повітря проводить іони, що несуть заряд в одну електростатичну одиницю кількості електрики кожного знаку.
Поверхнева доза	Доза в рентгенах або його похідних або потужність дози, зміряна на поверхні опромінюваного об'єкту або тіла, називається потужністю дози на поверхні, або поверхневою дозою.
Ізодоза	Лінія, що сполучає ряд крапок, що отримали однакову дозу. Ізодоза може відповідати однаковим значенням процентної дози рентгенівського або гамма-випромінювання або процентної поглиненої дози випромінювання.
Дозне поле	Просторовий розподіл поглиненої енергії випромінювання в опромінюваному середовищі або тілі.

4.2. Теоретичні питання до занять:

1. Що таке доза, види доз і одиниці вимірювання доз?
2. Які існують види розсіювання енергії?
3. Які існують види поглинання енергії?
4. Чинники випромінювання, які визначають ступінь іонізації.
5. Що таке лінійна щільність іонізації?
6. Способи дозиметри?
7. Що таке дозиметр?
8. Що таке радіометр?
9. Види клінічних радіометрів і характер інформації яку вони видають.

4.3. Практичні завдання, які виконуються на занятті:

1. Професійні алгоритми (інструкції, орієнтовні карти), оволодіння навиками і уміннями
2. Учбові завдання
3. Тести
4. Завдання, які доповнюють самостійну роботу на практичному занятті, а також довідкові матеріали: матеріали після аудиторної роботи та самостійної роботи, тематика науково-дослідної роботи студентів.

Зміст теми:

Біологічну дію іонізуючого випромінювання (ІВ) вивчає наука, що називається радіобіологією. Вона вивчає загальні закономірності біологічної відповіді на дію ІВ, на основі яких можливо регулювати їх дію, контролюючи променеві реакції організму. Ця задача дуже важка, так як для її вирішення слід зрозуміти і побороти основний радіологічний парадокс, що включає в себе невідповідність між малою величиною енергії, поглинутої в тканинах при опроміненні абсолютно смертельною дозою 10 Гр і дуже великою реакцією біовідповіді організму – аж до загибелі людини.

При опроміненні організму дозою 10Гр йому передається кількість енергії, від якої він нагрівається на 0,0024є, менше ніж від склянки випитого гарячого чаю. Тому значна катастрофа в організмі, яка виникає від мізерної кількості поглинутої енергії і є загадкою радіобіологічного ефекту. Під біодією розуміють здатність ІВ спричиняти функційні та анатомічні зміни на молекулярному, клітинному, органному та організменому рівнях. Біодія ІВ зумовлена енергією випромінювання, яку воно віддає різним тканинам та органам.

Патогенетична дія.

- А. Пряма руйнівна дія ІВ на клітини і тканини.
- Б. Дія на центральну і периферичну нервову систему.
- В. Виникнення вторинних реакцій.

Г. Дія на кров і інші рідини організму, в яких утворюються токсини, як в момент іонізації, так і після нього.

Д. Відповідна реакція цілого організму, під впливом нервових і гуморальних імпульсів.

Особливості біодії ІВ: потайний період дії. Дія на організм високого рівня розвитку виявляється не одразу після опромінення, а зі значним запізненням.

Біодія ІВ на клітини організму характерна властивість кумуляції, тобто накопичення змін. У формуванні біологічного ефекту особливу роль грає діяльність інтегруючої системи організму – нервової, ендокринної, гуморальної, що транспортують по організму токсичні продукти, які виникли в опромінених тканинах. Також для дії ІВ характерна наявність віддалених патологічних наслідків, що проявляються іноді через декілька років.

Граф логічної структури по темі: Етапи біологічної дії іонізуючих випромінювань

Час перебігу процесу	Процес під час опромінення та після нього	Етап
10^{-12} сек.	I – поглинання енергії випромінювання атомами та молекулами середі іонізації та збудження молекул.	Первинна взаємодія
10^{-9} сек.	II – утворення радикалів із молекул, з яких побудовані клітини. Взаємодія їх між собою та з молекулами інших речовин.	Радіохімічних реакцій
Секунди, години	III – пошкодження ДНК в хромосомах, пошкодження в інших органелах та мембранах клітини, які забезпечують функцію спадковості. IV – зміни функції клітини. V – зміни морфології клітини.	Ураження клітини Біохімічний Морфологічний
Хвилини, місяці	VI – порушення функції органу. VII – морфологічні зміни в органах та системах. Безпосередні соматичні нестохастичні ефекти (гостра променева хвороба, променеві реакції та пошкодження, опіки).	Ураження органу
Роки	Віддалені нестохастичні соматичні ефекти (хронічна променева хвороба, катаракта, гіпотиреоз, нефросклероз та інші), існує поріг дози. Стохастичні ефекти (рак) – без порогові ефекти.	Ураження організму
Не визначено довгий час	Віддалені генетичні ефекти (стохастичні), хромосомні аберації, генні мутації, тератогенні ефекти (стохастичні). Прискорення старіння. Загибель організму.	

Теорії біологічної дії ІВ:

1. Теорія мішеней – пряма дія на клітину, насамперед, на ядро та мембрану.
2. Теорія побічної дії – теорія гідроксильних радикалів.
3. Стохастична теорія.
4. Структурно-метаболична теорія.

Пряма дія ІВ. У результаті прямої дії ІВ на ядро клітини у його структурах відбувається утворення радикалів, які володіють неспареними електронами і, як наслідок, вони дуже реакційно спроможні. В ядрі руйнується ДНК, на що вказує накопичення в цитоплазмі нуклеїнових кислот. Складні полісахариди поділяються на прості зі збільшенням їх в'язкості, останні в свою чергу поділяються на кислоти та гістаміноподібні з'єднання, які дуже токсичні. Також зменшується кількість амінокислот та Н-груп, змінюється активність ферментів. Ліпіди мембран руйнуються, з утворенням піроксидів. Гине тільки та клітина, де відбувалися вище вказані зміни.

Побічна дія ІВ: так як організм складається на 70% з води, то 50% поглинутої в ньому енергії приходить на воду. І як слідство, є розпад її з утворенням радикалів.

Початкове утворення радикалів:

1. $\sim \rightarrow \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{e}^- + \text{H}_2\text{O}^+$.
2. $\text{H}_2\text{O} + \text{e}^- \sim \rightarrow \text{H}_2\text{O}^-$.
3. $\text{H}_2\text{O}^+ \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$.
4. $\text{H}_2\text{O}^- \rightarrow \text{H} + \text{OH}^-$.
5. При збудженні молекули води електроном (e^-) $\sim \rightarrow \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{O}^+ + \text{e}^-$; $\text{H}_2\text{O}^+ \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$ також утворюються радикали, які володіють неспареним електроном та дуже реакційно спроможні.

Первинні радіохімічні реакції:

1. $\text{H} + \text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{O}$.
2. $\text{OH} + \text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$.
3. $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2\text{H}$.
4. $\text{H} + \text{O}_2 \rightarrow \text{HO}_2$ (гідропероксид).

Основний ефект променевої дії зумовлено Н, ОН, особливо HO_2 та О. Взаємодія радикалів та перекисних з'єднань з білками, жирами, вуглеводами приводить до порушення біохімічних процесів у тканинах.

Це, в свою чергу, приводить до:

- а) порушення синтезу білків, жирів, вуглеводів;
- б) зміни дії ферментних систем;
- в) порушень тканинного дихання та інше.

В результаті може наступити: загибель клітини, затримка поділу клітини, порушення функції клітини, утворення раку, генетичні зміни, тератогенні зміни.

Радикали, що утворилися, надходять в міжклітинну рідину та потім із током лімфи та крові розповсюджуються по організму. Такі зміни трапляються улюбій клітині опроміненого організму.

Стохастична теорія відкидає теорію конкретної мішені, визнаючи, що мішенями можуть бути всі компоненти живої системи. Реакція, що реєструється зумовлена взаємодіями різноманітних первинних пускових подій.

Структурно-метаболична теорія вирішальне значення відводить не тільки радіаційному ураженню ядерних макромолекул, але і порушенню цитоплазматичних структур.

Основні типи пошкодження клітини:

1. Однотичасті пошкодження молекул ДНК – затримка поділу, порушення функції клітини, утворення раку, а при опроміненні полових клітин – генетичні зміни. При опроміненні плода – тератогенні зміни.
2. Двотичасті розриви молекул ДНК – загибель та причина аберацій.
3. Порушення зв'язку з білком – блокування процесів проліферації та регенерації.
4. Зміна епігеномної (не зв'язаної з ядерними матеріалами), спадковості носієм, якої є різні цитоплазматичні органели – порушення метаболізму, нуклеїнового обміну, окисного фосфорилування, злипання хромосом.
5. Зміна в'язкості та гідрофільності цитоплазми.
6. Порушення мембран.

Зміни в ядрі:

1. Розриви хромосом;
2. Хромосомні аберації;
3. Крапкові мутації;
4. Порушення структури ДНК мембрани.

У результаті цих змін клітина або сповільнює поділ, або, можливе, повне продавлення поділу. В наслідок цього, клітина живе, але не може ділитися – гігантська двоядерна клітина.

Загибель клітини:

1. Інтерфазна – загибель клітини до поділу (при високій чутливості клітини, або високій дозі).
2. Мітотична – загибель клітини після поділу – репродуктивна;

Сублетальні руйнування клітини при наступному опроміненні і поділі клітини перетворюються в летальні (кумулятивний ефект).

Потенційно летальні порушення клітини або виправляються, або проявляють себе при дії інших факторів (температура, гіперглікемія та інші), що застосовують при посиленні ефектів опромінення або їх виправлені. **Радіосенсибілізатори** – засоби, за допомогою яких посилюють ефект опромінення (наприклад: кисень, хіміотерапевтичні засоби). **Радіопротектори** – засоби, за допомогою яких послаблюють ефект від дії опромінення (наприклад: вітаміни).

Пошкодження організму:

Пошкодження організму після дії випромінювання – це реакція на нього. Вона є відхиленням діяльності різних органів і систем від реальної їх дії. Ступень пошкодження залежить від декількох факторів, а реакція організму прямопропорційна ступеню відхилення системи від нормального рівня.

Біореакція організму на опромінення залежить від:

1. Дози, при чому, при сублетальних пошкодженнях, зі збільшенням дози, зростає не доля реагуючих клітин, а величина реакції(тривалість затримки поділу) кожної опроміненої клітини.
2. Також від характеру розподілу дози в часі (потужності дози, швидкості поглинання енергії). При збільшенні потужності дози опромінення біоефект зростає, але тільки до того моменту, коли від одержаної дози клітина гине.
3. Виду опромінення (відносна біологічна ефективність ІВ залежить від його енергії, заряду, маси).
4. Об'єму опроміненої тканини(чим більше опромінений об'єм, тим більша реакція).
5. Виду опроміненої тканини. Радіочутливість тканини прямо пропорційна проліферативній активності, та зворотно пропорційна ступеню диференціації клітин, з яких вона складається.

Граф логічної структури: Види радіочутливості до ІВ.

Видова радіочутливість	Людина (найвища) Бактерії (найнижча)
Індивідуальна радіочутливість	Статева (більш чутливі жінки) Вікова (більш чутливі немовлята та старі люди). Менш чутливі новонароджені та дорослі.
Клітинна радіочутливість: Висока:	Клітини кісткового мозку. Клітини лімфоїдної тканини. Статеві клітини. Ембріональні. Крипти тонкої кишки, ендотелій, епітелій, клітини шкіри. Клітини печінки, легенів, залоз, нервові, кісткові, хрящові, жирові.
<i>Середня:</i>	
Низька:	

Граф логічної структури:

Фактори, що зумовлюють чутливість клітини до іонізуючого випромінювання.

Фактори	Гістологічна будова. Проліферація і тривалість окремих стадій клітинного циклу Мітотична активність клітин. Диференціація. Вміст кисню. Деякі фактори обміну.
---------	--

Найбільш чутливі до іонізуючого опромінення клітини, які часто діляться (всі ствові клітини). Це зумовлено тим, що вони частіше знаходяться у М-фазі мітозу. Якщо клітина опромінюється у цей період, то у неї немає часу на відновлення. Спочатку пресинтетичного періоду (G₁) відсоток виживання збільшується в 5 разів. При переході мітотичного циклу в S-фазу

синтезу відсоток виживання клітин різко знижується, та знов зростає до кінця S-періоду в 10 разів. У постсинтетичний період (G_2) процент виживання клітин знов знижується.

Відновлення (репарація) – багатоетапний ферментативний процес, у якому розрізняють:

1. Вилучення ділянки ушкодження.
2. З допомогою комплементарної ділянки протилежної нитки ДНК, забудовуються утворені прогалини. Вилучення відбувається з допомогою ферменту ендонуклеази, а забудова при допомозі ДНК- полімерази або полінуклеотидлегази. Репарація – ензиматичний процес, у зв'язку з чим її інтенсивність залежить від загального рівня клітинного метаболізму і запасу енергії.

Застосування іонізуючих випромінювань в клінічній практиці викликає необхідність правильної кількісної і якісної оцінки характеру розподілу енергії випромінювання в опромінюваному об'ємі. Як відомо, біологічна дія іонізуючого випромінювання на організм знаходиться в прямій залежності від кількості і якості енергії, поглиненої тканинами. Всі методи реєстрації і визначення іонізуючих випромінювань відносяться до спеціального розділу фізики, який називається **дозиметрією**.

На сучасному етапі розвитку радіології знання особливостей розподілу енергії випромінювання сприяє успішному застосуванню різних методів променевої терапії і дозволяє дати об'єктивнішу оцінку отриманим результатам.

Для реєстрації кількості випромінювання в медичній практиці застосовуються різні методи дозиметрії, які залежно від ефекту, викликаного радіацією, розділяються на:

1. іонізаційні
2. фотографічні
3. хімічні
4. сцинтиляційні, або люмінесцентні
5. біологічні методи дозиметрії.

Величини і одиниці дози

Для визначення кількості поглиненої енергії вводиться поняття доза випромінювання. Під дозою розуміють кількість енергії, поглиненої в одиниці маси опроміненої речовини. У практиці променевої терапії прийнято розрізнити **експозиційну дозу**. Під **експозиційною дозою** розуміють кількість рентгенівського або гамма-випромінювання, поглиненого в певній масі повітря. Одиницею експозиційної дози є **рентген**. Рентген – така кількість рентгенівського або гамма-випромінювання в повітрі, при якому зв'язана корпускулярна емісія на 0,001293г повітря проводить іони, що несуть заряд в одну електростатичну одиницю кількості електрики кожного знаку. Число 0,001293г представляє значення маси в грамах 1 см³ атмосферного повітря при температурі 00с і тиску 760 мм. ртутного стовпа.

Енергія, поглинена в певному об'ємі опромінюваної речовини за одиницю часу, називається потужністю дози. За одиницю потужності дози випромінювання приймають рентген в годину ($p/час$), рентген в хвилину ($p/мин$), рентген в секунду ($p/сек$). Потужність дози рівна:

$$P = \frac{D}{t} \text{ — эрг/см}^3 \text{ сик}$$

де P — потужність дози; D — доза випромінювання; t — час опромінювання.

Доза випромінювання в рентгенах або похідних рентгена або потужність дози первинного пучка випромінювання, зміряна у вільному повітрі за відсутності розсіюючих тіл, називається потужністю дози випромінювання у вільному повітрі.

Доза в рентгенах або його похідних або потужність дози, зміряна на поверхні опромінюваного об'єкту або тіла, називається потужністю дози на поверхні, або поверхневою дозою.

Доза в рентгенах або його похідних або потужність дози, зміряна на певній глибині або на якійсь відстані від поверхні опромінюваного об'єкту, називається дозою опромінювання, або потужністю дози опромінювання на глибині – глибинна доза.

Відношення дози на глибині до дози у вільному повітрі, виражене у відсотках, називається відносною, або процентною, глибинною дозою опромінювання.

Енергія іонізуючого випромінювання, поглинена одиницею маси опромінюваної речовини, називається **поглиненою дозою випромінювання**.

Енергія іонізуючого випромінювання, передана речовині і перетворена в інші форми енергії, називається **поглиненою енергією випромінювання**.

Одиницею поглиненої енергії випромінювання є **радий** – поглинена енергія випромінювання, рівна 100 ергам на 1г опромінюваної речовини. **Ерг** – одиниця роботи і енергії, рівна роботі, здійснюваною силою в 1 дину при переміщенні точки її застосування на 1 див. **Дина** — одиниця сили, рівна силі, яка, діючи на масу в, 1г, повідомляє їй прискорення в 1 см/сек².

Доза, поглинена за одиницю часу, називається **потужністю поглиненої дози**. Одиницями потужності поглиненої дози є: радий в годину (рад/час), в хвилину (радий./мин), мілірад в годину (мрад/час), мікrorад в секунду (мкрад/сек).

При проведенні променевої терапії необхідно знати не тільки експозиційну і глибинну, але і інтегральну поглинену дозу, під якою розуміють енергію іонізуючого випромінювання, поглинену в певній масі речовини. При оцінці біологічної дії на організм необхідно враховувати інтегральну поглинену дозу в опромінюваному органі або вогнищі і інтегральну поглинену дозу у всьому тілі. Одиницею вимірювання інтегральної поглиненої дози є грамм-рад (г/рад) – енергія іонізуючого випромінювання, поглинена в даній масі речовини. Іноді доводиться визначати і середню поглинену дозу, під якою розуміють середню енергію іонізуючого випромінювання, поглинену одиницею маси опромінюваного тіла. Зазвичай вона дорівнює відношенню інтегральної поглиненої дози у всьому опромінюваному об'ємі до маси тіла, тобто середнє значення поглиненої дози на кожен грам маси тіла. Одиницею **середньої поглиненої дози є радий**.

Для того, щоб краще орієнтуватися в клінічній дозиметрії, необхідно знати, що таке **дозне поле**. Під **дозним полем** розуміють просторовий розподіл поглиненої енергії випромінювання в опромінюваному середовищі або тілі. Наочне уявлення про характер дозного поля дають ізодозові криві.

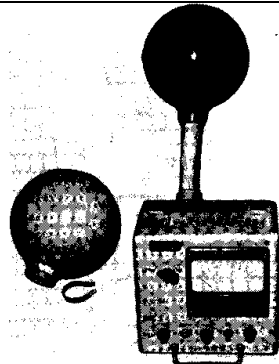
Ізодоза – лінія, що сполучає ряд крапок, що отримали однакову дозу. Ізодоза може відповідати однаковим значенням процентної дози рентгенівського або гамма-випромінювання або процентної поглиненої дози випромінювання.

Велике число або серію ізодозових кривих, побудованих для певного перетину дозного поля в одному масштабі і відповідних певним значенням дози рентгенівського або гамма-випромінювання, прийнято називати картою ізодоз.

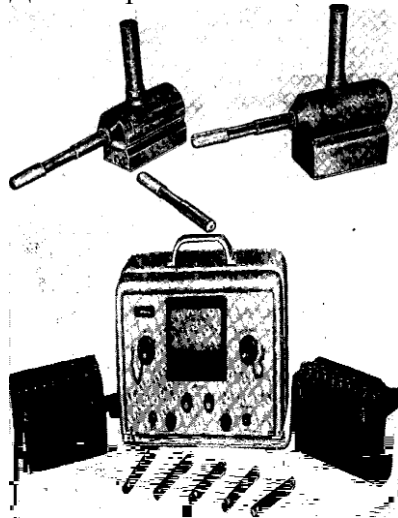
Методи дозиметрії

Значні успіхи променевої терапії багато в чому обумовлені розвитком клінічної дозиметрії. В даний час в радіологічній клініці використовується велике число дозиметричних методів і широкий діапазон вимірювальних приладів, які засновані переважно на оцінці фізичних явищ, що виникають в результаті взаємодії випромінювання з речовиною.

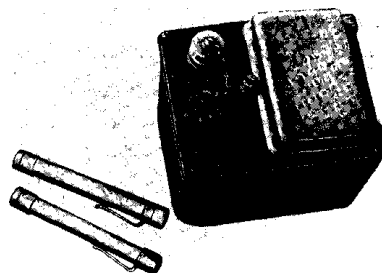
Фізичні методи дозиметрії	<p>Основною частиною дозиметра є іонізаційна камера, або детектор.</p>	Мірою дози може бути іонізація, яка виникає в результаті поглинання енергії випромінювання речовиною. Іонізаційний метод дозиметрії є найбільш поширеним в променевій терапії. Здійснюється він дозиметрами або рентгенометрами, що працюють на принципі визначення сумарного ефекту іонізації в опромінюваному об'ємі і реєструючими дози для потужності дози тільки в рентгенах.
----------------------------------	---	--



Дозиметр МРМ-2.



Для визначення потужності дози на рентгено-терапевтичеському і гамматерапевтичеському апаратах застосовуються дозиметри (мал. 5 і 6), які працюють за принципом розрядки ємкості іонізаційної камери. Для визначення ступеня забруднення радіоактивними речовинами, робочих приміщень застосовуються спеціальні радіощупи або переносні індикатори гамма-променів. Для виявлення бета-часток і гамма-квантів, а іноді і альфа-часток застосовуються лічильники Гейгера – Мюллера, які володіють дуже високою чутливістю.

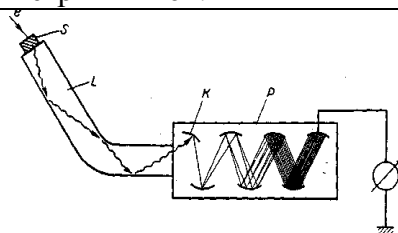


Мал. 8. Дозиметр КД-м



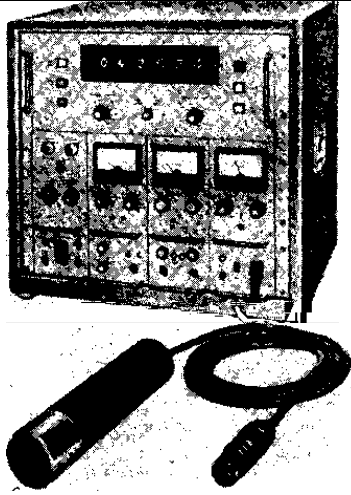
Мал. 9. Фотоплівкові дозиметри ІФК-02.

Для дозиметрії іонізуючого випромінювання використовується також його світлозбуджуюча дія (флюоресценція і сцинтиляція). Розповсюдження будь-яких заряджених частинок через речовину супроводжується збудженням атомів і молекул середовища, тобто виникненням квантів видимого і ультрафіолетового світла. Заряджена частинка, проходячи через прозорий кристал, всякий раз викликає світловий спалах. Люмінесцентні лічильники в порівнянні з іонізаційними камерами володіють вищою чутливістю. Дозиметрія, заснована на світлозбуджуючій дії іонізуючого випромінювання, знайшла широке застосування тільки останніми роками завдяки впровадженню в практику фотоелектронних помножувачів.



Мал. 10. Схема сцинтиляційного лічильника.

Ефективність їх особливо велика в тих випадках, коли потрібна висока точність визначення дози гамма-випромінювання. Дозиметр, що працює по вказаних вище принципах, складається з сцинтилятора, фотоелектронного помножувача, джерела постійної високої напруги і приладу, реєструючого імпульси

	 <p>Мал. 11. Радіометр.</p>	<p>Сцинтиляційні лічильники застосовуються також в діагностиці злоякісних пухлин методом контактної радіометрії. Вона здійснюється за допомогою комплексу радіодіагностичної апаратури, куди входить набір спеціальних датчиків бета-зондов; кожен з них підключений до блоку живлення і перелічувального пристрою.</p> <p>Такий комплекс носить назва радіометра.</p>
<p>Хімічні і фотохімічні методи дозиметрії</p>	<p>радіохімічна реакція</p>	<p>Зі всіх радіохімічних реакцій найбільш вивченою і частіше вживаною в дозиметрії вважається радіохімічна реакція окислення двовалентного заліза в тривалентне. Для багатьох таких реакцій це відношення не є постійним величиною, а залежить від потужності дози або диференціальної іонізації відповідним випромінюванням.</p>
	<p>фотографічний спосіб</p>	<p>Фотографічний метод широко використовується при індивідуальному дозиметричному контролі. Що працюють з джерелами іонізуючого випромінювання отримують спеціальні касети з чутливою фотоплівкою. Через певний час фотоплівка виявляється, а щільність почорніння фотографічної емульсії вимірюється за допомогою мікрофотометра. Порівнюючи щільність почорніння плівки із стандартом, визначають дозу випромінювання в рентгенах.</p>
<p>Біологічна дозиметрія</p>		<p>Біологічні методи дозиметрії знаходяться в прямій залежності від реакцій, які виникають в опромінену організмі. Еритемною вважалася мінімальна доза, яка після одноразового місцевого опромінювання ділянки шкіри через 14 днів викликала помітне почервоніння. Зазвичай еритема з'являлася після дози від 500 до 800 p залежно від якості випромінювання. Нездоланою відомою, органною і клітинною чутливістю до випромінювання, яка була погано вивчена у той час, тепер пояснюються недоліки цього способу.</p>

РАДІАЦІЙНИЙ ЗАХИСТ.

Сукупність захисних пристроїв і організаційних заходів, в результаті яких дія рентгенівського випромінювання не повинна перевищувати гранично допустиму дозу (ПДД), яка встановлюється залежно від категорії опромінювання.

Категорія А	Професійне опромінювання осіб, що працюють безпосередньо з рентгенівським випромінюванням
--------------------	--

Категорія Б	опромінювання осіб, що працюють в приміщеннях, суміжних з кабінетом рентгенодіагностики
Категорія В	опромінювання населення всіх вікових категорій

Згідно «Санітарним правилам роботи з радіоактивними речовинами» (1960) ПДД для персоналу рентгенодіагностичних кабінетів є 100 мрад в тиждень, або 5 радий в рік; для тих, що працюють в суміжних приміщеннях 10 мрад в тиждень, або 0,5 радий в рік; для решти населення 1 мрад в тиждень, або 0,05 радий в рік. При професійному опромінюванні ПДД для грон рук встановлюється в 5 разів більшою, тобто 500 мрад в тиждень.

Радіаційний захист досягається низкою заходів, які можна умовно згрупувати таким чином.

Екранування

Між джерелом випромінювання і людиною поміщають захисні матеріали (свинець, просвинцованна гума, барит і т. д.).

Екранування персоналу здійснюють стаціонарними (непереміщуваними) захисними пристроями – захисним покриттям стін, підлоги, дверей, дверних отворів, оглядових вікон і нестаціонарними (переміщуваними) захисними пристосуваннями – ширмою, кожухом рентгенівської трубки, додатковим фільтром, тубусом, діафрагмою, фартухом, спідницею, рукавичками. Фартухи, спідниці, рукавички з просвинцованої гуми відносяться до засобів індивідуального захисту.

Мала і велика захисні ширми, многолопастной фартух, підвішений до екрану, повинні мати свинцевий еквівалент не менше 1 мм; захисні фартухи, спідниці – не менше 0,3 мм. Фартухи повинні повністю закривати передньо-бічні відділи тіла і нижніх кінцівок не менше чим на 8 – 10 см нижче за колінні суглоби.

Особливо ретельне екранування персоналу із застосуванням всіх індивідуальних засобів захисту необхідне при трохоскопічних дослідженнях (іригоскопія, ангиографія, бронхографія і ін.). При цьому рекомендується застосовувати додатково малі пересувні захисні ширми (ширина 150 см, висота 130см).

Екранування обстежуваних здійснюють застосуванням свинцю і просвинцованої гуми, додаткових фільтрів, зменшенням розмірів поля опромінювання. Тут слід виділити захист гонад і решти органів і тканин обстежуваних.

Для захисту гонад, що потрапляють в сферу робочого пучка, у чоловіків застосовують свинцеві капсули, а у жінок свинцеві протектори, що прикривають при наложенні їх на передню черевну стінку яєчники і труби. У всіх випадках, коли гонади не потрапляють в сферу робочого пучка, вони повинні екрануватися просвинцованою гумою.

Застосування додаткових фільтрів дозволяє значно понизити потужність дози і променеве навантаження на обстежуваного. «Правилами пристрою і експлуатації рентгенівських кабінетів» рекомендується наступна загальна фільтрація випромінювання захисним кожухом, блок-трансформатором і фільтром: при напрузі генерування до 75 кв – фільтр 1,5 мм алюмінію, до 100 кв – 2 мм, до 125 кв – 3 мм, до 150 кв – 5 мм алюмінію. При рентгенологічному обстеженні вагітних передбачається наявність додаткових фільтрів: при напрузі генерування 100-110 кв – 3 мм алюмінію, 125 кв – 4 мм, 150 кв – 5 мм алюмінію.

Додатковий фільтр, зазвичай алюмінієвий, поміщають біля виходу пучка рентгенівського випромінювання. При необхідності фільтр може бути замінений іншим, масивнішим. Заміна фільтрів повинна проводитися тільки рентгенотехніком. Правилами передбачається таке кріплення додаткового фільтру, щоб зміна його була неможлива без спеціальних інструментів.

Для зменшення об'єму опромінюваних тканин застосовуються стулкові діафрагми з плавним регулюванням і захисні тубуси з оптичною централізацією і стулковою діафрагмою.

Захист відстанню (дистанціонування) і правильне планування кабінету. Захист відстанню заснований на законі просторового ослаблення рентгенівського випромінювання: інтенсивність випромінювання назад пропорційна квадрату відстані від джерела випромінювання.

З метою зменшення опромінювання персоналу «Правилами пристрою і експлуатації рентгенівських кабінетів» (1962) в кабінетах, що знов будуються, передбачаються окремі приміщення,

в які виносять пульт управління рентгендіагностичного облаштування. У такому приміщенні (апаратною) можна встановити пульти управління декількох установок, що знаходяться в суміжних приміщеннях. Окрім пульта управління, в апаратній повинні бути влаштовані кабіни для обстежуваних і обладнані робочі місця для лікаря і рентгенолаборанта.

У тих випадках, коли пульт управління не виноситься в окреме приміщення, він повинен знаходитися в найбільшому віддаленні від джерела розсіяного випромінювання і в стороні від напрямку первинного пучка. Робочий пучок при просвічуванні прямує у бік капітальних стін приміщення; трубка повинна отстояти не менше чим на 2 м від тієї стіни, на яку направлений пучок випромінювання.

При експлуатації установок рентгендіагностик відстань від фокусу трубки до шкіри обстежуваного повинно бути не менше 25 см; у установках для зуболікарської діагностики – не менше 12,5 див. Оптимальна відстань при просвічуванні 35-60 див.

Обстежуваних при просвічуванні необхідно встановлювати впритул до флюороскопічному екрану, щоб максимально збільшити відстань джерело – шкіра і добитися зменшення поглиненої інтегральної дози.

Скорочення тривалості дослідження. Просвічування необхідно проводити в ретельно затемненому кабінеті після хорошої адаптації (не менше 10-15 хвилин). Всі розпитування хворого повинні проводитися не за екраном при включеній установці, а до цього. Під час просвічування пояснення лікарям, що лікують, курсантам, студентам повинні бути скорочені до мінімуму. Просвічування необхідно проводити економно, вимикаючи високу напругу, коли обстеження уривається навіть на декілька секунд. Для обліку тривалості рентгенологічного обстеження використовують оптичний або акустичний сигнал, вмонтований в пульт управління установки.

Чимале значення для скорочення тривалості рентгенологічного обстеження при рентгенографії має висока чутливість екранів і плівки і оптимальна техніка хімічної фотообробки плівки. Так, наприклад, що випускаються заводом імені Семашко кальцій-вольфраматные підсилюючі екрани (типу УФДМ) дозволяють скорочувати час експонування в 1,5-2 рази без погіршення якості зображення, а підсилюючі екрани «Симультан-1» і «Симультан-2» дають можливість отримати одночасні 5 томограм при тій же експозиції, що і для виробництва однієї томограми із звичайним екраном.

Зменшення променевого навантаження може бути досягнуте також шляхом використання мінімальних експозицій з одночасним застосуванням високої напруги генерування близько 100 кв і вище.

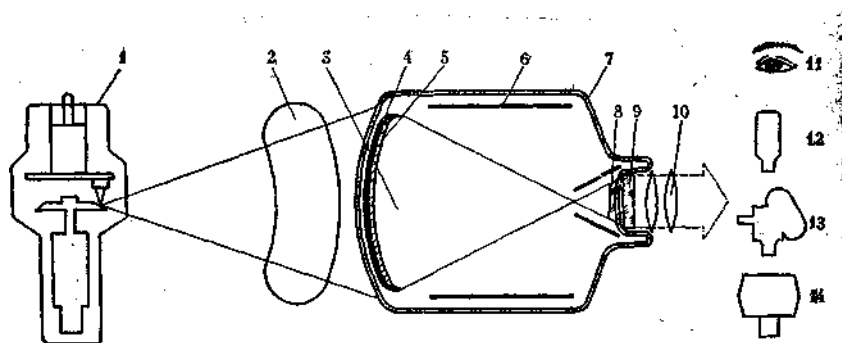


Схема пристрою електронно-оптичного перетворювача з рентгенівським екраном, що знаходиться в оптичному контакті з фотокатодом.

1-рентгенівська трубка; 2-об'єкт дослідження; 3-ЕОП; 4-вхідний рентгенівський екран; 5-фотокатод; 6-подфокусируючий електрод; 7-колба; 8-вихідний екран; 9-захисне скло, 10-оптична система; 11-глаз що досліджує; 12-телевізійна камера; 13-кінокамера; 14-широкоформатна кінокамера.

Використання електронно-оптичного перетворювача. Для зниження променевого навантаження на персонал і обстежуваних велике значення має применення нової апаратури, зокрема електронно-оптичного підсилювача рентгенівського зображення. Останній є пристроєм, призначеним

для багатократного збільшення яскравості зображення на рентгенівському екрані шляхом перетворення світлового зображення в електронне і подальшого перетворення його в світлове. Таке посилення зображення досягається за допомогою електровакуумного приладу, званого електронно-оптичним перетворювачем (ЕОП).

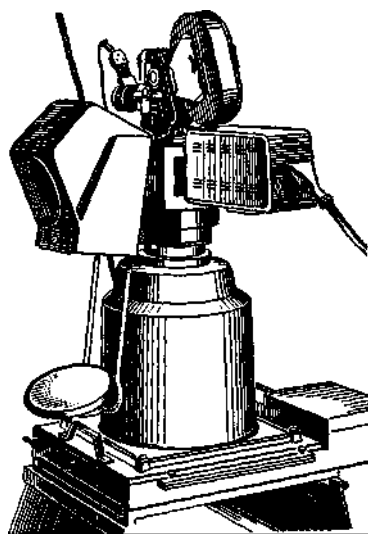
Підсилювач рентгенівського зображення призначений головним чином для просвічування, рентгенокінематографії і використання телебачення в рентгенодіагностиці.

Принцип пристрою електронно-оптичного підсилювача полягає в тому, що рентгенівське випромінювання, пройшовши через досліджуваний об'єкт і викликавши свічення флюоресцируючого екрану, діє потім променями флюоресценції (див.) на фотокатод перетворювача, викликаючи емісію електронів. Останні прискорюються позитивною високою напругою і фокусуються електростатичними або магнітними лінзами, бомбардуючи вихідний екран перетворювача і викликаючи його свічення, внаслідок чого електронне зображення перетворюється в світлове, видиме оком.

Посилення зображення в тисячі і більше разів досягається прискоренням електронів (див.) і концентрацією їх на площі, в десятки разів меншою, ніж площа фотокатода.

Зображення, що отримується на вихідному екрані, можна через відповідну оптичну систему розглядати оком, фотографувати за допомогою кінокамери па кіноплівку або передавати на приймальну трубку телевізійної установки.

Основною перевагою електронно-оптичного підсилювача є різке зниження дози рентгенівського випромінювання при діагностичних дослідженнях, особливо при рентгенопнематографі, а також можливість завдяки різкому збільшенню яскравості зображення просвічувати в слабо затемненому приміщенні, користуючись при цьому малопотужними рентгенівськими апаратами. Подальше зниження променевого навантаження, особливо на персонал, слід чекати від застосування рентгенотелебачення.



Мал. 58. Просвічування з використанням електронно-оптичного підсилювача

Організаційно-лікарські заходи щодо зниження променивих навантажень.

При напрямі хворого на рентгенологічне обстеження в амбулаторній карті або історії хвороби лікар, що лікує, повинен вказати мету і область обстеження, а також дату і результати останнього рентгенологічного обстеження. Призначення складних рентгенологічних досліджень (урографія, ангиографія, бронхографія і ін.) можливе тільки за строгими клінічними свідченнями, узгодженим рентгенологом і лікарем, що лікує. Повторні складні рентгенологічні дослідження, пов'язані з великим променивим навантаженням, бажано проводити не раніше чим через 15 діб.

Бажане обмеження рентгенологічних обстежень органів, близько розташованих до гонадам (пієлографія, уретрографія, рентгенографія поперекового відділу хребта, тазу і тазостегнових суглобів, іригоскопія).

Такі обстеження у жінок в дітородному віці слід проводити тільки протягом першого тижня після менструації. Рентгенологічне обстеження вагітних повинне проводитися тільки за строгими клінічними свідченнями, бажано в другу половину вагітності, з використанням в основному рентгенографії.

Застосування рентгенографії (замість рентгеноскопії) при дослідженні органів грудної порожнини значно знижує променеве навантаження на персонал і обстежуваних.

ТРИВАЛІСТЬ РОБОЧОГО ДНЯ І ДОДАТКОВИХ ВІДПУСТОК персоналу, що працює у сфері іонізуючого випромінювання.

Для персоналу кабінетів (відділень) рентгенодіагностик відповідним наказом Міністерства охорони здоров'я СРСР встановлений скорочений 5-годинний робочий день, додаткова відпустка 18 робочих днів і обмеження числа процедур, пов'язаних з великим променевим навантаженням.

Для персоналу рентгенотерапевтичних кабінетів встановлений 6-годинний робочий день і додаткова відпустка 12 робочих днів. Для персоналу кабінетів дистанційної гамма-терапії відповідно 5-годинний робочий день і 18 робочих днів додаткової відпустки. Для персоналу радіоманіпуляційних кабінетів, що використовують закриті джерела гамма-випромінювання, встановлений 4-годинний робочий день і 24 робочих днів додаткової відпустки. Для медичного персоналу, обслуговуючого хворих з введеними радіоактивними препаратами в палатах 5-годинний робочий день і 18 робочих днів додаткової відпустки.

Матеріали для самоконтролю.

А. Питання для самоконтролю:

1. З яких частин складається ядро?
2. Які види випромінювань існують?
3. Які існують теорії будови ядра атома?
4. Які властивості ядерних сил?
5. Які існують види ядерних перебудов?
6. Що таке радіоактивність?
7. Що таке активність, постійна розпаду, період напіврозпаду, біологічний період напіввиведення?
8. У яких одиницях вимірюється активність?
9. Що таке доза, види доз і одиниці вимірювання доз?
10. Які існують види розсіювання енергії?
11. Які існують види поглинання енергії?
12. Чинники випромінювання, які визначають ступінь іонізації.
13. Що таке лінійна щільність іонізації?
14. Яка мінімальна середня кількість енергії потрібна на утворення однієї пари іонів в повітрі?
15. Типи радіологічних відділень?

В. Задачі для самоконтролю:

1. Чим викликана необхідність озброїти наші органи чуття приладами, які реєструють радіоактивні випромінювання?
2. Вам потрібно зареєструвати накопичення бета-випромінювання РФП в порожнині. У вас є сцинтиляційний детектор, що дозволяє реєструвати випромінювання зовні і над поверхнею тіла і газорозрядний датчик, що вводиться в досліджувану порожнину. Який датчик ви виберете, чому?
3. Вам потрібно вивчити функціональний стан нирок. У вашому розпорядженні є хронографія гамми і топограф гамми. Який апарат ви використовуєте, чому?
4. У хворого захворювання серця, поставлено завдання вивчити стан його порожнини. У вашому розпорядженні є сканер і камера гамми з ЕОМ. Що ви використовуєте і чому?
5. Ви вивчаєте характер накопичення I^{131} у щитоподібній залозі. В вашій лабораторії є сканер, радіометр. Який апарат ви використовуєте?
6. У вашій лабораторії організовується дослідження біологічних проб за допомогою радіонуклідів.

Який радіо діагностичний прилад ви придбаєте?

7. Чи можливо досліджувати щитоподібну залозу одночасно I^{131} і $Tc99$?
8. Або потрібно при вивченні динаміки накопичення РФП в органі оцінювати весь досліджуваний орган, або звзвити поле зору детектора і направити його на окрему ділянку цього органу?
9. Чи потрібно в радіонуклідній лабораторії 3 класи робити ємкості для стічних вод, які містять радіоактивні речовини?
10. Перед вами поставлене завдання вивчити ділення в органі РФП, випромінюючого гама-лучи. У вашому розпорядженні є сцинтиляційний і газорозрядний датчик. Якому ви віддасте перевагу, чому?

ВІДПОВІДІ

1. Відсутність органів чуття, яке сприймає випромінювання.
2. Газорозрядний датчик, який потрібно встановити контактено.
3. Гамахронограф, з його допомогою вивчають функцію
4. Гама-камера - це швидкодіючий реєстратор випромінювання.
5. Радіометр in vivo
6. Радіометр in vitro
7. Так.
8. Потрібно оцінювати весь орган
9. Немає.
10. Сцинтиляционному. Він чутливіший.

Завдань 3 рівні

- 1) Скільки пар іонів можуть утворити гамма-кванты| при розпаді ядра атому $Z 60$?
- 2) Використовуйте середнє значення їх енергії і середнє значення енергії будь-якого | виду випромінювання, необхідного для утворення однієї пари іонів в повітрі 34 Св.
- 3) Якій кількості Гр дорівнює| 1 Радий?
- 4) Яка кількість Бк складає| 1 Кл?
- 5) Чим відрізняється дія гама-лучей, рентгенівських променів один від одного?
- 6) Який вид променів виникає в результаті зміни| енергетичного стану| атому?
- 7) Який вид розпаду був в даному випадку?
- 8) Який вид розпаду був в даному випадку?
- 9) Знайти питому активність радіоактивного препарату I^{131} на 20.05, якщо на 6.05 того ж року його вихідна| активність була 200 мГбк|, період напіврозпаду I^{131} 8,1 діб?
- 10) Який вид променів утворюється в результаті гальмування електрона в електромагнітному полі ядра атому?

4.3. Література, що рекомендується, за темою:



Основна (учбова):

1. М.И. Мілько, А.Ф. Лазар, Н.Ф. Назімок «Медична радіологія». – К.: 1991р.
2. «Керівництво по ядерній фізиці» / Під. ред. Г.П. Сиваченко. – К.: 1991р.
3. Л.Д. Лінденбратен, Ф.М. Лес «Медична радиология|». – М.: 1986г.

❖ Додаткова (наукова, професійна, монографічні і періодичні видання):

1. И.А. Переслегин, Ю.Х. Саркисян «Клінічна радіологія» 1973г. «Медицина» Москва.
2. «Довідник по радіології і рентгенодіагностиці»

Інтернет ресурси

1. <http://www.sworld.com.ua>
2. medvuz.info
3. www.hotline.ua
4. vrachivmeste.ru
5. www.youtube.com

6. mdtube.ru
7. med-video.livejournal.com
8. vasily-sergeev.livejournal.com
9. ru-ru.facebook.com/mdtube
10. www.hospsurg.ru/content/view
11. <https://sites.google.com/site/medicinskievideolekcii/videolekcii-po-predmetno>
12. med-video.livejournal.com
13. www.bsmu.by/page/8/1682
14. www.internov.net
15. kingmed.info
16. medstudents.ru
17. www.medcampus.ru
18. www.medicstudent.ru
19. medagentru
20. www.4medic.ru
21. top.medlinks.ru
22. www.rusmedserv.com/topsites
23. www.pharm-med.ru
24. volgmu.my1.ru