

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені О.О. БОГОМОЛЬЦЯ

"Затверджено"

на методичній нараді
кафедри радіології та
радіаційної медицини

Завідувач кафедри
професор М.М. Ткаченко

"-----"-----2009 р.

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ
ПРИ ПІДГОТОВЦІ ДО ПРАКТИЧНОГО ЗАНЯТТЯ

Навчальна дисципліна: радіаційна медицина

Тема заняття: Віддалені наслідки дії іонізуючого випромінювання.
Стохастичні та нестохастичні ефекти радіації. Вилив малих доз
іонізуючої радіації на організм людини. Токсикологія основних
радіонуклідів. Ефекти внутрішнього опромінення людини.

Курс V

Факультет: медичний

Київ 2015

Актуальність теми

Внаслідок аварії на ЧАЕС в 30-кілометровій зоні і на значних прилеглих територіях України, Білорусії та Росії склалася унікальна екологічна обстановка. Тривалий час в навколишнє середовище попадав широкий спектр радіонуклідів, які характеризуються не тільки різними періодами полурозпаду, полувиведення, енергіями опромінення, но і різними формами існування (молекулярні, іонні продукти, коллоїдні частинки, аерозолі та інш.). З водою, продуктами харчування, повітрям ці радіоактивні речовини постійно попадали і попадають в різній кількості в організм людей, які працюють в зоні ЧАЕС і мешканців забруднених територій. Значимість внутрішнього опромінення організму людини, частіше за рахунок малих доз іонізуючої радіації, не втрачає своєї актуальності і в теперішній час. Вивчення даної теми ґрунтуються на знаннях студентів, отриманих з біології, генетики, гістології та ембріології, фізіології, патологічної фізіології, терапії, ендокринології, гематології, нервових захворювань та інших дисциплін.

На початку заняття викладач звертає особливу увагу на актуальність проблеми впливу малих доз іонізуючої радіації на біологічні об'єкти, шляхи їх виявлення у потерпілих, можливості прогнозування їх біологічних ефектів, інкорпорацію радіонуклідів та методів запобігання або мінімізації доз та наслідків внутрішнього опромінення людини.

Виходячи зі знань студентів з вище перерахованих дисциплін розглядаються можливі ефекти малих доз іонізуючої радіації на різні органи та системи людини на різних етапах онтогенезу.

1. Конкретні цілі

1.1 Аналізувати можливі ранні та пізні віддалені наслідки опромінення людини:

- виявляти основні форми склеротичних процесів, як віддалених наслідків;
- гіпо- та апластичні порушення у віддалений період після опромінення;

- дисгормональні порушення;
- генетичні наслідки іонізуючого опромінення;
- психофізіологічні віддалені наслідки опромінення;

1.2. Знати стохастичні та нестохастичні ефекти радіації, соматичну та генетичну патологію.

1.3. Знати принципи профілактики і лікування віддалених наслідків опромінення людини.

1.4. Використовувати методи визначення впливу малих доз радіації на організм людини та визначати засоби профілактики, лікування та мінімізації шкідливої дії опромінення.

1.4.1. Мати сучасні уявлення о малих дозах іонізуючого опромінення.

1.4.2. Знати методи, за допомогою яких можна зробити припущення о наявності впливу малих доз.

1.4.3. Оцінити теорії та гіпотези впливу малих доз іонізуючого опромінення на організм людини.

1.4.4. Аналізувати вплив малих доз на кровотворну систему.

1.4.5. Вивчити вплив малих доз на центральну нервову систему.

1.4.6. Оцінити дію малих доз опромінення на імунну систему.

1.4.7. Аналізувати дію малих доз на репродуктивні органи.

1.4.8. Вивчити вплив малих доз на ембріон та плід.

1.5. Аналізувати шляхи попадання радіонуклідів в організм людини.

1.5.1. Знати розчинність, всмоктуваність, характер розподілу та виведення радіонуклідів.

1.5.2. Вивчити ефективний період напіввиведення радіонуклідів.

1.5.3. Знати радіонукліди, які найбільш поширені після аварії на ЧАЕС.

1.5.4. Виявити заходи по зниженню доз внутрішнього опромінення.

1.6. Зібрати професійний анамнез у хворого, який знаходився в контакті з малими дозами опромінення, з метою виявлення радіаційного чинника у соматичній патології.

1.6.1. Виявити ознаки патологічних змін, які можуть з'явитись у наслідок дії малих доз зовнішнього та внутрішнього опромінення під час об'єктивного дослідження хворого.

1.6.2. Виявити та оцінити відповідні ознаки у показниках лабораторних та інструментальних методів досліджень.

1.6.3. Оцінити можливість інкорпорації радіонуклідів та заходів по запобіганню або зниженню доз внутрішнього опромінення.

2. Базовий рівень підготовки

Назви попередніх дисциплін
Фізика, біофізика, хімія, біохімія, токсикологія, медична генетика, ембріологія, внутрішні хвороби, гематологія, нервові хвороби, імунологія, ендокринологія, педіатрія та інші

3. План і організаційна структура навчального заняття з дисципліни

1. Підготовчий етап. 30 хв.
2. Основний етап – 110 хв.
3. Заключний етап – 40 хв.

4. Методика організації навчального процесу на практичному занятті.

4.1. Підготовчий етап:

- вступне слово викладача;
- визначення мети заняття;
- контроль рівня знань студентів (Тестові завдання формату А).

4.2. Основний етап:

Проблема впливу малих доз радіації на організм людини та інкорпорація радіонуклідів найбільш складна, найменше вивчена і досить актуальна в останні роки. Виявлення впливу малих доз майже завжди викликає труднощі. Частково це пояснюється тим, що клінічні прояви і віддалені наслідки виникають не одразу, а через деякий, інколи тривалий

період часу. Але й коли виявлено деякі порушення, потрібно довести, що вони зв'язані з дією радіації, а не з іншою причиною. Прийнято вважати, що при дії малих доз можливі тільки два ефекти: рак і генетичні порушення ефекти не являються специфічними для радіації, вони можуть викликатись і іншими природними або техногенними факторами - курінням, забрудненням повітря, води і продуктів хімічними речовинами. Опромінення в малих дозах тільки підвищує ризик цих наслідків, які існують і без нього. Тому виявити ефекти дії радіації можна тільки при спостереганні за великою групою людей при порівнянні з повністю їй еквівалентною (але не опроміненою) групою.

Методи дослідження впливу малих доз іонізуючого опромінення

В дійсності це виявляється дуже складним, тому що ефекти (напр. ракові захворювання) викликаються багатьма причинами. Тому можна говорити тільки про можливе підвищення загальної кількості захворювань. З іншого боку, дуже важко підібрати для порівняння два великих людських масиви, однакових у всьому, крім отриманої дози. Адже при одному і тому ж радіаційному фоні статистика ракових захворювань сильно коливається від регіону до регіону в залежності від екології, умов життя, медичної профілактики і т.п. Слід відмітити, що в медичній статистиці, яка необхідна для виявлення ефектів радіаційної дії, основна похибка витікає із різної кваліфікації медичних працівників, різних діагностичних методик і апаратури. Тому епідеміологічні дослідження повинні проводитись єдиною медичною групою з уніфікованими методиками і апаратурою, що потребує старанної організованості та великих витрат.

В світі відомо декілька добре організованих таких досліджень з тривалим спостереженням за сотнями тисяч робочих уранових родовищ, лікарями-рентгенологами і пацієнтами, які піддавалися променевої терапії, населенням деяких регіонів, яке потерпіло від наземного випробування ядерної зброї і деяких інших контингентів.

Важливі дані отримані від тривалих, добре продуманих і організованих спостережень за населенням, яке пережило бомбардування Хіросіми і Нагасакі. В СРСР відомо обстеження населення, яке постраждало в результаті Челябінської аварії 50-х років.

Труднощі в дослідженні дії малих доз іонізуючої радіації становить і те, що для вивчення необхідно використовувати дуже радіочутливі тест-системи, які характеризуються чіткою кількісною залежністю біологічного ефекту від величини дози при як можна більш низьких рівнях радіаційної дії. На сьогоднішній день радіобіологи мають у своєму розпорядженні лише єдину таку тест-систему, яка відповідає цим жорстким вимогам. Мова іде про культуру лімфоцитів периферичної крові людини.

Невисокий спонтанний рівень хромосомних аберацій в культурі лімфоцитів, яка виготовлена з периферичної крові клінічно здорових донорів (1-1,5%) і висока радіочутливість хромосом в порівнянні з хромосомами інших видів дозволяє достовірно реєструвати індуковані радіацією структурні пошкодження хромосом при достатньо низьких дозах, порядку декількох сГр.

І ще однією, не менш важливою властивістю культури лімфоцитів, як модельного радіобіологічного об'єкту, є те, що частота і типи викликаних радіацією хромосомних аберацій однакові при ідентичному опроміненні "in vivo" і "in vitro". Остання властивість лімфоцитів і використовується в даний час при розробці калібровочних кривих з метою біологічної дозиметрії у випадках гострого неконтрольованого опромінення людини.

Сучасні погляди на можливі варіанти залежності ефекту від дози опромінення.

Перераховані вище причини труднощів вивчення дії малих доз іонізуючого випромінювання, дозволяють пояснити чому отримані по сі пори світовою наукою достовірні дані (по результатах як епідеміологічних

досліджень, експериментів на тваринах, клінічних спостереженнях т.д.) стосуються відносно великих доз. В зв'язку з цим використовується спосіб лінійної екстраполяції ефектів, які виникають при дії великих доз радіації в малі. При цьому визначається добовий поріг, при якому не виявляються будь-які ефекти, що приносять шкоду організму.

Але існують інші точки зору (гіпотеза лінійної безпорогової залежності). Вважають, що як би не зменьшували дозу, ризик все одно рахується кінцевим (хоч і малим). Іншими словами, не існує такої порогової дози, нижче якої радіація не шкідлива. Просто при малих дозах додатковий ризик від них настільки малий, що практично не виявляється.

Останнім часом з'явилися серйозні узагальнені дані про залежність доза-ефект і раковими захворюваннями серед жертв Хіросіми і Нагасакі, які вказують на наявність практичного порогу принаймні для деяких видів цих захворювань.

Г). Сучасні погляди на зміст визначення малих доз іонізуючого опромінення.

Різні автори в поняття малі дози нерідко вкладають дози іонізуючого опромінення які різняться між собою в десятки, а інколи і сотні раз. Разом з цим, питання є виключно важливим, оскільки воно визначає стратегію розробки проблеми малих доз.

А.М.Кузін запропонував розділити діапазон доз іонізуючих випромінювань, виходячи із біологічних ефектів, які вони викликають. На його думку, малими слід вважати дози нижчі за 0,1 Гр. їм властива стимулююча дія опромінення, або явище так званого “пострадіаційного гормезису.” Однак, ця точка зору не є єдиною і загальноприйнятою. Своєрідне визначення малої дози запропонував у свій час А.В.Лебединський. Згідно його точки зору під малою дозою слід розуміти мінімально ефективну у відношенні будь-якого біологічного процесу. Однак це визначення ідентичне поняттю порогової дози.

Спеціалісти, які працюють в області радіаційної гігієни, вважають, що під малими дозами слід розуміти діапазон доз від природного фону до граничне допустимих рівнів, оскільки можна думати, що при дії таких доз не будуть виникати будь-які суттєві порушення здоров'я людини. При цьому передбачається, що дія опромінення в цих дозах буде викликати деякі зміни реактивності організму та зсуви зі сторони ряду систем. У військовій радіології малими дозами прийнято рахувати суттєво більш високі, які вираховуються декількома і навіть десятками рад .

Д). Механізми реалізації біологічних ефектів малих доз.

Механізм реалізації біологічних ефектів малих доз радіації може здійснюватись переважно по непрямому шляху. Основними пошкоджуючими агентами в цьому випадку є вільні радикали, які ініціюються опроміненням. Основною мішенню пошкодження є мембранні структури клітини .

Серйозну небезпеку для організму являють поодинокі пошкодження в клітинах, які зберегли життєдіяльність і властивість розмножуватись, але в цей же час набули стійкі нові ознаки. Деякі із цих клітин часто зберігаються і можуть давати переважно клітини здатні до розмноження, які можуть стати зачатком злоякісної пухлини. Найбільш тяжкі радіаційні пошкодження спостерігаються у ствольних клітинах. До них, перш за все, слід віднести клітини кровотворної системи.

Е). Реакція кровотворної системи на опромінення.

Радіаційне пошкодження кровотворної тканини на опромінення - один із головних видів біологічної дії іонізуючого опромінення. При опроміненні клітинного елемента крові можуть спостерігатись пошкодження різного ступеня і виду. В залежності від дози радіації і типу клітин може проходити їх загибель в наслідок глибоких пошкоджень, які проявляються вже через декілька хвилин або годин після опромінення без зв'язку з поділом клітини. Такий тип смерті називається інтерфазною, або

безпосередньою загибеллю клітини. Інтерфазна смерть клітини характерна для певних популяцій лімфоцитів. В більшості випадків клітини функціонують нормально до початку поділу. В ході поділу пошкодження проявляються у вигляді хромосомних пошкоджень і фрагментації ядра. Це - репродуктивна смерть. В деяких клітинах діляться тільки ядра, що приводить до утворення двоядерних клітин. У інших клітин і ядро, і цитоплазма втрачають властивість до поділу, але вони продовжують рости, утворюються гігантські клітини. Крім того, деякі клітини можуть не мати явних пошкоджень, але їх репродуктивна здатність все ж таки знижена. Такі клітини можуть мати ще 2, 3, 4, і більше мітозів, після чого їх потомство не буде більше здатне до поділу.

Клітини-попередники формених елементів крові мають потенціал до багатьох поділів, але при опроміненні можлива їх мітотична смерть. В системі клітинного поновлення кісткового мозку існує два окремих компоненти.

Один з них складається з клітин, які діляться, другий - з клітин, які не діляться. Незрілі клітини, які діляться, дуже радіочутливі, а більш зрілі, які не діляться - менш чутливі. Для любої родоначальної (стовбурової) клітини резервом є клоногенні клітини. Ці клітини в нормі дуже швидко реагують на зміни у клітинній популяції в цілому: Загибель активно діючих клітин спонукає клітини, які знаходяться в спокої, включитися у процес розмноження. У перші хвилини після опромінення виникає неспецифічний синдром адаптивних реакцій. Він включає у себе загальмування клітинного розмноження та переключення метаболізму у режим відновлення виникаючих пошкоджень.

Відновлення клітинної популяції зв'язано, таким чином, з розмноженням клітин, які вижили після опромінення. За рахунок відновлення частини популяції стовбурових клітин виникає відновлення їх фізіологічної норми.

Загибель окремих клітин виникає і при незначних дозах опромінення.

Лейкемія, яка викликана дією радіації, починає виявлятися через 2-3 роки після опромінення і захворюваність досягає максимуму через 6-8 років, а потім частота її поступово зменшується. Але у місті Хіросімі у 1981-1985 р.р. , тобто через 40 років після ядерного вибуху відмічені випадки лейкемії. Як закономірність, лейкемії виявляються тим раніше, чим молодший вік опроміненої людини. У молодих частота виникнення лейкемії швидко досягає максимуму, а потім зменшується. Чим старіші люди, тим пізніше настає лейкемія, при цьому частота виникнення захворювання порівняно зменшується.

У кінці цього розділу відмітимо наступне: як і клітини крові, які дозрівають і зрілі клітини слизової шлунку, кишківника, епідермісу, яєчника більш резистентні до радіації, так як вони мають малий або нульовий мітотичний потенціал. Але їх клітини-попередники, як і клітини кісткового мозку, які мають здатність до багаторазового поділу, більш чутливі до радіації, в тому числі і при дії малих доз.

Ж). Малі дози радіації та репродуктивні органи.

Репродуктивні органи також відрізняються підвищеною чутливістю до опромінення. Одноразове опромінення сім'яників у дозі 10 бер приводить до тимчасової стерильності чоловіків, а дози більші за 200 бер можуть привести до стійкої стерильності. Сім'яники є єдиним винятком з правила в тому плані, що сумарна доза багаторазового опромінення для них більш небезпечна, ніж доза отримана одноразово.

Яєчники менш чутливі до дії радіації , хоча б у дорослих жінок (до стерильності приводить одноразова доза більш 300 бер, а багаторазові - ще більші за цю величину).

3). Дія малих доз на ембріон та плід.

Радіація викликає порушення розвитку ембріону та плоду. Внаслідок опромінення матері під час вагітності виникають ті ж самі закономірності, як і при дії радіації на клітини кісткового мозку та епі-

телію слизових оболонок, які швидко діляться. Запліднена яйцеклітина проходить шлях від яєчника до матки протягом 8 діб. Поглинута у цьому періоді досить велика доза діє на зародок згубно. При малих дозах опромінення зародок зберігає здатність до виздоровлення та, в подальшому, до нормального розвитку в більшості випадків. Кропіткі рентгенологічні дослідження довели, що пошкодження зародку в багатьох випадках залежить від його віку (аж до годин) в якому він був опромінений. Пошкодженість плоду зумовлена, ймовірно, кількістю клітин, які він вже має на момент опромінення, а також фазою генераційного циклу, у якій ці клітини знаходяться. Найвища радіочутливість відмічена у момент безпосередньо після занурення сперматозоїду в яйцеклітину. В експерименті з гамма-опроміненням загибель яйцеклітин викликала : у дозі 150 бер у момент занурення сперматозоїду в яйцеклітину та тільки 30 бер 4-6 годинами пізніше цього моменту. Мабуть у цей момент в заплідненій яйцеклітині починається процес подвоєння хромосом, що передує першому поділу яйцеклітини. Другий пік підвищення чутливості до радіації співпадає з часом виходу зародку із зародкового міхура безпосередньо перед імплантацією. Радіаційний ефект при цьому підсилюється від прийому матір'ю алкоголю, кави, чаю, деяких антибіотиків та солей важких металів. Збільшення частоти хромосомних дефектів визначаються при цьому вже при дозах опромінення, що не перевищують 10 бер.

В період органогенезу (з 9 дня по 6 тиждень життя ембріону після запліднення) домінуючими типами радіаційних пошкоджень бувають різнобічні дефекти розвитку органів та систем, які називають тератогенними (по прізвищу чудовиська Тераса з грецької міфології). Для найбільш характерних тератогенних ефектів відносять порушення у формуванні скелету. Різні зміни у розвитку скелету зареєстровані у експериментах на тваринах. Наприклад у білих мишей вони відмічені у

перші дні (з 7-ї доби) після запліднення при дозах 5-25 бер.

Діти також дуже чутливі до дії радіації. Відносно невеликі дози при опроміненні хрящової тканини можуть сповільнити або зовсім зупинити ріст кісток, що призводить до аномалії їх розвитку. Чим менше вік дитини, тим сильніше пригнічується ріст кісток. Швидше за все, для такої дії радіації не існує порогового ефекту

I). Малі дози та центральна нервова система.

Мозок плоду дуже чутливий до дії радіації, особливо, коли мати опромінюється між 8 та 15 тижнем вагітності. В цей період у плоду формується кора головного мозку і виникає великий ризик того, що може родитись розумове відстала дитина. Таким чином потерпіли 30 дітей, опромінених у період внутрішньоутробного розвитку під час атомних бомбардувань Хіросіми та Нагасакі.

Мозок новонародженого теж досить чутливий до дії радіації. При проведенні променевої терапії (рентгенівське опромінення) можуть виникати зміни психічних функцій (зміни особистості, зниження інтелектуально-мнестичної сфери).

Мозок (як і кістки) дорослої людини має здатність витримувати значно більші дози без значних наслідків.

Згадаймо тут, що багато тканин та органів дорослої людини (печінка, нирки, сечовий міхур, скелетні м'язи) відносно малочутливі до дії радіації. Легені значно більш чутливі, а зміни у кровоносних судинах можуть відбуватись вже при відносно невеликих дозах опромінення.

K). Психофізіологічні наслідки дії малих доз. Загальне опромінення в малих дозах може діяти як подразник ЦНС, що підтверджується реєстрацією змін біоелектричної активності головного мозку. Ці зміни є первісними по відношенню до судинних та інших порушень, викликаємих опроміненням. Зміни електричної активності головного мозку зберігаються і у віддалений період після впливу іонізуючого випромінювання, що надає

можливість використання параметрів кількісної електроенцефалографії як біологічну дозиметрію.

В експерименті, при опроміненні тварин в дозах 0,5-1 Гр у віддалений період виявили чіткі ознаки органічного ураження мозку (Зубовський Г.А., 1991). Дослідження українських вчених медичних наслідків Чорнобильської катастрофи також підтверджують концепцію високої радіочутливості ЦНС, враховуючи поліетиологічність нервово-психічних розладів у постраждалих (Нягу А.І., Логановський К.М., 1999).

Л). Малі дози та імунна система.

Реакція біохімічних систем організму значно менша при дії малих доз опромінення. Виняток становить імунна система, яка відноситься до найбільш радіочутливих. У більшості населення, що піддалася дії радіації відзначається зниження імунітету (зокрема противірусного та протиракового). Це можна розглядати, як результат радіоекологічних змін середовища. В більшості випадків має місце синергічна дія малих доз радіації та інших шкідливих для організму факторів, перш за все - хімічних. У практичному плані проблема стоїть у тому, які зміни є наслідком дії опромінення, а які - хімічної природи, або є наслідком психо-емоціонального фактору.

Внутрішнє опромінення людини

Зараз відомі фізичні і хімічні властивості більш ніж 40 природних та 1000 штучних радіонуклідів. Природні радіоізотопи розповсюджені і, знаходяться в біосфері в розсіяному стані, як правило, вони присутні в ультрамікроскопічних кількості во всіх рослинах, органах, тканинах тварин і людини та створюють дози опромінення (див. табл.)

В середньому приблизно 2/3 ефективної еквівалентної дози опромінення людина одержує від радіоактивних речовин, які попадають в організм з харчами, водою та повітрям, і основна їх частина – за рахунок джерел земного надходження. Деякі ізотопи накопичуються в рибі, молюсках, в

м'ясі тварин, які харчуються лишайниками в зимній період та ін. Дози внутрішнього опромінення в цих випадках можуть перевищувати середні в 35 раз, а в Австралії при випасі овець в місцях з високим складом урану, люди одержують дозу в 75 раз більше середньої.

Зараз вважають, що найбільш вагомими з усіх натуральних джерел радіації являються дочірні продукти розкладу, і, в меншій мірі, сам радон. Вважають, що вони відповідають за 3/4 річної індивідуальної ефективної еквівалентної дози опромінення від земних джерел радіації і приблизно за половину цієї дози від усіх натуральних джерел радіації.

Радон вивільнюється із земної кори повсюдно, але його концентрації в зовнішньому повітрі суттєво розрізняються. В принципі, його більше в місцях із кам'янистими ґрунтами, гранітами. Але найбільші його концентрації виявляються в погано провітрюємих приміщеннях, в камінних будовах, особливо в ванних кімнатах. Якщо в середньому надходження радону із води в 15 раз менше вкладу будматеріалів та у ґрунті під будівлею, то вода із деяких артезіанських джерел несе в собі значно більшу концентрацію.

Із інших, і не менш важливих джерел радіації слід відзначити попадання радіонуклідів в навколишнє середовище при згоранні вугілля, нафти та газу на теплових електростанціях, в меншій мірі – при приготуванні їжі.

Збільшує фон також і використання підземних термальних вод, фосфатні добрива як на стадії отримання та переробки руди, так і самі добрива по собі.

Шляхи міграції радіонуклідів по біологічним ланцюгам :

- атмосферне повітря – людина;
- атмосферний повітря – вода – людина;
- вода – людина;
- вода – харчові продукти рослинництва (поливання) – людина;
- вода – гідробіонти – людина;

- вода – земля - рослина – людина;
- вода - земля – кормові продукти – тварини – людина.

Засвоєння радіонуклідів з землі найбільш проявляється на пісочних і торф'яних ґрунтах. По степеню переходу в рослини з землі Н.Г. Гусев розподіляє радіонукліди:

стронцій-89>стронцій-90>йод-131>барій-140>цезій-137 > рутеній-106>церій-144>іттрій-90>цинк-45>ниобій-95.

Визначення шляхів попадання радіонуклідів в організм має важливе практичне значення. Для деяких радіоактивних речовин шлях введення впливає на характер всмоктування, розподіл, виведення і біологічну дію.

Радіоактивні речовини поступають в організм:

- з диханням;
- по КТТ;
- шкіру;
- раневу та опікову поверхню.
- слизову оболонку очей;
- молоко матери (H-3, I-131, Sr-90);
- плаценту (H-3, I-131, Fe-59, Cs-137, P-32 и др.)

Розподіл радіонуклідів в органах и тканинах людини залежить від розчинності, фізико-хімічних властивостей, інтенсивності обміну.

Класифікація: по Д.И.Закутинському:

- елементи, які накопичуються в кістках (стронцій, уран, радій, іттрій, цирконій, плутоній);
- елементи, які накопичуються в печінці (лантан, церій, прометій, актиній, торій, америцій, чотири валентний плутоній);
- елементи, з рівномірним розподілом в організмі (цезій, ниобій, рутеній, теллур, олово, сурьма).

Класифікація: по Ю.И.Москальову :

- 1) остеотропні (кальцій, стронцій, барій, радій, іттрій, цирконій,

плутоній);

- 2) елементи, які накопичуються в ретикулоендотеліальній системі, особливо в печинці (церій, лантан, прометій, америцій, кюрій);
- 3) міотропи (калій, цезій, рубідій);
- 4) з рівномірним розподілом в організмі особливо в ретикулоендотеліальній системі селезінки, кісткового мозку, наднирників та лімфатичних вузлів (ниобій, рутеній, теллур, полоній).

Розподіл радіонуклідів всередині одного и того же органа може бути нерівномірним. Рівні радіоізотопів залежать від метаболізму органа. Серед остеотропів стронцій відкладається в стромі кістки; плутоній, іттрій, церій фіксується под епіфізарними хрящами; цирконій, церій, америцій накопичуються в органічній стромі кістки, а радий розподіляється диффузно. Виділяються радіонукліди з організму через залози шлунка та кишківника, нирки, потові, слюні, молочні залози. Основними шляхами виділення є ШКТ та нирки, а для газоподібних речовин - легені.

4.3. Заключний етап – 40 хв.

- контроль засвоєння матеріалу (Тестові завдання формату А).
- завдання на наступне заняття.

7. Рекомендована література:

1. 20 років Чорнобильської катастрофи. Погляд у майбутнє. Національна доповідь України. - К.: "Атіка", 2006. - 224 с.
2. Чернобыльская катастрофа. Гл. ред. В.Г. Барьяхтар. - К.: Наук. думка, 1995. - 575 с.
3. Овчаренко О.П., Лазар А.П., Матюшко Р.П. Основи радіаційної медицини.-Одеса, Одеський медуніверситет, 2004. - 208 с.
4. Радіаційна медицина. За ред. А.П. Лазаря. - К.: Здоров'я, 1993. - 222 с.
5. Руководство «Радиационная медицина». Под общ. ред. Л.А. Ильина. - М. ИздАТ, 2004.Т. 1- 4.
6. Влияние низких доз ионизирующей радиации и других факторов

окружающей среды на организм. Под ред. М.И. Руднева - К.: Наук. думка, 1994. – 216 с.

7. Кузин А.М. Стимулирующее действие ионизирующих излучений на биологические процессы. - М.: Атомиздат, 1977. – 133 с.

8. Москалев Ю.И. Отдаленные последствия ионизирующих излучений. - М.: Медицина, 1991. - 464с.

9. Сафонов Е.И., Лучевая болезнь от внутреннего облучения.– Л.: Медицина, 1972 - 136 с.

10. Гродзинський Д.М. "Радіобіологія" : Підручник.-2-ге вид.- К.: Либідь, 2001.- 448с.

11. Владимиров В.Г, Красильников И.И., Арапов О.В. Радиопротекторы: структура и функции. –К.: Наук. Думка, 1989.- 252 с.

12. Серкиз Я.И., Пинчук В.Г., Пинчук Л.Б. Радиобиологические аспекты аварии на Чернобыльской АЭС.- К: Наук. Думка, 1992.- 172 с.

13. Хронічний вплив малих доз опромінення на нервову систему. За ред. Ю.П.Зозулі.-К.:Чорнобильінтерінформ, 1998.-482 с.

14. Москалев Ю.И. Радиобиология инкорпорированных радионуклидов - М. "Энергоатомиздат", 1989. 236 с.

15. Диденко И.К., Стариков А.В., Стрелко В.В. " Эфферентные методы лечения лучевых повреждений" - Киев. 1996. 327 С.

16. Смоляр В.И. " Ионизирующая радиация и питание" - К.: Здоров'я, 1992. 153 с.

17. "Вопросы дозиметрии и радиационная безопасность на АЭС". Учеб пособие под редакцией А.В. Носовского - "Укратомиздат", Славутич. 1998. с.23-37.

18. Ярмоненко С.П. Радиобиология человека и животных.- М.:Выш.шк.,1988.-424 с.

19. Шевченко В.А., Померанцева М.Д. Генетические последствия действия ионизирующих излучений.- М.: Наука, 1985.-279 с.

20. Гриневич Ю.А., Демина С.А. Иммунные и цитогенетические эффекты плотно- и редкоионизирующих излучений. – К.: Здоров'я, 2006.- 200 с.