



ННЦ «ІНСТИТУТ БІОЛОГІЇ»

Київського національного університету імені Тараса
Шевченка

РАДІОБІОЛОГІЯ

д.б.н., професор кафедри
біофізики

Мартинюк Віктор Семенович



Київ
2014

© В.С. Мартинюк



РАДІОБІОЛОГІЯ



Кафедра Біофізики

- **Радіобіологія організму людини і тварин.**
- **Радіочутливість тканин і органів організму людини і тварин.**
- **Гостра відповідь тканин.**
- **Радіаційний синдром і променева хвороба людини і тварин.**
- **Летальні дози для організму людини і тварин.**
- **Відновлення організму після дії іонізуючого опромінення.**
- **Біологічна дія радіоактивних ізотопів.**
- **Вплив іонізуючої радіації на ембріогенез.**



РАДІОБІОЛОГІЯ



Кафедра Біофізики

- **Радіобіологія організму людини і тварин.**
- **Радіочутливість тканин і органів організму людини і тварин.**

Радіаційне ураження організму людини залежить від декількох головних факторів:

- 1. Величини поглинутої дози випромінювання.**
- 2. Розподілення поглинутої дози в об'ємі, що опромінюється, і у часі.**
- 3. Радіочутливістю окремих тканин, органів і функціональних систем, головним чином критичних з точки зору виживання організму.**



РАДІОБІОЛОГІЯ



Критичними органами є життєво важливі органи і фізіологічні системи, функції яких порушуються в першу чергу при певній дозі радіації, що призводить до незворотних змін і загибелі організму.

На органно-тканинному рівні має виконуватися ***правило Бергоньє-Трибондо***: радіочутливість тканини прямо пропорційна проліферативної активності та обернено пропорційна ступеню диференціювання складових її клітин.



РАДІОБІОЛОГІЯ



Критичними органами є життєво важливі органи і фізіологічні системи, функції яких порушуються в першу чергу при певній дозі радіації, що призводить до незворотних змін і загибелі організму.

За радіочутливістю всі тканини розділяють на три групи:

1 група - гонади , червоний кістковий мозок, епітелій кишечника.

2 група – ендокринні залози, жирова тканина, печінка, нирки, селезінка, шлунково-кишковий тракт (за виключенням епітелію кишечника), легені , кришталіки очей та інші органи і тканини, що не відносяться до 1-ї і 3-ї груп.

3 група - м'язи, шкірний покрив, кісткова тканина, нервова система.

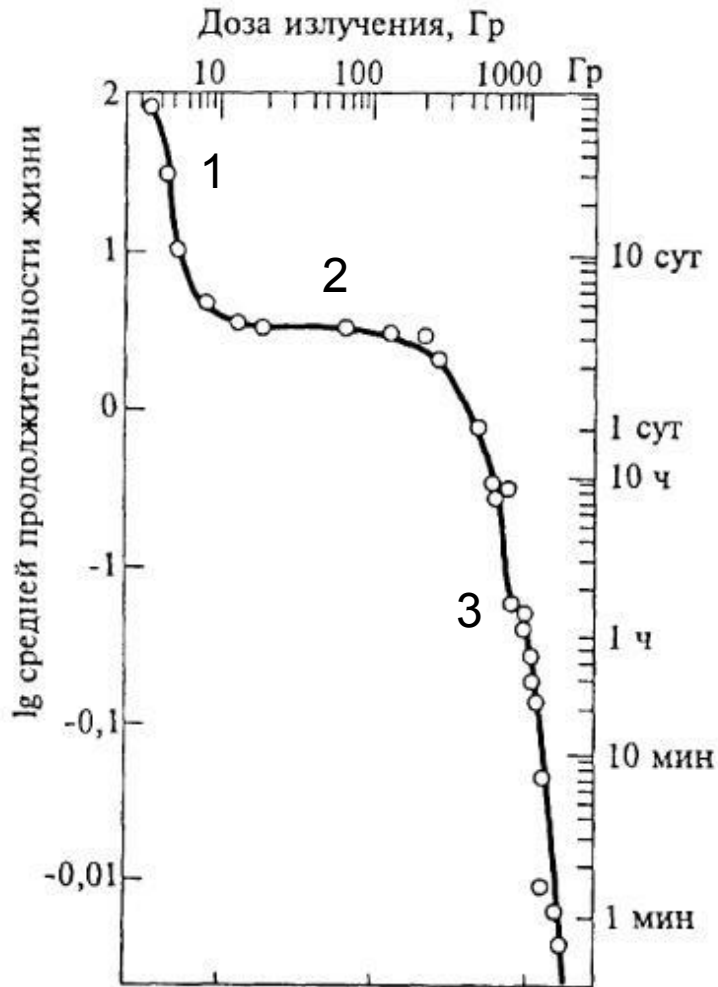


Рис. 12.1. Зависимость средней продолжительности жизни мышей после однократного рентгеновского облучения от дозы (в логарифмическом масштабе) (по Б. Раевскому, 1954)

Розрізняють три види радіаційного синдрому:

1. кістково-мозковий (кровотворний);
2. шлунково-кишковий;
3. церебральний.



РАДІОБІОЛОГІЯ



- **Гостра відповідь тканин.**

Кровотворна система і кров

1. Кровотворна тканина є однією з найбільш швидко регенеруючих ($\sim 5 \cdot 10^{11}$ клітин за добу). Мітотичний індекс кістковомозкових клітин, здатних до поділу, становить 20-25%, що характеризує високу радіочутливість цієї тканини.

2. Функціональні та структурні зміни у кістковому мозку після впливу іонізуючого випромінювання з'являються рано і виражені дуже сильно. Показники кровотворення використовуються для розпізнавання і прогнозування ступеня тяжкості променевого ураження. За змінами у хромосомах перші ознаки ураження гемопоезу виявляються при впливі на кістковий мозок іонізуючих випромінювань

В

Дозі



РАДІОБІОЛОГІЯ



Кафедра Біофізики

- **Гостра відповідь тканин.**

Кровотворна система і кров

Пострадіаційні зміни кісткового мозку характеризуються чотирма стадіями:

I стадія – стадія раннього некробіозу кровотворних клітин (короткий період);

II стадія – стадія подальшого спустошення кісткового мозку (більш тривалий період);

III стадія – стадія короткого абортивного підйому мієлокаріоцитів (внаслідок активізації поділу клітин, які залишились);

IV стадія - системна регенерація кісткового мозку. Регенерація еритроїдної ланки починається раніше, ніж мієлоїдної.



РАДІОБІОЛОГІЯ



Кафедра Біофізики

Відновлення гемопоезу до рівня, що забезпечує виживання організму, можливо при збереженні активності 1% стовбурових клітин.

Відновлення клітин у периферичній крові відбувається в певній послідовності: спочатку підвищується число ретикулоцитів, гранулоцитів і тромбоцитів, потім - еритроцитів і наприкінці лімфоцитів.



РАДІОБІОЛОГІЯ



- **Гостра відповідь тканин.**

Шлунково-кишковий тракт

«Критичним» органом ШКТ в ранній реакції на опромінення є тонкий кишечник. Його радіаційне ураження пов'язано з пошкодженням епітелію, який характеризується високою мітотичної активністю (протягом доби в ньому утворюється $\sim 5,6 \cdot 10^{10}$ клітин).

При сублетальними дозах порушується регенерація епітелію слизової оболонки внаслідок пригнічення мітотичної активності камбіальних клітин, розташованих в глибині крипт. Це призводить до порушення всмоктувальної, бар'єрної та інших функцій слизової оболонки і до диспепсичних розладів.



РАДІОБІОЛОГІЯ



- Гостра відповідь тканин.

Нервова система

При радіаційних ураженнях нервової системи спостерігаються судинні зміни як один із проявів загального геморагічного синдрому: переповнення судин кров'ю, стази, спазми, плазморагії, точкові і великі крововиливи в мозок і оболонки.

Виражені морфологічні прояви радіаційного ураження клітин центральної нервової системи спостерігаються, як правило, тільки після впливу великих доз ~ 50 Гр (!) і вище.

Найбільш ранні зміни виявляються у синапсах у вигляді злипання синаптичних бульбашок в центральній частині пресинаптичних терміналей або в активній зоні.



РАДІОБІОЛОГІЯ



- **Гостра відповідь тканин.**

Нервова система

В момент опромінення формується первинна рефлекторна реакція нервової системи. Вона пов'язана з впливом на хеморецептори, що контролюють утворення в тканинах хімічно активних речовин, і спазмом мозкових судин.

Під впливом токсинів виникає потужна аферентна пульсація, що викликає відповідну реакцію ЦНС у вигляді нудоти, блювоти і адинамії.

Після закінчення дії на організм іонізуючих випромінювань припиняється утворення токсинів і створюються умови для нормалізації функцій нервової системи. У подальшому неврологічні розлади розвиваються у період розвитку променевої хвороби.



РАДІОБІОЛОГІЯ



Кафедра Біофізики

- **Радіаційний синдром і променева хвороба людини і тварин.**

Гостра променева хвороба - полісиндромне захворювання, що розвивається після одноразового нетривалого впливу зовнішнього гамма-, нейтронного і рентгенівського опромінення в дозі, що перевищує 1 Гр, при умові рівномірного опромінення всього тіла.

Патогенез гострого променевого ураження складний і не однозначний. Тут інтегруються різні за своєю природою порушення. Прояви цих порушень і їх поєднання визначають клінічну картину гострої променевої хвороби, її тяжкість і кінцевий результат.



РАДІОБІОЛОГІЯ



Кафедра Біофізики

Головні патологічні механізми променевої хвороби:

1. первинний вплив іонізуючого випромінювання на клітини, тканини, органи;
2. опосередкований вплив опромінення через нервову та ендокринну системи і зміна нейроендокринної регуляції.
3. зміна обміну речовин;
4. інтоксикація організму;
5. порушення гемопоезу (гостра променева аплазія кісткового мозку і цитопенія в периферичній крові);
6. функціональні та морфологічні порушення шлунково-кишкового тракту (гострий радіаційний стоматит, гастроентерит, зміна водного та електролітного балансу, радіаційний гепатит);



РАДІОБІОЛОГІЯ



Кафедра Біофізики

Головні синдроми променевої хвороби:

7. пригнічення імунологічної реактивності з розвитком інфекційних ускладнень;
8. порушення функцій серцево-судинної системи;
9. порушення гемо- та ліквородинаміки з розвитком набряку головного мозку і прояв симптомів радіаційного енцефаломієлоза.



РАДІОБІОЛОГІЯ



Кафедра Біофізики

Головні патологічні механізми променевої хвороби:

1. Гематологічний синдром.
2. Геморагічний синдром.
3. Синдром інфекційних ускладнень.
4. Синдром функціонального і органічного ураження центральної нервової системи.
5. Синдром ендокринних порушень.
6. Синдром ендогенної токсемії.
7. Синдром кишкових розладів.
8. Дистрофічний синдром.



РАДІОБІОЛОГІЯ



Кафедра Біофізики

Основні фази променевої хвороби:

1. Первинна реакція.
2. Скритий період.
3. Фаза розпалу.
4. Фаза відновлення.



РАДІОБІОЛОГІЯ



Кафедра Біофізики

- **Летальні дози для організму людини і тварин.**

3 - 6 Гр



РАДІОБІОЛОГІЯ



Кафедра Біофізики

- **Біологічна дія радіоактивних ізотопів**

В кінетиці надходження в організм радіонуклідів можна виділити 4 етапи:

- 1) утворення на місці надходження первинного депо (шкіра, рани, слизові оболонки шлунково-кишкового тракту, верхніх дихальних шляхів);**
- 2) всмоктування з місць надходження в кров або лімфу;**
- 3) надходження в критичний орган (утворення вторинних депо);**
- 4) виведення різними шляхами, в тому числі і з явищами рециркуляції.**

Тривалість перерахованих етапів істотно розрізняється для різних радіонуклідів, їх сполук, шляхів надходження



РАДІОБІОЛОГІЯ



Кафедра Біофізики

PERIODIC TABLE Atomic Properties of the Elements

NIST
National Institute of Standards and Technology
Technology Administration, U.S. Department of Commerce

Frequently used fundamental physical constants
For the most accurate values of these and other constants, visit physics.nist.gov/constants
1 second = 9 192 631 770 periods of radiation corresponding to the transition between the two hyperfine levels of the ground state of ¹³³Cs

speed of light in vacuum	<i>c</i>	299 792 458 m s ⁻¹ (exact)
Planck constant	<i>h</i>	6.6261 × 10 ⁻³⁴ J s (<i>h</i> = <i>h</i> 2π)
elementary charge	<i>e</i>	1.6022 × 10 ⁻¹⁹ C
electron mass	<i>m_e</i>	9.1094 × 10 ⁻³¹ kg
proton mass	<i>m_p</i>	1.6726 × 10 ⁻²⁷ kg
fine-structure constant	<i>α</i>	1/137.036
Rydberg constant	<i>R_∞</i>	10 973 732 m ⁻¹
	<i>R_{Hc}</i>	3.289 842 × 10 ¹⁵ Hz
	<i>R_{∞hc}</i>	13.6057 eV
Boltzmann constant	<i>k</i>	1.3807 × 10 ⁻²³ J K ⁻¹

- Solids
- Liquids
- Gases
- Artificially Prepared

Period	Group 1 IA		Group 2 IIA		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Group 13 IIIA		Group 14 IVA		Group 15 VA		Group 16 VIA		Group 17 VIIA		Group 18 VIIIA							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26						
1	H Hydrogen 1.00794 1s 13.59844																									He Helium 4.002602 1s ² 24.5874						
2	Li Lithium 6.941 1s ² 2s 5.3917	Be Beryllium 9.012182 1s ² 2s ² 9.3227																									B Boron 10.811 1s ² 2s ² 2p 8.2980	C Carbon 12.0107 1s ² 2s ² 2p ² 11.2603	N Nitrogen 14.0067 1s ² 2s ² 2p ³ 14.5341	O Oxygen 15.9994 1s ² 2s ² 2p ⁴ 13.6181	F Fluorine 18.9984032 1s ² 2s ² 2p ⁵ 17.4228	Ne Neon 20.1797 1s ² 2s ² 2p ⁶ 21.5645
3	Na Sodium 22.989770 [Ne]3s 5.1391	Mg Magnesium 24.3050 [Ne]3s ² 7.6462																									Al Aluminum 26.981538 [Ne]3s ² 3p 8.1517	Si Silicon 28.0855 [Ne]3s ² 3p ² 8.1517	P Phosphorus 30.973761 [Ne]3s ² 3p ³ 10.4807	S Sulfur 32.065 [Ne]3s ² 3p ⁴ 10.3600	Cl Chlorine 35.453 [Ne]3s ² 3p ⁵ 12.9670	Ar Argon 39.948 [Ne]3s ² 3p ⁶ 15.7596
4	K Potassium 39.0983 [Ar]4s 4.3407	Ca Calcium 40.078 [Ar]4s 6.1132	Sc Scandium 44.955910 [Ar]3d ¹ 4s 6.5615	Ti Titanium 47.887 [Ar]3d ² 4s 6.8281	V Vanadium 50.9415 [Ar]3d ³ 4s 6.7462	Cr Chromium 51.9961 [Ar]3d ⁵ 4s 6.7685	Mn Manganese 54.938049 [Ar]3d ⁵ 4s 7.4340	Fe Iron 55.845 [Ar]3d ⁶ 4s 7.9024	Co Cobalt 58.933200 [Ar]3d ⁷ 4s 7.8810	Ni Nickel 58.6934 [Ar]3d ⁸ 4s 7.6398	Cu Copper 63.546 [Ar]3d ¹⁰ 4s 7.7264	Zn Zinc 65.409 [Ar]3d ¹⁰ 4s 9.2942	Ga Gallium 69.723 [Ar]3d ¹⁰ 4s 9.5993	Ge Germanium 72.64 [Ar]3d ¹⁰ 4s 7.8904	As Arsenic 74.92160 [Ar]3d ¹⁰ 4s 9.7886	Se Selenium 78.96 [Ar]3d ¹⁰ 4s 9.7524	Br Bromine 79.904 [Ar]3d ¹⁰ 4s 9.8710	Kr Krypton 83.798 [Ar]3d ¹⁰ 4s 13.9996														
5	Rb Rubidium 85.4678 [Kr]5s 1.771	Sr Strontium 87.62 [Kr]5s 5.9949	Y Yttrium 88.90585 [Kr]4d ¹ 5s 6.2173	Zr Zirconium 91.224 [Kr]4d ² 5s 6.6339	Nb Niobium 92.90638 [Kr]4d ⁴ 5s 6.7589	Mo Molybdenum 95.94 [Kr]4d ⁵ 5s 7.0924	Tc Technetium (98) [Kr]4d ⁵ 5s 7.28	Ru Ruthenium 101.07 [Kr]4d ⁷ 5s 7.3605	Rh Rhodium 102.90550 [Kr]4d ⁸ 5s 7.4589	Pd Palladium 106.42 [Kr]4d ¹⁰ 5s 8.3369	Ag Silver 107.8682 [Kr]4d ¹⁰ 5s 7.5762	Cd Cadmium 112.411 [Kr]4d ¹⁰ 5s 8.9938	In Indium 114.818 [Kr]4d ¹⁰ 5s 7.3439	Sn Tin 118.710 [Kr]4d ¹⁰ 5s 9.0096	Sb Antimony 121.760 [Kr]4d ¹⁰ 5s 8.6084	Te Tellurium 127.60 [Kr]4d ¹⁰ 5s 9.0096	I Iodine 126.90447 [Kr]4d ¹⁰ 5s 10.4513	Xe Xenon 131.293 [Kr]4d ¹⁰ 5s 12.1298														
6	Cs Cesium 132.90545 [Xe]6s 8.939	Ba Barium 137.327 [Xe]6s 5.2117		Hf Hafnium 178.49 [Xe]4f ¹⁴ 5d ² 6s 7.5840	Ta Tantalum 180.9479 [Xe]4f ¹⁴ 5d ³ 6s 7.6840	W Tungsten 183.84 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁴ 6s 7.8335	Re Rhenium 186.207 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁵ 6s 7.8335	Os Osmium 190.23 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁶ 6s 8.4382	Ir Iridium 192.217 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁷ 6s 8.9670	Pt Platinum 195.078 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁹ 6s 8.9588	Au Gold 196.96655 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s 9.2255	Hg Mercury 200.59 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s 10.4375	Tl Thallium 204.3833 [Xe]6p 6.1082	Pb Lead 207.2 [Xe]6p 7.1670	Bi Bismuth 208.98038 [Xe]6p 7.2855	Po Polonium (209) [Xe]6p 8.414	At Astatine (210) [Xe]6p 9.414	Rn Radon (222) [Xe]6p 10.7485														
7	Fr Francium (223) [Rn]7s 4.0727	Ra Radium (226) [Rn]7s 5.2784		Rf Rutherfordium (261) [Rn]5f ¹⁴ 6d ² 7s 6.0?	Db Dubnium (262) [Rn]5f ¹⁴ 6d ³ 7s 6.0?	Sg Seaborgium (266) [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁴ 7s 6.0?	Bh Bohrium (264) [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁵ 7s 6.0?	Hs Hassium (277) [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁶ 7s 6.0?	Mt Meitnerium (268) [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁷ 7s 6.0?	Uun Ununnilium (261) [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁸ 7s 6.0?	Uuu Ununnilium (272) [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁹ 7s 6.0?	Uub Ununnilium (285) [Rn]5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s 6.0?		Uuq Ununquadium (289) [Rn]5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s 6.0?		Uuh Ununhexium (292) [Rn]5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s 6.0?																
			La Lanthanum 140.9055 [Xe]5d ¹ 6s 5.5769	Ce Cerium 140.116 [Xe]4f ¹ 5d ¹ 6s 5.5387	Pr Praseodymium 140.90765 [Xe]4f ² 6s 5.473	Nd Neodymium 144.24 [Xe]4f ³ 6s 5.5250	Pm Promethium (145) [Xe]4f ⁴ 6s 5.582	Sm Samarium 150.36 [Xe]4f ⁵ 6s 5.6437	Eu Europium 151.964 [Xe]4f ⁶ 6s 5.6704	Gd Gadolinium 157.25 [Xe]4f ⁷ 6s 6.1498	Tb Terbium 158.92534 [Xe]4f ⁸ 6s 5.8638	Dy Dysprosium 162.500 [Xe]4f ⁹ 6s 5.9389	Ho Holmium 164.93032 [Xe]4f ¹⁰ 6s 6.0215	Er Erbium 167.259 [Xe]4f ¹¹ 6s 6.1077	Tm Thulium 168.93421 [Xe]4f ¹² 6s 6.1843	Yb Ytterbium 173.04 [Xe]4f ¹³ 6s 6.2542	Lu Lutetium 174.967 [Xe]4f ¹⁴ 6s 5.4259															
			Ac Actinium (227) [Rn]6d ¹ 7s 5.17	Th Thorium 232.0381 [Rn]6d ² 7s 6.3067	Pa Protactinium 231.03688 [Rn]5f ¹ 6d ¹ 7s 5.89	U Uranium 238.02891 [Rn]5f ³ 6d ¹ 7s 6.1941	Np Neptunium (237) [Rn]5f ⁴ 6d ¹ 7s 6.2657	Pu Plutonium (244) [Rn]5f ⁶ 7s 5.9738	Am Americium (243) [Rn]5f ⁷ 7s 5.9914	Cm Curium (247) [Rn]5f ⁸ 7s 6.1979	Bk Berkelium (247) [Rn]5f ⁹ 7s 6.2817	Cf Californium (251) [Rn]5f ¹⁰ 7s 6.2817	Es Einsteinium (252) [Rn]5f ¹¹ 7s 6.42	Fm Fermium (257) [Rn]5f ¹² 7s 6.50	Md Mendelevium (258) [Rn]5f ¹³ 7s 6.58	No Nobelium (259) [Rn]5f ¹⁴ 7s 6.65	Lr Lawrencium (262) [Rn]5f ¹⁴ 7s 4.9?															

Atomic Number: 58
Ground-state Level: ¹G₄
Symbol: Ce
Name: Cerium
Atomic Weight: 140.116
Ground-state Configuration: [Xe]4f¹5d¹6s²
Ionization Energy (eV): 5.5387

¹Based upon ¹²C. () indicates the mass number of the most stable isotope.

For a description of the data, visit physics.nist.gov/data

NIST SP 966 (September 2003)



РАДІОБІОЛОГІЯ



- **Цезій-137 (^{137}Cs)** є одним з головних компонентів радіоактивного забруднення біосфери.

Період напіврозпаду – 30.167 років.



Ітрій ${}^{90}\text{Y}$ є також радіоактивним, має період напіврозпаду 64 години і в процесі β -розпаду з енергією 2,28 MeV перетворюється на стабільний цирконій ${}^{90}\text{Zr}$.

Іntenсивно сорбується в ґрунтах і донних відкладеннях.

У воді знаходиться переважно у вигляді іонів.

Коефіцієнт накопичення ${}^{137}\text{Cs}$ найбільш високий у прісноводних водоростей і арктичних наземних рослин, особливо лишайників. Накопичується в грибах (маслюки, моховики, польський гриб та інші)

В організмі тварин ${}^{137}\text{Cs}$ накопичується головним чином у м'язах і печінці.



РАДІОБІОЛОГІЯ



- **Стронцій-90** - радіоактивний нуклід з періодом напіврозпаду 28.796 років.

Утворюється переважно при поділі ядер в ядерних реакторах і при вибухах ядерної зброї.

Стронцій є аналогом кальцію і здатний міцно фіксуватись в кістках. Тривале радіаційний вплив ^{90}Sr і продуктів його розпаду вражає кісткову тканину і кістковий мозок, що призводить до розвитку променевої хвороби, пухлин кровотворної тканини і кісток.

Є найбільш небезпечним для дітей у зв'язку з його активним поглинанням кістками, що ростуть.



РАДІОБІОЛОГІЯ



- **Йод-131 (^{131}I)** - радіоактивний нуклід хімічного елемента йоду з атомним номером 53 і масовим числом 131.

Період напіврозпаду становить близько 8 діб.

Йод-131 є продуктом розпаду урану, плутонію і торію, складаючи до 3% продуктів поділу ядер.

У зв'язку з бета-розпадом йод - 131 викликає мутації і загибель клітин, в які він проникає, і оточуючих тканин на глибину кількох міліметрів.

Йод-131 в значній кількості утворювався після ядерних випробувань, аварії в Чорнобилі, Фукусімі та на інших об'єктах.

Основне застосування знайшов в медицині і фармацевтиці для боротьби з раком щитовидної залози.



РАДІОБІОЛОГІЯ



Кафедра Біофізики

- **Вплив іонізуючої радіації на ембріогенез**

Дані про дію іонізуючих випромінювань на ембріогенез у людини отримані в результаті вивчення наслідків променевої терапії (при опроміненні області живота вагітних жінок) і досліджень дітей, які зазнали внутрішньоутробного опромінення в Хіросімі і Нагасакі, при аваріях на АЕС та на інших об'єктах .

Загальна закономірність - радіочутливість плоду тим вище, чим менше вік плоду.

Іонізуюча радіація надає *тератогенний ефект* - це виникнення вад розвитку внаслідок дії іонізуючого випромінювання *in utero*.

У дітей, що вижили шкідливу дію радіації проявляється у вигляді різних каліцтв, затримки фізичного та розумового розвитку або їх поєднань. Найбільш часті каліцтва - мікроцефалія, гідроцефалія, аномалії розвитку серця, імунної і ендокринної систем.



РАДІОБІОЛОГІЯ



Кафедра Біофізики

Тератогенні ефекти спостерігаються навіть при малих дозах, починаючи приблизно з 0.1 Гр.

Період найбільшою радіочутливості ембріона людини сильно розтягнутий у часі. Він починається, ймовірно, з зачаття і закінчується приблизно через 38 днів після імплантації.

Протягом 38 днів розвитку у ембріона людини починають формуватися зачатки всіх органів з клітин первинних типів.

Інтенсивні перетворення у ембріона людини в період між 18-ю і 38-ю днями відбуваються в кожній з тканин.

Перехід будь-якої клітини з ембріонального стану в стан зрілості є найбільш радіочутливим періодом її формування та життя. Всі тканини в цей час є високо радіочутливими.



РАДІОБІОЛОГІЯ



Кафедра Біофізики

Опромінення на ранніх стадіях (до імплантації і на початку органогенезу), як правило, закінчується внутрішньоутробної загибеллю або загибеллю новонародженого.

Вплив іонізуючої радіації у період основного органогенезу викликає суттєві вади розвитку ембріону, а опромінення сформованого плоду призводить до розвитку променевої хвороби новонародженого.



РАДІОБІОЛОГІЯ



Мозаїчність процесу диференціювання ембріона і пов'язане з цим процесом зміна числа найбільш радіочутливих клітин визначають ступінь радіочутливості тієї чи іншої системи або органу і ймовірність появи специфічної аномалії в кожен момент часу.

Фракціоноване опромінення плоду призводить до більш важких пошкоджень, так як вплив охоплює різноманітні типи зародкових клітин у різний час, що викликає пошкодження великої кількості зачатків органів, що знаходяться в критичних стадіях розвитку. У цей період максимальне ураження може бути спровоковано дуже малими дозами іонізуючого випромінювання.

Для отримання аномалій в більш пізній період ембріонального розвитку потрібно вплив великих доз.



РАДІОБІОЛОГІЯ



Приблизно через 40 діб після зачаття суттєві вади ембріонального розвитку викликати важко, а після народження - неможливо.

Але, окремі зародкові клітини, здатні акумулювати дію випромінювання.

Найбільший ризик розвитку розумових розладів спостерігається при опроміненні плоду в період від 8 до 15 тижнів після запліднення.



РАДІОБІОЛОГІЯ



Кафедра Біофізики

Експериментальні дані на савцях

Деякі наслідки опромінення плоду ссавців (по: Ярмоненко , 1988)

1. Загибель плоду або новонароджених.

2. Ураження нервової системи:

- відсутність (анцефалія) і/або зменшення розмірів головного мозку (мікроцефалія) і черепно-мозкових нервів;
- відсталість у розвитку нервової системи (ідіотія у людини);
- захворювання мозку (нейробластома, водянка)

3. Ураженні органів зору: відсутність одного або обох очей (анoftальмія); недорозвинення очей (мікрофтальмія); поразка (аж до відсутності) кришталіка; деформація райдужної оболонки; ураження (аж до відсутності) сітківки; вроджена глаукома та інші.



РАДІОБІОЛОГІЯ



Кафедра Біофізики

Експериментальні дані на савцях

Порушення росту і форми тіла:

- карликовість;
- затримка росту і зниження маси тіла;
- зміна форми черепа;
- воронкообразная груди;
- врожденний вивих стегна;
- деформація і атрофія кінцівок;

Порушення у розвитку зубної системи.

Порушення у розвитку внутрішніх органів (серця, нирок, яєчників, сім'яників та ін.)

Підвищена ймовірність розвитку лейкемії (раку крові) у подальшому житті.

A silhouette of a person stands in the center of the frame, facing forward. Behind them, numerous bright green laser beams radiate outwards in all directions, creating a starburst effect against a dark background. The beams are sharp and vibrant, contrasting with the dark surroundings.

Дякую за увагу