



**МЕДИЦИНСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ПЛОВДИВ**  
**ФАКУЛТЕТ „ИМЕ НА ФАКУЛТЕТА“**  
**ЦЕНТЪР ЗА ДИСТАНЦИОННО ОБУЧЕНИЕ**

**Пакет лекции №19-20**

**Биологични ефекти на  
йонизиращите лъчения.  
Радиационна защита**

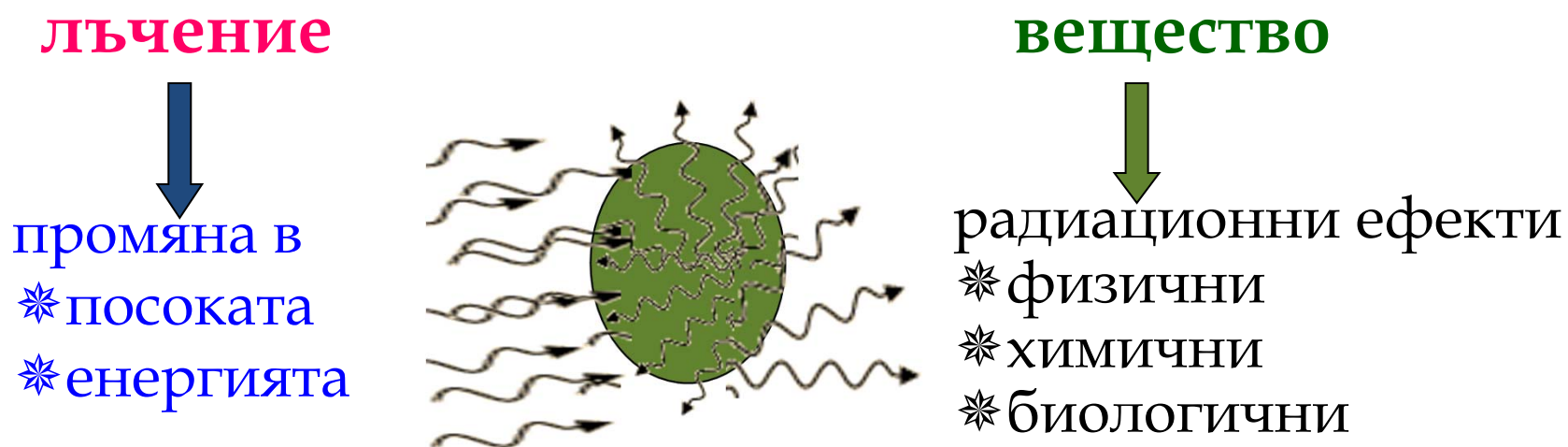
**доц. Десислава Костова-Лефтерова**

**Биологични ефекти на йонизиращите  
лъчения. Стохастични ефекти. Нестохастични  
ефекти. Възможности за защита от йонизиращи  
лъчения.**



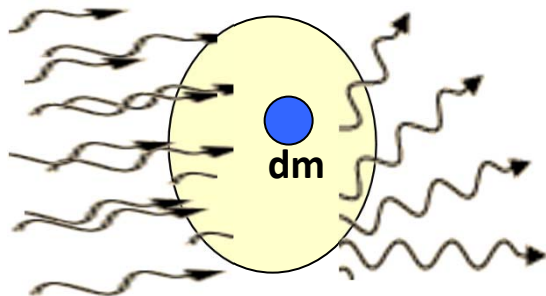
"I can assure you our x-ray procedures follow very strict health and safety guidelines."

# Радиобиологичен ефект



**Радиационният ефект зависи от енергията, която лъчението предава на веществото**

# Погълнатата доза



Harold Gray  
1905-1965

## Погълнатата доза (доза) $D$

за всички видове йонизиращи лъчения  
отношение на предадената енергия  
в елементарен обем и масата  
на веществото в този обем

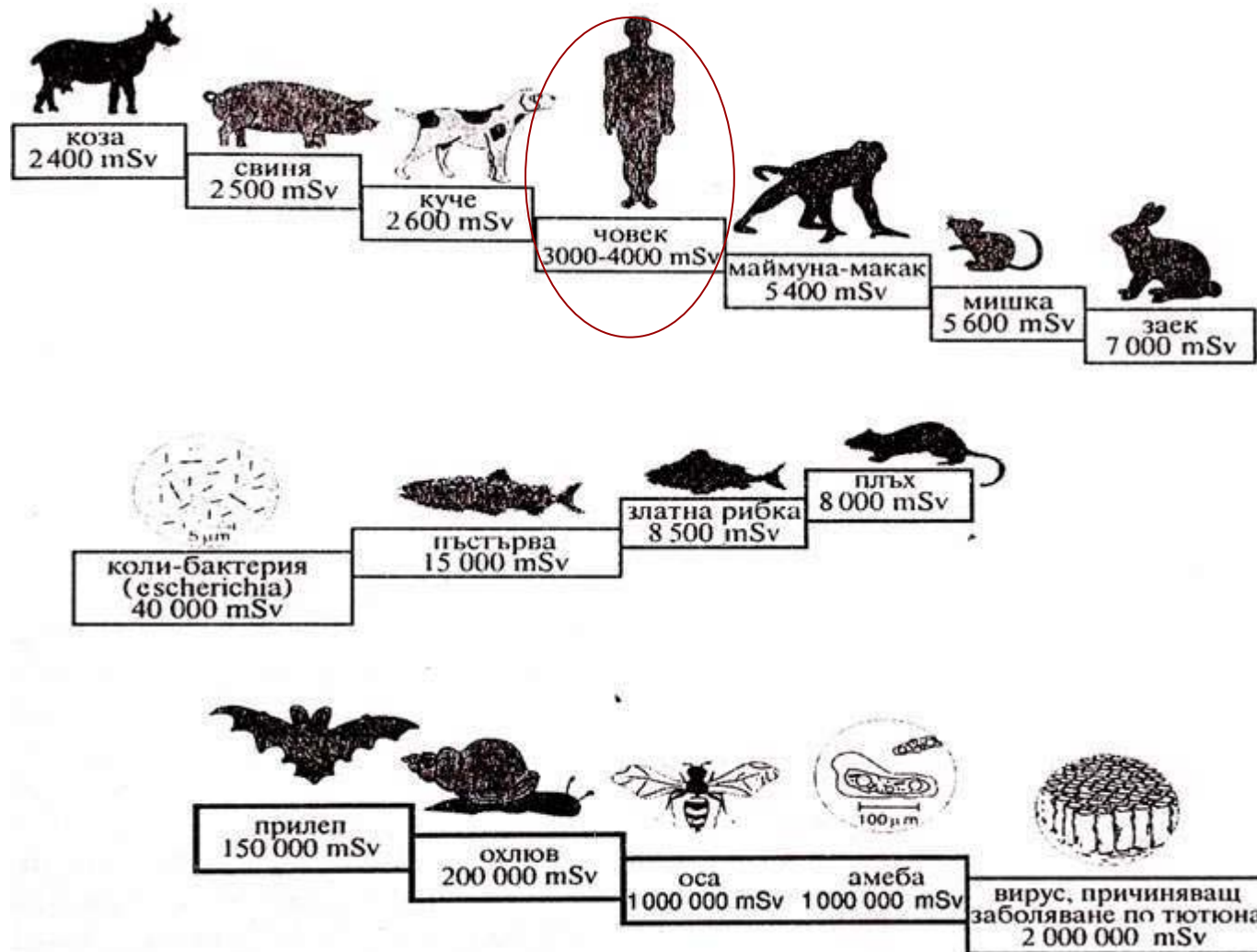
$$\text{J/kg} = \text{Gy (грей)}$$

~~Стара единица: rad (рад)~~

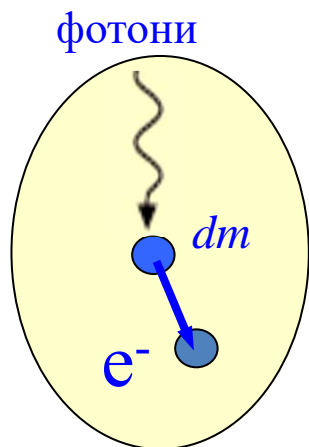
~~$1 \text{ rad} = 0,01 \text{ Gy}$~~

~~$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$~~

# Летална доза 50/30 - дозата в mSv, предизвикваща в около 50% от облъчените смърт в течение на 30 дни

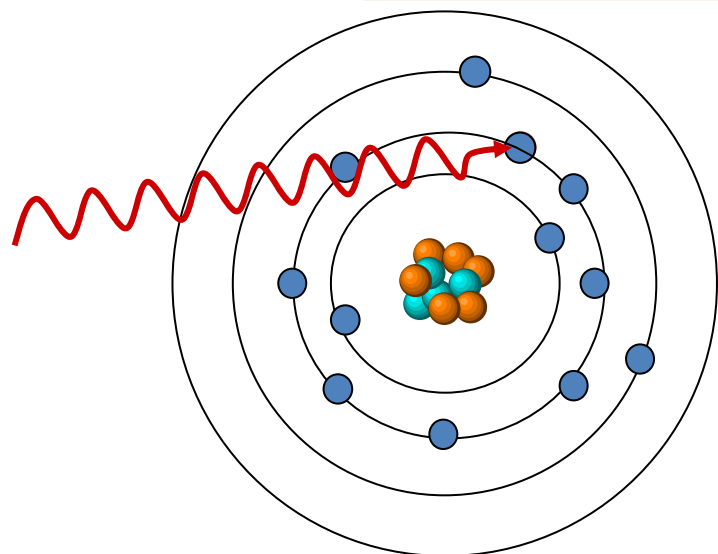


# Керма



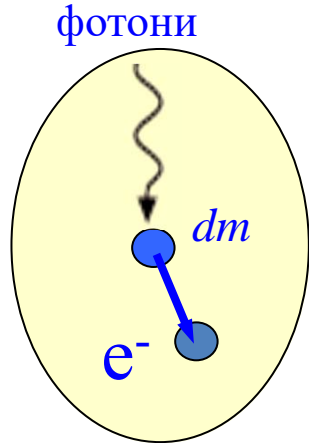
**Керма  $K$**  – за индиректно йонизиращи лъчения (фотони и неутрони)  
сумата от началните кинетични енергии на електроните, създадени от фотоните в елементарен обем от веществото, към масата на веществото в този обем

Измерителна единица  $\text{J/kg} = \text{Gy}$  (грей)



- \* Фотоните взаимодействат с атомите на средата, като ги йонизират – образуват се вторични електрони и положителни йони

# Въздушна керма



- \* Кермата във въздух се нарича въздушна керма
- \* Често пъти това е измерваната с дозиметричната апаратура величина

При енергиите, използвани в рентгеновата диагностика, във въздух:

**Въздушна керма 1 Gy  $\approx$  Погълната доза 1 Gy**

**Примери:** погълната доза

При лъчелечение – за един сеанс 1,5 – 8 Gy

Повърхностната доза при снимка на зъб – 2,5 - 5 mGy

# Мощност на дозата/кермата

Радиобиологичният ефект зависи от:

\* погълнатата доза

\* времето, за което се получава дозата

**Мощност на дозата/кермата -**  
отношение на дозата/кермата и времето за  
натрупването ѝ

Измерителна единица – Gy/s, Gy/h, mGy/h

**Примери:** При рентгеноскопия със 100 kV

на кожата на пациента – 1 Gy/h (допуска се до 6 Gy/h)

на 1 m от пациента с тръба отгоре – 2,2 mGy/h

на 1 m от пациента с тръба отдолу – 1,2 mGy/h

природен гама фон на открито в София – 0,1  $\mu$ Gy/h



# Еквивалентна доза

Радиобиологичният ефект зависи още и от вида и енергията на йонизиращите лъчения

Радиационен тегловен фактор  $w_R$   
безразмерна величина

$w_R = 1$  за рентгенови и X-лъчи, гама-лъчи, бета-лъчи,  
ускорени електрони

$w_R =$  функция за неутрони с различна енергия

$w_R = 2$  за протони

$w_R = 20$  за алфа-лъчи

# Еквивалентна доза

## Пример 1:

1. Облъчване с гама-лъчение с погълната доза 1 Gy
2. Облъчване с електрони с погълната доза 1 Gy

**Биологичният ефект е еднакъв**

## Пример 2:

1. Облъчване с гама-лъчение с погълната доза 1 Gy
2. Облъчване с алфа-лъчение с погълната доза 1 Gy

**Биологичният ефект във втория случай е 20 пъти по-голям**

**Биологичната ефективност на различните видове лъчения при въздействие върху човека се отчита с величината еквивалентна доза.**

# Еквивалентна доза

## Еквивалентна доза $H$

$$H_T = w_R \cdot D_{T,R}$$

$D_T$  - органна (тъканна доза)

$w_R$  - радиационен тегловен фактор

Единица за  $H$   $J/kg = Sv$  (Сиверт)

За рентгеново лъчение  
еквивалентната доза (Sv)  
и погълнатата доза (Gy)  
са числено равни



Ролф Сиверт  
1896-1966

- При облъчване на малък брой органи с големи дози, за оценка на ефекта се определят погълнатата доза или еквивалентна доза в съответния орган – възможни са детерминирани ефекти

## Примери: Типична схема за лъчелечение

2 Gy дневно x 5 дни седмично в туморния обем  
5-7 седмици – 50 – 70 Gy обща огнищна доза



Инвазивна кардиология

Два случая в България на  
лъчево изгаряне на кожата  
след перкутанна коронарна  
интервенция

Д-р Десислава Костова-Лефтерова

Национален център по радиобиология и радиационна защита



# Детерминирани ефекти

- При облъчване с висока доза → смърт на голям брой клетки и необратими увреждания на засегнатия орган или система, както и на целия организъм.
- Те са прагови → при облъчване с погълната доза над 1-2 Gy, като тежестта на ефекта бързо нараства с увеличаване на дозата.
  - левкемията;
  - лъчевата катаракта;
  - стерилитетът;
  - малформациите и умственото изоставане в развитието, вследствие вътреутробно облъчване.

# Радиобиологични ефекти

## Детерминирани ефекти – при големи дози

при локално облъчване с рентгеново или гама-лъчение

на очната леща с 2 Gy → катаракта (0,5 Gy!, ICRP 2011)

на тестисите с 3-5 Gy → траен стерилитет

на кожата с 6-8 Gy → кожна еритема

при целотелесно облъчване с 2,5 - 5 Gy → смърт от нарушаване на дейността на кръвотворната система

При лъчелечение – за един сеанс 1,5 – 8 Gy

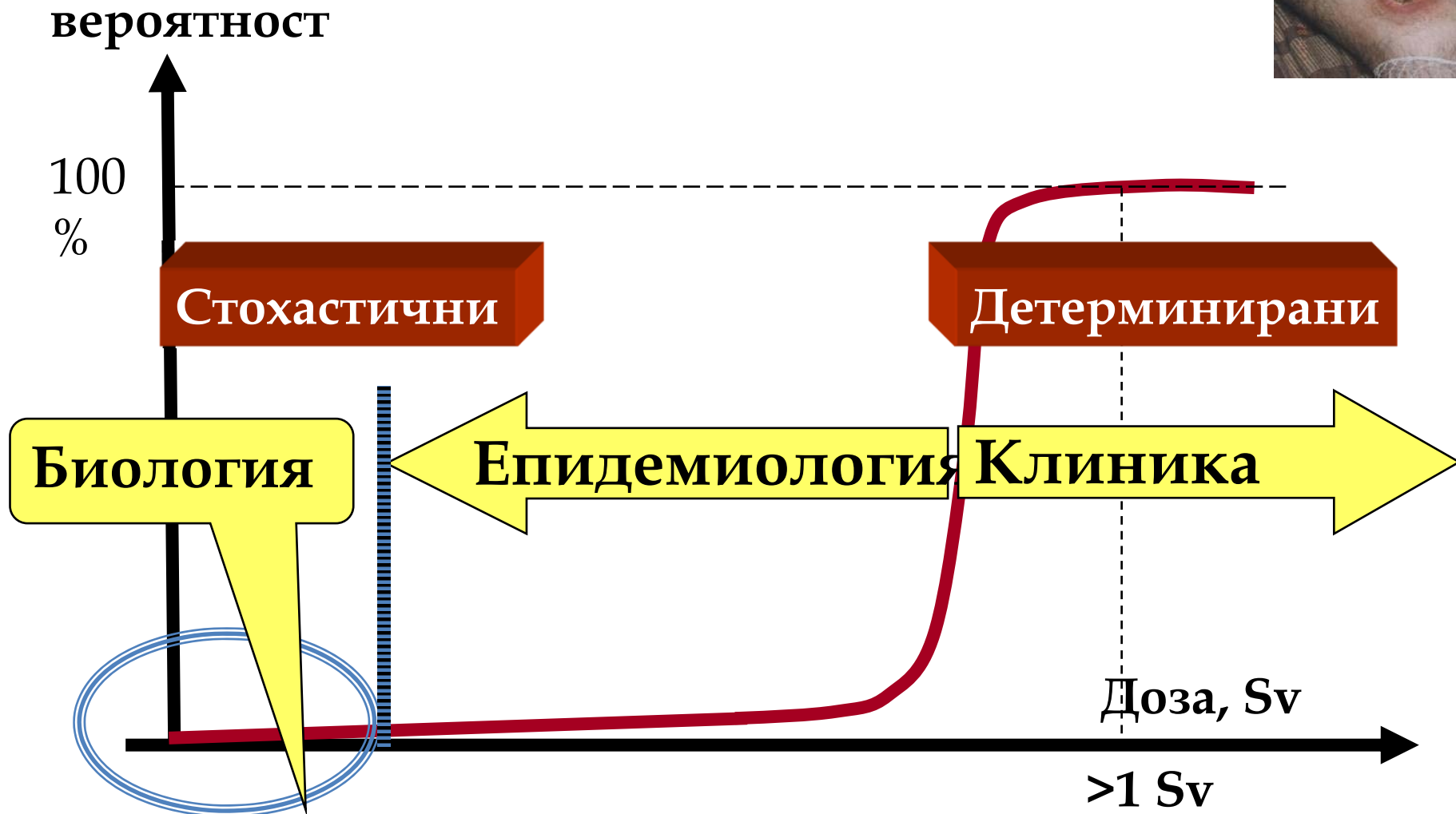
Кожната доза при снимка на бял дроб < 1 mGy

Кожната доза при зъбна снимка – 2,5-5 mGy

В рентгенологията детерминирани ефекти са възможни **само** при продължителни скопии в интервенционалната рентгенология и при КТ



# Радиобиологични ефекти



от А. Гонзалес

Десислава Костова-Лефтерова

# Радиобиологични ефекти

## ДЕТЕРМИНИРАНИ ЕФЕКТИ В ИНТЕРВЕНЦИОНАЛНАТА КАРДИОЛОГИЯ



*ICRP Report 85:*

Остро кожно изгаряне  
след няколко  
диагностични и  
терапевтични кардио-  
катетърни процедури за  
няколко дни

Кожна доза - над **20 Gy**

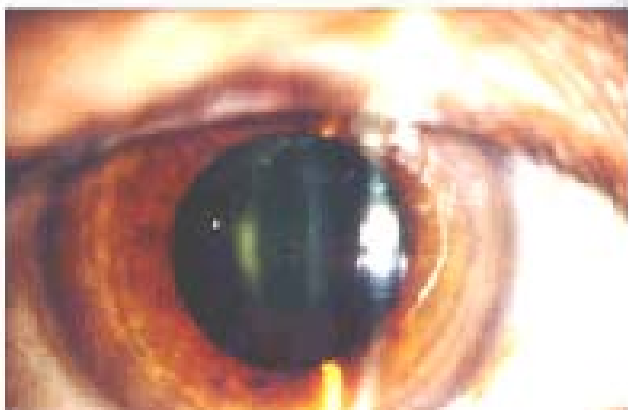
Проявяване на ефекта -  
след **6-18 седмици**

Прогресивна некроза -  
след **18-21 месеца**



# Радиобиологични ефекти

## ДЕТЕРМИНИРАНИ ЕФЕКТИ В ИНТЕРВЕНЦИОНАЛНАТА КАРДИОЛОГИЯ



Лъчево индуцирана катаракта, причинена от високи стойности на дозата от разсеяно лъчение при използване на рентгенова тръба, разположена над пациента

*Vano, E and Lezana, A. 9th European Congress of Radiology, Vienna (Austria), March 5-10, 1995.*

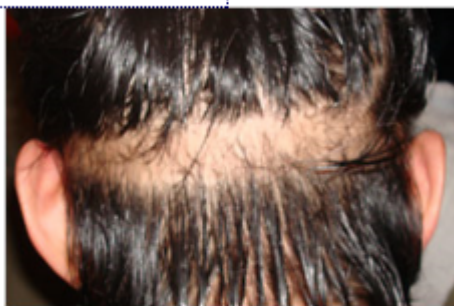
Ефект	Остро обл. (Sv)	Хронично (Sv.a <sup>-1</sup> )
Видимо потъмняване	0.5-2.0	> 0.1
Увреждане на зрението (катаракта)	5.0	> 0.15



# Радиобиологични ефекти

The New York Times

August 1, 2010



Hair loss in patients who received radiation overdoses.

## \* Cedars-Sinai Medical Center в Лос Анджелес:

- \* >260 пациента с инсулт за период от 18 месеца (мозъчна перфузия);
- \* пациентите получават 8 пъти по-голяма доза от нормалната (>50 000 рентгенографии на бял дроб);
- \* временна епилация при някои пациенти, главоболие и загуба на паметта.

## \* Huntsville:

- \* ~ 100 пациента получават 16 пъти по-голяма доза от нормалната;
- \* по-големите дози са използвани умишлено с цел по-качествен образ.

# Радиобиологични ефекти



# Радиобиологични ефекти

Рискът при облъчване с малки дози е свързан с възможни **късни стохастични радиационни ефекти**:

- лъчева канцерогенеза в облъчения индивид
- генетични ефекти или канцерогенеза в поколението

**Стохастичните ефекти:**

- имат вероятностен характер
- няма прагова доза за появата
- вероятността за ефекта нараства с дозата
- вероятността за ефекта е различна в зависимост от вида на облъчените органи/тъкани



# Радиобиологични ефекти

## Стохастичните ефекти:

Облъчването на децата е свързано с по-голям канцерогенен риск в сравнение с риска за възрастен:

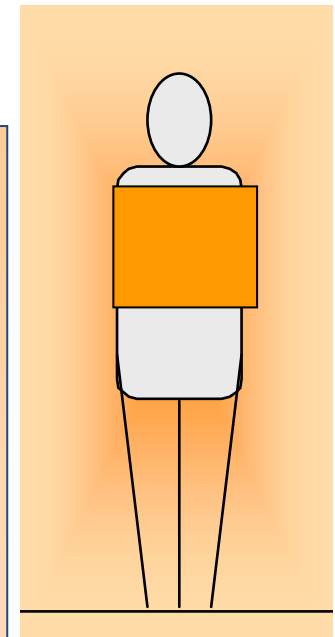
- 3 пъти по-голям за деца под 10 години;
- 2 пъти по-голям от 10 до 20 годишна възраст
- 1,5 пъти по-голям от 20 – 30 години



# Тъканен тегловен фактор

Стохастичният риск зависи и от вида на облъчения орган или тъкан

$w_T = 0,12$	$w_T = 0,08$	$w_T = 0,04$	$w_T = 0,01$
ч. к. мозък	гонади	щитов. жлеза	кожа
млечна жлеза		хранопровод	кости (повърхост)
дебело черво		черен дроб	мозък
бял дроб		пикочен мехур	слюнчени жлези
стомах			
останали (14)			[ICRP, 2007]

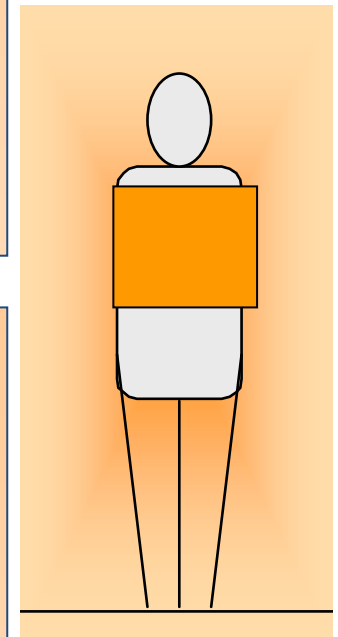


$$\sum_T w_T = 1$$

# Тъканен тегловен фактор

$w_T = 0,20$	$w_T = 0,12$	$w_T = 0,05$	$w_T = 0,01$
гонади	ч. к. мозък дебело черво бял дроб стомах	щитов. жлеза хранопровод млечна жлеза черен дроб пикочен мехур останали	кожа кости (повърхност)
			[ICRP, 1990]

$w_T = 0,12$	$w_T = 0,08$	$w_T = 0,04$	$w_T = 0,01$
ч. к. мозък млечна жлеза дебело черво бял дроб стомах останали (14)	гонади	щитов. жлеза хранопровод черен дроб пикочен мехур	кожа кости (повърхност) мозък слюнчени жлези
			[ICRP, 2007]



$$\sum_T w_T = 1$$

# Ефективна доза

Стохастичният риск зависи и от вида на облъчения орган или тъкан

$$H_T = w_R \cdot D_{T,R}$$

Ефективна доза  $E$

Sv (Сиверт)

$$E = w_{T1} \cdot H_1 + w_{T2} \cdot H_2 + w_{T3} \cdot H_3 + \dots$$

$w_T$  - тъканен тегловен фактор (безразмерен)

$w_T = 0,12$

$w_T = 0,08$

$w_T = 0,04$

$w_T = 0,01$

ч. к. мозък

гонади

щитов. жлеза

кожа

млечна жлеза

хранопровод

кости (повърхост)

дебело черво

черен дроб

мозък

бял дроб

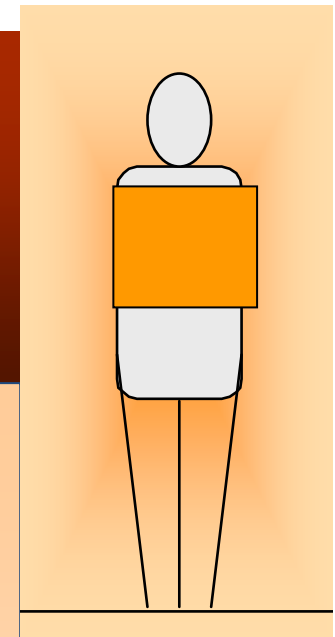
пикочен мехур

слюнчени жлези

стомах

останали (14)

[ICRP, 2007]



$$\sum_T w_T = 1$$



# Ефективна доза

Величината ефективна доза се използва за сравняване на **стохастичния риск** при различни видове облъчване: хомогенно и хетерогенно; вътрешно и външно...



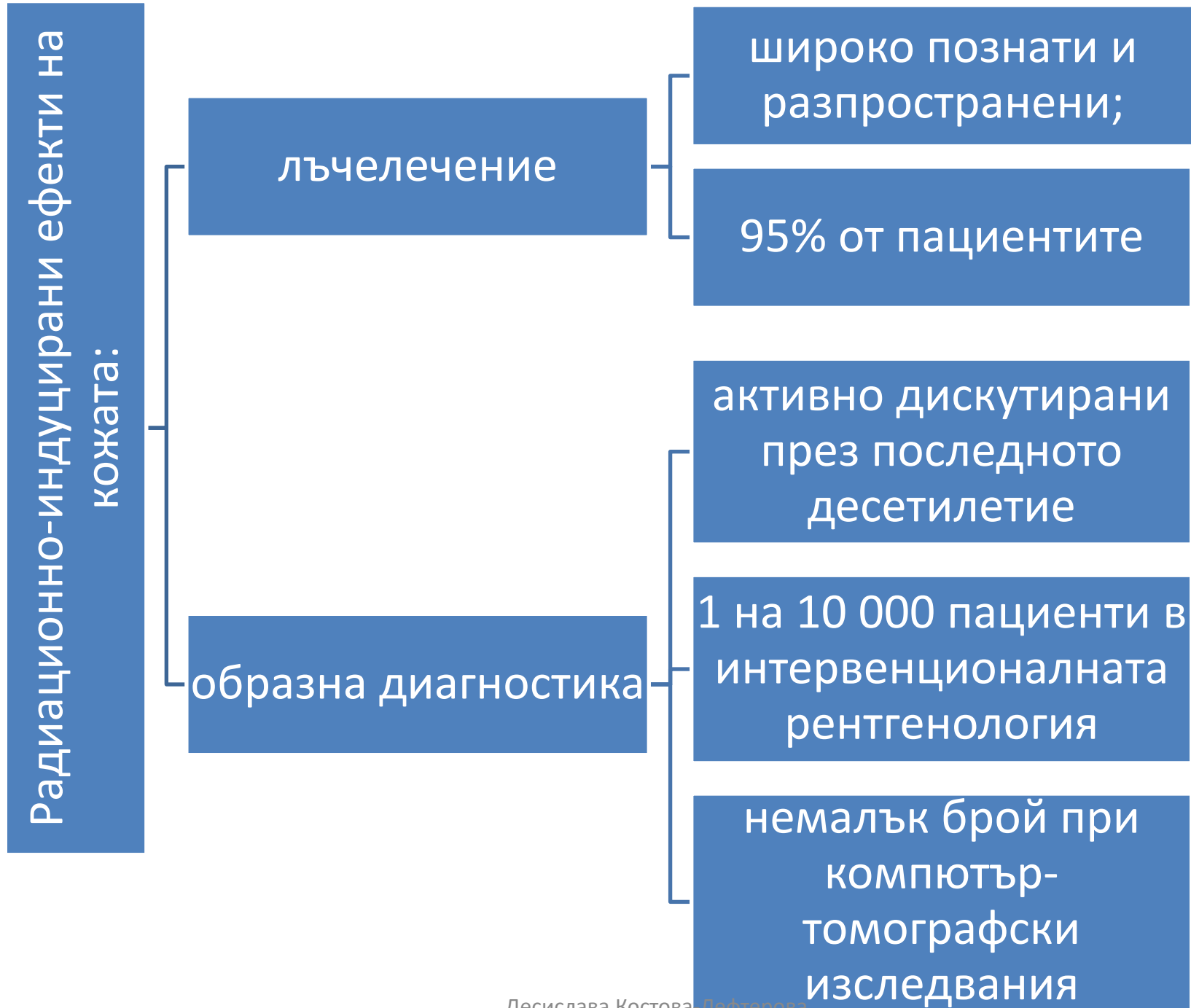
Примери:

- \* облъчване от природния фон (вътрешно, външно)
- \* професионално облъчване (вътрешно, външно)
- \* облъчване на пациента при рентгеново изследване (външно)
- \* облъчване на пациента при радионуклидно изследване (вътрешно)

# Оптимизация на лъчевото натоварване на пациента

## Документация

- ✓ Рутинното записване и съхраняването на дозиметричната информация в клиничния картон на всеки пациент
- ✓ Проследяване на клиничната история на всеки пациент, при който се очаква надвишаване на прага за детерминирани ефекти на кожата
- ✓ При стойност на DAP над **нивата за обследване** за един пациент (в резултат от една или няколко интервенционални процедури), е необходимо пациентът да бъде насочен за контролни прегледи с цел навременното и коректното диагностициране на евентуални патологии на кожата
- ✓ Пациентът трябва да бъде информиран за всички потенциални рискове от облъчването, както и за възможните кожни патологии, които могат да възникнат в резултат от процедурата

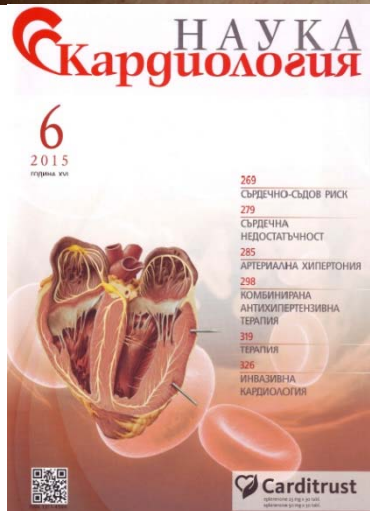




**ПРИМЕРИ ОТ ЛИТЕРАТУРАТА!**



# ПРИМЕРИ ОТ БЪЛГАРИЯ!



Инвазивна кардиология

Два случая в България на  
лъчево изгаряне на кожата  
след перкутанна коронарна  
интервенция

Д-р Десислава Костова-Лефтерова

Национален център по радиобиология и радиационна защита

# Радиационен дерматит

- Детерминиран ефект, който се появява, когато погълнатата доза в кожата или подкожните тъкани превиши прагова доза от 2 Gy.



# Радиационно-индуцирани ефекти

В световен и национален мащаб:

- недобра информираност на специалистите относно опасността от радиационни ефекти;
- липса на информираност на пациентите относно появата им;
- липса на проследяване на пациентите за евентуалното им възникване;
- липса на търсене на медицинска помощ.

# Радиационно-индуцирани ефекти. Честа интерпретация.

- Алергична реакция към електродите на дефибрилатора или към заземяващия електрод при ЕФИ.
- Друг тип алергична реакция.
- Херпес зостер;
- Еритема вследствие на друг източник (битов инцидент).



- Излишни диагностични процедури (напр. биопсия)
- Вторични усложнения.
- Закъсняла диагноза.





# Радиационно-индуцирани ефекти. Класификация.

Според времето на проява:

незабавни (до 2 седмици след облъчването)

ранни (в рамките на 2-8 седмици)

отложени (между 6 и 52 седмици)

късни (над 40 седмици след облъчването)

# Радиационно-индуцирани ефекти. Класификация.

В зависимост от дълбочината на пораженията се степенуват съгласно Американския национален институт по онкология (NCI) от 1 до 4:

1 степен

10 Gy погълната  
доза в кожата

2 степен

10-15 Gy  
погълната доза  
в кожата

3 и 4 степен

> 15 Gy  
погълната доза  
в кожата

Тежестта им нараства с погълнатата доза в кожата.

# Радиационно-индуцирани ефекти.

2-5 Gy. Сериозни ефекти не се наблюдават. Незабавни и ранни реакции. 1 степен по NCI.

- Възможно раздразнение, първичен еритем на кожата, оток и зачервяване на кожата, епилация.
- Оплаквания - леко смъдене, мравучкане и чувство на опънатост на кожата.
- Не се наблюдават отложени и късни реакции.



Десислава Костова-Лефтерова

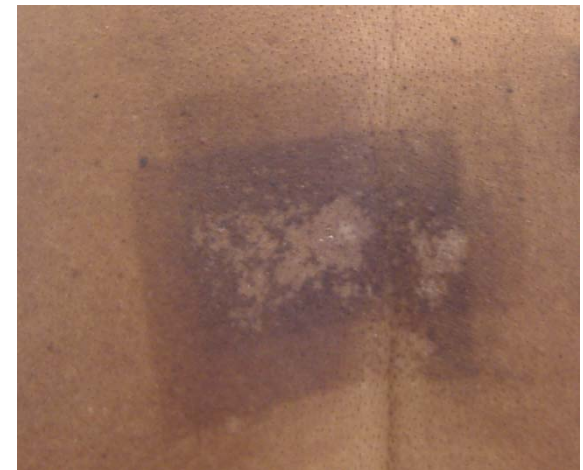
# Радиационно-индуцирани ефекти.

5-10 Gy. Незабавни и ранни реакции. 1 степен по NCI.

- поява на първичен еритем.
- скрит период, от 2 до 8 седмици след облъчването, който протича без допълнителни оплаквания, след което се очаква поява на вторичен еритем и епилация.
- Оплаквания - леко смъдене, мравучкане и чувство на опънатост на кожата.
- Не се наблюдават отложени и късни реакции.

# Радиационно-индуцирани ефекти.

- 10 Gy - 15 Gy. Незабавни, ранни, отложени и късни реакции. 2 степен по NCI.
  - Ранна реакция - първичен еритем.
  - (2-8 седмица) - еритем, епилация и суха десквамация. Възстановяване в рамките на същия период.
  - Отложена реакция - еритем за по-дълъг период от време, както и трайна епилация на космите.
  - Късна реакция - кожна атрофия и/или уплътняване на кожата.



# Радиационно-индуцирани ефекти.

- > 15 Gy. Незабавни, ранни, отложени и късни реакции. 3 и 4 степен по NCI.
- Ранна р/ция - първичен еритем (< 2 седм. след облъчването), епилация и влажна десквамация.
- D ↑ - едновременна поява на едем и остро разязвяване.
- Отложена р/ция - кожна атрофия (6-52 седм.).
- D ↑ - лъчева некроза и улцерация (оперативно лечение).
- При консервативно лечение раните не заздравяват дълги години.
- Късна р/ция - радиационно-индуцирани телеангиектазии, кожна атрофия и/или уплътняване на тъканта.
- Лезията може да персистира и прогресира в дълбочина на тъканите - хирургична интервенция.



# Радиационно-индуцирани ефекти.

- Фактори, свързани с пациента:
  - общо състояние на кожата;
  - хранителен статус;
  - възраст;
  - общо здравословно състояние;
  - придружаващи заболявания – диабет, бъбречни заболявания;
  - тютюнопушене;
  - влажните области на тялото са склонни към по-тежки реакции (областта под гърдите, аксиларни, перинеум, слабини).



# Нива за обследване

Време на скопия	> 60 минути
Произведение доза-площ	> 500 Gy.cm <sup>2</sup> = = 50 000 cGy.cm <sup>2</sup> = <u>= 50 000 μGy.m<sup>2</sup></u>
Кумулативна доза	> 5 Gy
Брой записани серии образи	> 20
Няколко процедури за период от 12 месеца	



# Радиационно-индуцирани ефекти. Превенция.

Поддържане на дозата под прага на поява на ефекта чрез:

- правилно използване на рентгеновите апарати
- периодична сервизна поддръжка
- осъществяването на рутинен контрол на качеството
- периодично изготвяне на типични дози по вид изследвания и процедури за всеки отделен апарат
- спазване на правилата за радиационна защита

За всеки отделен пациент да се регистрират изписаните на дисплея параметри за дозата на пациента:

- CTDI и DLP при КТ
- време на скопия, DAP, кумулативна доза и брой записани серии/кадри при интервенционалните изследвания и процедури.

Информирание и проследяване на пациента в срок до 3 месеца за евентуални радиационно-индуцирани ефекти.

## **Инструкция за пациента след проведена интервенционална процедура с по-голяма степен на сложност и дълго време на скопия**

Проведената ви интервенционална процедура бе свързана с използването на рентгеново лъчение, продължително време на скопия и стойност на дозата, при които се препоръчва проследяването ви в срок до поне три месеца за евентуални радиационно-индуцирани кожни ефекти. Вероятността за поява на подобни ефекти е малка – средно 1 на 10 000 пациента.

В края на втората седмица, както и месец след изписването Ви от лечебното заведение, се обърнете към член от семейството, който да инспектира кожата Ви в областта на \_\_\_\_\_ за наличието на евентуален оток, зачервяване на кожата или епилация.

При възникване на някое от следните оплаквания:

- смъдене, мравучкане и чувство на опънатост на кожата;
- оток и зачервяване на кожата, епилация;
- болезненост на кожата, особено при палпация и компресия;
- продължително зачервяване на кожата;
- уплътняване на кожата;

незабавно се обърнете към лекуващия Ви лекар или на телефон:

# НАУКА Кардиология

4

2016  
ГОДИНА XVII

Радиационна медицина

Радиационно-индуцирани  
ефекти вследствие на  
медицинско облъчване –  
проследяване на пациентите,  
разпознаване, класификация,  
превенция и лечение

Д-р Десислава Костова-Лефтерова<sup>1,2</sup>, г-р Димчо Георгиев<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Национална кардиологична болница, София

<sup>2</sup>УМБАЛ „Александровска“, Медицински университет, София

<sup>3</sup>Специализирана болница за активно лечение по онкология, София  
Десислава Костова-Лефтерова

# Практически правила за РЗ

## “Златни правила” :

- **Време** – намали времето на облъчване
- **Разстояние** – увеличи разстоянието
- **Защитни прегради** – използвай ефективно защитните прегради:
  - стационарни, подвижни;
  - индивидуални ;
  - стой зад друг човек



Всеки от тези фактори намалява дозата на работещия над 2 - 20 пъти !!



# В заключение



**Стремете се да намалите  
облъчването на пациента!  
Едновременно с това намалявате  
и вашето облъчване!**



# Радиационна защита. Принципи и методи за радиационна защита. Основни термини, величини и единици при радиационна защита.

Доц. Десислава Костова-  
Лефтерова



## Защо РЗ?

- Познаването на източника на лъчение и принципите и методите на РЗ е елемент от професионализма на всеки специалист работещ в среда на източници на йонизиращи лъчения!



# Радиационна защита

- Съвкупност от знания и действия, предназначени да защитят отделния човек и човешката популация от вредното действие на йонизиращите лъчения





# Система за радиационна защита

- Целта на радиационната защита е:
  - Да се **изключи** възникването на **детерминирани** ефекти;
  - Да се **намали вероятността** за **стохастични** ефекти



NOW ALL NEW SMARTPHONES COME STANDARD WITH RADIATION DETECTION APPS!

# Система за радиационна защита



## Три основни принципа на РЗ

1. Обосноваване на практическата дейност
2. Оптимизация на защитата
3. Ограничаване на облъчването

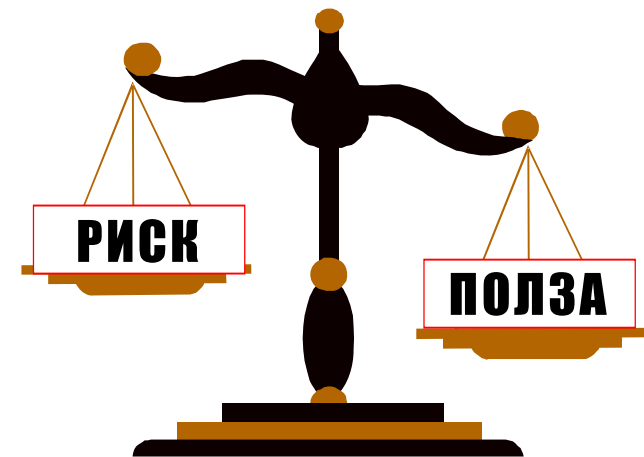


# Система за радиационна защита

Системата за радиационна защита се основава на три основни принципа:

## 1. Обосноваване на практическата дейност

Никаква практическа дейност, свързана с облъчване, не трябва да се реализира, ако ползата от нея за облъчените лица и за обществото не е по-голяма от вредата от облъчването

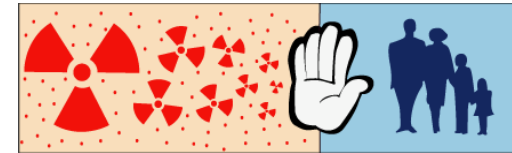


# Система за радиационна защита

Системата за радиационна защита се основава на три основни принципа:

## 2. Оптимизация на защитата

**ALARA** = **A**s **L**ow **A**s **R**easonably **A**chievable:



нивата на облъчване (стойностите на индивидуалните дози, броят на облъчените лица и възможността да бъдат изложени на облъчване, което може и да не се реализира) трябва да се поддържат **толкова ниски, колкото е разумно постижимо**, като се вземат предвид и икономическите и социалните фактори.

# Система за радиационна защита

Системата за радиационна защита се основава на три основни принципа:

## 3. Ограничаване (нормиране) на облъчването

прави се на базата на оценяване на радиационния риск и съпоставянето му с риска от други човешки дейности (концепция за приемливия риск)

- **При професионалното облъчване** рискът не трябва да надхвърля риска, който е приет за повечето отрасли на промишлеността
- **Рискът за населението**, обусловен от използването на източници на йонизиращи лъчения, трябва да бъде по-малък или равен на други рискове в ежедневието

# Система за радиационна защита

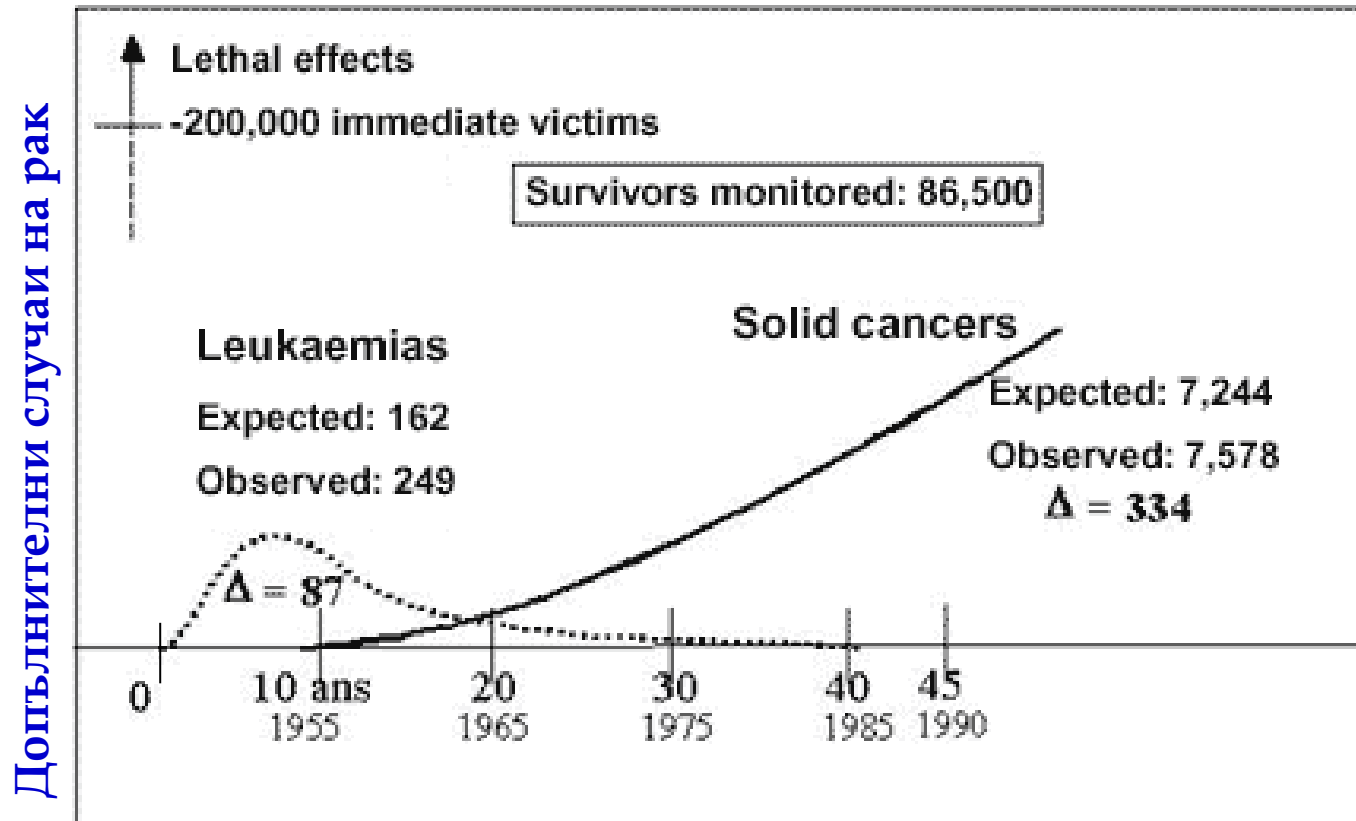
- ICRP (МКРЗ) разделя облъчването на три категории:
  - **Професионално облъчване** – получавано в резултат на упражняване на професионална дейност;
  - **Медицинско облъчване** – получавано от лицата при облъчването им с диагностична, скринингова, лечебна и изследователска цел;
  - **Облъчване на населението** – всички останали облъчвания.

# Система за радиационна защита

- Три ситуации на облъчване:
  - **Планирано облъчване** – от планирано въвеждане и използване на източниците. При него може да има **нормално облъчване** и **потенциално облъчване**
  - **Непредвидено облъчване** – може да възникне в процеса на планирано облъчване или от злонамерен акт или друга неочаквана ситуация; изисква спешни действия за предотвратяване на последствията;
  - **Съществуващо облъчване** – ситуации, съществуващи при решение за контрол/намеса, включително продължителни облъчвания след извънредни ситуации

# Стохастични ефекти

## Преживелите Хирошима и Нагазаки



Години след бомбардировките

- **Стохастичните ефекти възникват след години**



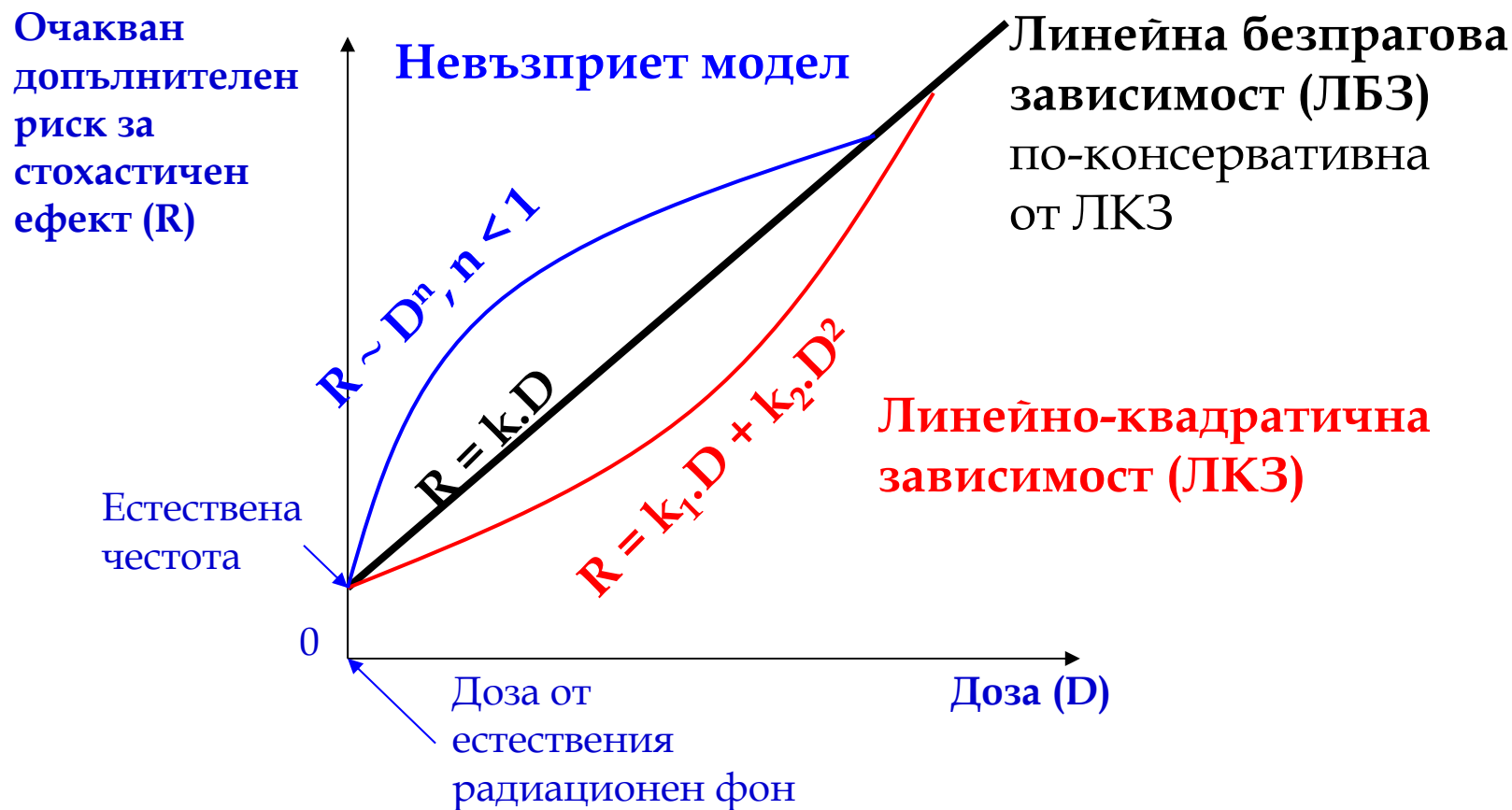
# Стохастични ефекти

- Невъзможно е да се установи достоверна връзка между облъчване и заболяване  $\Rightarrow$  продължително време се изследват големи групи хора, получили по-големи дози, със статистически методи:
  - Бомбардировките в Хирошима и Нагазаки
  - Миньори от уранови рудници
  - Лечение на незлокачествени възпалителни заболявания (напр. мастит) с рентгеново лъчение
  - Лечение на незлокачествени заболявания на щитовидната жлеза с  $^{131}\text{I}$
  - Чернобил
  - Фукушима

Екстраполира се зависимостта доза-ефект към областта на малките дози

# Стохастични ефекти

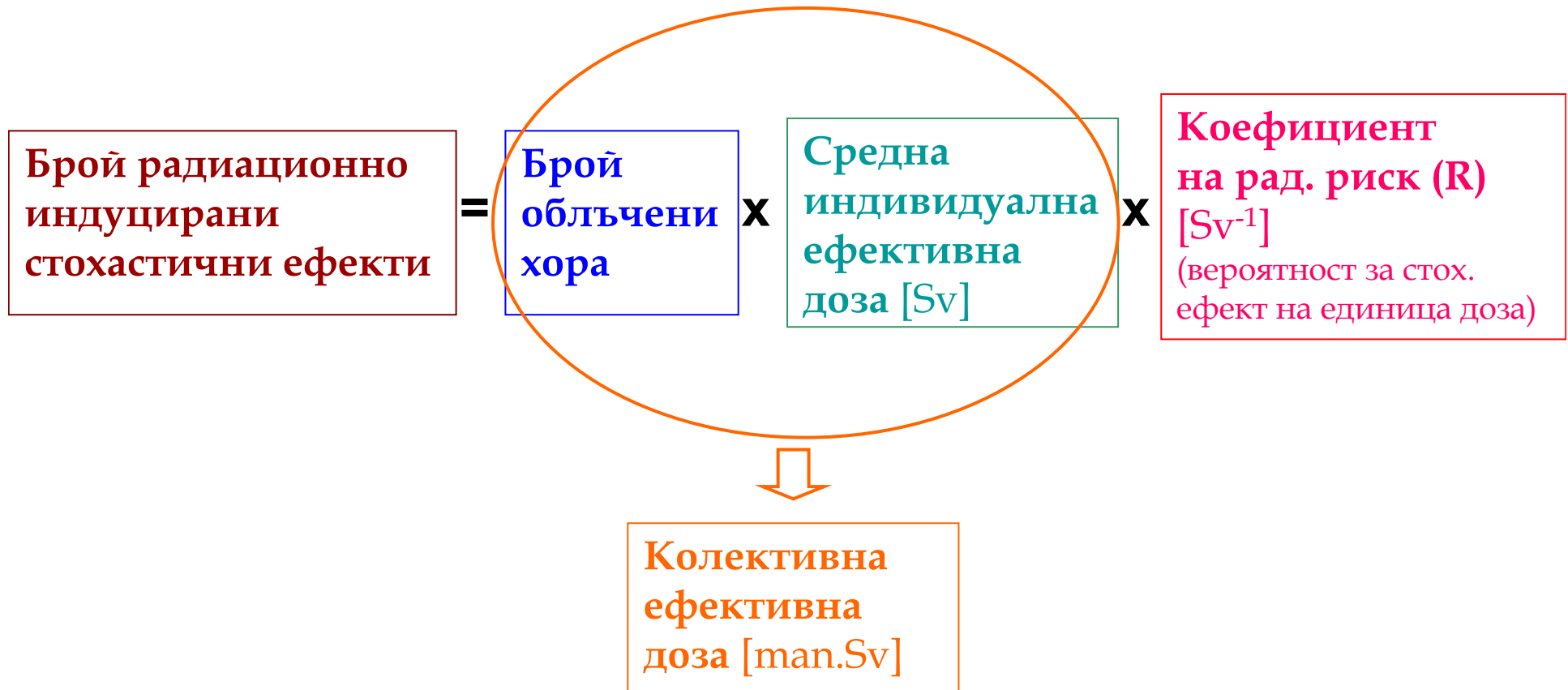
## Модели за оценка на риска за поява на стохастични ефекти



- За целите на РЗ се ползва линейната безпрагова зависимост; Тя не бива да се прилага за оценка на последствия върху здравето!

# Стохастични ефекти

- Основно уравнение на ЛБЗ:



# Коефициенти на вероятност за стохастични ефекти R (% Sv<sup>-1</sup>)

Облъчена популация	Фатален рак		Наследствени ефекти		Общо	
	1990	2007	1990	2007	1990	2007
ICRP 60 – 1990 г., ICRP 103 – 2007 г.						
<b>Всички</b>	6.0	5.5	1.3	0.2	7.3	5,7
<b>Възрастни работещи</b>	4.8	4.1	0.8	0.1	5.6	4,2

Общият коефициент на вероятност за фатален рак 5% Sv<sup>-1</sup> е все още приложим за целите на практическата радиационна защита.

Тази цифра е по-близо до 15 % на Sv, ако облъчването се случи през първото десетилетие

Много е важно по какъв начин се формулира този риск:

„Средният риск за възникване на фатален рак в западното общество е около 25 %. Този риск нараства с едва 0,05 % (т.е. става 25,05 %) след КТ изследване с доза от порядъка на 10 mSv. Така полученият по-висок риск се равнява на риска за смъртност на живеещите в продължение на 450 дни в централната част на Лондон (смърт причинена от замърсяването на въздуха) или на хората дялящи един апартамент с пушач в продължение на 540 дни.“

(Smith J. T., Are passive smoking, air pollution and obesity a greater mortality risk than major radiation incidents? BMC Public Health 2007, 7:49)