

Реакција организма на  
изложеност јонизујућем зрачењу  
*акутни радијациони синдром*

# Акутни радијациони синдром

- Ране (до ~ 6 месеци) промене у организму изложеном дејству јонизујуће зрачења (Ј. З.)
- Подаци? Из праћења субјеката
  - који су преживели нападе (инцијално дејство) на Хирошиму и Нагасаки.
  - изложених јонизујућем зрачењу у акцидентним ситуацијама
  - Медицинским третманима у којима се примењују високе дозе зрачења.

# Дијагноза акутног радијационог синдрома на основу лабораторијских анализа

- Праћење броја лимфоцита након излагања зрачењу у одређеном времену – динамика редукције броја директно зависи од примљене дозе.
  - Праг осетљивости  $\sim 0,5$  Gy -излагање целог тела (WBE)
- Хромозомске аберације
  - Праг осетљивости  $\sim 0,2$  Gy

# Рани ефекти који доводе до смртног исхода

- Смртни исход у оквиру неколико недеља од излагања Ј.З. Фазе:
  - Продромални синдром (~ пар дана)
  - Латентни период (пар-недељу дана)
  - Погоршање-синдроми који потенцијално могу довести до смртног исхода.

Трајање фаза зависи од примљене дозе.

Од тога зависи и који синдром ће се испољити у фази 3.



# Фаза 3.

- Цереброваскуларни синдром (WBE  $D > 100$  Gy)
  - Смртни исход 24-48 часова по излагању.
  - Бројни неуролошки и васкуларни дефицити
- Гастроинтестинални синдром (WBE 5-12 Gy)
  - Смртни исход за 9-10 дана од излагања.
  - Трајно оштећење/деструкција епитела цревног система
- Хематопоеетски синдром (WBE 2.5-5 Gy)
  - Смртни исход за неколико недеља до два месеца
  - Оштећење система у ком настају крве ћелије

# Продромални радијациони синдром

- Примљена доза неколико десетина Gy – фазе синдрома почињу да се испољавају у року 10-15 минута, достижу максимум око 30 минута и могу трајати до два дана када прелазе у фазу 3.
- При нижим дозама је тешко предвидети динамику испољавања.
- Симптоми:
  - Гастроинтестинални
    - анорексија, мучнина, дијареја, повраћање и дехидратација.
  - Неуромускуларни
    - Замарање, апатија, знојење, главобоља, грозница и хипотензија

- При  $LD_{50}$  (доза коју преживи 50% субјеката) углавном се испољавају анорексија, мучнина, повраћање и лако замарање.
- За дозе изнад леталних доминирају тренутна дијареја, грозница и хипотензија.
- Латентна фаза може трајати пар дана. У случају излагања супралеталним дозама практично не постоји.

# Неуроваскуларни синдром (НВС)

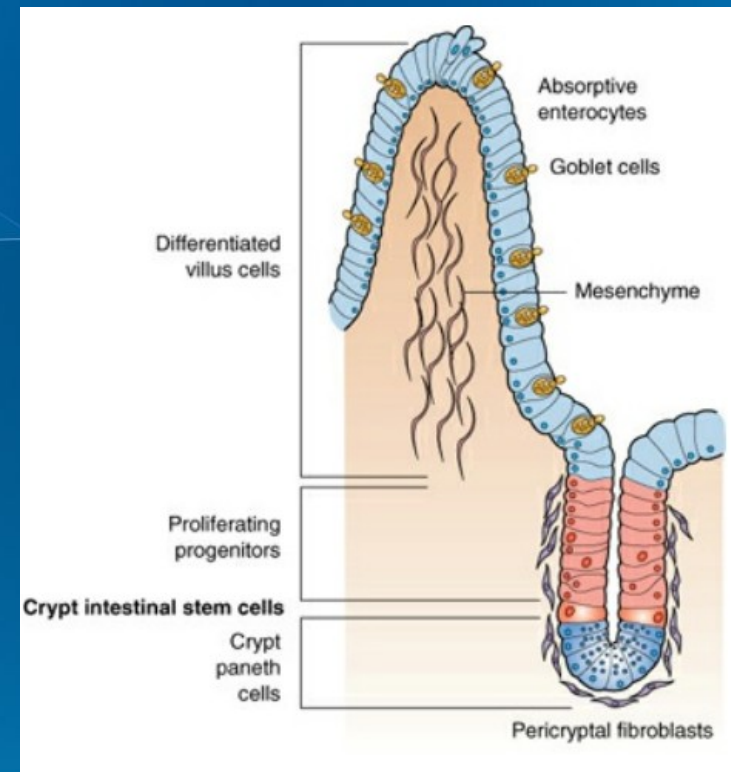
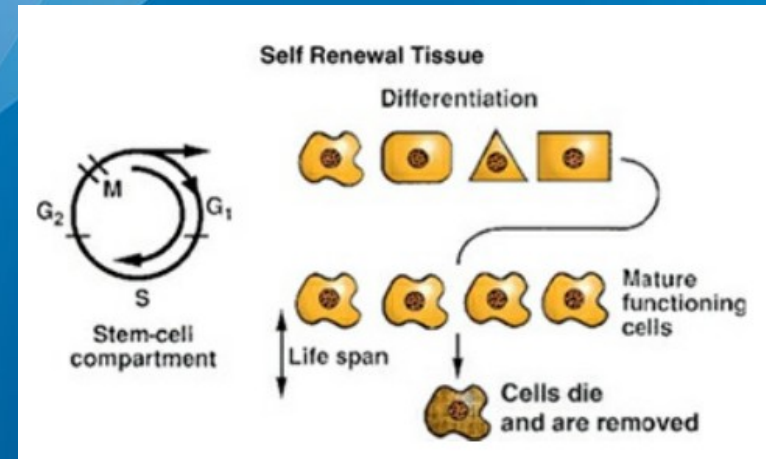
Дисфункција више система органа

- Поред њега присутни су и остала два синдрома, али се не уочавају због брзог леталног исхода НВС.
- Симптоми: јака мучнина и повраћање који се развијају тренутно или пар минута по излагању,
- Каснији симптоми: дезоријентација, губитак координације покрета, текоће са дисањем, конвулзије, кома.
- Механизам непознат, али постоје претпоставке да је узрок оштећење микроваскулатуре и последично накупљање течности у мозгу, те пораст интеркранијалног притиска



# Гастроинтестинални синдром

- Примарни ефекат је уништавање матичних ћелија које се налазе у криптама танког црева.
- Услед њиховог одсуства нормални губитак епителних ћелија у вилима се не може надоместити.
- Као последица долази до губитка вила, крварења и тешке инфекције.
- До смрти долази деветог или десетог дана од излагања ЈЗ



# Хематопоеетски синдром

- Деструкција матичних ћелија – ћелија прекурсора у органима система за хематопоезу...
- што доводи до немогуности надомештавања „истрошених“ крвних ћелија (еритроцита, леукоцита, тромбоцита)
- Последица – број крвних ћелија достиже минимум за неколико недеља...
- Што доводи до анемије, инфекција и смрти (1-2 месеца по излагању)
- Изолација и третман антибиотцима могу понекад да спрече смртни исход.

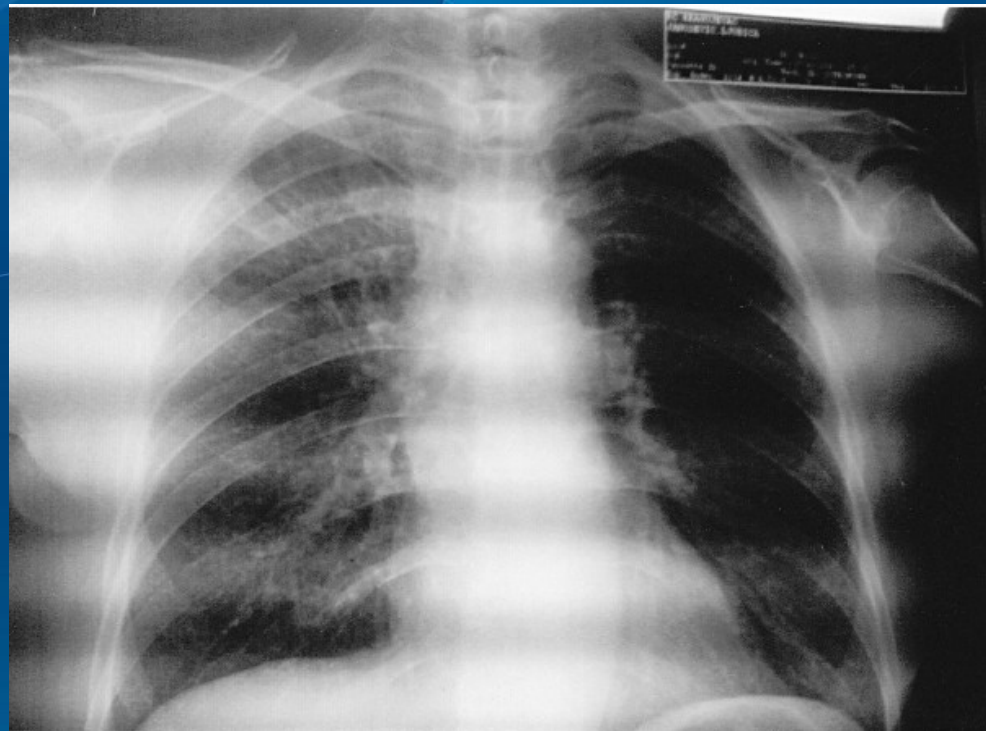
• Cases...

08.05.2024

Биосистеми и зрачења

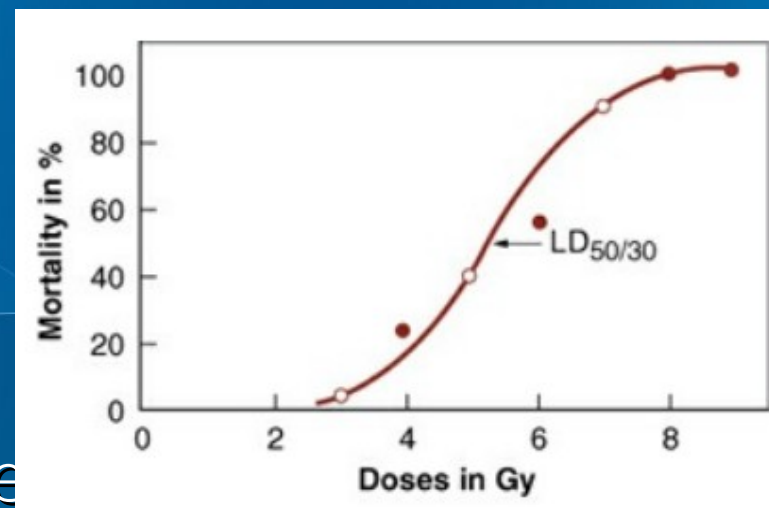
# Пулмонарни синдром

- Код једног броја субјеката који су били изложени дозама од 8 Gy и преживели хематопоеетски синдром након приближно четири месеца развио се инфламаторни пнеумонитис, који је довео до смртог исхода.



# Концепт LD50

- Апсорбована доза при којој, после одређеног временског периода, долази до редукције испитиване популације за 50% (односно смртност је 50%).
- Зависи од старости субјеката у популацији:
  - Веома млада и веома стара популација су веома осетљиве
  - Жене су мање осетљиве на зрачење





- Најчешће се користе вредности  $LD_{50/30}$  и  $LD_{50/60}$

Врста	Маса (kg)	$LD_{50}$ WBE (Gy)
Миш	0,025	7
Пацов	0,2	6,75
Резус мајмун	2,8	5,25
Пас	12	3,7
Човек	70	4

- Иницијално  $LD_{50}$  за човека је била 3,5 Gy (основу података о преживелима из Хирошимае и Нагасакија)

- Због савременог приступа у третману повећана на 4 Gy.

- Ово не представља правило! За особље присутно у НЦ Чернобил у време акцидента  $LD_{50}$  је била 7 Gy!

# Радијационо оштећење коже

- Последица депозиције енергије електрона и нискоенергетског X- или гама- зрачења.
- У зависности од примљене дозе може се јавити у пар сати након излагања или знатно касније.
- Симптоми =  $f(D)$ : од свраба, преко епилације, еритема, едема, сувог и влажно љуштења, пликова и некрозе.
- Пратеће инфекције.
- Ефекти на кожи имају праг
  - Епилација 3 Sv
  - Еритем 3 Sv

# Збирни преглед симптома акутног радијационог синдрома

## Продромални синдром

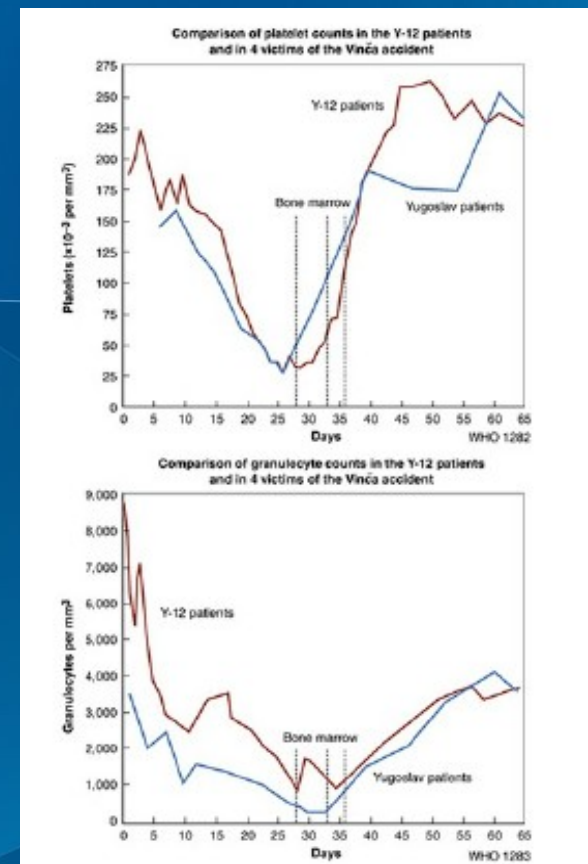
## 3. фаза

	Благи 1-2 Gy	Умерени 2-4 Gy	Озбиљни 4-6 Gy	Озбиљни 6-8 Gy	Летални >8 Gy
Лимфоцити *10 <sup>9</sup> /L	0,8-1,5	0,5-0,8	0,3-0,5	0,1-0,3	0,0-0,1
Гранулоцити *10 <sup>9</sup> /L	>2,0	1,5-2,0	1-1,5	<0,5	<0,1
Дијареја	/	/	ретко	Јавља се између 6-9 дана	Јавља се између 4-5 дана
Епилација	/	Умерена После >15 д	Умерена до комплетна	Комплетна <11 дан	Комплетна <10 дан
Латентни период	21-35 д	18-28 д	8-18 д	<7 дана	/
Хоспитализација	/	Препоручива	Неопходна	Ургентна	Симптоматска/ палијативна

	Благи 1-2 Gy	Умерени 2-4 Gy	Озбиљни 4-6 Gy	Озбиљни 6-8 Gy	Летални >8 Gy
Почетак	>30 д	18-28 д	8-18 д	<7 д	<3 д
Крвне плочице *10 <sup>9</sup> /L, %	60-100 10-25%	30-60 25-30%	25-35 40-80%	15-25 60-80%	<20 80-100%
Клиничке манифестације	Слабост, слабост мишића	Температура, инфекције, крварење, епилација, слабост	Висока температура, инфекције, крварење, епилација	Висока температура, дијареја, повраћање дезоријентација, хипотензија	Висока температура, дијареја, несвестице
Леталитет %	0	0-50 6-8 недеља	20-70 неколико недеља	50-100 1-2 недеље	100 1-2 недеље
Медицински третман	Профилактички	Посебна профилакса	Посебна профилакса Изолација	Посебна терапија Изолација	Симптоматска

# Третман субјеката изложених дозама блиским $LD_{50}$

- Доминатно се испољава хематопоеетски синдром.
- Изолација у стерилној соби, третман антибиотицима
- У драстичним случајевима трансплантација коштане сржи





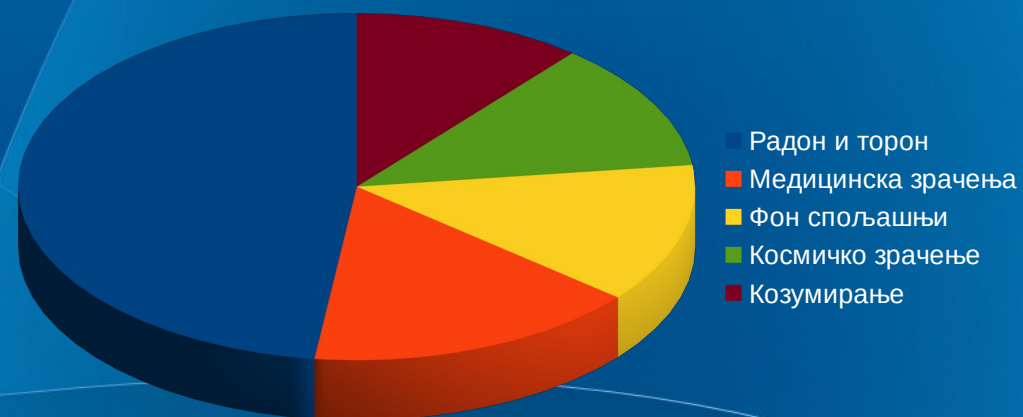
- Тријажа

- Средње време до појаве повраћања је обрнуто пропорционално  $D$ 
  - уколико је  $>4$  сата неће доћи до значајних нежељених ефеката
  - $< 2$  сата примљена доза је  $> 3$  Gy
- Процена примљене дозе на основу динамике пада броја лимфоцита
- Процена примљене дозе на основу учесталости хромозомских аберација у лимфоцитима периферног крвотока

# Дозе и ризици у дијагностичкој и интервентној радиологији и нуклеарној медицини



САД 2006.



Велика Британија 2008.

# Дијагностичка радиологија

- Генерално дозе у радиологији веома ретко могу изазову реакције ткива односно не могу да изазову детерминистичке ефекте.
- Стохастички ефекти као што је нпр карциногенеза има неку коначну вероватноћу која расте са примењеном дозом.
- Да би се проценио ризик у популацији примењује се **колективна ефективна доза** (јединица особа-сиверт) која је једнака производу ефективне дозе и броја особа изложених тој дози.
- Множењем са КЕД са фактором ризика за дати стохастички ефекат добија се број његових појава у датој популацији.

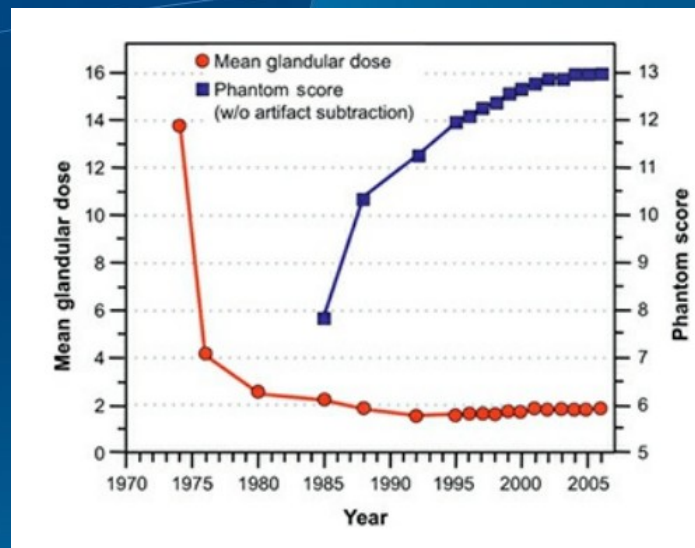
- Пример:

- 100000 радиолога је изложено дози од 30 mSv/god
- $KED = 40000 * 0.03 \text{ Sv} = 3000 \text{ pSv}$
- Фактор ризика за фатални канцер према ICRU је 5,5%.
- Број фаталних канцера који се годишње може очекивати у наведеној популацији радиолога је  
 $KED * 0,055 = 3000 \text{ pSv} * 0,055 = 165$
- За обичну популацију (на 100000 особа) је  
 $100000 * 0,0045 \text{ Sv} * 0,055 = 25$



# Средње дозе у дијагностичкој радиологији

Процедура	Орган	Доза по органу (mGy)
Стоматолошки RTG	мозак	0,005
RTG гр. коша	плућа	0,01
Бочни RTG гр. коша	плућа	0,15
Мамограм	дојке	3
СТ абдомена	желудац	11
СТ главе	мозак	13
СТ абдомена деца	желудац	10-25
СТ главе деца	мозак	20-25
18FDG	бешика	18



# Ефективне дозе у дијагностичкој радиологији

Снимање	mSv
лобања	0.1
Вратна кичма	0,2
Грудна кичма	1
Лумбална кичма	1,5
Мамографија	0,4
Абдомен	0,7
Мала карлица	0,6
Кук	0,7
Раме	0,01
Колено	0,005
Екстремитети	0,001
Интравенозна урографија	3
Горњи абдомен динамика	6
Танко црево динамика	5
Црева са контрастом СТ	8