

# ΙΑΤΡΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

**eclass: PHYS215**

**Π. Παπαγιάννης**

Αν. Καθηγητής,  
Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής,  
Ιατρική Σχολή Αθηνών.

Γραφείο 21

210-746 2442

[ppapagi@phys.uoa.gr](mailto:ppapagi@phys.uoa.gr)

# Ιατρική Φυσική:

- Δοσιμετρία Ιοντίζουσας Ακτινοβολίας
- Βιολογικές επιδράσεις
- Ακτινοπροστασία

Βιβλιογραφία:

κεφ. 2-5 από το σύγγραμμά σας

Προτεινόμενα ξενόγλωσσα συγγράμματα:

- ✓ E.B. Podgorsak (Editor), Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students  
(Διαθέσιμο δια-δικτυακά: [www.iaea.org](http://www.iaea.org))
- ✓ F. H. Attix, Introduction to radiological physics & radiation dosimetry
- ✓ P. Andreo, D.T. Burns, A.E. Nahum, J. Seuntjens, F. H. Attix, Fundamentals of Ionizing Radiation Dosimetry

## Δοσιμετρία Ιοντίζουσας Ακτινοβολίας

- ✓ μεγέθη για την περιγραφή του πεδίου ακτινοβολίας
- ✓ αλλ/δραση φωτονίων/φορτ. σωματιδίων-ύλης: δοσιμετρικά μεγέθη
- ✓ υπολογιστική δοσιμετρία
- ✓ πειραματική δοσιμετρία
- ✓ βιολογικές επιδράσεις
- ✓ ακτινοπροστασία



# Δοσιμετρία

- Η μετρολογία της δόσης. Ο όρος χρησιμοποιείται και για υπολογιστικές τεχνικές.
- Η δόση είναι αυστηρά ορισμένο, φυσικό μέγεθος

## 5.2.5 Absorbed Dose

The *absorbed dose*,  $D$ , is the quotient of  $d\bar{\epsilon}$  by  $dm$ , where  $d\bar{\epsilon}$  is the mean energy imparted by ionizing radiation to matter of mass  $dm$ , thus

$$D = \frac{d\bar{\epsilon}}{dm}.$$

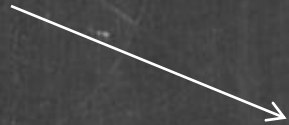
Unit:  $\text{J kg}^{-1}$

The special name for the unit of absorbed dose is gray (Gy).

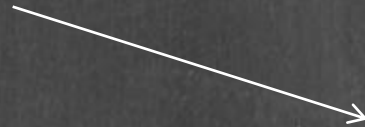
$$\text{L.D.}_{50/60} = 4 \text{ Gy} = 4 \text{ J/kg} \cong 1 \text{ cal} = 10^{-3} \text{ Cal} \Leftrightarrow 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}$$

## Στάδια βιολογικής επίδρασης

Φυσικό



Χημικό



Βιολογικό

## Στάδια βιολογικής επίδρασης

Επίπεδο οργάνωσης:	Στάδιο	Χρονική κλίμακα (sec)	Γεγονότα και διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα
ατομικό	Φυσικό	$10^{-18}$ – $10^{-15}$ (asec – fsec)	απορρόφηση ενέργειας, διεγέρσεις και ιονισμοί
	Φυσικο-χημικό	$10^{-15}$ – $10^{-8}$ (fsec – nsec)	αναδιάταξη διεγερμένων και ιονισμένων μορίων, σχηματισμός δραστικών ελευθέρων ριζών κυρίως από τη ραδιόλυση του νερού
μοριακό	Χημικό	$10^{-8}$ – $10^{-3}$ (nsec – msec)	παραγωγή άτυπων μορίων, σχηματισμός βιολογικών δραστικών ελευθέρων ριζών, βλάβες βιολογικών μακρομορίων
	Βιο-χημικό	$10^{-3}$ – $10^4$ (msec – ώρες)	ενζυμικές αντιδράσεις, αναγνώριση και επιδιόρθωση βλαβών
κυτταρικό	Κυτταρικό	$10^4$ – $10^7$ (ώρες – μήνες)	<b>κυτταρικός θάνατος</b> , μεταλλάξεις, μεταβολή της κινητικής της κυτταρικής διαίρεσης, βλάβες ιστών, αποκατάσταση βλαβών ιστών
συστημικό	Συστηματικό	$10^8$ – $3 \times 10^9$ (έτη)	ορμονικά αποτελέσματα, ανοσολογικές αντιδράσεις, βλάβες αγγείων, λειτουργικές βλάβες, <b>καρκινογένεση</b>

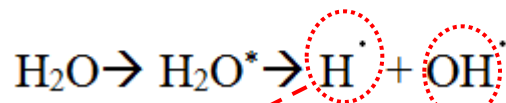
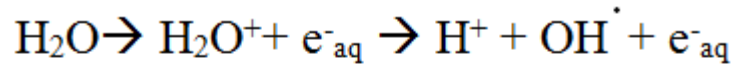


**Βιολογική επίδραση σε μοριακό επίπεδο:  
άμεση δράση της ιοντίζουσας ακτινοβολίας**

**Θραύση χημικών δεσμών**

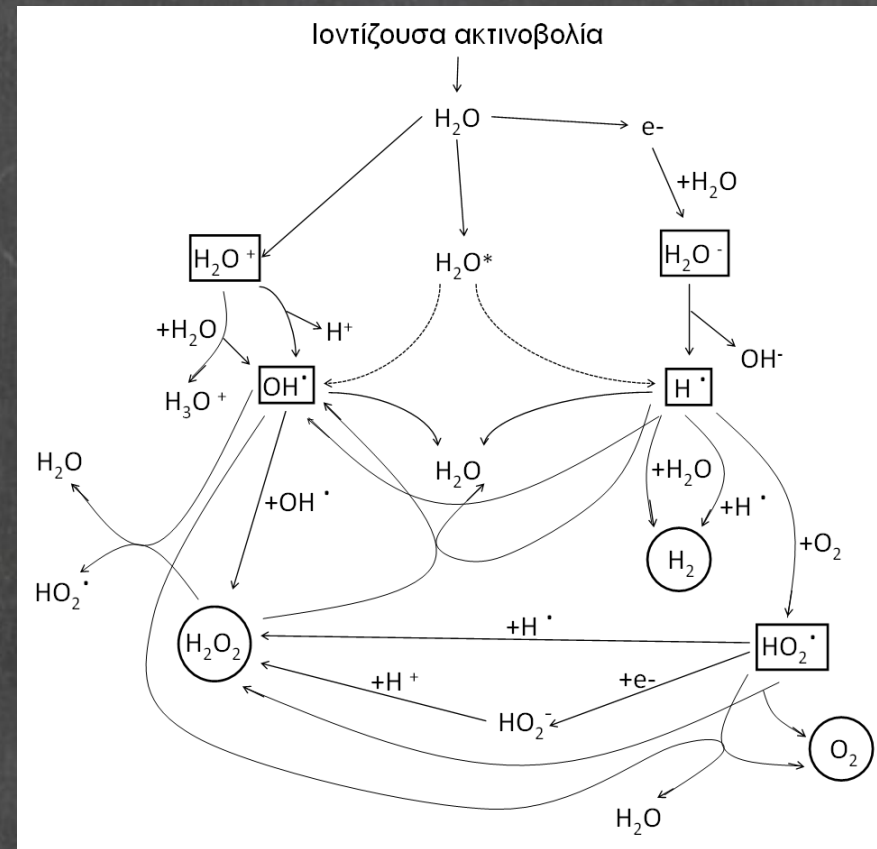
**Μεταβολή φυσικών ή/και χημικών ιδιοτήτων βιολογικών  
μορίων και μακρομορίων  
με αποτέλεσμα άτυπα ή μη λειτουργικά μόρια**

Βιολογική επίδραση σε **μοριακό επίπεδο**:  
**έμμεση δράση** της ιοντίζουσας ακτινοβολίας  
 ραδιόλυση του  $H_2O$  (1)



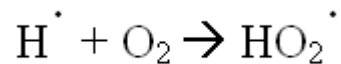
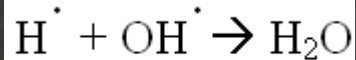
Αναγωγικός  
 χαρακτήρας

Οξειδωτικός  
 χαρακτήρας





Βιολογική επίδραση σε **μοριακό επίπεδο**:  
**έμμεση δράση** της ιοντίζουσας ακτινοβολίας  
ραδιόλυση του H<sub>2</sub>O (2)

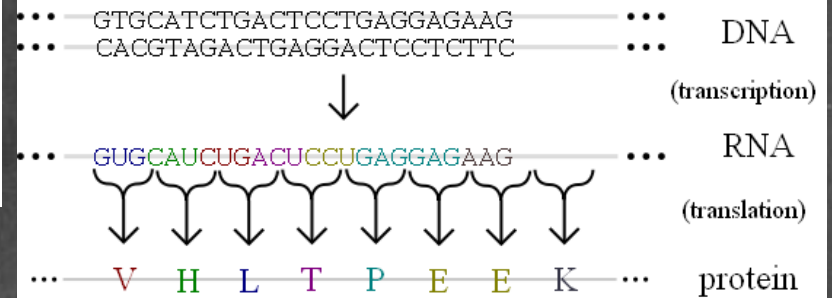
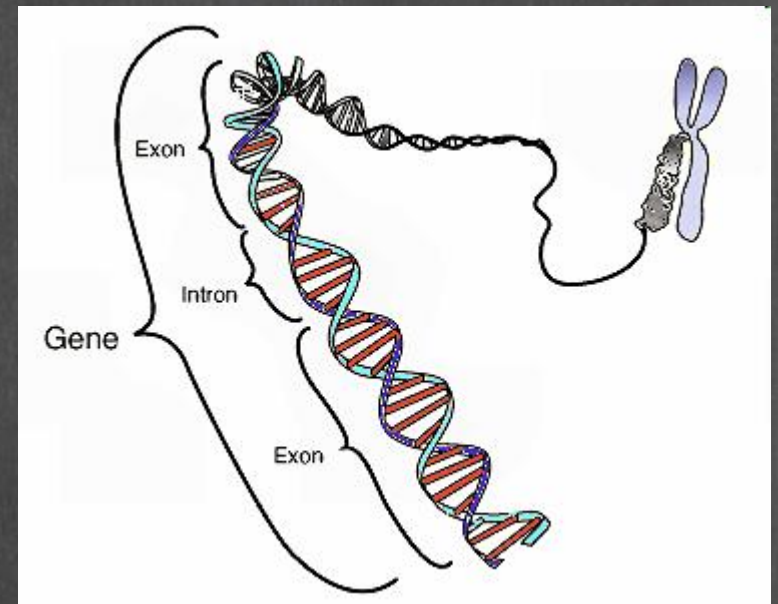
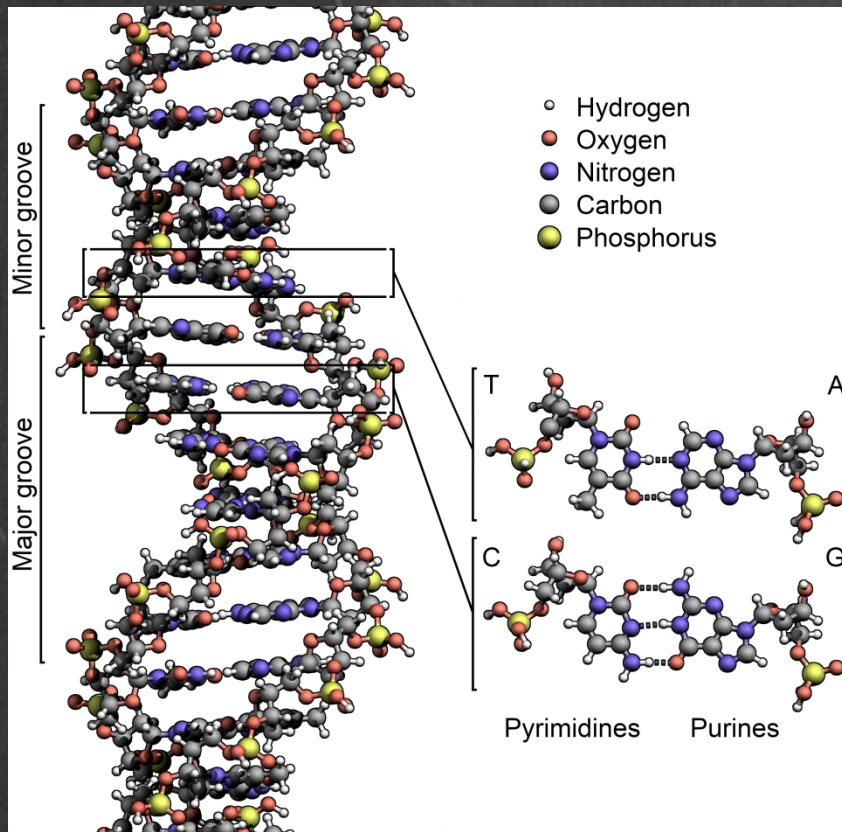


Αδρανοποίηση ελευθέρων ριζών

Παραγωγή υπεροξειδίου του H<sub>2</sub>

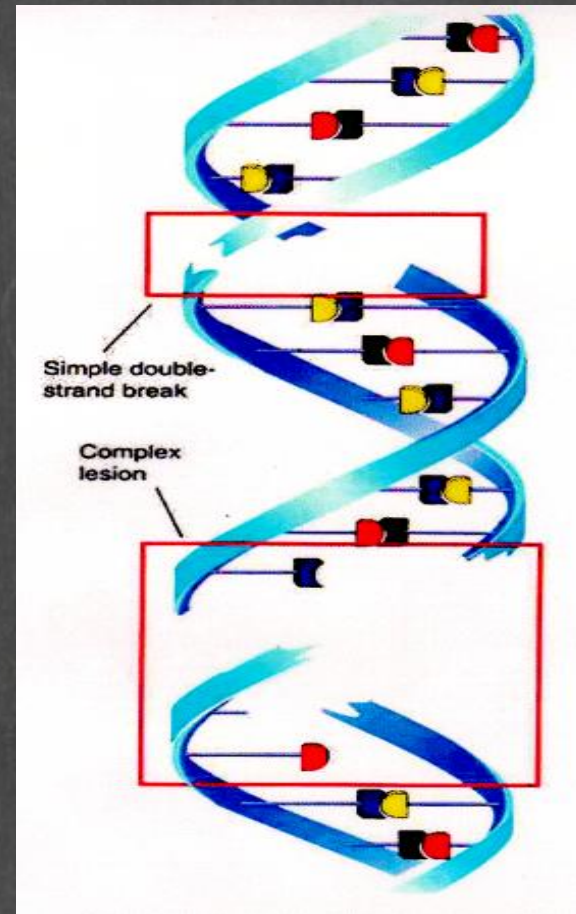
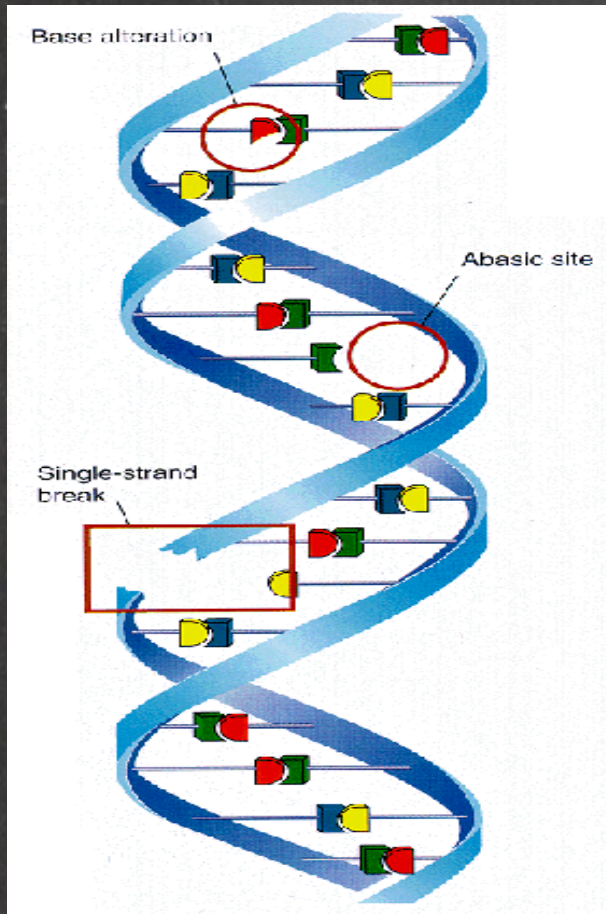
Παραγωγή ελεύθ. ρίζας υπεροξυλίου

# Βιολογική επίδραση σε **μοριακό επίπεδο**: η σημασία της βλάβης του DNA (1)





# Βιολογική επίδραση σε **μοριακό επίπεδο**: η σημασία της βλάβης του DNA (2)



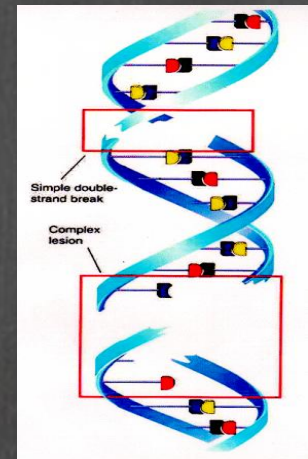
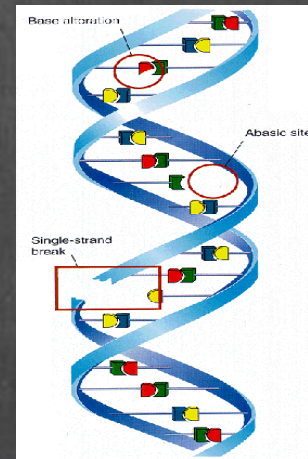


Βιολογική επίδραση σε **μοριακό επίπεδο**:  
η σημασία της βλάβης του DNA (3)

Δόση 1 Gy από ακτινοβολία χαμηλού LET →  
10<sup>5</sup> ιονισμοί / κύτταρο →  
άμεση και έμμεση δράση →  
40 DSB, 1.000 SSB, 1.000 βλάβες βάσεων / κύτταρο

που πρέπει να συγκριθούν με:

100.000 βλάβες του DNA καθημερινά...!!!

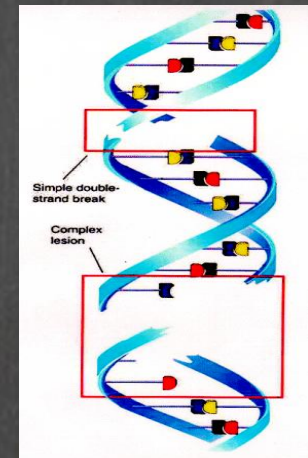
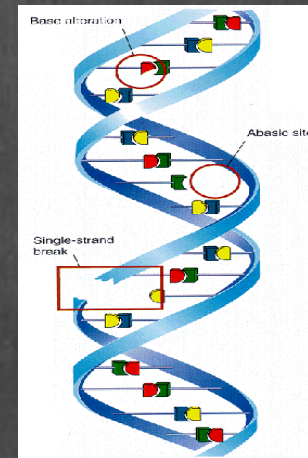


**Βιολογική επίδραση σε κυτταρικό επίπεδο:  
πιθανά αποτελέσματα**

- Γονιδιακές μεταλλάξεις
- Χρωμοσωματικές ανωμαλίες
- Κυτταρικός θάνατος

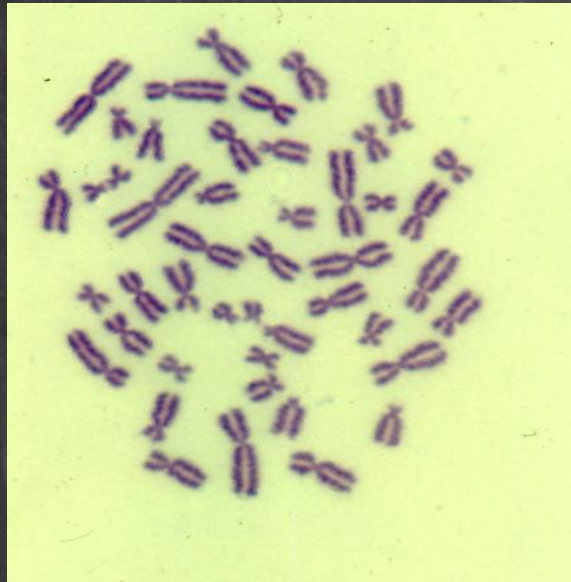
## Βιολογική επίδραση σε **κυτταρικό επίπεδο**: γονιδιακές μεταλλάξεις

- **Ανεπιτυχώς επιδιορθωμένες** βλάβες του DNA οδηγούν σε μετάλλαξη (αλλαγή της αλληλουχίας βάσεων)
- Τα αποτελέσματα της μετάλλαξης ποικίλλουν
- Η συχνότητα εμφάνισης αυξάνει με τη δόση έως τιμές δόσης στις οποίες επικρατεί ο κυτταρικός θάνατος
- Καθημερινά σημειώνονται 240.000 μεταλλάξεις / κύτταρο στις οποίες προστίθενται 2.000 ανά Gy δόσης





**Βιολογική επίδραση σε **κυτταρικό επίπεδο**:  
χρωμοσωματικές ανωμαλίες**



**χρωμοσώματα λεμφοκυττάρων  
περιφερικού αίματος στη μετάφαση  
(0 Gy)**



**χρωμοσώματα λεμφοκυττάρων  
περιφερικού αίματος στη μετάφαση  
(6 Gy)**

# Βιολογική επίδραση σε **κυτταρικό επίπεδο**: κυτταρικός θάνατος

Ο κυτταρικός θάνατος συναρτάται της έκτασης της βλάβης

Μεγάλη δόση → εκτεταμένες βλάβες σε DNA, πρωτεΐνες, ένζυμα,  
μεμβράνη → νέκρωση

Χαμηλότερη δόση → μη επιδιορθώσιμη βλάβη DNA → απόπτωση

Χαμηλή δόση → διακοπή κυττ. κύκλου → επιδιόρθωση →  
επιτυχής? → κανένα αποτέλεσμα  
ανεπιτυχής? → καθυστερημένη νέκρωση/απόπτωση ή μετάλλαξη

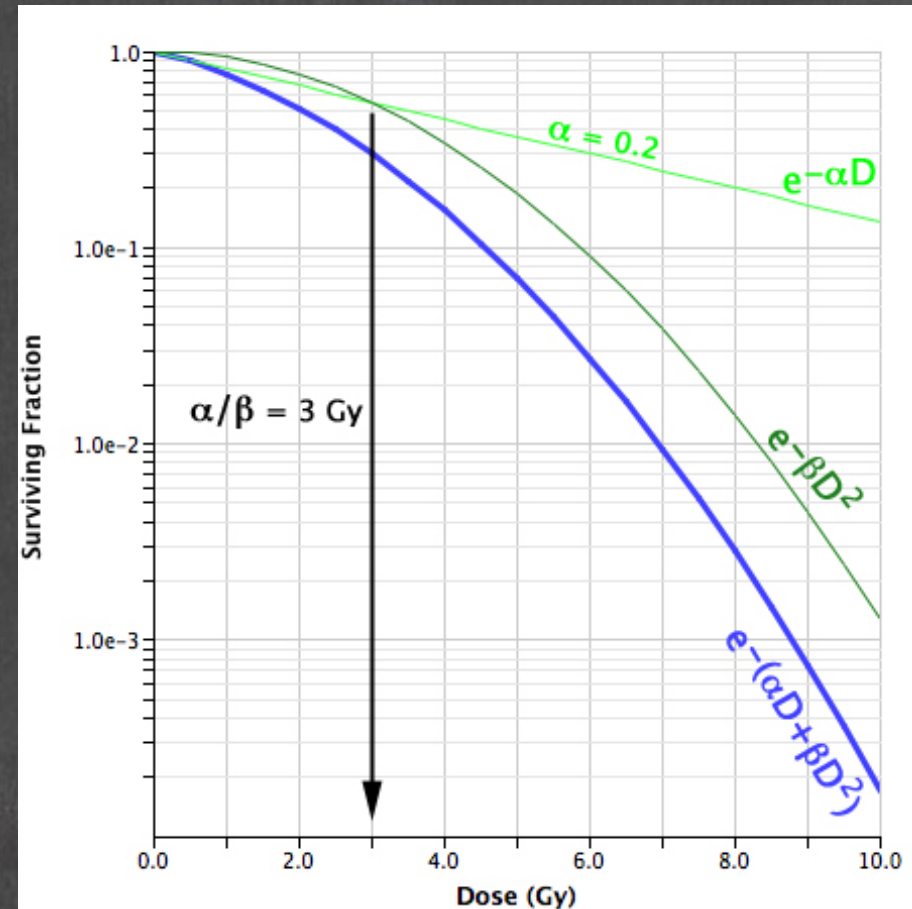
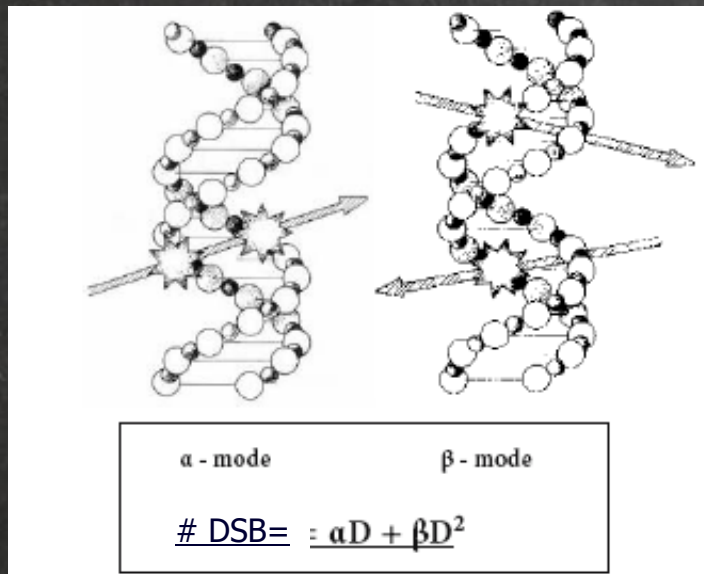
**Βιολογική επίδραση σε κυτταρικό επίπεδο:  
κυτταρικός θάνατος  
καμπύλες επιβίωσης**

- Θεωρία στόχου
- Θεωρία πολλαπλών στόχων
- Το Linear Quadratic (LQ) μοντέλο



Βιολογική επίδραση σε **κυτταρικό επίπεδο**:  
κυτταρικός θάνατος:  
καμπύλες επιβίωσης  
το Linear-Quadratic μοντέλο

Κλάσμα επιβίωσης=  
 $N/N_0 = \exp[-(\alpha D + \beta D^2)]$



# Βιολογική επίδραση σε **κυτταρικό επίπεδο**: τροποποιητικοί παράγοντες

## ΦΥΣΙΚΟΙ:

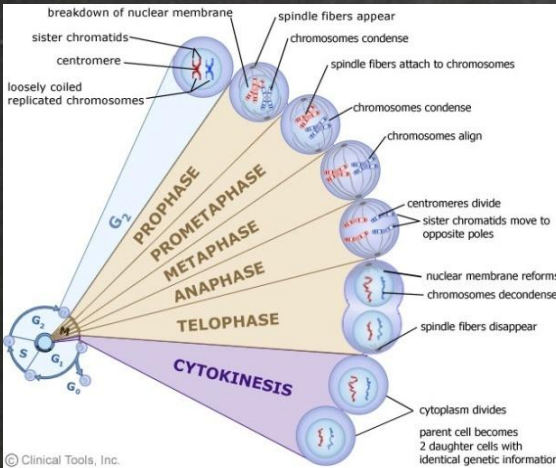
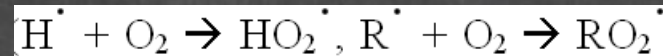
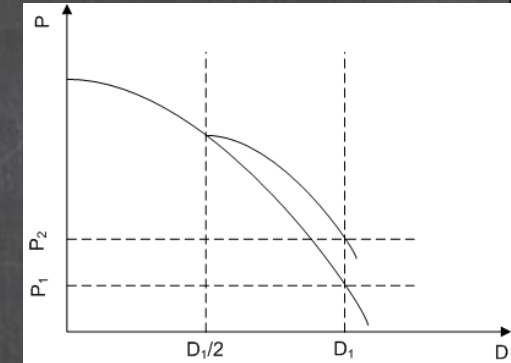
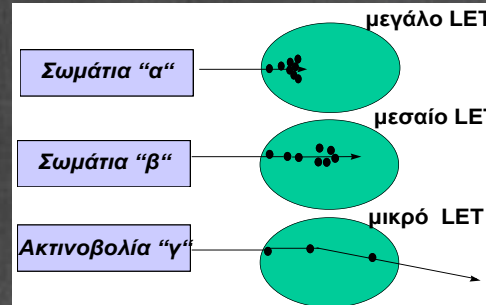
- LET
- ρυθμός δόσης / κλασματοποίηση δόσης

## ΧΗΜΙΚΟΙ:

- Συγκέντρωση O<sub>2</sub>, θειόλες κ.α.

## ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ:

- Φάση κυτ/κού κύκλου
- Είδος κυττάρου



© Clinical Tools, Inc.

Ομάδα 1	Ωριμα λεμφοκύτταρα, ερυθροβλάστες, σπερματογόνια κύτταρα
Ομάδα 2	Μυελοκύτταρα, κοκκιώδη κύτταρα, εντερικά κύτταρα, βλαστικά κύτταρα της επιδερμίδας
Ομάδα 3	Γαστρικοί αδένες, ενδοθηλιακά κύτταρα, λεπτών αγγείων του αίματος
Ομάδα 4	Οστεοβλάστες, χονδροβλάστες, σπερματοκύτταρα και σπερματίδες
Ομάδα 5	Πολυμορφοπύρρηνα λευκά αιμοσφαίρια, οστεοκύτταρα
Ομάδα 6	Παρεγχυματικά κύτταρα, ινοβλάστες
Ομάδα 7	Κύτταρα του συνδετικού ιστού, ινοκύτταρα, χονδροκύτταρα, φαγοκύτταρα
Ομάδα 8	Μυϊκά και νευρικά κύτταρα

# Βιολογική επίδραση σε **συστημικό επίπεδο**: Δοσιμετρικά μεγέθη και μονάδες χρησιμοποιούμενα στην ακτινοπροστασία

## Ισοδύναμη Δόση:

$$H = D * W_R$$

Είδος ακτινοβολίας	$W_R$
Φωτόνια (χ και γ) όλων των ενεργειών	1
Ηλεκτρόνια	1
Πρωτόνια	2
Σωματία α, θραύσματα σχάσης, βαρέα ιόντα	20
Νετρόνια	5-20

## Ενεργός Δόση:

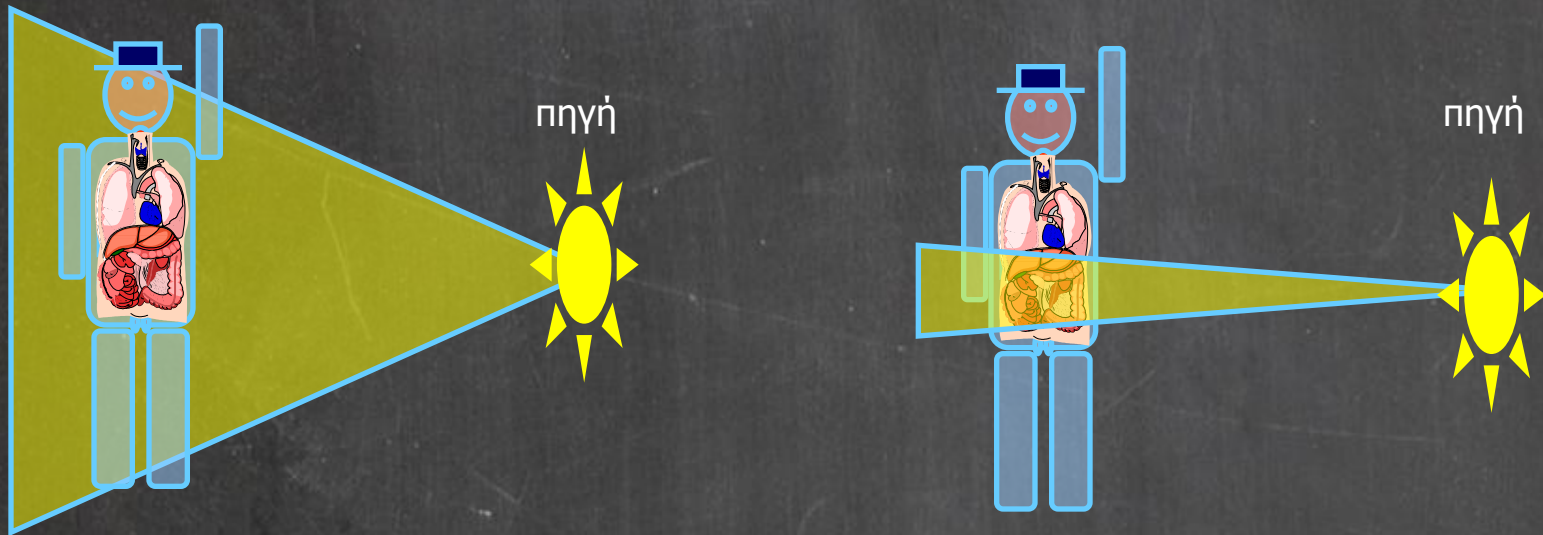
$$E = \sum_t H * w_t = \sum_t D * W_R * w_t$$

Ιστοί	$W_T$	$\Sigma W_T$
<b>Μυελός των οστών, Κόλον, Πνεύμονες, Στομάχι, Μαστός, Εναπομένοντες ιστοί*</b>	<b>0.12</b>	<b>0.72</b>
<b>Γονάδες</b>	<b>0.08</b>	<b>0.08</b>
<b>Ουροδόχος κύστη, οισοφάγος, ήπαρ, θυρεοειδής</b>	<b>0.04</b>	<b>0.16</b>
<b>Επιφάνεια οστών, εγκέφαλος, σιελογόνοι αδένες, δέρμα</b>	<b>0.01</b>	<b>0.04</b>

## Μονάδες: Sv (Sievert)

*\*Εναπομένοντες ιστοί: επινεφρίδια, εξωθωρακική περιοχή, χοληδόχος, καρδιά, νεφροί, λεμφικοί αδένες, μύες, επιθήλιο στόματος, πάγκρεας, προστάτης (♂), λεπτό έντερο, σπλήνας, θύμος αδένας, μήτρα / τράχηλος (♀).*

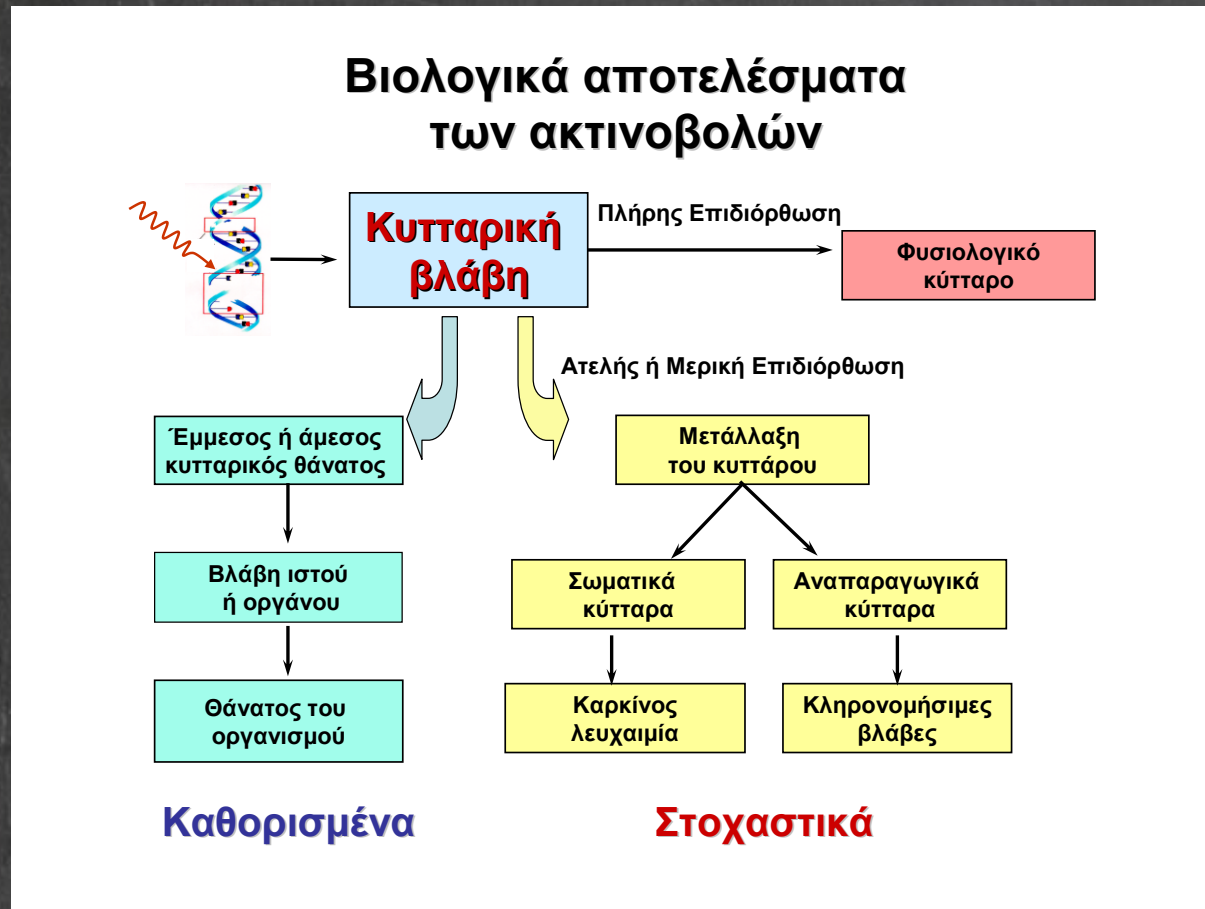




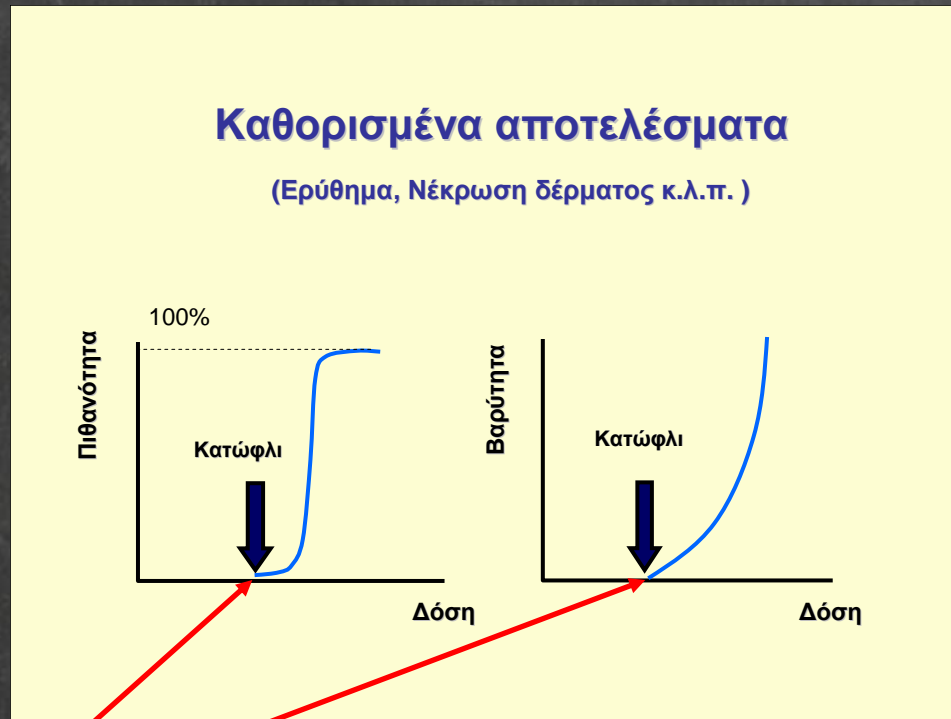
Η Ενεργός δόση  $E$  (Sv):

- ✓ Σχετίζεται με τον ενεχόμενο συνολικό κίνδυνο για την υγεία, ανεξάρτητα από το είδος της προσβάλλουσας ακτινοβολίας, τις συνθήκες ακτινοβολήσης και την ακτινοβολούμενη περιοχή του ανθρωπίνου σώματος.
- ✓ Αντιστοιχεί αριθμητικά στην ολοσωματική ισοδύναμη δόση που έπρεπε να δεχθεί το προσβληθέν άτομο ώστε να διατρέξει τον ίδιο κίνδυνο βλάβης της υγείας του με αυτόν που διατρέχει από την τοπική ακτινοβολήση του οργάνου.

# Βιολογική επίδραση σε **συστημικό επίπεδο**: είδη αποτελεσμάτων



# Βιολογική επίδραση σε **συστημικό επίπεδο**: καθορισμένα αποτελέσματα (1)



**D > 0,5 – 1 Sv**



## Βιολογική επίδραση σε **συστημικό επίπεδο**: καθορισμένα αποτελέσματα (2)

Table 2.2. Approximate threshold single doses and time of onset for the reaction of human skin to ionising radiation delivered in fluoroscopy exposures (ICRP, 2000; based on information in Wagner and Archer (1998) with reference to Hopewell (1986)). These threshold doses are considered to be near to ED<sub>1</sub> doses.

Effect	Approximate threshold doses (Gy)	Time of onset
Early transient erythema	2	2-24 hours
Main erythema reaction	6	≈1.5 weeks
Temporary epilation	3	≈3 weeks
Permanent epilation	7	≈3 weeks
Dry desquamation	14	≈4-6 weeks
Moist desquamation	18	≈4 weeks
Secondary ulceration	24	>6 weeks
Late erythema	15	8-10 weeks
Ischaemic dermal necrosis	18	>10 weeks
Dermal atrophy (1st phase)	10	>52 weeks
Telangiectasia	10	>52 weeks
Dermal necrosis (late phase)	>15?	>52 weeks



Skin necrosis from Coronary  
Angioplasty  
Skin Dose > 20 Gy

>100 minutes fluoro time

# Βιολογική επίδραση σε **συστημικό επίπεδο**: καθορισμένα αποτελέσματα (3)

**Table 1: Thresholds for Tissue Reactions (radiation doses that cause a 1% reaction)**

Projected threshold estimates of the acute absorbed doses for 1% incidences of morbidity and mortality involving adult human organs and tissues after whole body gamma ray exposures.

Effect	Organ/tissue	Time to develop effect	Absorbed dose (Gy) <sup>e</sup>
<b>Morbidity:</b>			1% Incidence
Temporary sterility	Testes	3–9 weeks	~0.1 <sup>a,b</sup>
Permanent sterility	Testes	3 weeks	~6 <sup>a,b</sup>
Permanent sterility	Ovaries	< 1 week	~3 <sup>a,b</sup>
Depression of blood-forming process	Bone marrow	3–7 weeks	~0.5 <sup>a,b</sup>
Main phase of skin reddening	Skin (large areas)	1–4 weeks	< 3~6 <sup>b</sup>
Skin burns	Skin (large areas)	2–3 weeks	5~10 <sup>b</sup>
Temporary hair loss	Skin	2–3 weeks	~4 <sup>b</sup>
Cataracts (visual impairment)	Eyes	Several years	~1.5 <sup>a,c</sup>
<b>Mortality:</b>			
Bone marrow syndrome:			
without medical care	Bone marrow	30–60 days	~1 <sup>b</sup>
with good medical care	Bone marrow	30–60 days	2~3 <sup>b,d</sup>
Gastro-intestinal syndrome:			
without medical care	Small intestine	6–9 days	~6 <sup>d</sup>
with good medical care	Small intestine	6–9 days	> 6 <sup>b,c,d</sup>
Pneumonitis	Lung	1–7 months	6 <sup>b,c,d</sup>

a) ICRP (1984)

b) UNSCEAR (1988)

c) Edwards and Lloyd (1996)

d) Scott and Hahn (1989), Scott (1993)

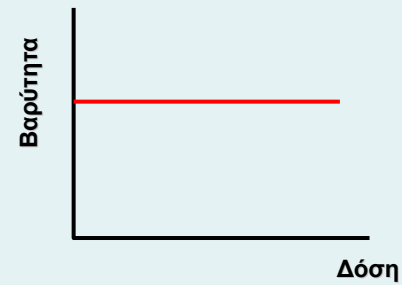
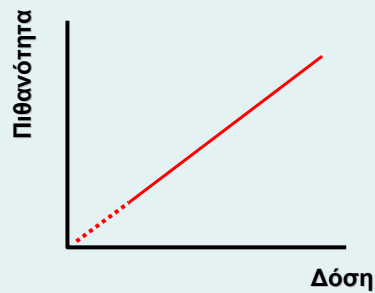
e) Most values rounded to the nearest Gy; ranges indicate area dependence for skin and differing medical support for bone marrow.

(Source: ICRP Publication 103 (The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection))

# Βιολογική επίδραση σε **συστημικό επίπεδο**: στοχαστικά αποτελέσματα

## Στοχαστικά αποτελέσματα

(Καρκινογένεση, Λευχαιμία, κληρονομήσιμα)





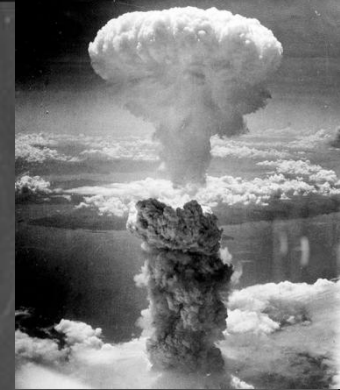
**Βιολογική επίδραση σε **συστημικό επίπεδο**:  
στοχαστικά αποτελέσματα  
επιδημιολογικά δεδομένα**

**Η μελέτη πλυθυσμών που εκτέθηκαν σε ιοντίζουσα  
ακτινοβολία δείχνουν:**

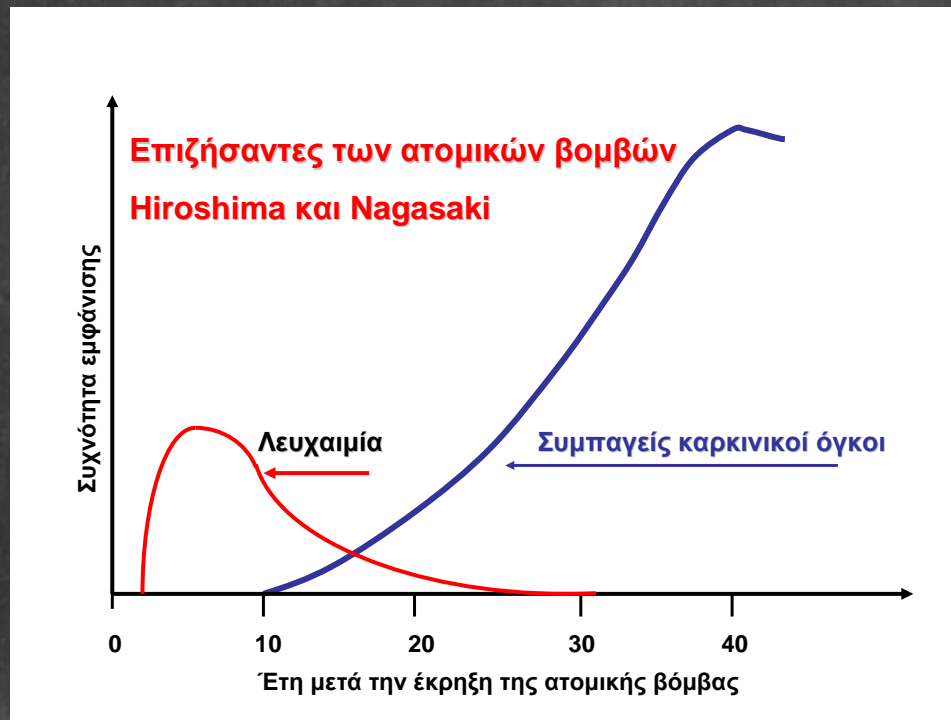
- **σαφή αύξηση της επίπτωσης του καρκίνου για δόσεις  
> 200 mSv**
- **πιθανή αύξηση της επίπτωσης του καρκίνου για δόσεις  
< 100 mSv**

**Η στατιστική αβεβαιότητα αυξάνει  
με τη μείωση της δόσης.**

Βιολογική επίδραση σε **συστημικό επίπεδο**:  
στοχαστικά αποτελέσματα  
επιδημιολογικά δεδομένα  
Hiroshima / Nagasaki



LSS μελέτη ( $t > 60$  έτη) για  $N = 10^5$  επιζήσαντες που  
δέχθηκαν δόσεις από 0 έως 6 Sv  
(μέση τιμή 0,24 Sv και  $3 \cdot 10^4$  δέχθηκαν δόση 5-100 mSv)

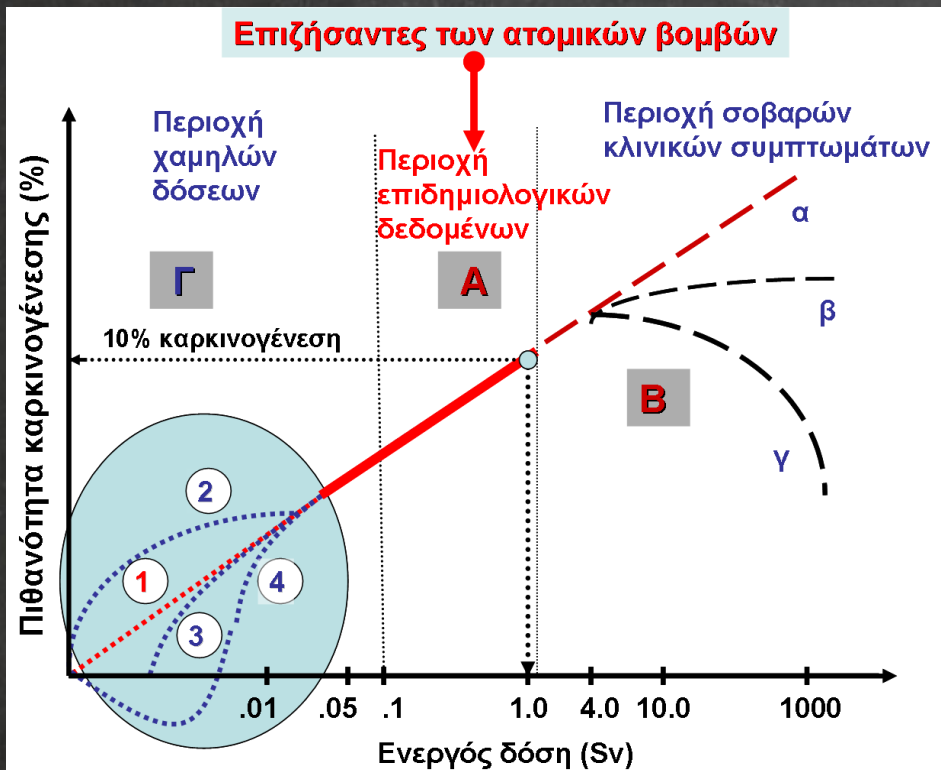


# Βιολογική επίδραση σε **συστημικό επίπεδο**:

στοχαστικά αποτελέσματα

επιδημιολογικά δεδομένα

ποσοτικοποίηση του κινδύνου (1)



## Περιοχή Α

Στοχαστικό αποτέλεσμα	Μέση πιθανότητα εμφάνισης* (% ανά Sv)
Λευχαιμία	~0.9
Θανατηφόροι συμπαγείς καρκινικοί όγκοι	~11.00 **

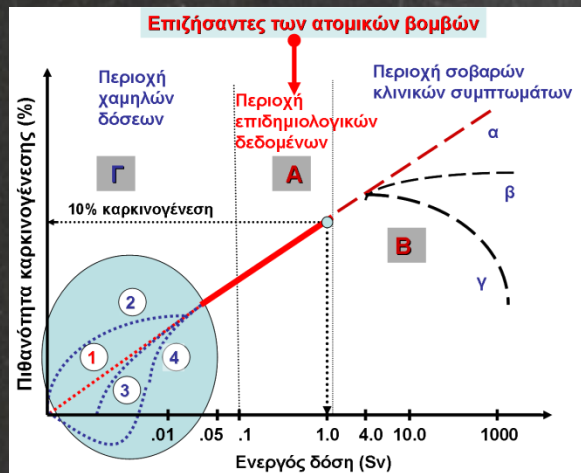
\* σταθμισμένη ως προς το φύλλο και την ηλικία  
 \*\* ~9% για τους άνδρες & ~13% για τις γυναίκες

**Φυσιολογική επίπτωση θανατηφόρου καρκίνου στο γενικό πληθυσμό: 23%**



# Βιολογική επίδραση σε **συστημικό επίπεδο**: στοχαστικά αποτελέσματα επιδημιολογικά δεδομένα

## ποσοτικοποίηση του κινδύνου (2)

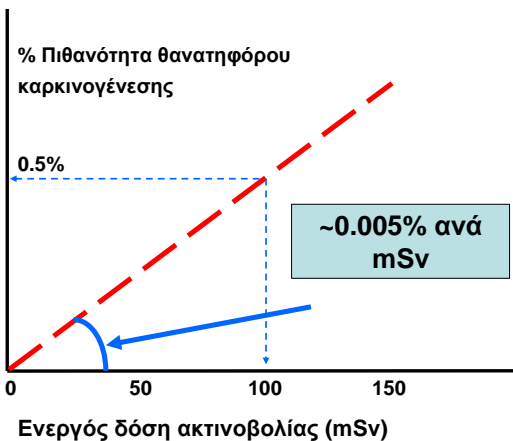


### Περιοχή Γ

Η πιθανότητα καρκινογένεσης φαίνεται να είναι μειωμένη 50% σε χαμηλές δόσεις και ρυθμούς δόσης

### Η υπόθεση LNT

Πιθανότητα εμφάνιση θανατηφόρου καρκίνου σε χαμηλές δόσεις και χαμηλούς ρυθμούς δόσης (DDREF=2)



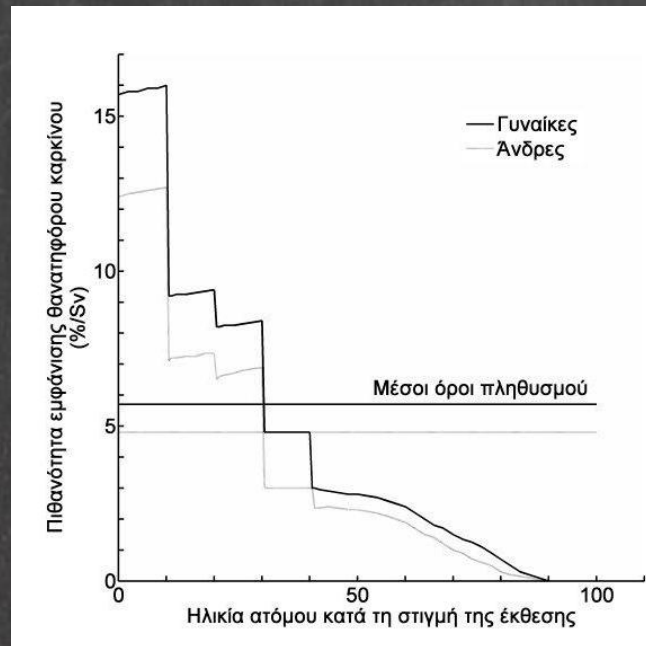
Στοχαστικό αποτέλεσμα	Μέση πιθανότητα εμφάνισης* (% ανά mSv)
Λευχαιμία	~0.0005%
Θανατηφόροι καρκινικοί όγκοι	συμπαγείς ~0.0055% **
Κληρονομήσιμες βλάβες	~0.0002%

\* σταθμισμένη ως προς το φύλλο και την ηλικία  
\*\* ~0.0045% για τους άνδρες & ~0.0065% για τις γυναίκες

Φυσιολογική επίπτωση  
θανατηφόρου καρκίνου  
στο γενικό πληθυσμό: 23%

Βιολογική επίδραση σε **συστημικό επίπεδο**:  
στοχαστικά αποτελέσματα  
επιδημιολογικά δεδομένα  
ποσοτικοποίηση του κινδύνου (3)

Περιοχή Γ  
Η σημασία της ηλικίας  
τη στιγμή της έκθεσης σε ιοντίζουσα ακτινοβολία



# Βιολογική επίδραση σε **συστημικό επίπεδο**: επιδράσεις στο έμβρυο και το κύημα

Φάση		Εβδομάδα μετά τη σύλληψη
1η	Από τη σύλληψη μέχρι την εμφύτευση του εμβρύου στο βλεννογόνο της μήτρας	0 <sup>η</sup> - 3 <sup>η</sup>
2η	Μείζον οργανογένεση	3 <sup>η</sup> - 8 <sup>η</sup> .
3η	Ανάπτυξη του εμβρύου	8 <sup>η</sup> - μέχρι τη γέννηση
	Διάπλαση κεντρικού νευρικού συστήματος	8 <sup>η</sup> - 15 <sup>η</sup>

Βιολογικό αποτέλεσμα		Εβδομάδα κύησης	Κατώφλι δόσης	Πιθανότητα εμφάνισης
Στοχαστικό	καρκινογένεση	>3 <sup>ης</sup>	Όχι	0,015% ανά mGy για όλη τη διάρκεια ζωής
		0 <sup>η</sup> - 3 <sup>η</sup>	Όχι	< 0,015% ανά mGy για όλη τη διάρκεια ζωής
Καθορισμένο	αποτυχία εμφύτευσης ωαρίου	0 <sup>η</sup> - 3 <sup>η</sup>	>100 mGy	
	δυσπλασία οργάνων	3 <sup>η</sup> - 8 <sup>η</sup> .	>100 mGy	
	διανοητική καθυστέρηση	8 <sup>η</sup> - 15 <sup>η</sup>	>300 mGy	40% ανά Gy
	μείωση του δείκτη IQ =25 μονάδες / Gy	8 <sup>η</sup> - 15 <sup>η</sup>	Όχι;	
>15 <sup>ης</sup>		Όχι;		



**ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ  
ΚΑΙ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ**

# Πηγές ακτινοβόλησης του ανθρώπου

## Πηγές ακτινοβόλησης του ανθρώπου

### Φυσικές Πηγές

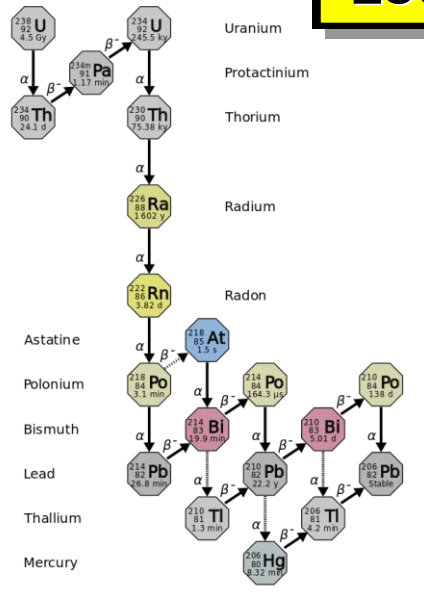
### Τεχνητές πηγές

#### Εσωτερικές

#### Εξωτερικές

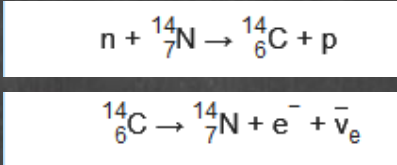
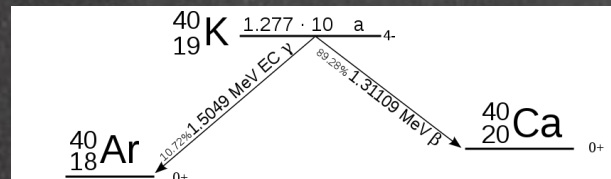
#### Εσωτερικές

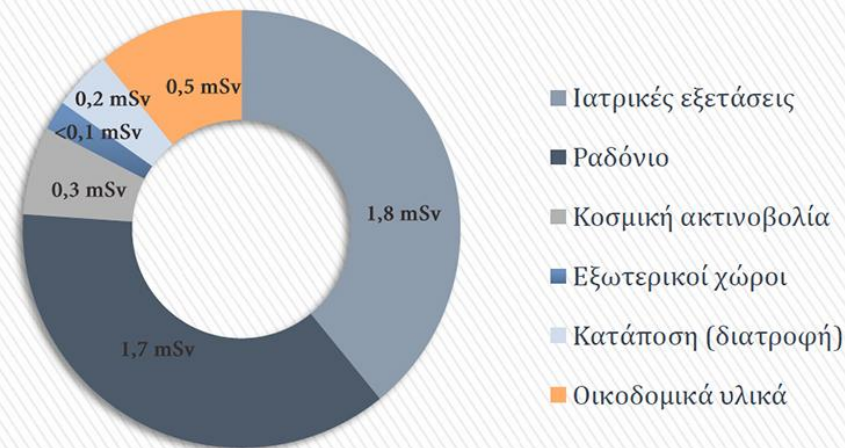
#### Εξωτερικές



### Φυσικά ραδιενεργά:

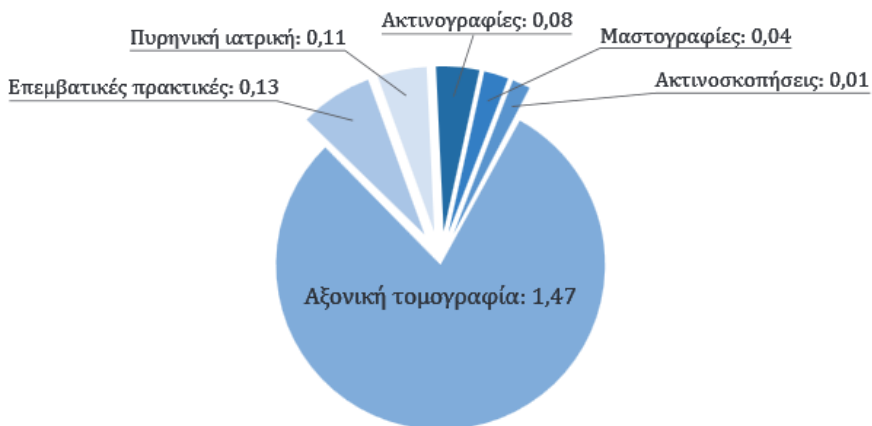
- αρχέγονα (π.χ.  $^{238}\text{U}$ , 1,6 mg  $\leftrightarrow$  4,3kBq  $^{40}\text{K}$ )
- μη αρχέγονα (π.χ.  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{14}\text{C}$ :  $^{12}\text{C} = 1.5/10^{12}$ )





ΠΡΙΣΜΑ - Ολιστική εκτίμηση της ακτινικής επιβάρυνσης του πληθυσμού και ανάπτυξη εθνικού πληροφοριακού συστήματος για τις ακτινοβολίες (ΓΓΕΤ, Δράση ΚΡΗΠΙΣ, ΕΣΠΑ, 2007-2013)

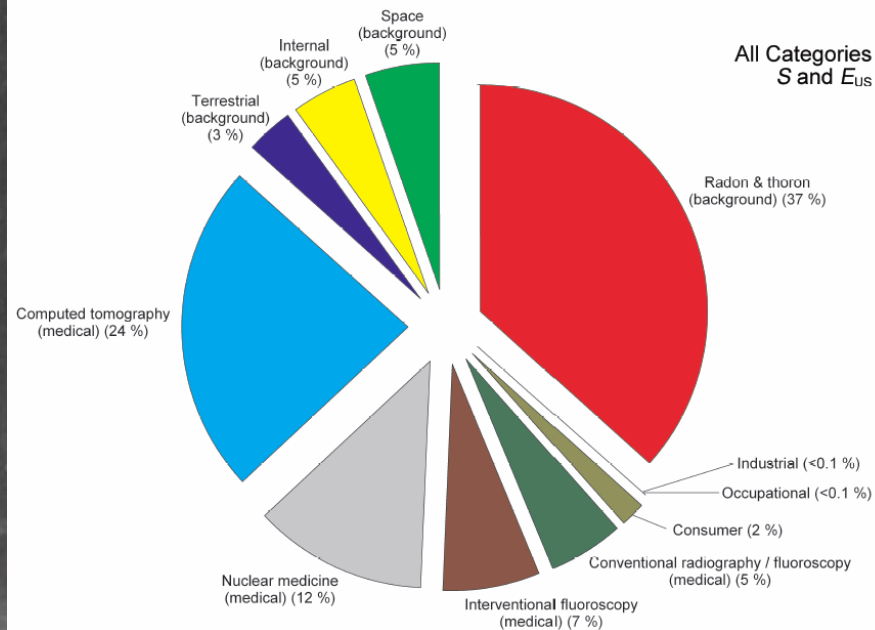
### Μέση ετήσια ενεργός δόση ανά άτομο του πληθυσμού από τις ιατρικές διαγνωστικές πρακτικές (mSv)



## Δεδομένα μέσης ετήσιας ενεργού δόσης (σε mSv)

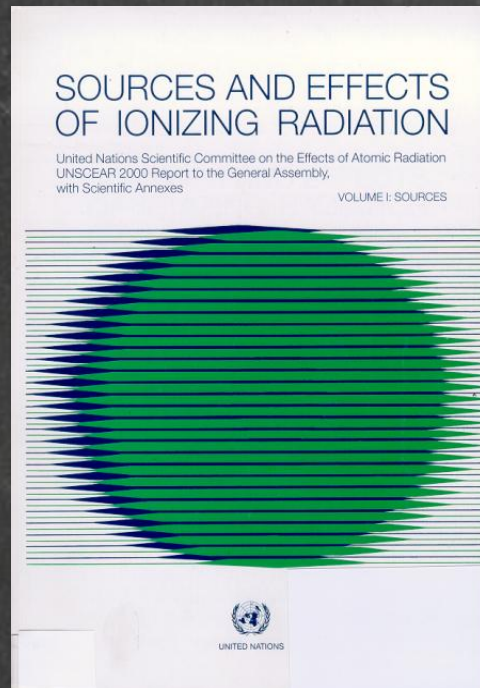
GR: 4.6 mSv (EEAE 2007-2013)

USA: 6.11 mSv (UNSCEAR 2008 REPORT Vol. I SOURCES AND EFFECTS OF IONIZING RADIATION)

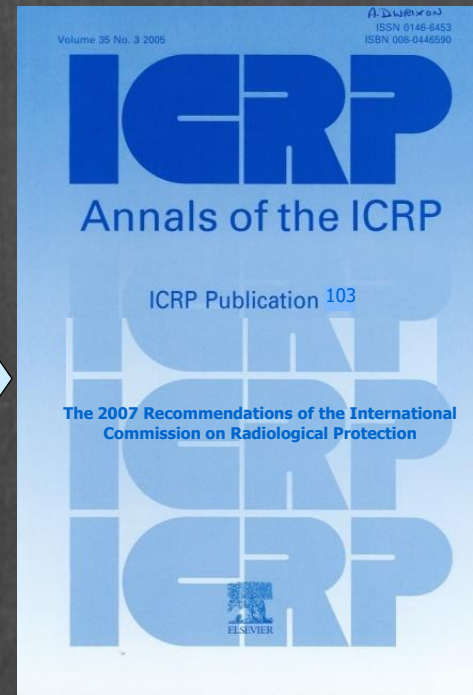




# Επιστημονική βάση της ακτινοπροστασίας Υπάρχουσα γνώση (2007)



Αποτελέσματα  
ακτινοβολίας



Συστάσεις  
ακτινοπροστασίας

Ρυθμιστικό πλαίσιο Ακτινοπροστασίας,



**Διεθνές Επίπεδο**

International Atomic Energy Agency (ΙΑΕΑ)

2014 Basic Safety Standards

**Ευρωπαϊκή Ένωση**

Council Directive 2013/59/EURATOM, 5 Dec. 2013

**Εθνικό Επίπεδο**

ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Υ.Α. 1014 / ΦΕΚ 216 τ.β / 6.3.2001

# Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας



Έχει την ευθύνη για τη σύνταξη και την εφαρμογή των κανονισμών ακτινοπροστασίας.

Ελέγχει τις εφαρμογές των ακτινοβολιών

Δοσιμετρεί τους εργαζομένους με ακτινοβολίες.

Παρέχει εκπαίδευση, πληροφορίες, συμβουλές.



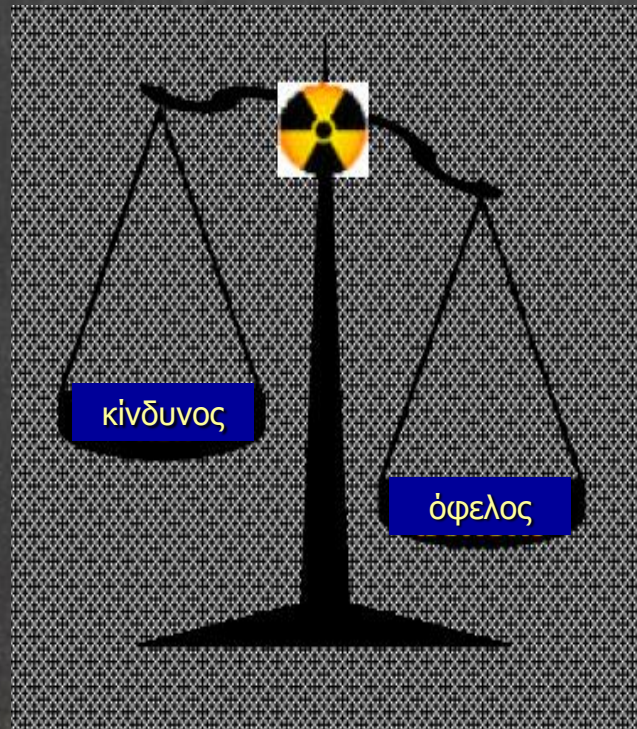
# ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Αιτιολόγηση  
Βελτιστοποίηση  
Όρια Δόσεων

Αιτιολόγηση  
Βελτιστοποίηση  
Όρια Δόσεων

# Αιτιολόγηση

Για να εφαρμοστεί μια πρακτική που προϋποθέτει έκθεση σε ακτινοβολία, πρέπει αυτή να προσφέρει καθαρό όφελος στον εκτιθέμενο ή στο κοινωνικό σύνολο.





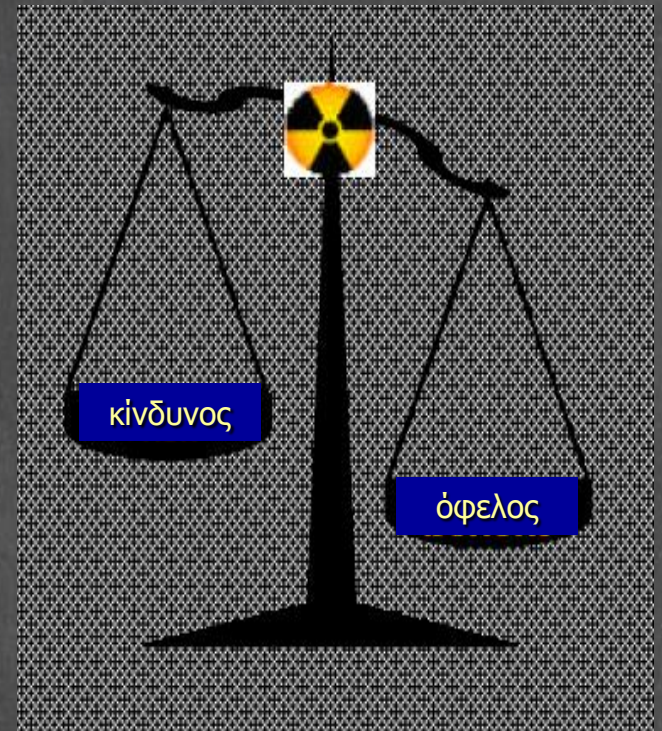
# Αιτιολόγηση Ιατρικές εφαρμογές

## Κρατικό Επίπεδο

Ειδική Επιτροπή του Υ.Υ.Π.

## Ατομικό Επίπεδο

η έκθεση αιτιολογείται με τη συνεργασία παραπέμποντος και θεράποντος ιατρού, με βάση τα ατομικά γνωρίσματα του εκτιθεμένου.







Ευρωπαϊκή Επιτροπή

## ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ 118

### Οδηγίες για την παραπομπή ασθενών για ακτινολογικές εξετάσεις



ΚΛΙΝΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ	ΕΞΕΤΑΣΗ [ΔΟΣΗ]	ΣΥΣΤΑΣΗ [ΒΑΘΜΟΣ]	ΣΧΟΛΙΟ
Συμπτώματα από το μέσο ή έσω ους (συμπεριλαμβανόμενου αίτηρου) <b>A11</b>	CT (II)	Ειδικές εξετάσεις (B)	Η αξιολόγηση αυτών των συμπτωμάτων απαιτεί ΩΡΛ, νευρολογική ή νευροχειρουργική ειδικότητα.
Αισθητηριακή νευρογενής κώφωση (για τα παιδιά βλέπε το τμήμα II) <b>A12</b>	MR (0)	Ειδικές εξετάσεις (B)	Η MR είναι πολύ καλύτερη από την CT, ιδίως για ακουστικά νεurinώματα. Για την κώφωση σε παιδιά βλέπε II4.
Νόσος των παραφρινικών κόλπων	XR κόλπου (I)	Δεν ενδείκνυται ως συνήθης διαδικασία (B)	Η πάχυνση του βλεννογόνου είναι μη ειδικό εύρημα και μπορεί να συμβεί σε ασυμπτωματικούς ασθενείς.
(για τα παιδιά βλέπε το τμήμα II) <b>A13</b>	CT (II)	Ειδικές εξετάσεις (B)	Η CT είναι πιο ικανοποιητική και παρέχει μοναδικές πληροφορίες για την ανατομία των στομίων. Τεχνικές χαμηλής δόσης είναι επιθυμητές. Ενδείκνυται όταν αποτύχει η μέγιστη ιατρική θεραπεία, όταν εμφανίζονται επιπλοκές ή εάν υπάρχει υποψία κακοήθειας.
Άνοια και ανωμαλίες μνήμης, πρώτη εκδήλωση ψύχωσης	Ακτινογραφία κρανίου (I)	Δεν ενδείκνυται ως συνήθης διαδικασία (B)	Να εξετάζεται η περίπτωση της εξέτασης εάν η κλινική πορεία είναι ασυνήθιστη ή στους νεότερους ασθενείς.

A. Κεφαλή

**Κριτήρια Παραπομπής Ασθενών**

**Οδ.ΕΕ 97/43**

**Κ.Α.**

**Άρθρο 6**

**Μέρος 1**

# ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Αιτιολόγηση  
Βελτιστοποίηση  
Όρια Δόσεων

## Βελτιστοποίηση (As Low As Reasonably Achievable)

οι δόσεις στις ιατρικές εκθέσεις θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν χαμηλότερες δίνοντας ταυτόχρονα την επιθυμητή διαγνωστική πληροφορία, λαμβάνοντας υπόψη οικονομικούς και κοινωνικούς παράγοντες

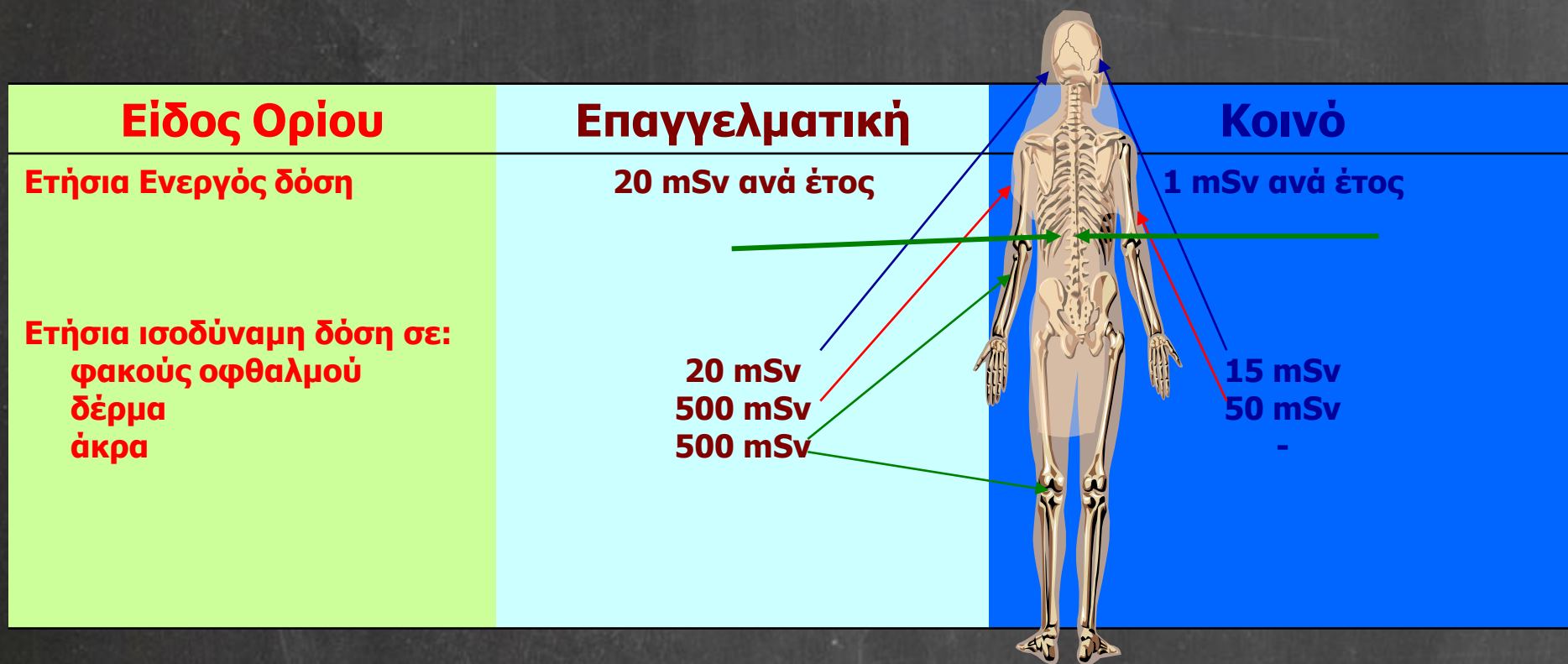
- ✓ Διάγνωση/θεραπεία
  - ✓ Πρωτόκολλα
  - ✓ Εξοπλισμός



# ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Αιτιολόγηση  
Βελτιστοποίηση  
Όρια Δόσεων

## Όρια δόσεων για σχεδιασμένες καταστάσεις έκθεσης





## ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Αιτιολόγηση  
Βελτιστοποίηση  
Όρια Δόσεων

Όρια δόσεων για επαγγελματικά εκτιθέμενους  
20 mSv/έτος

Αν 1000 άτομα δέχονται **20 mSv** κάθε χρόνο για 50 χρόνια

Αναμένονται λόγω της έκθεσης στα 50 χρόνια :

50 θάνατοι από καρκινογένεση.

Δηλαδή 1 θάνατος ανά έτος

(Ετήσια πιθανότητα  $P = 1 / 1,000$ )

1 α/γ θώρακα F : 0,02 mSv

1 CT θώρακα : 10 mSv

διαγν./θερ. επεμβατικές διαδικασίες: 3-30 mSv

## Επαγγελματικός κίνδυνος

έτος	θάνατοι /	
Βιομηχανία πετρελαίου-αερίου	1 / 600	1 / 1000
Λατομεία	1 / 3,000	
Ανθρακορυχεία	1 / 5,000	
Σιδηρόδρομοι	1 / 6,000	
Οικοδομή	1 / 7,000	
Γεωργία	1 / 9,000	
Χημική Βιομηχανία	1 / 12,000	
Αυτοκινητοβιομηχανία	1 / 70,000	
Βιομηχανία ρούχων	1 / 200,000	

## Επαγγελματικός κίνδυνος στην Ελλάδα

	Ετήσια Δόση mSv	Αναμενόμενοι θάνατοι / έτος
Επιτρεπόμενα όρια δόσεων	20.0	1/ 1,000
Επεμβατική καρδιολογία	4.0*	1/ 5,000
Έλληνες εργαζόμενοι	0.6*	1/ 30,000
Ακτινολόγοι	0.6*	1/ 30,000

\* Καταγραφείσα Μέση Ετήσια Δόση, στοιχεία ΕΕΑΕ



# ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Αιτιολόγηση  
Βελτιστοποίηση  
Όρια Δόσεων

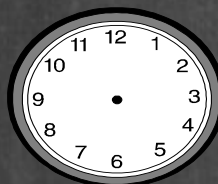
## Επαγγελματικός κίνδυνος στην Ελλάδα

Έτος	θάνατοι /	
Βιομηχανία πετρελαίου-αερίου	1 / 600	← <b>ΟΡΙΑ</b> <b>(1/1000)</b>
Λατομεία	1 / 3,000	← <b>ΚΑΡΔΙΟΛΟΓΟΙ</b> <b>(1 / 5,000)</b>
Ανθρακορυχεία	1 / 5,000	
Σιδηρόδρομοι	1 / 6,000	
Οικοδομή	1 / 7,000	<b>ΝΟΣΗΛΕΥΤΕΣ</b> -
Γεωργία	1 / 9,000	← <b>ΤΕΧΝΟΛΟΓΟΙ</b> <b>(1/10,000)</b>
Χημική Βιομηχανία	1 / 12,000	
Αυτοκινητοβιομηχανία	1 / 70,000	← <b>ΠΥΡ. ΙΑΤΡΟΙ</b> <b>(1 / 14,500)</b>
Βιομηχανία ρούχων	1 / 200,000	

# Βασικοί κανόνες ακτινοπροστασίας



Χρόνος



απόσταση



θωράκιση

