

ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΙΑΤΡΙΚΗ

Ευάγγελος Παντελής
Αναπ. Καθ. Ιατρικής Φυσικής
Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής
Ιατρική Σχολή Αθηνών

<http://eclass.uoa.gr/courses/MED114>

ΙΑΤΡΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ – Διαγνωστικές και θεραπευτικές εφαρμογές
ακτινοβολιών : Κεφάλαια 12-13

ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΙΑΤΡΙΚΗ

- ❑ Τι εννοούμε με τον όρο Πυρηνική Ιατρική ;
- ❑ Είναι ο κλάδος (Ειδικότητα) της Ιατρικής η οποία ασχολείται με την προσθήκη ραδιενεργών ισοτόπων στο ανθρώπινο σώμα με σκοπό τη διάγνωση ή τη θεραπεία διαφόρων παθήσεων
 - ❑ ΔΙΑΓΝΩΣΗ : Η χρήση ραδιοϊσοτόπων με σκοπό τη διάγνωση μιας πάθησης ή τη μέτρηση ενός μεγέθους
 - ❑ IN-VITRO : Χρήση ραδιοϊσοτόπων για τη μέτρηση στο εργαστήριο ορμονών, ενζύμων, κτλ. σε δείγματα αίματος ή άλλων βιολογικών υγρών του ασθενούς
 - ❑ IN-VIVO : Εισαγωγή ραδιοϊσοτόπων (μικρή ποσότητα) στο ανθρώπινο σώμα για τη μέτρηση της λειτουργίας διαφόρων οργάνων
 - ❑ ΘΕΡΑΠΕΙΑ : Η εισαγωγή ραδιοϊσοτόπων στο ανθρώπινο σώμα με σκοπό την καταστροφή καρκινικών κυττάρων και τη θεραπεία ή την ανακούφιση από τον πόνο.

ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΙΑΤΡΙΚΗ – ΔΙΑΓΝΩΣΗ

- Εισαγωγή στον ασθενή ραδιονουκλιδίου το οποίο πρέπει να συγκεντρωθεί επιλεκτικά στο όργανο την λειτουργία του οποίου θέλουμε να απεικονίσουμε
- Το ραδιονουκλίδιο εκπέμπει ακτινοβολία-γ η οποία εξέρχεται του ασθενούς και καταμετράται.
- ΡΑΔΙΟΦΑΡΜΑΚΑ = Ραδιονουκλίδιο + χημική ένωση φορέας
 - Η διαδικασία της ένωσης του νουκλιδίου στη χημική ένωση λέγεται επισήμανση
 - Το ραδιονουκλίδιο λέγεται και ιχνηθέτης
 - Η χημική ένωση έχει την ιδιότητα να συγκεντρώνεται στο όργανο που μελετάται
 - Παραδείγματα
 - ^{99m}Tc -HIDA συγκεντρώνεται φυσιολογικά στη χοληδόχο κύστη. Αφύσικη απουσία της ραδιενεργού ουσίας σημαίνει πιθανή απόφραξη της χοληδούχου κύστεως
 - ^{99m}Tc -MDP ($\text{CH}_6\text{O}_6\text{P}_2 \cdot x^{99m}\text{Tc}$) συγκεντρώνεται στις οστικές μεταστάσεις υποδεικνύοντας τη θέση τους.
 - Κιτρικό Γάλλιο-67 συγκεντρώνεται εκλεκτικά σε όγκους και αποστήματα υποδεικνύοντας τη θέση τους
 - ^{201}Tl , ^{81}Rb , ^{82}Rb λειτουργούν ως υποκατάστατα του καλίου το οποίο χρειάζεται ο καρδιακός μυς. Η κατανομή της πρόσληψης κάποιου από τα παραπάνω νουκλίδια μπορεί να δώσει πληροφορίες για τη λειτουργία του καρδιακού μυός.

ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΙΑΤΡΙΚΗ – ΔΙΑΓΝΩΣΗ

- Ιδιότητες ραδιοφαρμάκων
 - ▣ Επιλεκτική συγκέντρωση στο όργανο.
 - Εξαρτάται από τη χημική ένωση που χρησιμοποιεί
 - Για κάθε όργανο χρησιμοποιείται και το αντίστοιχο ραδιοφάρμακο
 - ▣ Γρήγορη απομάκρυνση από το σώμα του εξεταζόμενου μετά το πέρας της εξέτασης μέσω βιολογικών διαδικασιών
 - **Βιολογικός χρόνος υποδιπλασιασμού, $T_{1/2}$, βιολ.**
 - ο χρόνος που απαιτείται για να μειωθεί η αρχικά χορηγούμενη ποσότητα του φαρμάκου στο μισό λόγω βιολογικών διαδικασιών (π.χ. αποβολή μέσω ούρων)

ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΙΑΤΡΙΚΗ – ΔΙΑΓΝΩΣΗ

□ Ραδιονουκλίδια

- Ραδιενέργεια : Η ιδιότητα του πυρήνα να διασπάται αυθόρμητα εκπέμποντας ακτινοβολία
- Η ραδιενεργός διάσπαση πρέπει να εκπέμπει φωτόνια. Γιατί ;
- Χρόνος ημιζωής ($T_{1/2}$) : Ο χρόνος που απαιτείται ώστε να μειωθεί η ποσότητα των ραδιενεργών πυρήνων στο μισό άρα και ο ρυθμός εκπομπής ακτινοβολίας στο μισό.
 - $T_{1/2}$ (^{99m}Tc) = 6h
 - $T_{1/2}$ (^{18}F) = 1.8h
 - $T_{1/2}$ (^{201}Tl) = 73h
- Για χρήση σε πυρηνική ιατρική χρησιμοποιούνται ραδιοϊσότοπα με σχετικά μικρό χρόνο ημιζωής.

ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΙΑΤΡΙΚΗ – ΔΙΑΓΝΩΣΗ

- Επιλογή ραδιονουκλιδίου
 - Εκπομπή ακτινοβολίας γ κατάλληλης ενέργειας ώστε να εξέλθει του ασθενούς και να ανιχνεύεται από το ανιχνευτικό σύστημα.
 - Εκπομπή ακτινοβολίας β και χαμηλής- γ είναι ανεπιθύμητη διότι απορροφώνται έντονα στο σώμα του εξεταζόμενου και αυξάνουν τη δόση χωρίς να συνεισφέρουν στη διάγνωση.
 - Ιδανική ενέργεια 100 – 200 keV
 - ^{99m}Tc : $E_\gamma = 140 \text{ keV}$
 - ^{201}Tl : $E_x = 67\text{-}82 \text{ keV}$ και $E_\gamma = 135 \text{ keV}$ και 167 keV
 - Σχετικά **μικρός φυσικός χρόνος ημιζωής (υποδιπλασιασμού)**
 - $T_{1/2, \text{φυσ.}}$ = ο χρόνος που απαιτείται για να μειωθεί στο μισό η αρχικά χορηγούμενη ποσότητα ραδιονουκλιδίου με φυσικούς τρόπους
 - Κατάλληλες χημικές ιδιότητες ώστε να είναι εύκολη η παρασκευή μεγάλου εύρους ραδιοφαρμάκων

ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΙΑΤΡΙΚΗ – ΔΙΑΓΝΩΣΗ

- Απομάκρυνση ραδιοφαρμάκου από το σώμα γίνεται με βάση τον **ενεργό χρόνο υποδιπλασιασμού ή ημιζωής**

$$\frac{1}{T_{1/2,εν}} = \frac{1}{T_{1/2,φυσ}} + \frac{1}{T_{1/2,βιολ}}$$

- $T_{1/2εν} < T_{1/2,φυσ}$ και $T_{1/2,βιολ}$

Ραδιονουκλίδια στην Πυρηνική Ιατρική

Ραδιονουκλίδιο	Ενέργεια γ	T_p	Χρήση
^{99m}Tc	140 keV	6 ώρες	Διαγνωστικές εξετάσεις οστών, καρδιάς, νεφρών, ήπατος, εγκεφάλου κ.ά.
^{131}I	364 keV	8,04 ημέρες	Διαγνωστικά τεστ θυρεοειδούς, θεραπεία υπερθυρεοειδισμού και καρκίνου θυρεοειδούς
^{123}I	159 keV	13,3 ώρες	Διαγνωστικά τεστ θυρεοειδούς.
^{67}Ga	93 keV 184 keV 300 keV 393 keV	3,2 ημέρες	Σήμανση με άλλες ενώσεις Εντόπιση φλεγμονών και όγκων
^{201}Tl	67-82 keV 135 keV 167 keV	3,1 ημέρες	Απεικόνιση μυοκαρδίου, παραθυρεοειδών αδένων
^{111}In	171 keV 247 keV	2,8 ημέρες	Δεξαμενογραφία εγκεφάλου, απεικόνιση υποφύσεως, σήμανση αιμοπεταλίων

ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΙΑΤΡΙΚΗ – ΔΙΑΓΝΩΣΗ

- Παραγωγή ραδιονουκλιδίων
 - Σε πυρηνικούς αντιδραστήρες μέσω πυρηνικών αντιδράσεων με νετρόνια (κύρια παραγωγή)
 - Σε κύκλοτρα
- Στα εργαστήρια διανέμονται σε κατάλληλες συσκευασίες για λόγους θωράκισης και αποστείρωσης
 - Έτοιμα προς χορήγηση (π.χ. ^{131}I , ^{201}Tl)
 - Ψυχρά kits τα οποία περιέχουν μόνο τη χημική ένωση και πρέπει να γίνει η επισύναψη του ραδιονουκλιδίου στο εργαστήριο
 - Κύριο ραδιονουκλίδιο $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (90% των εξετάσεων)
 - Ιδανικά χαρακτηριστικά (ενέργεια φωτονίων, χημικές ενώσεις)

ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΙΑΤΡΙΚΗ – ΔΙΑΓΝΩΣΗ

□ Γεννήτρια $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$

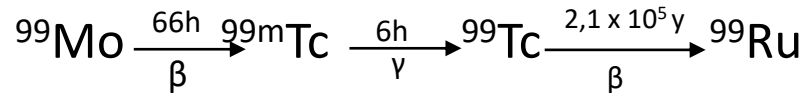
- Το $^{99\text{m}}\text{Tc}$ έχει χρόνο ημιζωής 6h και συνεπώς είναι πρακτικά και οικονομικά αδύνατη η παραγωγή του σε πυρηνικό αντιδραστήρα η διανομή του στα εργαστήρια
- Για τον λόγο αυτό παράγεται σε πυρηνικό αντιδραστήρα το μητρικό ισότοπο ^{99}Mo το οποίο έχει χρόνο ημιζωής 66h.
 - $^{98}\text{Mo}(n, \gamma) \rightarrow ^{99}\text{Mo}$
- Το ^{99}Mo τοποθετείται σε θωρακισμένη συσκευή (γεννήτρια $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$) η οποία διανέμεται στα εργαστήρια
- Το ^{99}Mo βρίσκεται στην κεντρική στήλη υπό τη μορφή ιόντος (MoO_4^{-2}) ετεροπολικά συνδεδεμένο στη στήλη αλουμίνας (Al_2O_3).



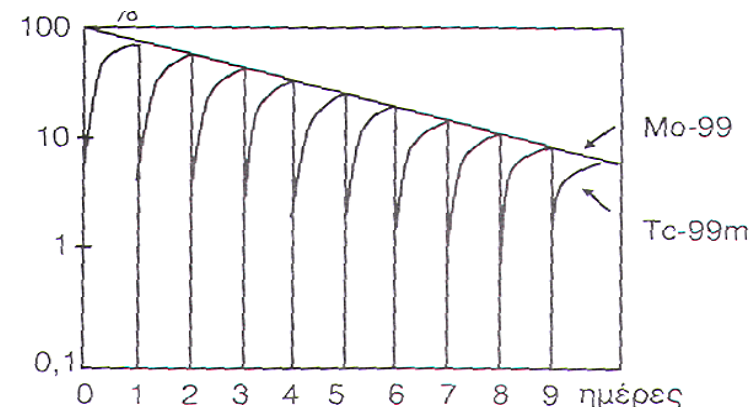
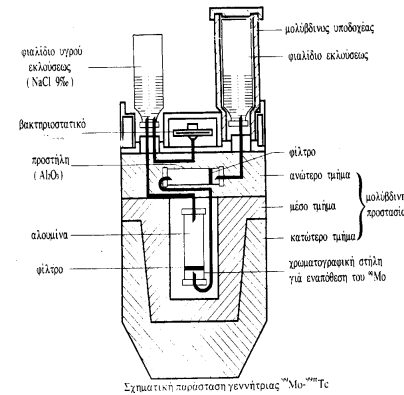
ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΙΑΤΡΙΚΗ – ΔΙΑΓΝΩΣΗ

□ Έκλυση ραδιενεργού ^{99m}Tc

- Εντός της στήλης το ^{99}Mo διασπάται μέσω διάσπασης β με χρόνο ημιζωής 66h σε ^{99m}Tc



- 1-2 φορές ημερησίως τοποθετείται φιαλίδιο φυσιολογικού ορού στο ένα άκρο και ένα θωρακισμένο άδειο φιαλίδιο στο άλλο άκρο της γεννήτριας
- Ο φυσιολογικός ορός διέρχεται μέσω της στήλης και παρασύρει το χαλαρά συνδεδεμένο ^{99m}Tc στο άδειο φιαλίδιο.
- Στη συνέχεια η ποσότητα του ^{99m}Tc που συλλέχθηκε κατανέμεται σε δόσεις για τη χορήγηση είτε απευθείας σε ασθενείς είτε για την επισύναψη ψυχρών kit και την παραγωγή του ραδιοφαρμάκου.

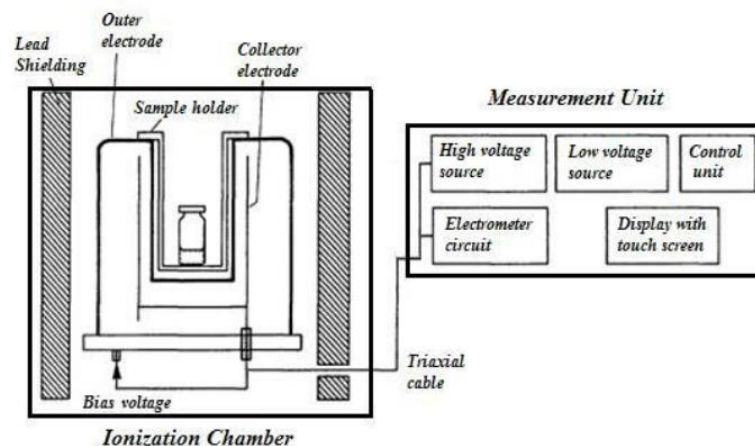


ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΙΑΤΡΙΚΗ – ΔΙΑΓΝΩΣΗ

- Βιολογικός έλεγχος ραδιοφαρμάκων
 - ▣ Τα ραδιοφάρμακα που παράγονται και χορηγούνται σε ασθενείς πρέπει να έχουν τις παρακάτω ιδιότητες
 - Χημική καθαρότητα
 - Ραδιοχημική καθαρότητα
 - Ραδιοισοτοπική καθαρότητα
 - Αποστείρωση από τοξικές ουσίες, μικροοργανισμούς, κτλ.

Μέτρηση της ενεργότητας του χορηγούμενου ραδιοφαρμάκου (= δόση ραδιοφαρμάκου)

□ Βαθμονομητής ενεργότητας (Dose calibrator)



Πίνακας 2

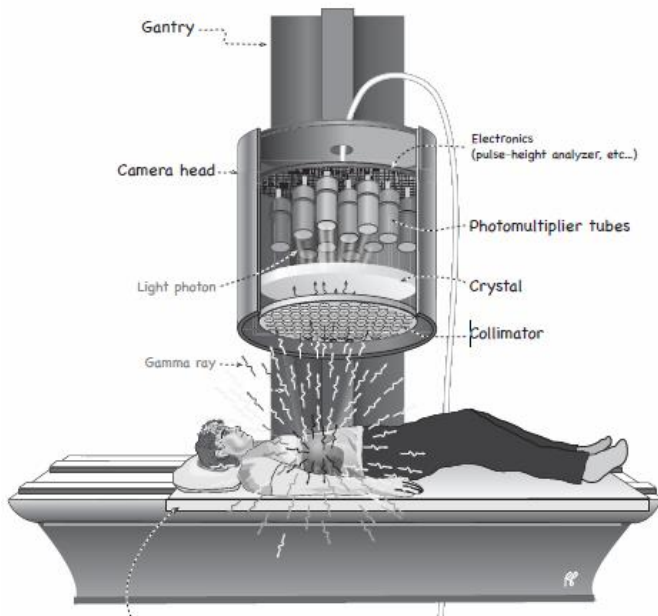
Ενεργότητες χορηγούμενων ραδιοφαρμάκων για τις αντίστοιχες εξετάσεις.

Εξέταση	Ραδιονουκλίδιο	Ενεργότητα mCi (MBq)
Σπ. Οστών	^{99m}Tc	20 (740)
Σπ. Νεφρών (στατικό)	^{99m}Tc	5 (185)
Σπ. Νεφρών (δυναμικό)	^{99m}Tc	15 (555)
Σπ. Θυρεοειδούς	^{99m}Tc	5 (185)
Σπ. μυοκαρδίου	^{201}Tl	3 (111)
Σπ. φλεγμονών	^{67}Ga	5 (185)

ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΙΑΤΡΙΚΗ – ΔΙΑΓΝΩΣΗ

□ ΓΑΜΜΑ ΚΑΜΕΡΑ

- ▣ Το όργανο που χρησιμοποιείται στην πυρηνική ιατρική για να απεικονίσει την καθήλωση του ραδιοφαρμάκου στον ασθενή



GAMMA CAMERA

- Η γάμμα κάμερα αποτελείται από
 - ▣ Κεφαλή (1 ή 2)
 - Κρύσταλλος (NaI) για την ανίχνευση της ακτινοβολίας
 - Φωτοπολλαπλασιαστές για την ανίχνευση των σπινθηρισμών από τον κρύσταλλο και τη μετατροπή τους σε ηλεκτρικό σήμα
 - Κατευθυντήρες για την απορρόφηση των σκεδαζόμενων φωτονίων
 - ▣ Υποστηρικτικό σύστημα (gantry)
 - ▣ Εξεταστική τράπεζα



GAMMA CAMERA

- Ορισμός θέσης εναπόθεσης ραδιοφαρμάκου - Δημιουργία εικόνας
 - Χρήση κατευθυντήρων ανάλογα με την εξέταση
 - Παράλληλων φύλλων (Ευρέως χρησιμοποιούμενος)
 - Υψηλής ευαισθησίας (μικρός αριθμός οπών μεγάλης διαμέτρου)
 - Υψηλής διακριτικής ικανότητας (μεγάλος αριθμός οπών μικρής διαμέτρου)
 - Συγκλινουσών φύλλων (= μεγέθυνση του οργάνου)
 - Αποκλινουσών φύλλων (= σμίκρυνση του οργάνου)

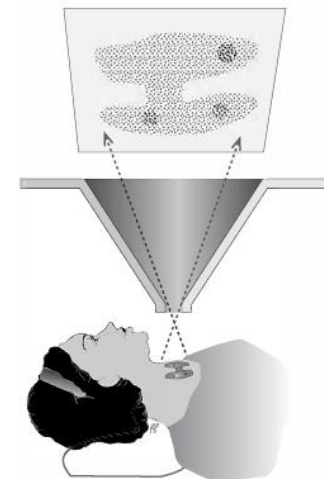
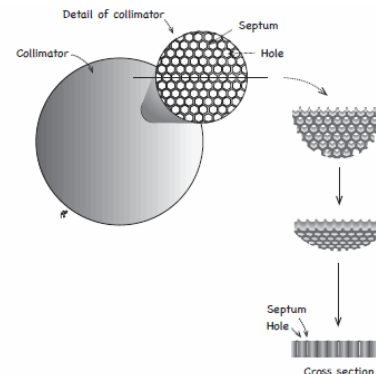
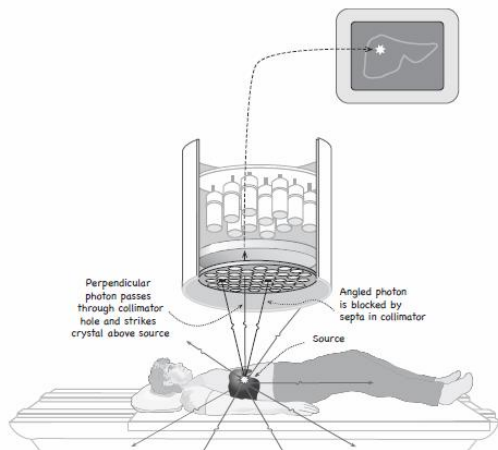
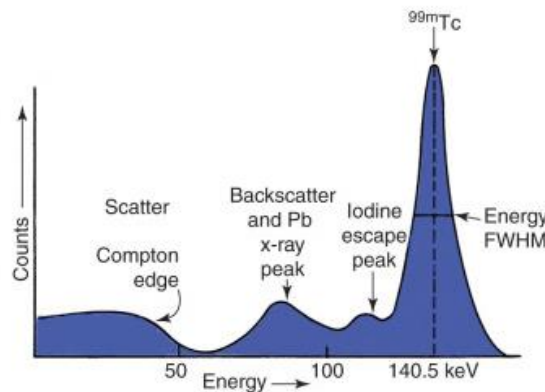


Figure 6.13 Pinhole collimator.

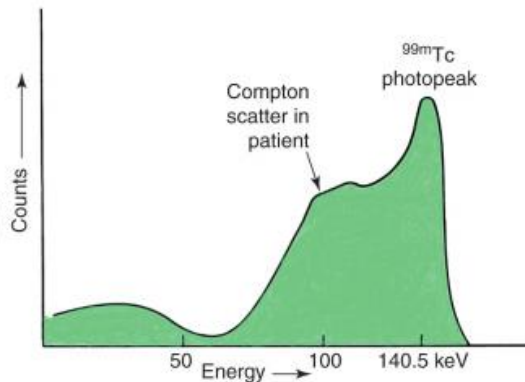
GAMMA CAMERA

- Ανάλυση του μετρούμενου σήματος ανάλογα με την ενέργεια του προσπίπτοντος φωτονίου και καταγραφή μόνο των παλμών που οφείλονται σε πρωτογενή φωτόνια.



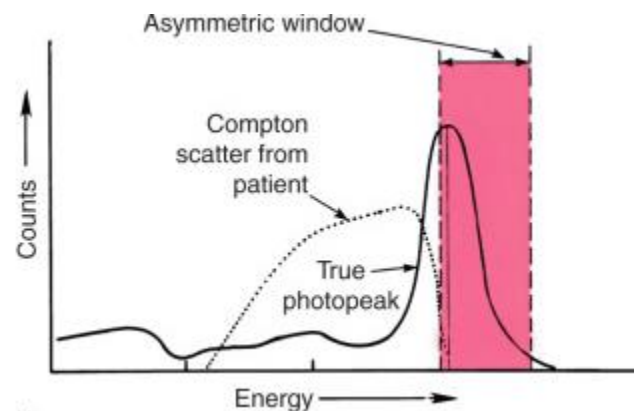
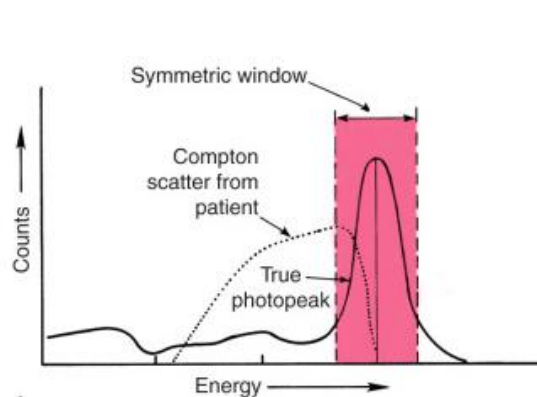
^{99m}Tc spectrum of point source

A



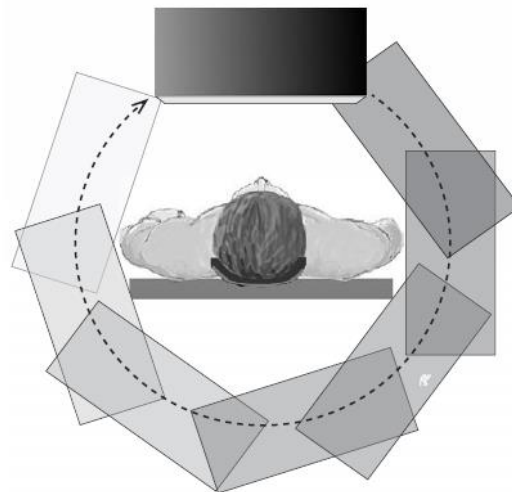
^{99m}Tc spectrum from patient

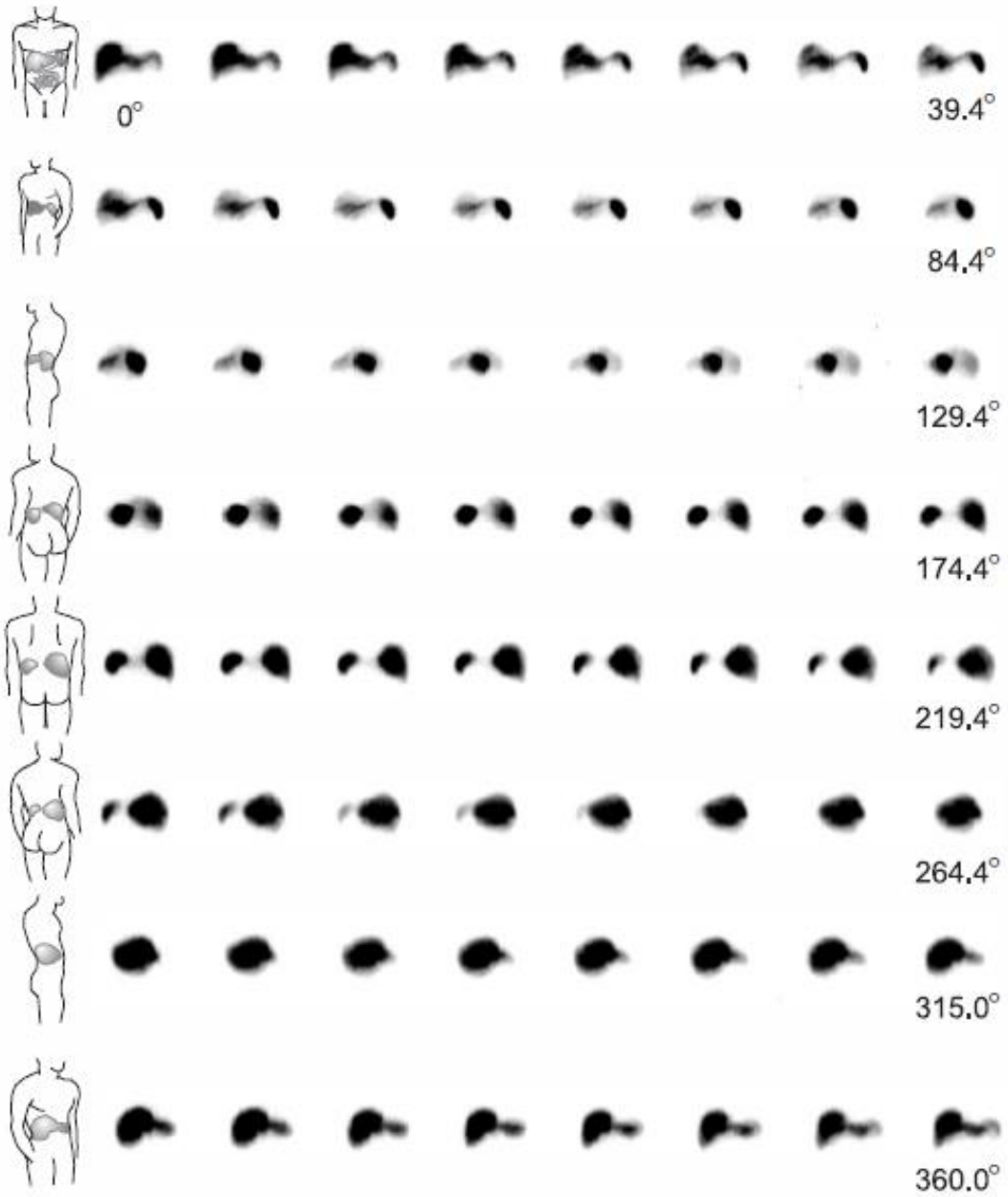
B



Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT)

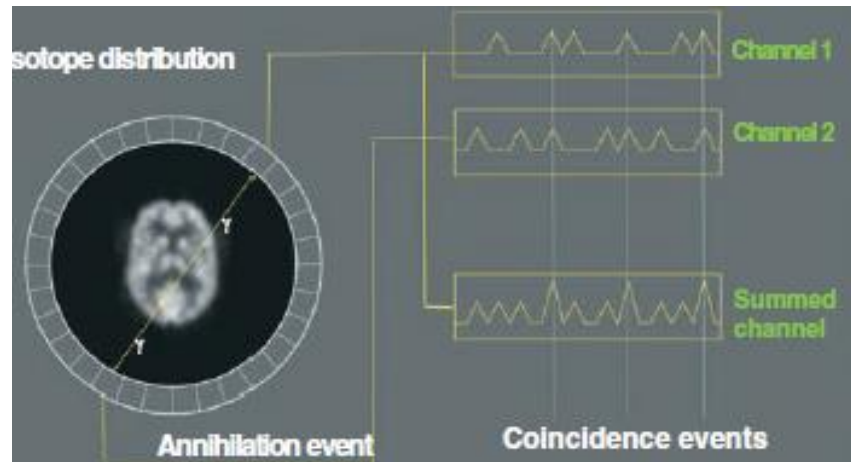
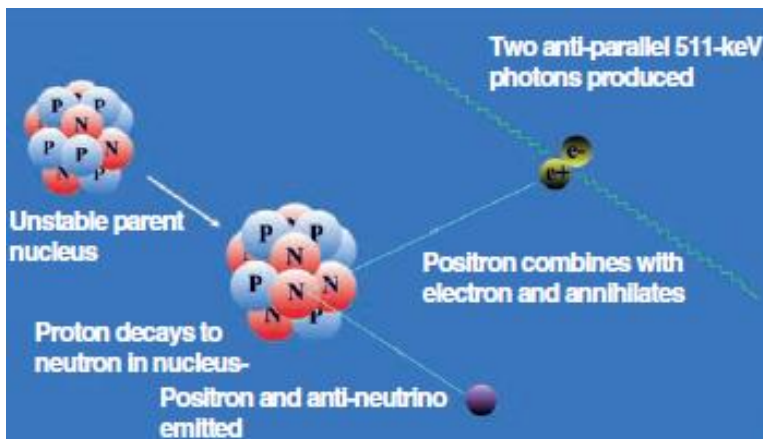
- ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ :
 - ▣ Λήψη εικόνων του οργάνου από διαφορετικές γωνίες (προβολές)
 - ▣ Μαθηματική ανακατασκευή των εικόνων για την δημιουργία τομογραφικών εικόνων της καθήλωσης του ραδιοφαρμάκου στα όργανα του ασθενούς





PET – POSITRON EMISSION TOMOGRAPHY

- Τομογραφική τεχνική πυρηνικής ιατρικής
- Χρησιμοποιεί ραδιοϊσότοπα τα οποία κάνουν β^+ διάσπαση και παράγουν ποζιτρόνια.
- Τα ποζιτρόνια εξαϋλώνονται και παράγουν 2 αντιδιαμετρικά φωτόνια τα οποία εξέρχονται από το σώμα του ασθενούς και ανιχνεύονται



ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΡΕΤ

□ ΡΑΔΙΟΙΣΟΤΟΠΑ

Isotope	Half-Life (min)	Maximum Positron energy (MeV)	Positron Range in Water (mm)
^{11}C	20.3	0.96	2.1
^{13}N	9.97	1.19	—
^{15}O	2.03	1.7	—
^{18}F	109.8	0.64	1.2
^{68}Ga	67.8	1.89	5.4
^{82}Rb	1.26	3.15	12.4

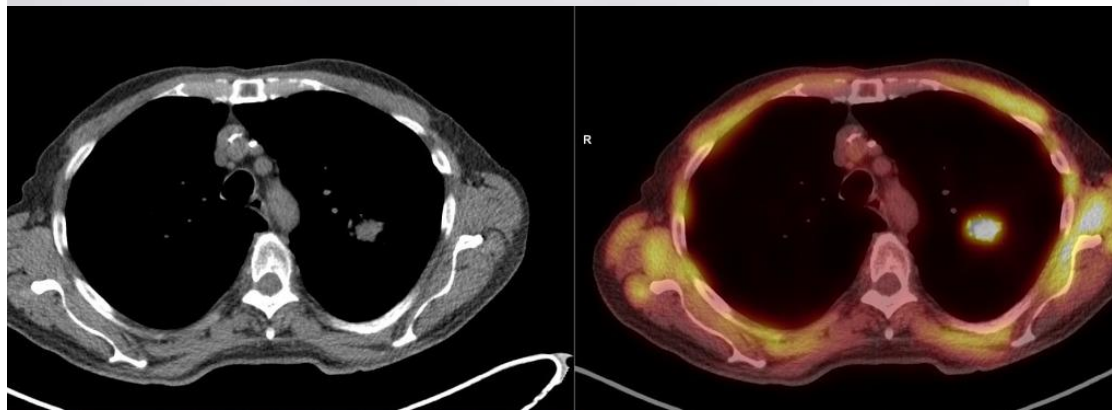
^aThe range is defined as the radius that includes 75% of all annihilation events.

ΡΑΔΙΟΦΑΡΜΑΚΑ - PET

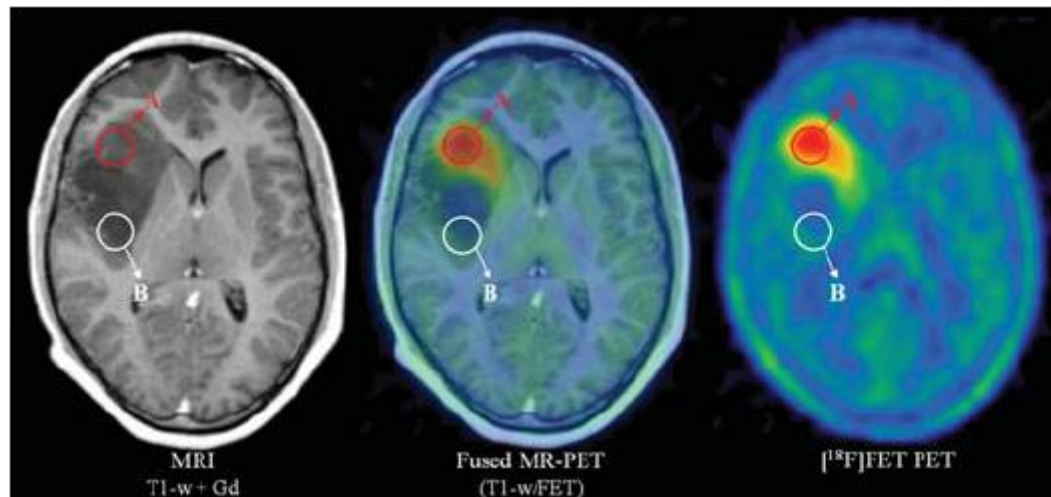
Table 8.2 Examples of PET radiopharmaceuticals

<i>Radiopharmaceutical</i>	<i>Physiologic imaging application</i>
$[^{15}\text{O}]_2$	Cerebral oxygen metabolism and extraction
$\text{H}_2[^{15}\text{O}]$	Cerebral and myocardial blood flow
$\text{C}[^{15}\text{O}]$	Cerebral and myocardial blood volume
$[^{11}\text{C}]$ -methionine	Tumor localization
$[^{11}\text{C}]$ -choline	Tumor localization
$[^{18}\text{F}]$ -fluorodeoxyglucose	Cerebral and myocardial glucose metabolism and tumor localization
$[^{13}\text{N}]\text{H}_3$	Myocardial blood flow
$[^{11}\text{C}]$ -acetate	Myocardial metabolism
$[^{82}\text{Rb}]$	Myocardial blood flow

ΡΕΤ/CT (Συνδυασμός Τομογράφου ΡΕΤ με Αξονικό Τομογράφο)



PET/MRI (Συνδυασμός Τομογράφου Ποζιτρονίων με Μαγνητικό Τομογράφο)



Ακτινοπροστασία

- Ακτινοπροστασία ασθενούς
 - ▣ Χορήγηση της βέλτιστης ενεργότητας ραδιονουκλιδίου
 - ▣ Καθοδηγητικά Επίπεδα Δόσης (ΚΕΔ) (ΦΕΚ 2345, 11/12/2007)

ΠΙΝΑΚΑΣ

Εξέταση	Ισότοπο	ΚΕΔ - ΔΕΑ
		ΜΒq
Σπινθηρογράφημα οστών	^{99m}Tc	735
Σπινθηρογράφημα θυρεοειδούς	^{99m}Tc	183
Στατικό σπινθ. νεφρών (DMSA)	^{99m}Tc	183
Δυναμικό σπινθ. νεφρών (DTPA)	^{99m}Tc	540
Σπινθηρογράφημα ήπατος	^{99m}Tc	179
Ραδ. κοιλιογραφία (MUGA)	^{99m}Tc	893
Σπινθ. αιμάτωσης πνευμόνων	^{99m}Tc	180
Σπινθηρογράφημα μυοκαρδίου	^{201}Tl	111
Σπινθηρογράφημα φλεγμονών	^{67}Ga	190
Ολόσωμο σπινθηρογράφημα	^{111}In	125
Σπινθ. πρόσληψης θυρεοειδούς αδένα	^{131}I	7
Ολόσωμο σπινθηρογράφημα	^{131}I	180

Ακτινοπροστασία

- Ενεργός δόση στον ασθενή από εξετάσεις πυρηνικής ιατρικής

Εξέταση	Ραδιοϊσότοπο	Ενεργός δόση (mSv)
Σπ. Οστών	^{99m}Tc	4,5
Σπ. Νεφρών (στατ)	^{99m}Tc	3
Σπ. Νεφρών (δυν)	^{99m}Tc	4,5
Σπ. Θυροειδούς	^{99m}Tc	2
Σπ. Μυοκαρδίου	^{201}Tl	35
Ολόσωμο	^{67}Ga	25-40
Ολόσωμο	^{131}I	16
Ακτινογραφία θώρακος		0,02

Ακτινοπροστασία

- Ακτινοπροστασία προσωπικού
 - ▣ Φύλαξη ραδιοφαρμάκων εντός θωρακισμένων μολύβδινων κρυπτών
 - ▣ Παρασκευή ραδιοφαρμάκων εντός θωρακισμένης εστίας εργασίας
 - ▣ Αποφυγή ραδιομόλυνσης (χρήση γαντιών)
 - ▣ Χορήγηση με θωρακισμένη σύριγγα (καλύπτρα)
 - ▣ Μετά την χορήγηση ο εξεταζόμενος παραμένει σε θωρακισμένο χώρο έως ότου καθηλωθεί το ραδιοφάρμακο στο εξεταζόμενο όργανο (π.χ. οστά ~3h).
 - ▣ Τα ραδιοφάρμακα και τα ραδιομολυσμένα αναλώσιμα (π.χ. σύριγγες) παραμένουν σε θωρακισμένη κρύπτη έως ότου η ενεργότητα τους μειωθεί κάτω από τα όρια αποδέσμευσης

Ακτινοπροστασία

- Ακτινοπροστασία προσωπικού
 - ▣ Ρυθμός δόσης αμέσως μετά τη χορήγηση

Εξέταση	Ραδιοϊσότοπο	Ρυθμός δόσης @1m
Σπ. Οστών	^{99m}Tc	15 $\mu\text{Sv/h}$
Σπ. Νεφρών (στατ)	^{99m}Tc	4 $\mu\text{Sv/h}$
Σπ. Νεφρών (δυν)	^{99m}Tc	11 $\mu\text{Sv/h}$
Σπ. Θυροειδούς	^{99m}Tc	4 $\mu\text{Sv/h}$
Σπ. Μυοκαρδίου	^{201}Tl	1,3 $\mu\text{Sv/h}$
Σπ. φλεγμονών	^{67}Ga	5 $\mu\text{Sv/h}$

Ακτινοπροστασία

- Ακτινοπροστασία συγγενών και πληθυσμού
 - ▣ Λήψη οδηγιών στον ασθενή για να μην ακτινοβολήσει τους οικείους του και άλλα μέλη του υπόλοιπου πληθυσμού
 - Τήρηση απόστασης παραπάνω από 2 m κατά τις κοινωνικές επαφές.
 - Αποφυγή κοινωνικών επαφών με παιδιά και έγκυες
 - Χρήση ξεχωριστών σκευών σίτισης
 - Συχνό πλύσιμο των χεριών
 - Διακοπή γαλουχίας
 - ▣ Χρονικό διάστημα τήρησης οδηγιών ακτινοπροστασίας.
 - Εξαρτάται από τον ενεργό χρόνο ημιζωής (υποδιπλασιασμού)
 - ^{99m}Tc : 48h
 - ^{201}Tl : 72h
 - ^{67}Ga : 72h
 - ^{131}I (διαγνωστικό) : 72h

Θεραπευτικές εφαρμογές

- Χορήγηση ραδιοϊσοτόπων για τη θεραπεία διαφόρων παθήσεων
 - Το ραδιοϊσότοπο πρέπει να εκπέμπει ηλεκτρόνια μέσω διάσπασης β^- .
 - Ενέργεια ανάλογα με το μέγεθος της βλάβης που πρέπει να ακτινοβοληθεί.
 - Μεγάλος σχετικά χρόνος ημιζωής

Ραδιονουκλίδιο	Τp	Θεραπεία	Ενεργότητα mCi (MBq)
^{131}I	8 ημέρες	Υπερθυρεοειδισμός και καρκίνος θυρεοειδούς	100-150 (3700-5550)
^{89}Sr	51 ημέρες	Παρηγορητική θεραπεία οστικών μεταστάσεων	4 (148)
^{153}Sm	47 ώρες	Παρηγορητική θεραπεία οστικών μεταστάσεων	70 (2590)
^{186}Re	90 ώρες	Παρηγορητική θεραπεία οστικών μεταστάσεων	35 (1295)
^{90}Y	64 ώρες	Non Hodgkins λέμφωμα αρθρίτιδες	35 (1295)

ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

β - ακτινοβολία από

I-131

Παθήσεις θυρεοειδούς

Ca ωοθηκών , κόλου
(επισημασμένα MA)

Y-90 coll.

ρευματοειδής αρθρίτιδα

Sr-89

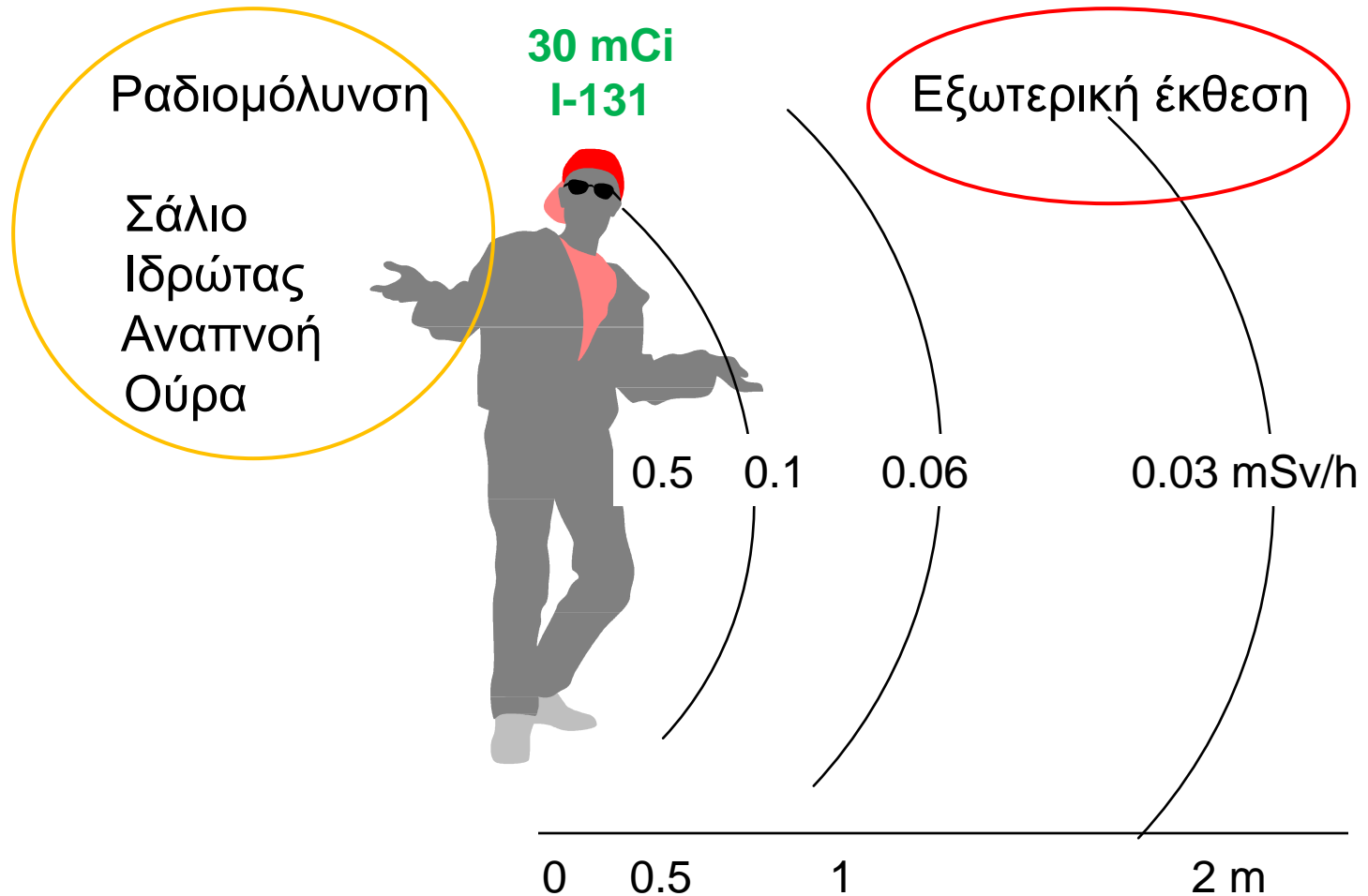
Ca προστάτου

Ca μαστού

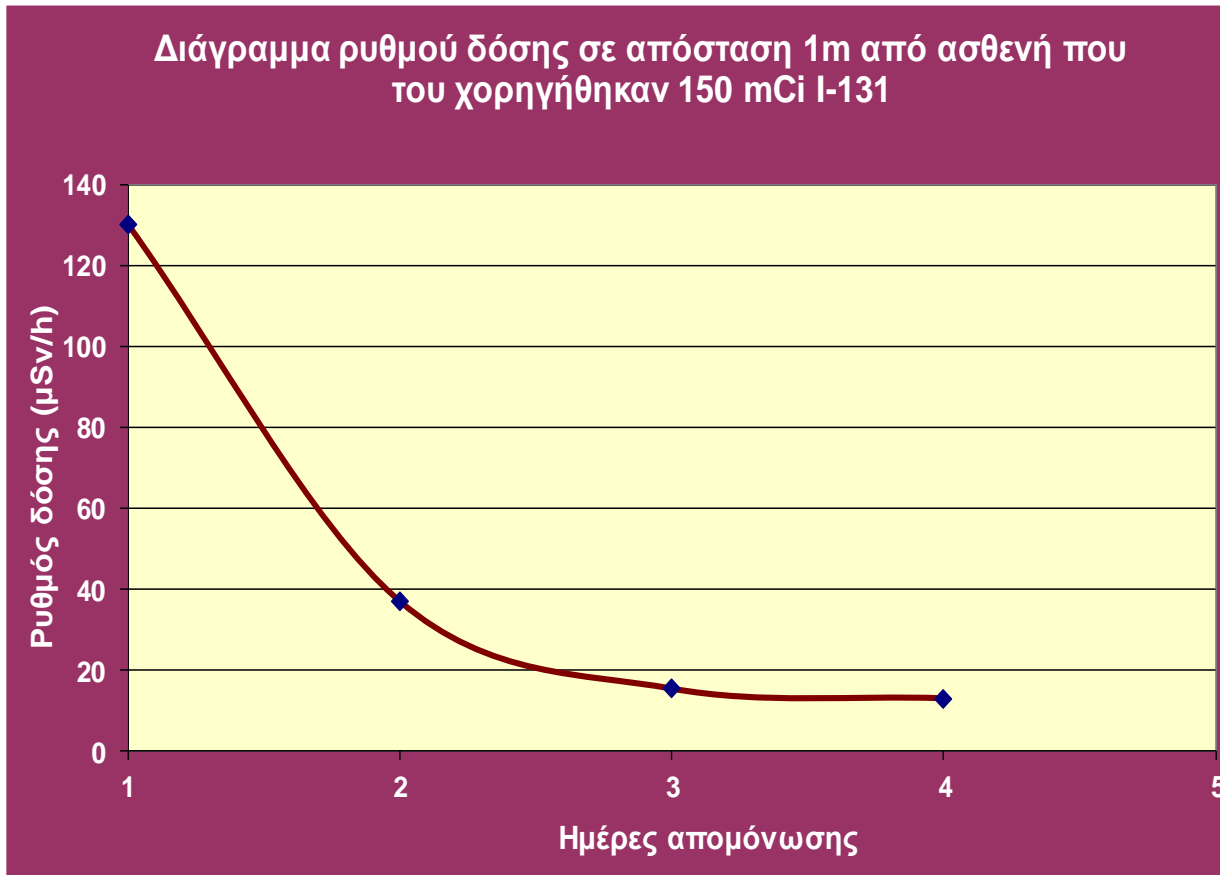
P-32

πολυκυτταραιμία

Ρυθμός δόσης από θερμό ασθενή



Αποδέσμευση ασθενούς



Προσοχή στην εξάρτηση από την τιμή του ποσοστού καθήλωσης (uptake)

Αποδέσμευση ασθενούς

1. Ο ασθενής επιτρέπεται να επιστρέψει σπίτι του όταν η δόση στο 1m έχει μειωθεί κάτω από τα επιτρεπόμενα όρια σύμφωνα με τον κανονισμό ακτινοπροστασίας, $20 \mu\text{Sv}/\text{h}$ η οποία αντιστοιχεί σε μια παραμένουσα ενεργότητα $\sim 15\text{mCi}$
2. Κατά την αποδέσμευση του ασθενούς δίνονται προφορικές και γραπτές οδηγίες.

