

ΗΜΥ 001 - Υγεία και Τεχνολογία

Για να σε βλέπω καλύτερα
(Πυρηνική Ιατρική)

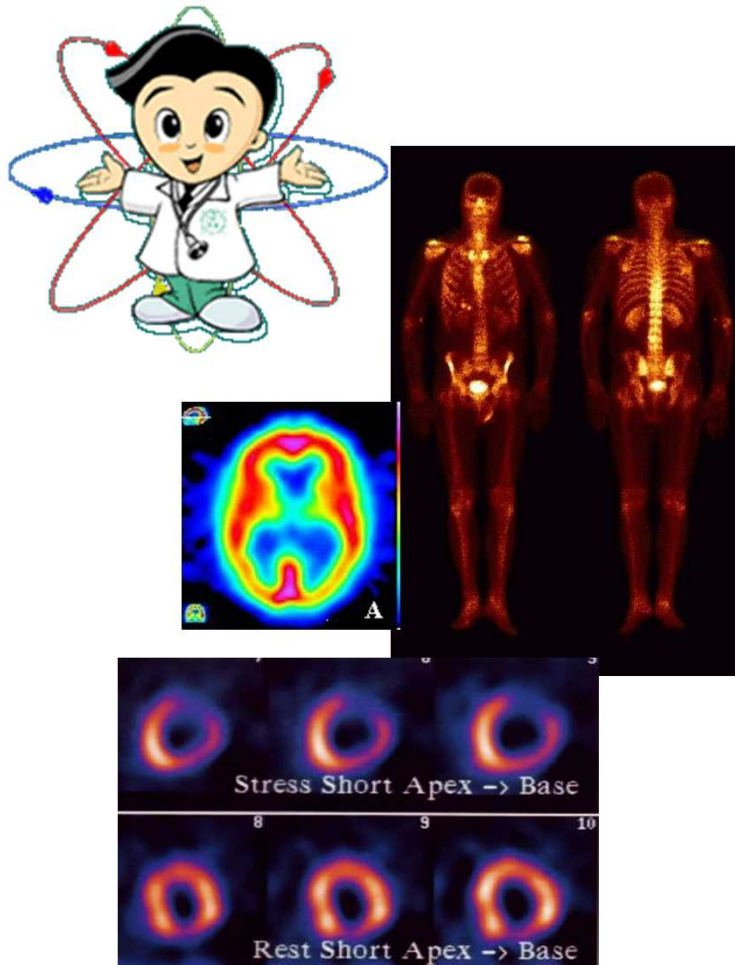


Η ιστορία του Ρ.Μ και της Π.Μ.

- Μετά από 18 μέρες, μόλις ξύπνησε το πρωί και αποπειράθηκε να σηκωθεί από το κρεβάτι, άρχισε να νοιώθει κομμένη την ανάσα του, έντονο πόνο στο στήθος, ιδιαίτερα κατά την εισπνοή και τάση για λιποθυμία. Είχε επίσης ταχυκαρδία και βήχα με φλέγματα που είχαν χρώση αίματος.
- Ο γιατρός, που έτρεξε αμέσως στο κρεβάτι του Ρ.Μ. υποψιάστηκε **πνευμονική εμβολή** και ζήτησε από το τμήμα Πυρηνικής Ιατρικής ένα **σπινθηρογράφημα** των πνευμόνων.



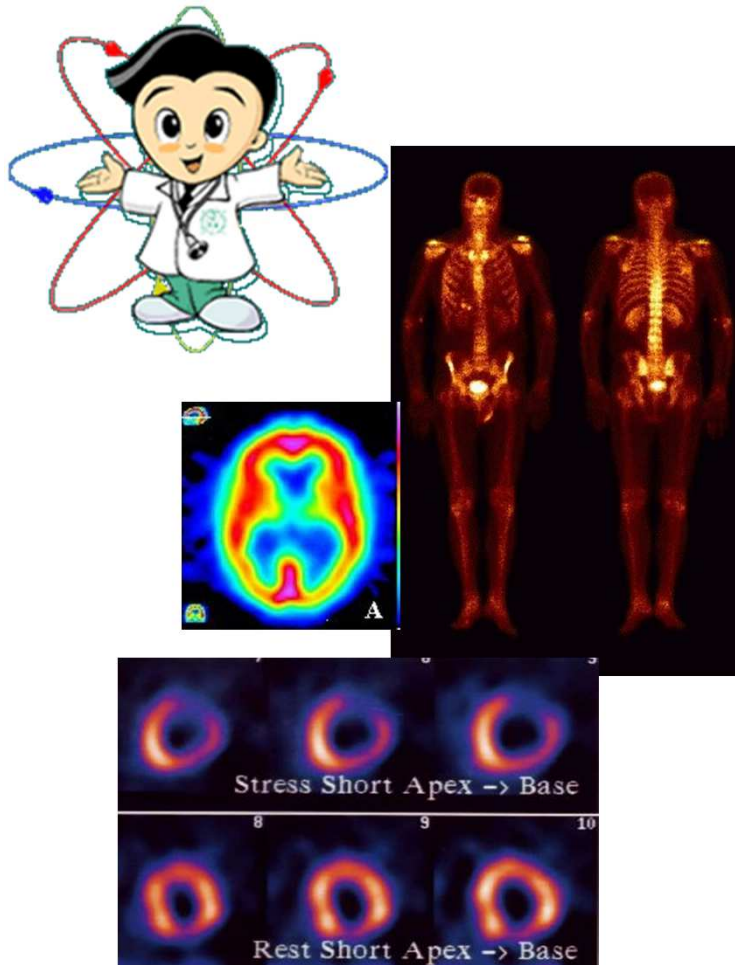
Πυρηνική Ιατρική



- Άλλος τρόπος για να κοιτάξουμε μέσα στο ανθρώπινο σώμα
 - φυσιολογία (λειτουργία) και ανατομία του σώματος
 - Τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων (Positron emission tomography) - ΤΕΠ
 - Τομογραφία μονοφωτονικής εκπομπής (Single photon emission computed tomography) - ΤΜΦΕ
 - Καρδιαγγειακή απεικόνιση
 - Απεικόνιση οστών
- Θεραπεία
 - Καρκίνος



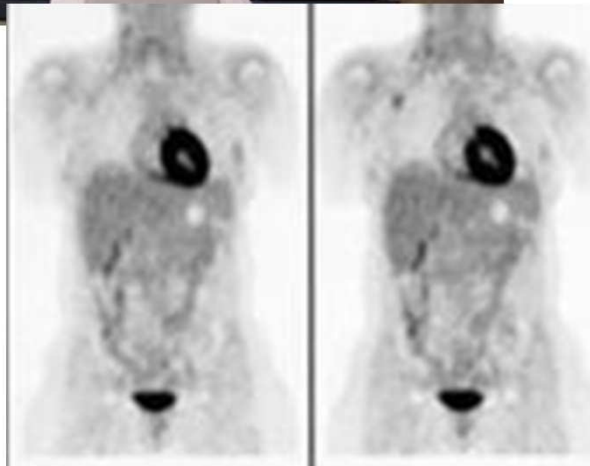
Πυρηνική Ιατρική



- Χρησιμοποιούν ραδιενεργά στοιχεία
- Απεικόνιση
 - όγκοι
 - ανευρύσματα (αδύνατα σημεία στα τοιχώματα αιμοφόρων αγγείων)
 - ανώμαλη ή ανεπαρκή ροή αίματος στους διάφορους ιστούς
 - αναταραχές κυττάρων αίματος και ανεπαρκή λειτουργία των οργάνων, όπως ο θυρεοειδής και ανεπαρκείς πνευμονικές λειτουργίες



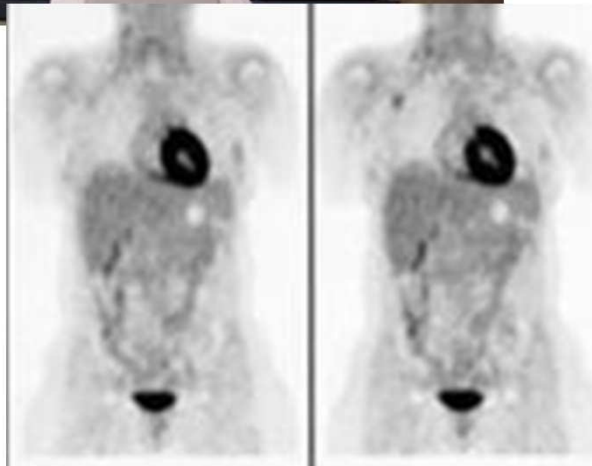
Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων (ΤΕΠ)



- **Εικόνες του σώματος**
 - Ανιχνεύει την ακτινοβολία που εκπέμπεται από ραδιενεργές ουσίες (ραδιοφάρμακα)
- **Ανιχνεύει ακτίνες Γ**
 - Εκπέμπονται όταν ένα ποζιτρόνιο που εκπέμπεται από τη ραδιενεργό ουσία συγκρούεται με ένα ηλεκτρόνιο στον ιστό
 - Αντιστοιχούν στην συγκέντρωση του ραδιοφαρμάκου στους ιστούς
 - Μία όψη της λειτουργίας των οργάνων χωρίς να απεικονίζει με ακρίβεια την ανατομία



Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων (ΤΕΠ)



- **Δεν παρουσιάστηκε ενδιαφέρον μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του '50**
 - ανακάλυψη του άνθρακα-14 το 1940 από τους Κάμεν και Ρούμπεν
 - πολύπλευρος και αποτελεσματικός ανιχνευτής
- **Χρόνια προόδου στην έρευνα γύρω από την ΤΕΠ**
 - μόνο λίγο περισσότερα από 100 κέντρα παγκοσμίως
 - πλειοψηφία αφιερωμένη στην έρευνα, με μόνο μερικά αφοσιωμένα στην κλινική χρήση



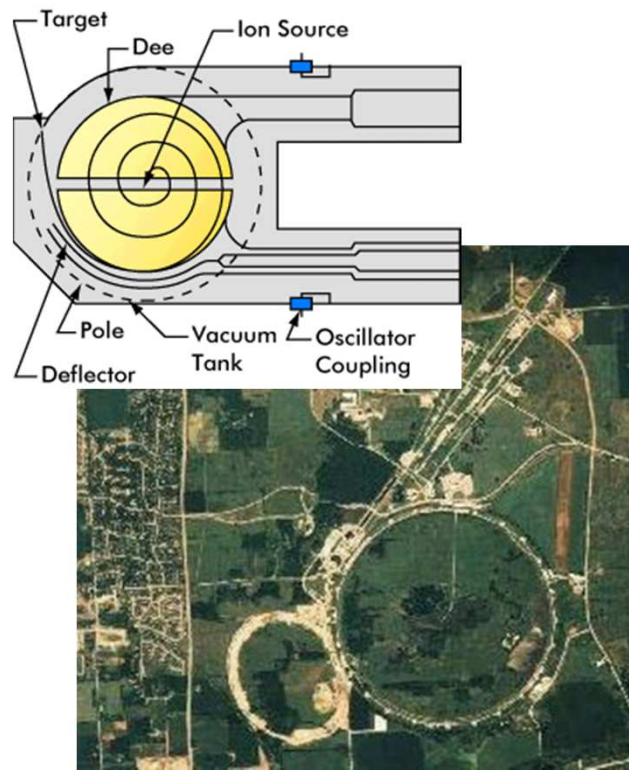
Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων (ΤΕΠ)



- **Διαδικασία**
 - σήμανση μιας ένωσης με ένα ραδιονουκλίδιο εκπομπής ποζιτρονίου → ραδιοφάρμακο
 - χορήγηση στον ασθενή
 - παρατήρηση της κατανομής του ραδιοφαρμάκου (μέσω των ποζιτρονίων που εκπέμπει) ως συνάρτηση του σημείου και του χρόνου
 - μοντελοποίηση των δεδομένων



Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων (ΤΕΠ)



χρόνος υποδιπλασιασμού = χρόνος μέχρι τον οποίο θα έχει μείνει το μισό προϊόν

- **Ραδιονουκλείδια εκπομπής ποζιτρονίου**
 - παράγονται βομβαρδίζοντας κανονικές χημικές ουσίες με νετρόνια
 - επιταχυντής σωματιδίων (cyclotron)
 - βραχύβια ραδιενεργά ισότοπα
 - πυρηνικοί φυσικοί, ραδιοφαρμακοποιοί, γιατροί
 - σύντομοι χρόνοι υποδιπλασιασμού
 - χορήγηση μεγάλων δόσεων με μικρή έκθεση σε ακτινοβολία
 - διεξαγωγή επαναλαμβανόμενων μελετών
 - χρειάζεται επιταχυντής κοντά στο νοσοκομείο
 - υψηλή ενέργεια ακτινοβολίας
- **Ραδιονουκλείδια ΤΕΠ**
 - C-11, N-13, O- 15, και F- 18
 - περιέχονται σχεδόν σε όλες τις ενώσεις στο σώμα
 - μελέτη της μοίρας αυτών των ενώσεων υπό φυσικές συνθήκες



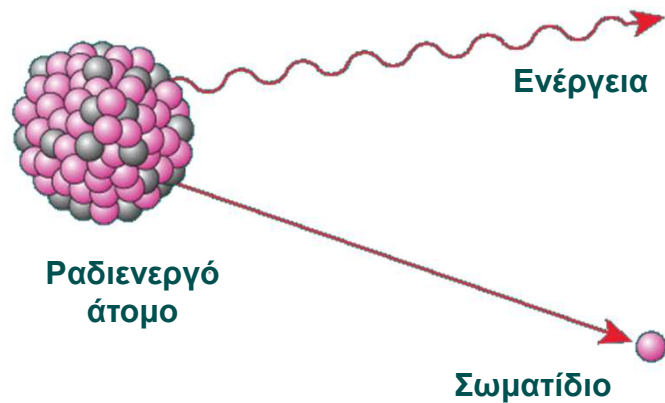
Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων (ΤΕΠ)



- **Ραδιοφαρμακευτικό προϊόν**
 - μία πρωτεΐνη ή ένα οργανικό μόριο που συνδέεται με ένα ραδιονουκλεΐδιο
 - επιλέγονται βάσει της χρήσης ή των ιδιοτήτων απορρόφησης μέσα στο ανθρώπινο σώμα
 - καρδιακός μυς
 - πνεύμονες
 - εγκέφαλος
- **Ανιχνευτικές ενώσεις χορηγούνται μέσω έγχυσης ή εισπνοής**
 - ανώμαλα υψηλή ή χαμηλή λήψη σε κάποιο ιστό → κατάσταση ιστού



Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων (ΤΕΠ)



Unstable
radionuclide

Positron



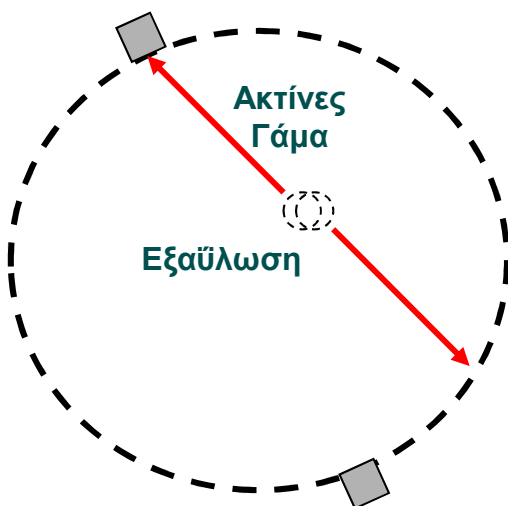
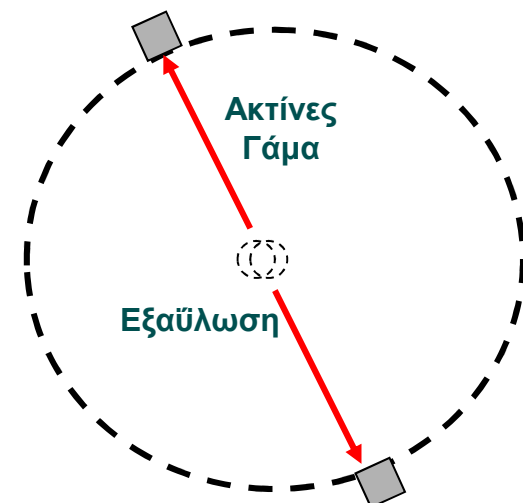
Electron

Gamma Ray
©2000 How Stuff Works

- **Ραδιονουκλείδια διασπώνται**
 - μειώνουν το υπερβολικό φορτίο του πυρήνα
- 1. ουδετεροποίηση ενός θετικού φορτίου με το αρνητικό φορτίο ενός ηλεκτρονίου
- 2. εκπομπή ενός ποζιτρονίου από τον πυρήνα
 - συνδυάζεται με ηλεκτρόνιο και εξαϋλώνεται
 - μετατρέπονται σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία
 - δύο φωτόνια υψηλής ενέργειας που εκπέμπονται 180 μοίρες



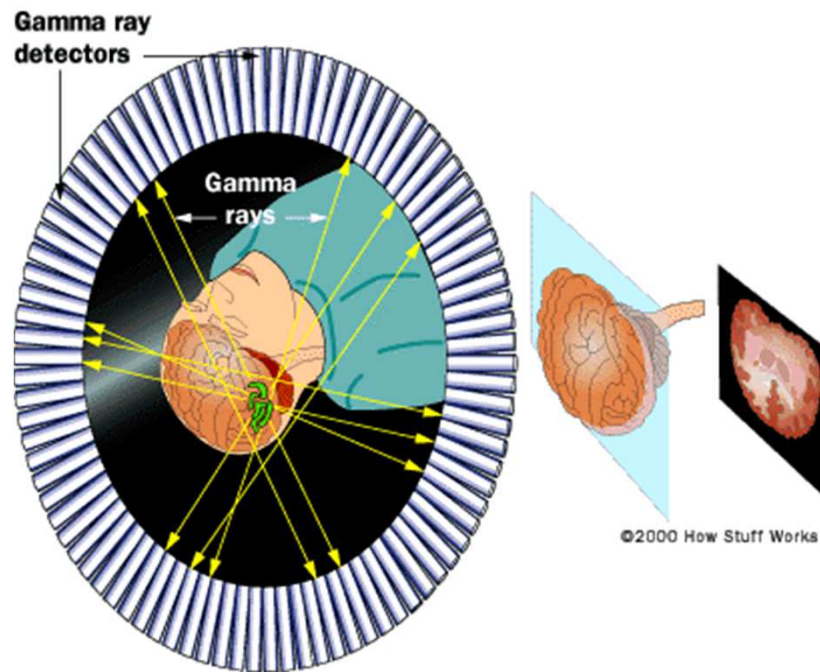
Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων (ΤΕΠ)



- **Ανακατασκευή τρισδιάστατης εικόνας**
 - Απαιτεί ανίχνευση από μια μόνο κατεύθυνση
 - Κατεύθυνση προέλευσης → καθορίζεται από ταυτόχρονη ανίχνευση
- **Ταυτόχρονη ανίχνευση**
 - ανιχνευτές σε αντίθετες πλευρές
 - μόνο ένα φωτόνιο → δεν λαμβάνεται υπ' όψη
 - ταυτόχρονα → θέση της εξαϋλωσης πάνω ή γύρω από τη γραμμή → ακριβές οπτικό πεδίο



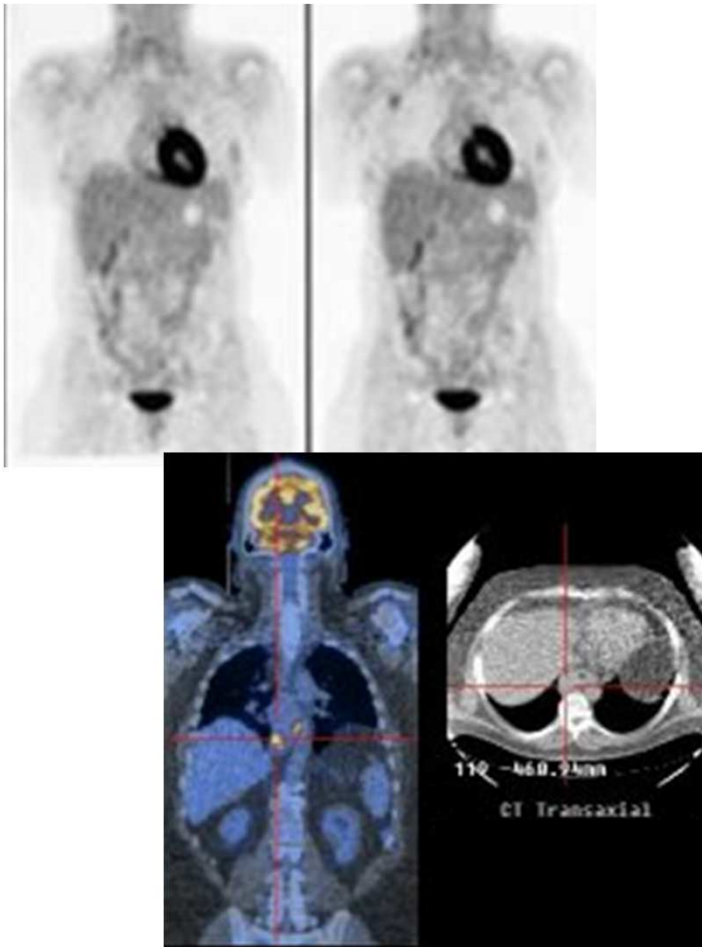
Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων (ΤΕΠ)



- **Κυκλική σειρά ανιχνευτών ακτίνων γ**
 - σπινθηροβόλοι κρύσταλλοι
 - ακτίνες $\gamma \rightarrow$ φως
 - φωτοπολλαπλασιαστικοί σωλήνες
 - μετατρέπουν και ενισχύουν τα φωτόνια σε ηλεκτρικά σήματα
- **Επεξεργασία από υπολογιστή**
- **Διαδικασία επαναλαμβάνεται για πολλές τομές**
 - τρισδιάστατη αναπαράσταση του σώματος



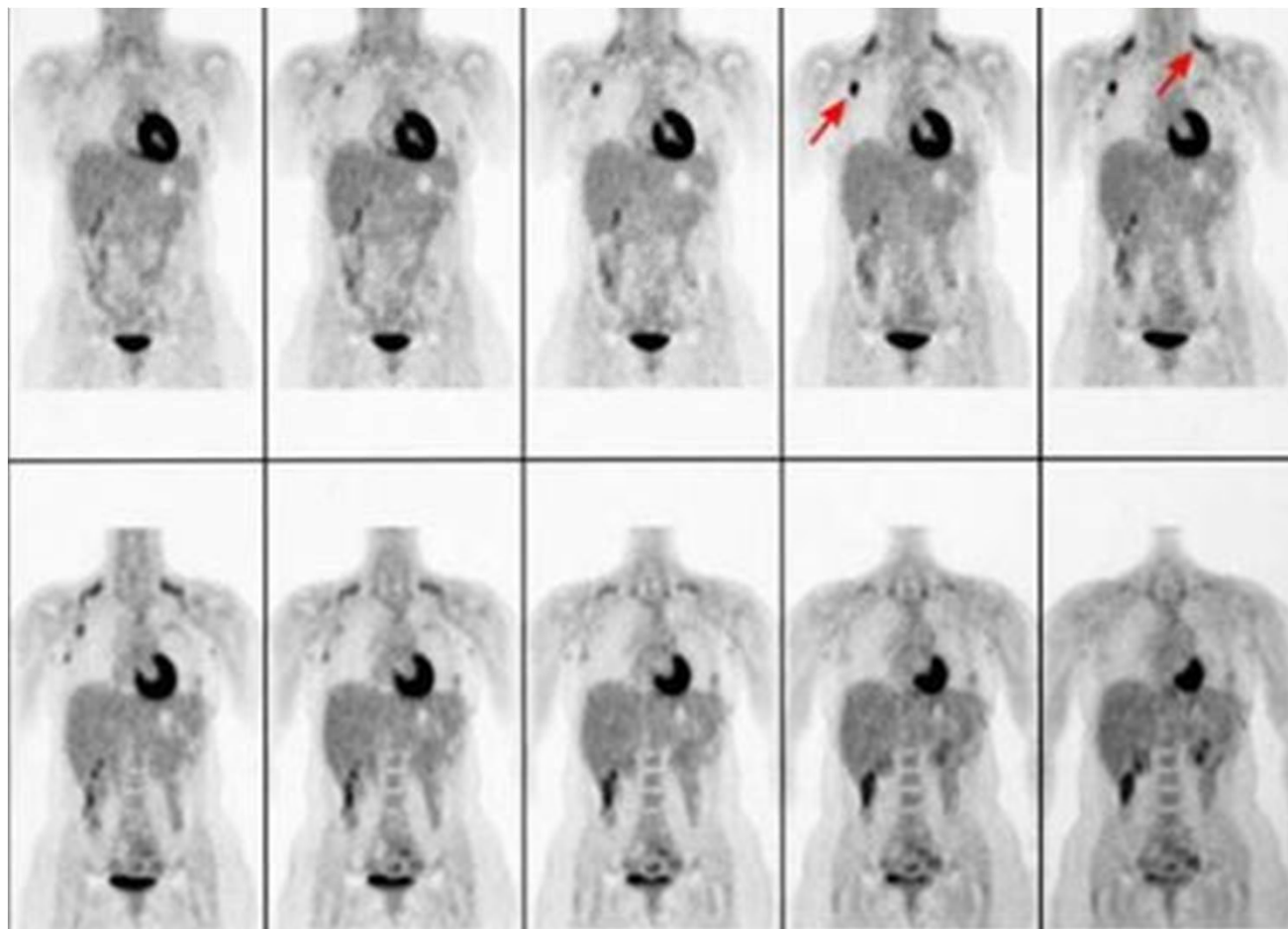
Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων (ΤΕΠ)



- **Δυνατότητα αξιολόγησης βιοχημικών αλλαγών στο σώμα**
 - ανιχνεύει περιοχές με βιοχημικές ανωμαλίες
 - π.χ. στον καρκίνο
 - μοντελοποιεί βιολογικές και φυσιολογικές λειτουργίες
- **Εφαρμογές**
 - νευρολογικές ασθένειες
 - εγκεφαλικά επεισόδια
 - επιληψία
 - εγκεφαλικοί όγκοι
 - φαρμακοκινητική και φαρμακοδυναμική
 - λυμφογενείς μεταστάσεις
 - άλλοι όγκοι
- **Βελτιωμένος ανατομικός εντοπισμός**
 - αποτύπωση σε εικόνες AT ή MT



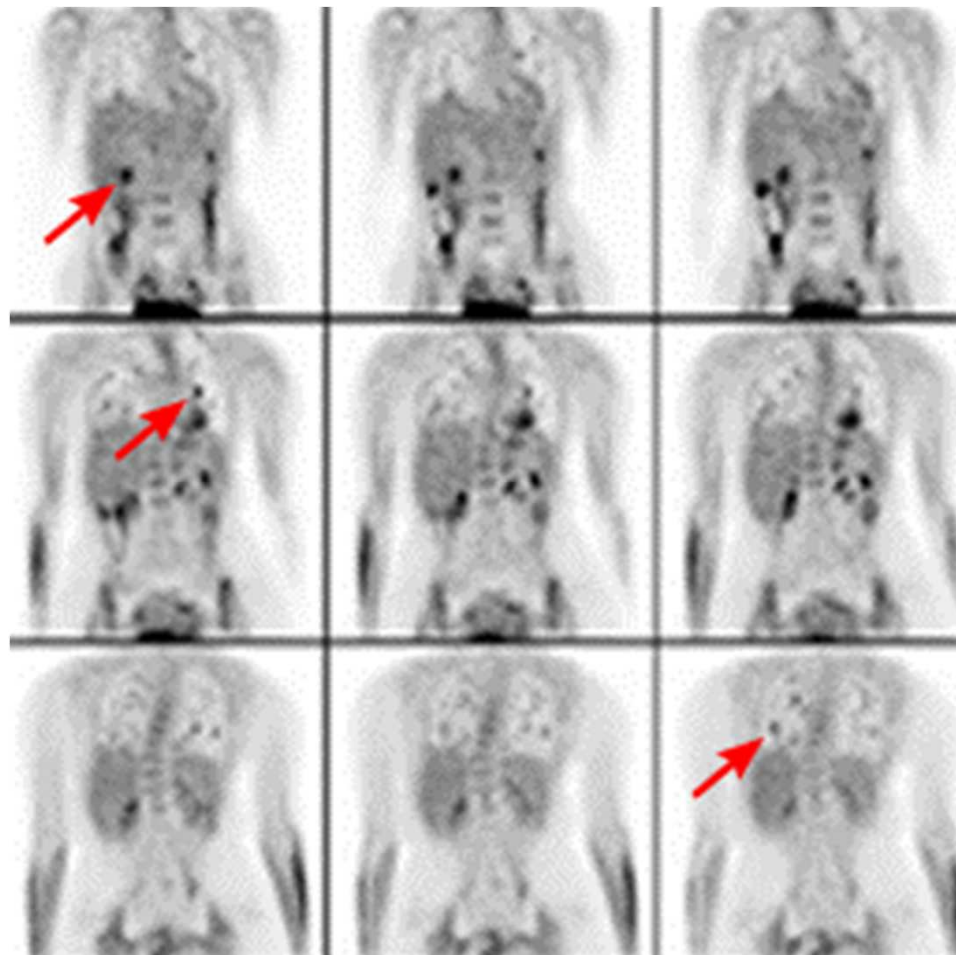
Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων (ΤΕΠ)



55χρονη γυναίκα με διαγνωσμένο καρκίνο των πνευμόνων μετά από δύο κύκλους χημειοθεραπείας και ένα κύκλο ραδιοθεραπείας. Η ΤΕΠ αποκαλύπτει υποτροπή με επανεμφάνιση του καρκίνου σε διάφορα σημεία των πνευμόνων και στους λεμφαδένες του σβέρκου.



Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων (ΤΕΠ)



34χρονη γυναίκα με καρκίνο του παχέως εντέρου. Η ΤΕΠ αποκάλυψε πολλαπλές μεταστάσεις στους πνεύμονες και μια μετάσταση στο συκώτι.



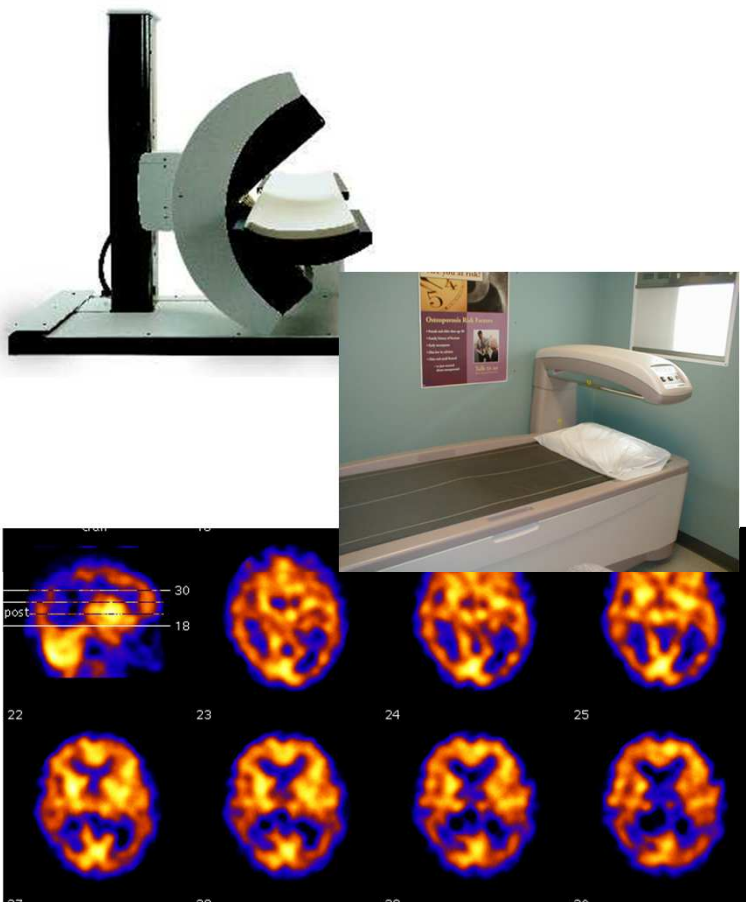
Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων (ΤΕΠ)



Καρκίνος του οισοφάγου σε άνδρα ηλικίας 56 χρονών. Ο ασθενής παραπονέθηκε για πόνο στην αριστερή ωμοπλάτη. Προχώρησε σε χημειοθεραπεία για καρκίνο άγνωστης προέλευσης. Μετά την θεραπεία η ΤΕΠ σε συνδυασμό με αξονική τομογραφία αποκάλυψε εστία καρκίνου του οισοφάγου. (Εικόνες από την Ιατρική Σχολή του Γουισκόνσιν, ΗΠΑ)



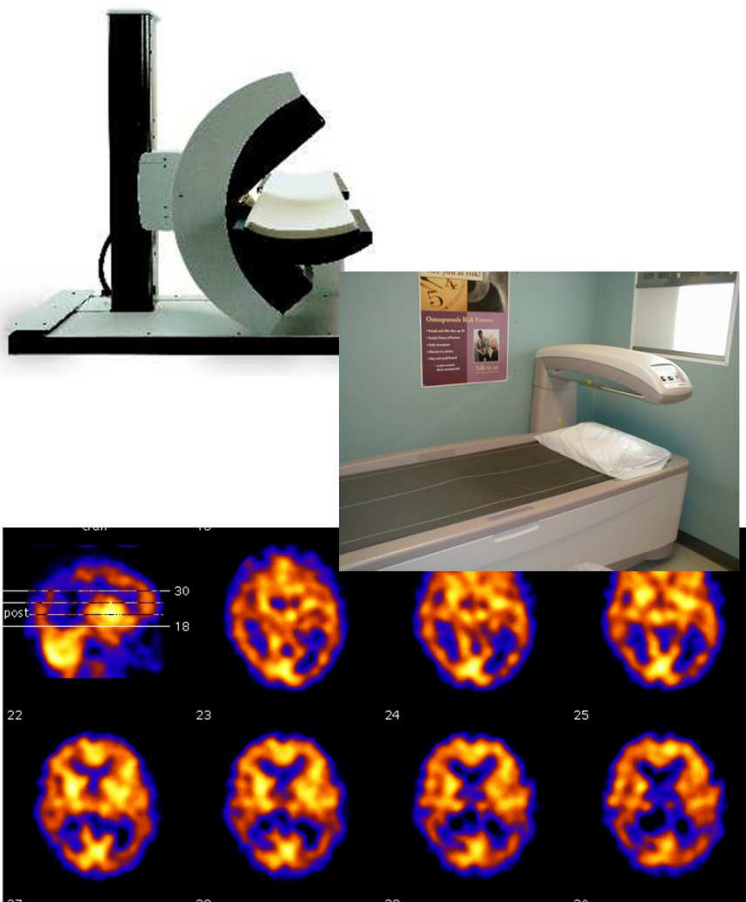
Τομογραφία μονοφωτονικής εκπομπής (ΤΜΦΕ)



- Πληροφορίες για τη ροή του αίματος και την κατανομή ραδιενεργών στοιχείων στο σώμα
 - παρόμοια με την ΤΕΠ
 - μετρά ένα φωτόνιο
 - υποδεέστερη ευκρίνεια από ΤΕΠ
- **Ραδιενεργά στοιχεία**
 - ξένον- 133, τεχνητό- 99, ιώδιο- 123
 - εκπέμπουν ένα φωτόνιο Γ (αντί ποζιτρόνιο $\rightarrow$ δυο φωτόνια)
 - μεγαλύτεροι χρόνοι διάσπασης
 - πιο προσιτά
 - δεν είναι απαραίτητο να βρίσκονται κοντά σε έναν επιταχυντή σωματιδίων



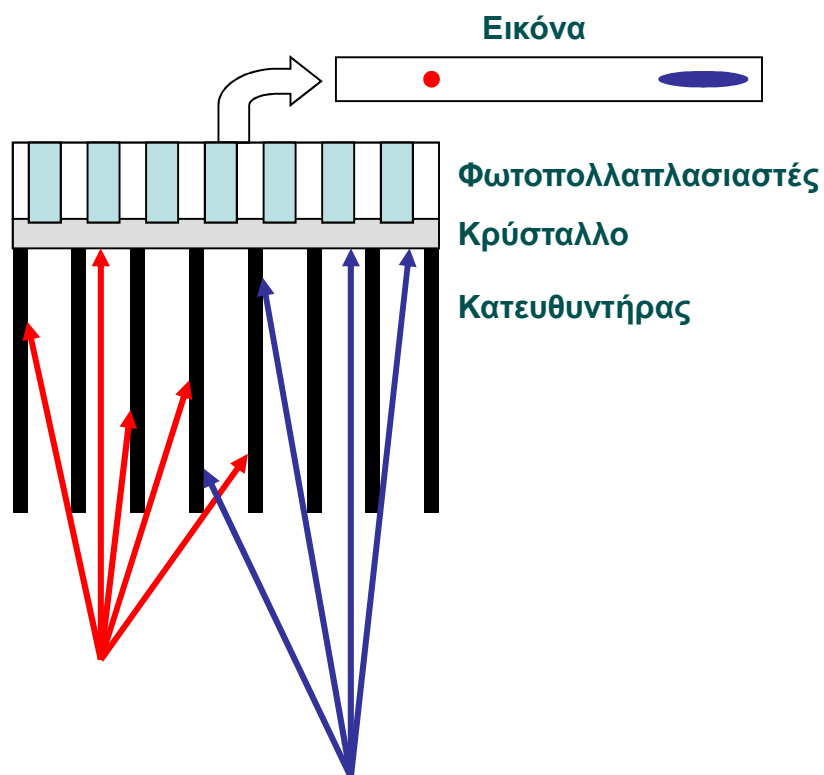
Τομογραφία μονοφωτονικής εκπομπής (ΤΜΦΕ)



- **Εφαρμογές**
 - καρδιακοί ασθενείς
 - διάγνωση και σταδιοποίηση του καρκίνου
 - ασθένεια πνευμόνων
 - ανιχνεύσεις εγκεφάλου και σκελετού
- **Τρισδιάστατη απεικόνιση**
 - ποιοτική και ποσοτική εικόνα της κατανομής των ραδιοανιχνευτών
 - περιστροφή μέχρι τριών κάμερων Γ γύρω από έναν ασθενή
 - στοχεύει συνήθως σε ένα ιδιαίτερο όργανο



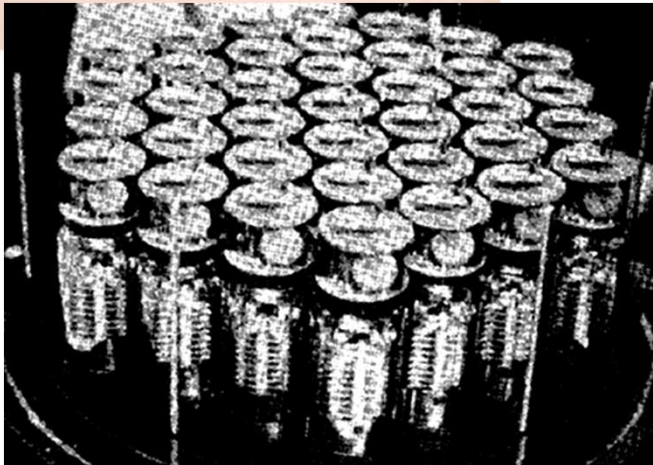
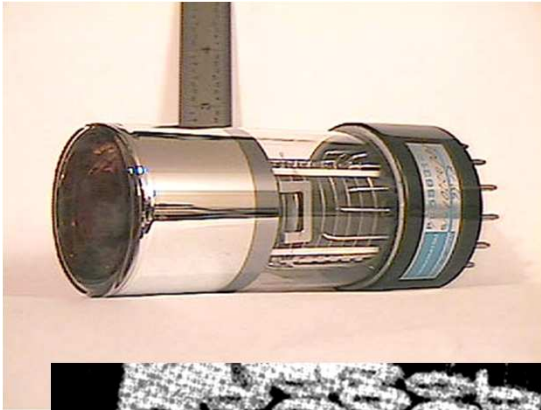
Τομογραφία μονοφωτονικής εκπομπής (ΤΜΦΕ)



- Προσδιορισμός της γραμμής από την οποία προέρχονται τα φωτόνια → κάμερα Anger
 - ευθυγράμμιση των ακτινών Γ πριν από την είσοδο τους στη κάμερα
 - κατευθυντήρες
 - χιλιάδες τετράγωνα, στρογγυλά ή εξαγωνικά παράλληλα κανάλια
 - από μολυβδό
 - 4 έως 5 cm πάχος και 20 επί 40 cm μήκος
 - μόνο μέσω τους επιτρέπεται οι ακτίνες γάμμα να περάσουν
 - 20 κιλά (χαμηλής ενέργειας) μέχρι και πάνω από 100 κιλά (ψηλής ενέργειας)
 - μέγεθος
 - ολόκληρα όργανα
 - ολόκληρο το σώμα



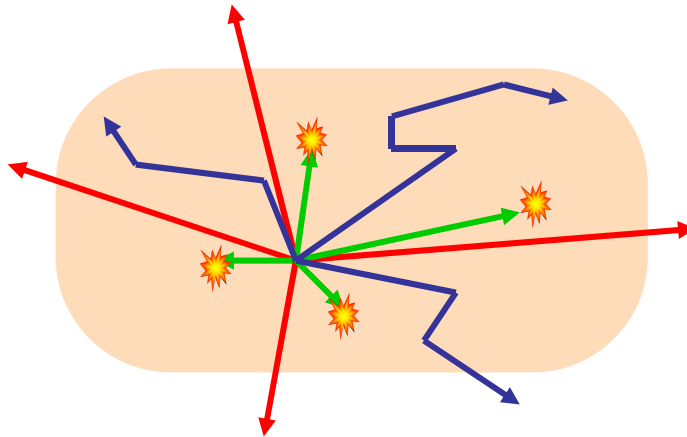
Τομογραφία μονοφωτονικής εκπομπής (ΤΜΦΕ)



- **Φωτόνια**
 - απορροφούνται και αλληλεπιδρούν με τον κρύσταλλο
 - δίνουν φως
- **Πλέγμα φωτοπολλαπλασιαστικών (φωτοευαίσθητων) σωλήνων**
 - μετατρέπουν και ενισχύουν τα φωτόνια σε ηλεκτρικά σήματα
- **Ανάλυση των φωτεινών σημάτων**



Τομογραφία μονοφωτονικής εκπομπής (ΤΜΦΕ)



- **Εξασθένηση**

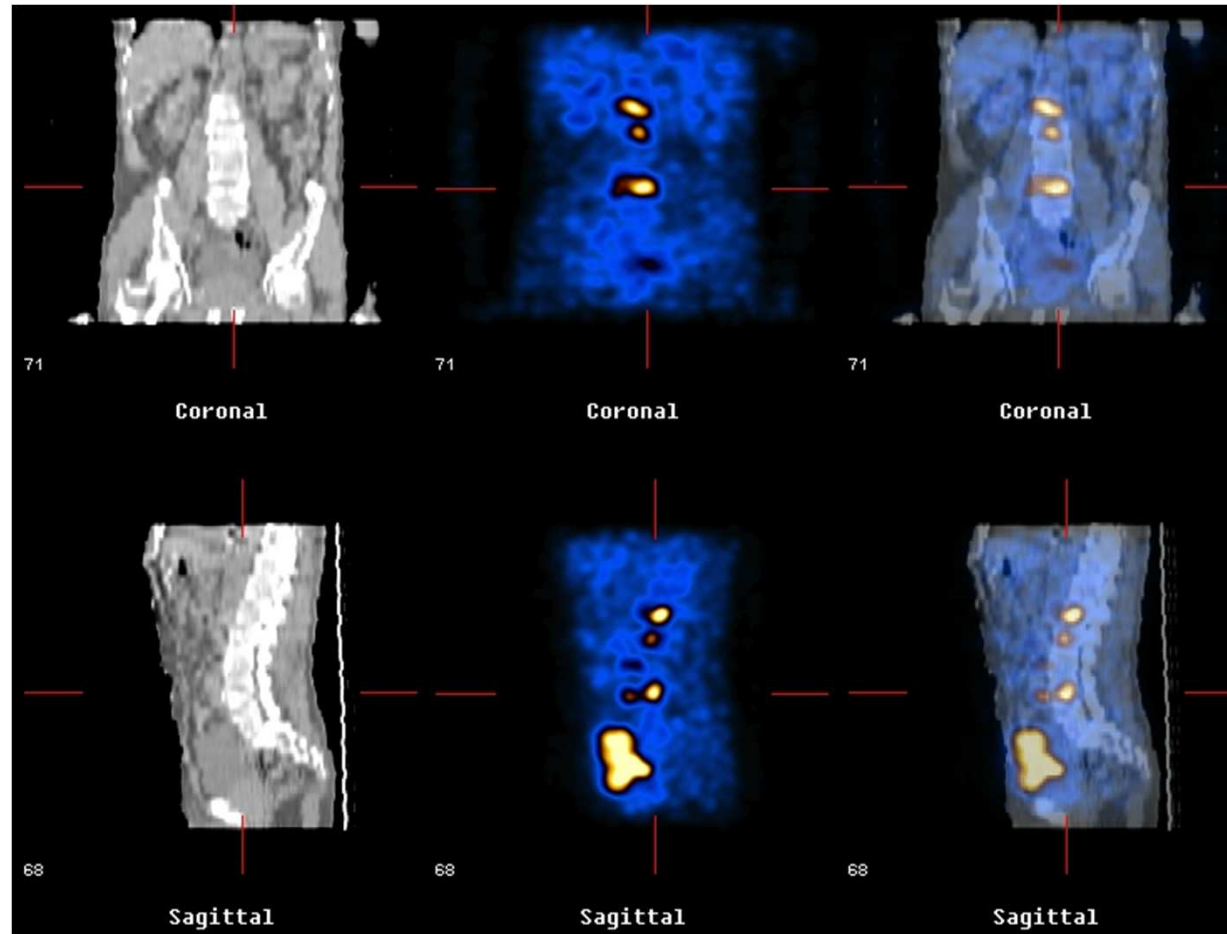
- απώλεια ή υποβάθμιση του σήματος
- σκέδαση της ακτίνας γάμμα
 - από ηλεκτρόνια στα άτομα και μόρια (DNA) μέσα στο σώμα
 - εκτρέπονται έξω από το οπτικό πεδίο της κάμερας
- απορρόφηση των φωτονίων
 - άλλα άτομα στο σώμα

- **Επιτυχής απεικόνιση**

- αντιστάθμιση και τη ρύθμιση πολλών φυσικών και μηχανικών παραμέτρων
- ευκρίνεια και ευαισθησία
 - βελτίωση και των δύο σπανίως επιτεύξιμη στην πράξη



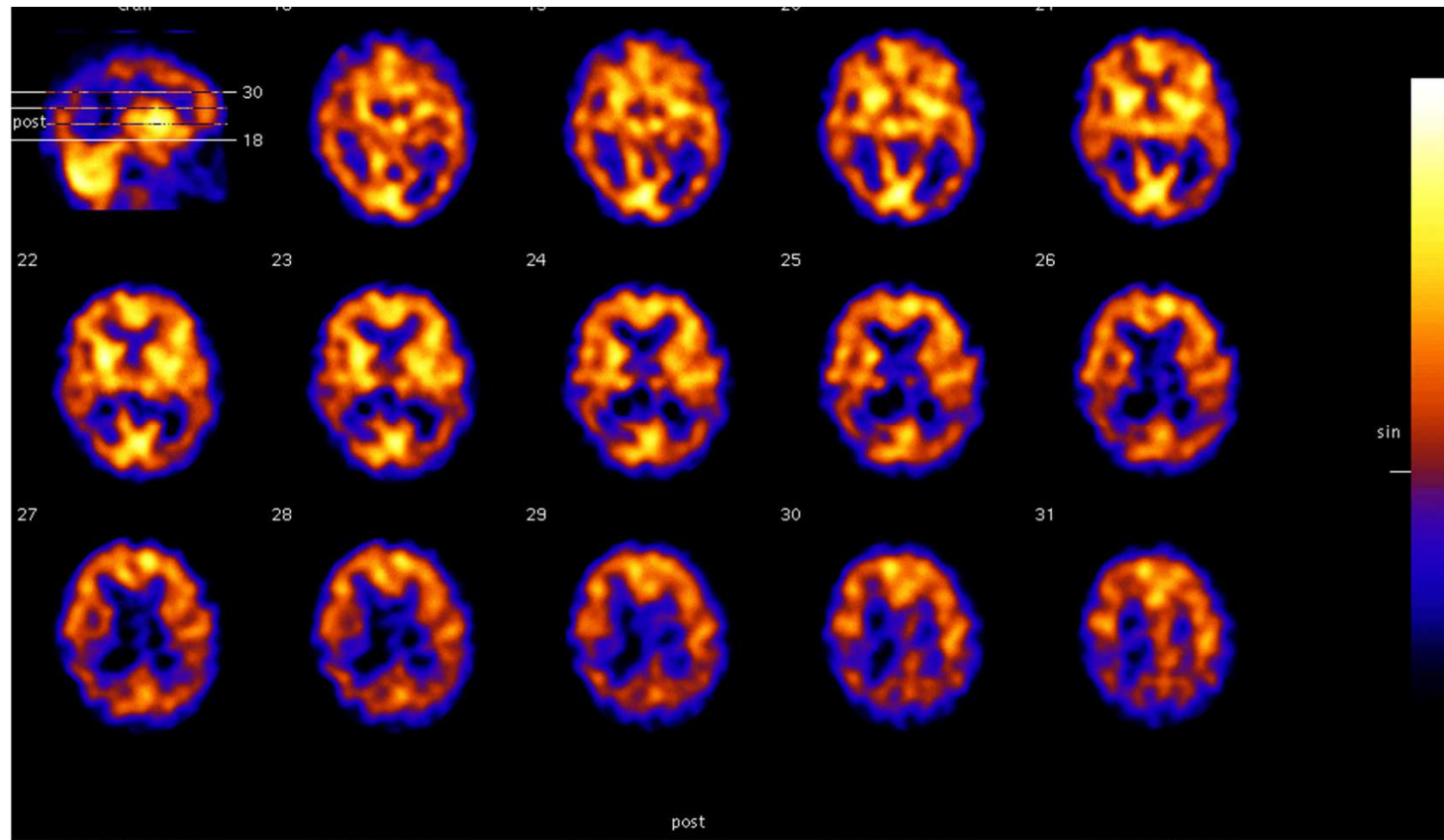
Τομογραφία μονοφωτονικής εκπομπής (ΤΜΦΕ)



60χρονος άνδρας με λέμφωμα Χότσκινς IVB. Η ΤΜΦΕ δείχνει ψηλή μεταβολική δραστηριότητα γύρω από την σπονδυλική στήλη, η οποία, με την βοήθεια της αξονικής τομογραφίας, διευκρινίζεται ότι περιλαμβάνει τόσο τους σπονδύλους όσο και τους γύρω ιστούς.



Τομογραφία μονοφωτονικής εκπομπής (ΤΜΦΕ)



Έγχυση στον εγκέφαλο σε ασθενή με Αλζχάιμερς που χαρακτηρίζεται από ελλιπή έγχυση στους ινιακούς και βρεγματικούς λοβούς.

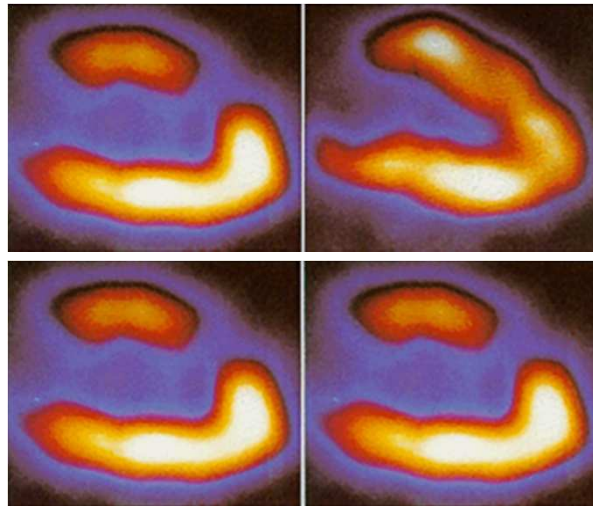
Καρδιακή Απεικόνιση



- **Σπινθηρογράφημα μυοκαρδίου**
 - αιμάτωση του μυοκαρδίου
 - έμμεσα συμπεράσματα για τα στεφανιαία αγγεία
- **Δοκιμασία κόπωσης**
 - κλασσική τεχνική (κυλιόμενος τάπητας)
 - φάρμακα (ειδικοί λόγοι)
- **Μετά το πέρας της άσκησης**
 - ενδοφλεβίως μικρή ποσότητα ραδιενεργού ουσίας (θάλλιο 201 ή τεχνήτιο)
 - κρεβάτι με μια γ-κάμερα
 - 1 έως 3 κεφαλές περιστρέφονται γύρω από το θώρακα
 - σπινθηρισμούς από την καρδιά
 - εικόνες της καρδιάς
- **4-24 ώρες μετά την κόπωση**
 - δεύτερη σειρά εικόνων
 - αιμάτωση της καρδιάς στην ηρεμία



Καρδιακή Απεικόνιση



- **Εικόνες της καρδιάς**
 - περιοχή που δεν αιματώνεται → ελλειμματική περιοχή
 - περιοχή που αιματώνεται φυσιολογικά → χωρίς έλλειμμα

Κόπωση	Ηρεμία	Έλλειμμα	Καρδιά
χωρίς έλλειμμα	χωρίς έλλειμμα		Φυσιολογική
με έλλειμμα	χωρίς (ή λιγότερο) έλλειμμα	Πλήρως ή μερικώς ανατρέψιμα	στένωση ή απόφραξη των στεφανιαίων αρτηριών
με έλλειμμα	με έλλειμμα	Σταθερά	νέκρωση (παλαιό έμφραγμα)



Απεικόνιση Οστών



- **Σάρωση οστών**
 - ανιχνεύει ραδιενεργό στοιχείο που συλλέγεται στους ιστούς των οστών
- **Περιοχές**
 - υψηλής μεταβολικής δραστηριότητας ("φωτεινά σημεία")
 - χαμηλής δραστηριότητας ("σκοτεινά σημεία")
- **Ανίχνευση όγκων**
 - υψηλή μεταβολική δραστηριότητα



Απεικόνιση Οστών

1 Anterior



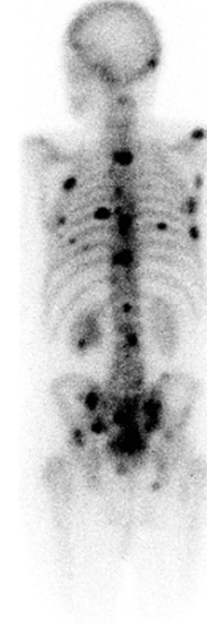
1 Posterior



1 Anterior

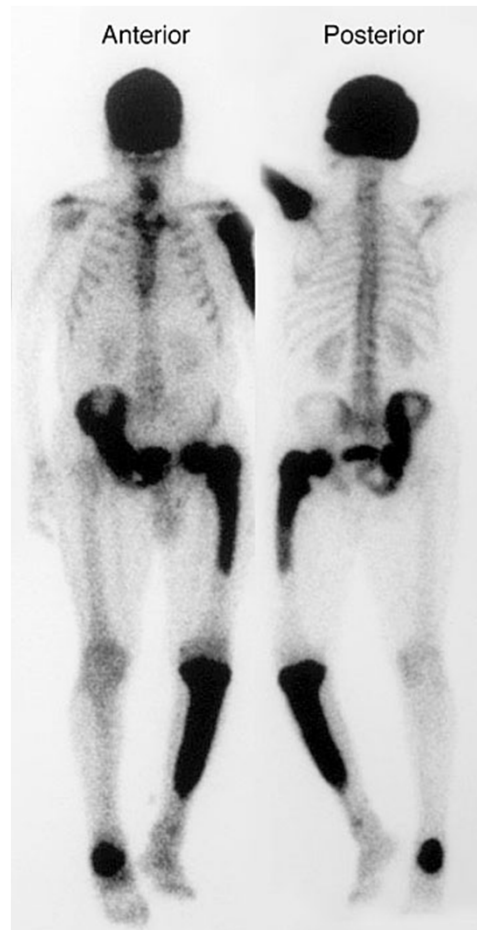


1 Posterior



Η απεικόνιση οστών γίνεται για να καταδείξει περιοχές ψηλού μεταβολισμού σε φυσιολογικά οστά (αριστερά) και περιοχές με όγκους, όπως π.χ. πολλαπλές μεταστάσεις στα οστά (δεξιά.)

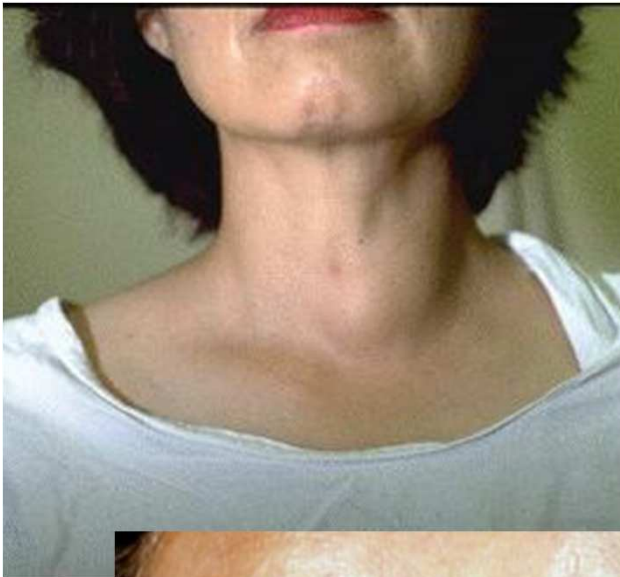
Απεικόνιση Οστών



Πολλά οστά παρουσιάζουν ψηλό μεταβολισμό, ένα χαρακτηριστικό της ασθένειας Πάτζετ. Μια και 25% των ασθενών με αυτή την ασθένεια δεν έχουν κανένα σύμπτωμα δεν είναι ασυνήθιστο να βλέπουμε αυτές τις εικόνες μετά από σπινθηρογράφημα για κάποιον άλλο λόγο.



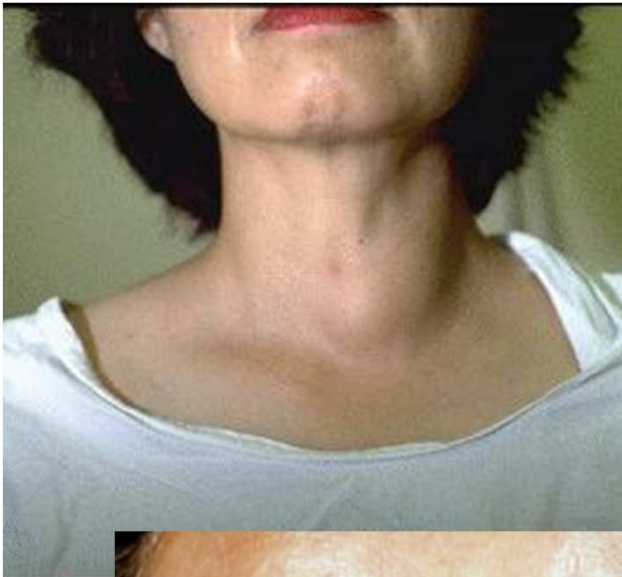
Θεραπεία



- **Ραδιοφάρμακα**
 - θεραπεία ορισμένων ασθενειών
- **Υπερθυρεοειδισμός**
 - θυρεοειδής αδένας εκκρίνει περισσότερες ορμόνες
 - διάφοροι παράγοντες συμπεριλαμβανομένου και καρκίνου του αδένα
 - προσβάλλει συχνότερα γυναίκες
 - μεγάλο χρόνο χωρίς κανένα σύμπτωμα ή να προκαλεί ελαφρά συμπτώματα
 - δεν γίνονται εύκολα αντιληπτά από τον ασθενή και το γιατρό
- **κλινικές εκδηλώσεις**
 - ανάλογα με τη βαρύτητα και τη διάρκεια



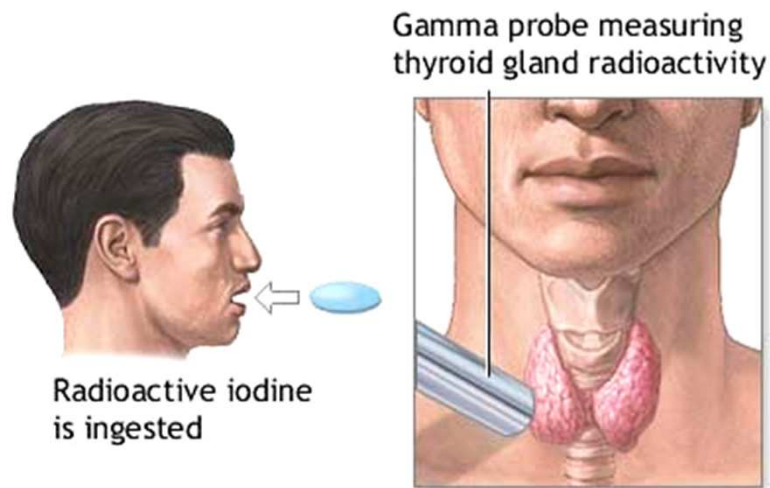
Θεραπεία



- νευρική κατάσταση
- ευσυγκινησία
- μυϊκή αδυναμία
- εύκολη κόπωση
- αϋπνίες
- ταχυκαρδία
- καρδιακές αρρυθμίες
- εξάψεις
- δεν ανέχεται τη ζέστη
- αυξημένη όρεξη
- τρώει συνήθως πολύ αλλά χάνει βάρος και αδυνατίζει
- διάρροιες
- τρόμος των χεριών και των δακτύλων
- οι παλάμες είναι ζεστές και μόνιμα ιδρωμένες
- πόνοι στα κόκαλα (οστεοπόρωση)
- προπτεία των οφθαλμών (εξόφθαλμος)



Θεραπεία



- **Διάγνωση**

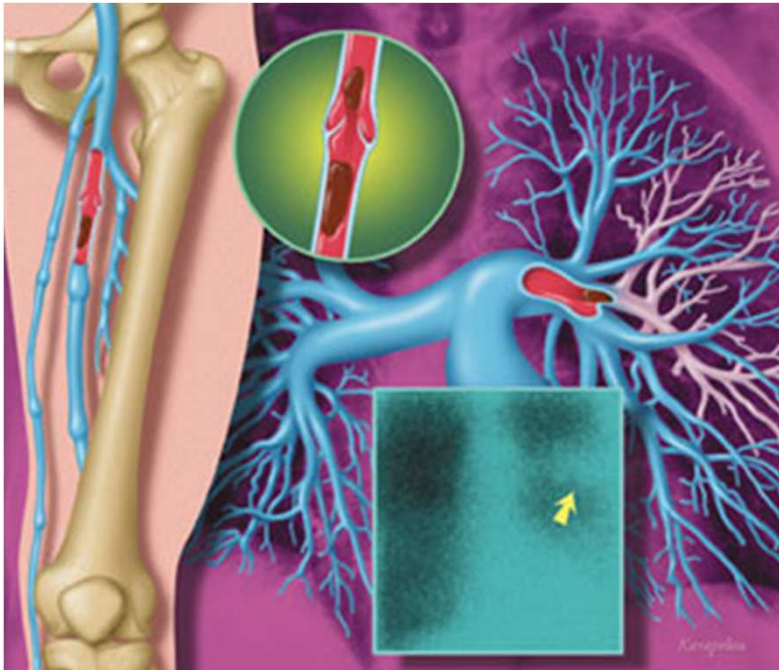
- σχετικά εύκολη
- με ειδικές εξετάσεις
- υπερηχογράφημα και σπινθηρογράφημα του θυρεοειδούς

- **Θεραπεία**

- χειρουργική αφαίρεση τμήματος ή και ολόκληρου του θυρεοειδούς
- χορήγηση ειδικών αντιθυρεοειδικών φαρμάκων
- χορήγηση ραδιενεργού Ιωδίου
 - καίει τον υπερλειτουργούντα θυρεοειδή



Πνευμονική Εμβολή



- Πνευμονική εμβολή
 - απόφραξη κλάδων της πνευμονικής αρτηρίας
 - εμβολή θρόμβου
 - από μια περιφερική φλέβα
 - σπανιότερα από τον δεξιό κόλπο ή την δεξιά κοιλία
 - πολύ πιο σπάνια αμνιακό υγρό, λίπος, ή μυελός των οστών
 - έμφρακτο και απελευθέρωση ποικίλων αγγειοδιασταλτικών ουσιών
 - γενική επίδραση στον οργανισμό



Πνευμονική Εμβολή

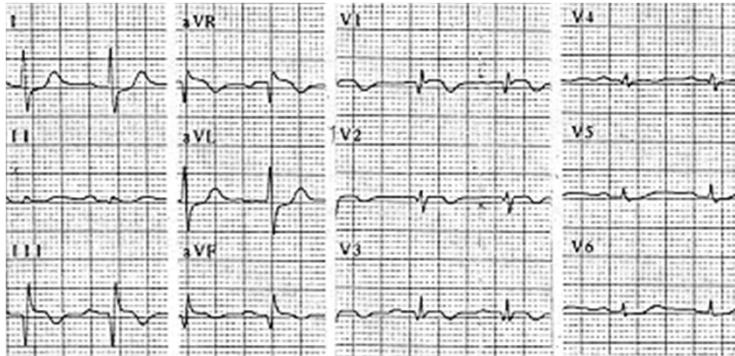


- “Σύνδρομο της τρίτης θέσης”

- μεγάλα αεροπορικά ταξίδια
→ θρόμβωση των μεγάλων βαθιών φλεβών του μηρού και των ποδιών
→ πνευμονική εμβολή
- παράγοντες
 - έλλειψη σωματικής κίνησης
 - αφυδάτωση
 - κατανάλωση αλκοόλ κατά την πτήση
- μέτρα πρόληψης
 - άφθονο νερό
 - αποφυγή κατανάλωσης αλκοόλ
 - μικρές ασκήσεις ή τέντωμα κατά μικρά χρονικά διαστήματα
 - ειδικές ψηλές συμπιεστικές κάλτσες
 - με προσωπικό ή οικογενειακό ιστορικό θρόμβωσης → συμβουλή γιατρού πριν από ένα αεροπορικό ταξίδι
 - χαμηλών δόσεων ασπιρίνης πριν από πολύωρο αεροπορικό ταξίδι (για ορισμένους)



Πνευμονική Εμβολή

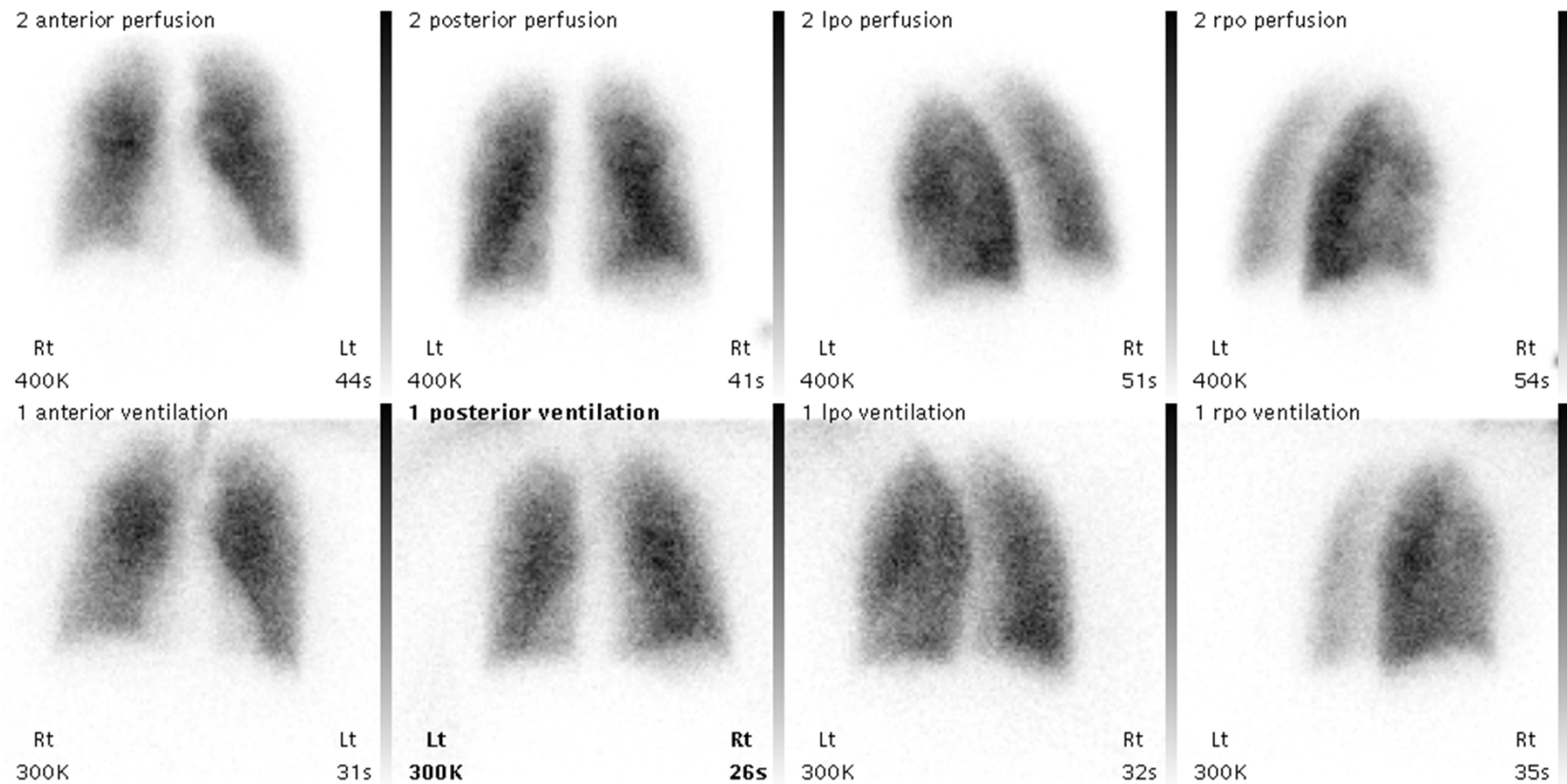


- **Διάγνωση**

- βασίζεται στην κλινική εικόνα και τις παρακλινικές εξετάσεις
- πνευμονικό έμφρακτο
 - αιφνίδιος πόνος με δύσπνοια και πυρετό, σπανιότερα αιμόπτυση
- οξεία πνευμονική καρδιά
 - απότομη εμφάνιση δύσπνοιας που καταλήγει σε εικόνα καταπληξίας
- ηλεκτροκαρδιογράφημα
 - καμιά μεταβολή δεν είναι ειδική
 - φευγαλέες και σπάνια υπάρχουν όλες μαζί
- ακτινογραφία θώρακος
 - συνήθως φυσιολογική
 - υπερδιαύγηση, ατελεκτασία
- εξετάσεις αίματος
 - LDH και λευκοκυττάρωση με πολυμορφοπυρήνωση
- **σπινθηρογράφημα των πνευμόνων**
 - έλλειμμα διάχυσης
 - επιβεβαιώνεται από πνευμονική αγγειογραφία (αν υπάρχει ευχέρεια)



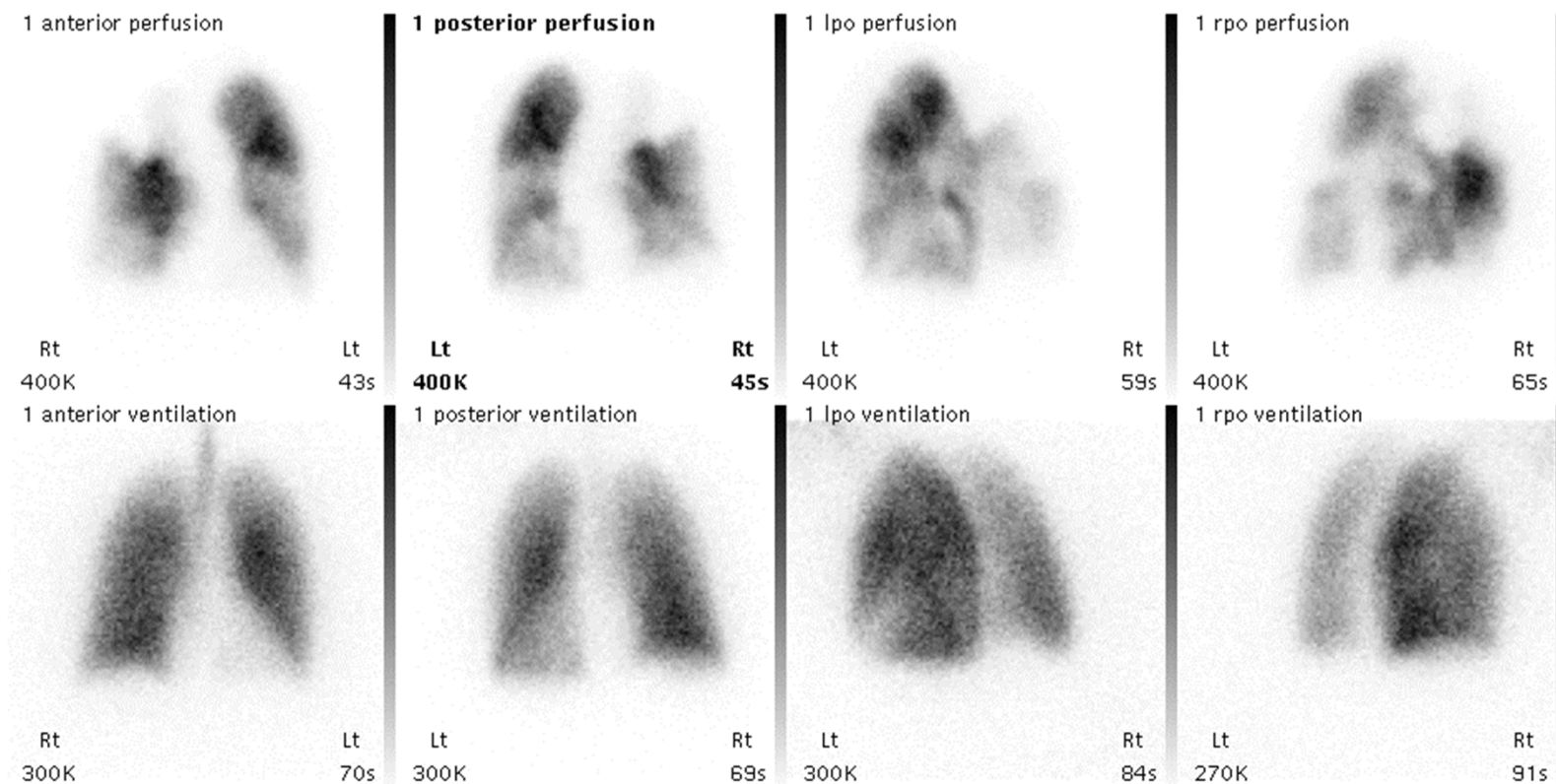
Πνευμονική Εμβολή



Φυσιολογική έγχυση (πάνω) και αερισμός (κάτω) των πνευμόνων



Πνευμονική Εμβολή



Μεγάλη πιθανότητα πνευμονικής εμβολής: Το σπινθηρογράφημα αποκαλύπτει πολλαπλές περιοχές με πρόβλημα στην έγχυση (πάνω) και στους δύο πνεύμονες με τον αερισμό (κάτω) σε κανονικά επίπεδα.



Πνευμονική Εμβολή



- **Θεραπεία**
 - συντηρητική
 - επαρκής αναλγησία
 - χορήγηση άφθονου οξυγόνου και υγρών
 - θρομβολυτική και αντιπηκτική αγωγή
 - σπάνια σήμερα χειρουργική εμβολεκτομή



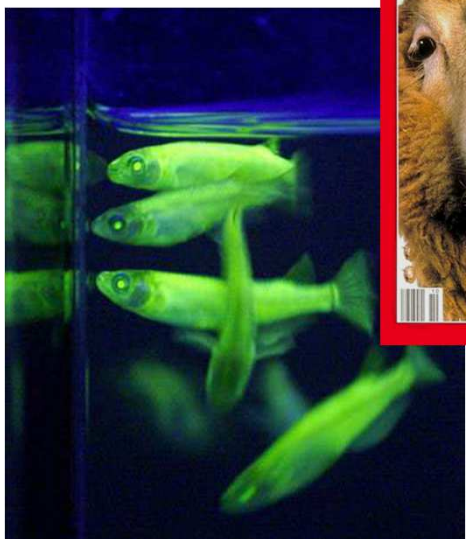
Η ιστορία του Ρ.Μ και της Π.Μ.

- Το σπινθηρογράφημα του Ρ.Μ. έδειξε μεγάλη πιθανότητα πνευμονικής εμβολής.
- Δόθηκε αμέσως στον ασθενή οξυγόνο, αναλγησία, ορός, ενδοφλέβια ηπαρίνη (θρομβολυτικό) και στην συνέχεια χάπια κουμαδίνης (αντιπηκτικό.)
- Μετά από 24 ώρες τα συμπτώματα είχαν υποχωρήσει τελείως και το σπινθηρογράφημα έδειξε πλήρη αποκατάσταση της λειτουργίας των πνευμόνων.
- Μετά από όλες αυτές τις περιπέτειες, η οικογένεια Μ. επέστρεψε στο σπίτι της για να ασχοληθούν με καριέρα, εγκυμοσύνη και τα νεύρα του Ρ.Μ.



Προσεχώς ...

Σενάρια Ιατρικής Φαντασίας... (4 διαλέξεις)



- Συνθετικοί ιστοί
- Γενετική
- Μεταλλάξεις
- Διαγονιδιακοί Οργανισμοί
- Γενετικά Τροποποιημένα Τρόφιμα
- Κλωνοποίηση

