

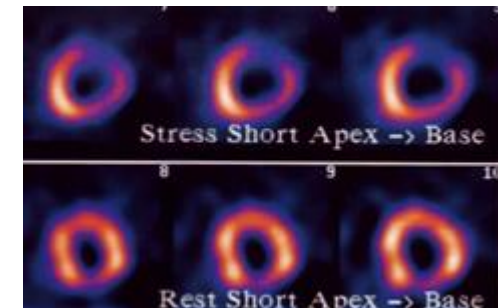
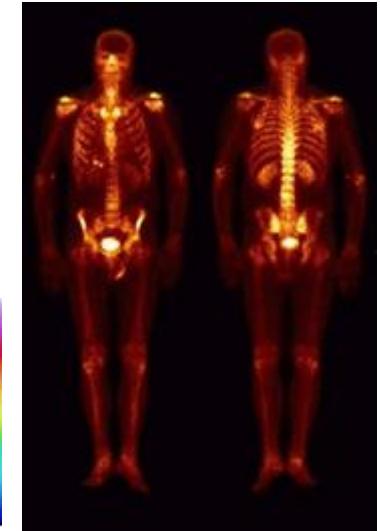
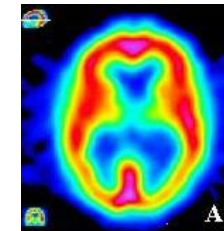
HMY 370

Εισαγωγή στη Βιοϊατρική Μηχανική

Πυρηνική Απεικόνιση



- **Ακόμα ένας τρόπος για να βλέπουμε μέσα στο ανθρώπινο σώμα**
 - Χρησιμοποιούνται ραδιενεργά στοιχεία (που παράγουν ακτίνες γ)
 - Φυσιολογία (λειτουργία) και λιγότερο ανατομία του σώματος
- **Απεικόνιση/Διάγνωση**
 - Τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων (Positron emission tomography) - ΤΕΠ
 - Τομογραφία μονοφωτονικής εκπομπής (Single photon emission computed tomography) - ΤΜΦΕ
 - Καρδιαγγειακή απεικόνιση
 - Απεικόνιση οστών
- **Θεραπεία**
 - Καρκίνος



Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων (ΤΕΠ)

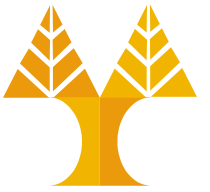


- **Διαδικασία**

- Σήμανση μιας ένωσης με ένα ραδιονουκλεΐδιο εκπομπής ποζιτρονίου → ραδιοφάρμακο
- Χορήγηση στον ασθενή
- Παρατήρηση της κατανομής του ραδιοφαρμάκου ως συνάρτηση του χώρου και του χρόνου
- Μοντελοποίηση των δεδομένων



Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων (ΤΕΠ)



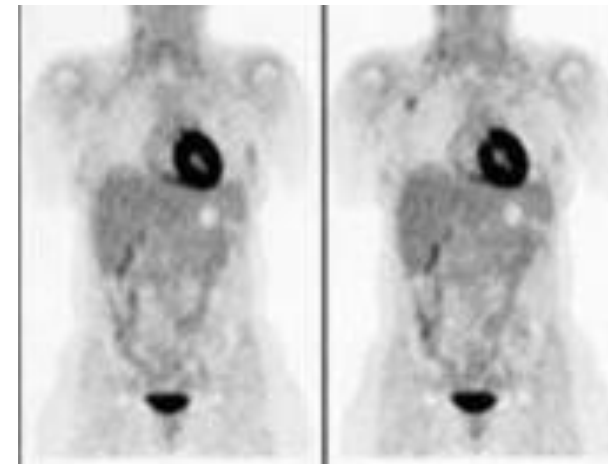
- **Εικόνες του σώματος**

- Ανιχνεύει την ακτινοβολία που εκπέμπεται από ραδιενεργές ουσίες (ραδιοφάρμακα)
- Μετρά τη συγκέντρωση του ραδιοφαρμάκου στους ιστούς
- Εκτίμηση της λειτουργίας των οργάνων χωρίς να απεικονίζει με ακρίβεια την ανατομία

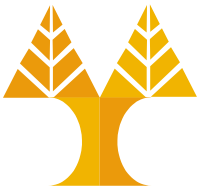


- **Ανιχνεύει ακτίνες γ**

- Εκπέμπονται όταν ένα ποζιτρόνιο που εκπέμπεται από τη ραδιενεργό ουσία συγκρούεται με ένα ηλεκτρόνιο στον ιστό



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
 - Απορροφούνται ή συσσωρεύονται στο όργανο που μελετάται



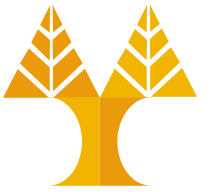
- **Χορηγείται μέσω έγχυσης ή εισπνοής**

- **Εκτίμηση της λειτουργίας ή/και κατάστασης του ιστού**

- Ανώμαλα υψηλή ή χαμηλή λήψη σε κάποιο ιστό

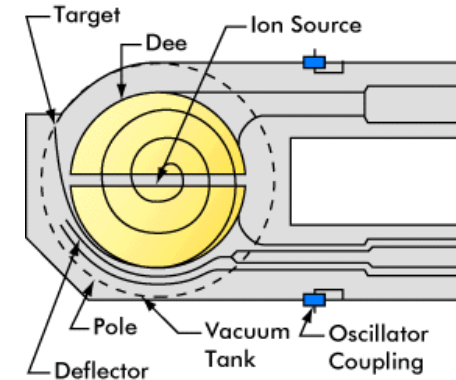


Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων (ΤΕΠ)



• Ραδιονουκλείδια εκπομπής ποζιτρονίου

- Παράγονται βομβαρδίζοντας κανονικές χημικές ουσίες με νετρόνια
 - Επιταχυντής σωματιδίων (cyclotron)
- Ψηλής ενέργειας ακτινοβολία
- Βραχύβια ραδιενεργά ισότοπα με σύντομο χρόνο υποδιπλασιασμού
 - + Χορήγηση μεγάλων δόσεων με μικρή έκθεση σε ακτινοβολία
 - Διεξαγωγή επαναλαμβανόμενων μελετών
 - Χρειάζεται επιταχυντής κοντά στο νοσοκομείο
 - Εξοπλισμός, πυρηνικοί φυσικοί, ραδιοφαρμακοποιοί, τεχνικοί



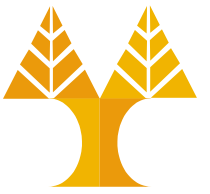
• Ραδιονουκλείδια ΤΕΠ

- C-11, N-13, O-15, και F-18
- Περιέχονται σχεδόν σε όλες τις ενώσεις στο σώμα
- Μελέτη της μοίρας αυτών των ενώσεων υπό φυσιολογικές ή μη συνθήκες



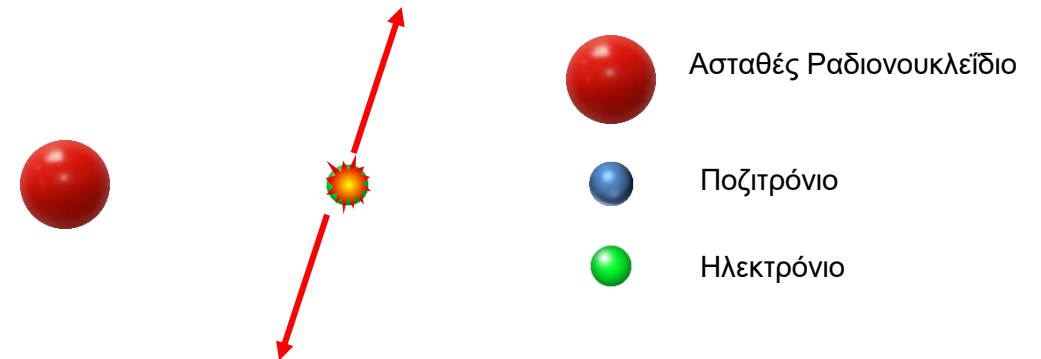
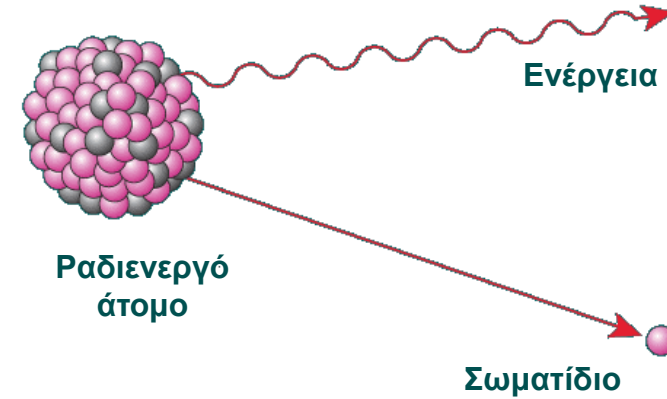
χρόνος υποδιπλασιασμού = χρόνος μέχρι τον οποίο θα έχει μείνει το μισό προϊόν

Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων (ΤΕΠ)

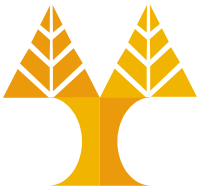


- Τα ραδιονουκλεΐδια διασπώνται

- Μειώνουν το υπερβολικό φορτίο του πυρήνα
- Ουδετεροποίηση ενός θετικού φορτίου με το αρνητικό φορτίο ενός ηλεκτρονίου
- Εκπομπή ενός ποζιτρονίου από τον πυρήνα
 - Συνδυάζεται με ηλεκτρόνιο και εξαϋλώνονται
 - Μετατρέπονται σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία γ
 - Δύο φωτόνια υψηλής ενέργειας που εκπέμπονται 180 μοίρες



Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων (ΤΕΠ)

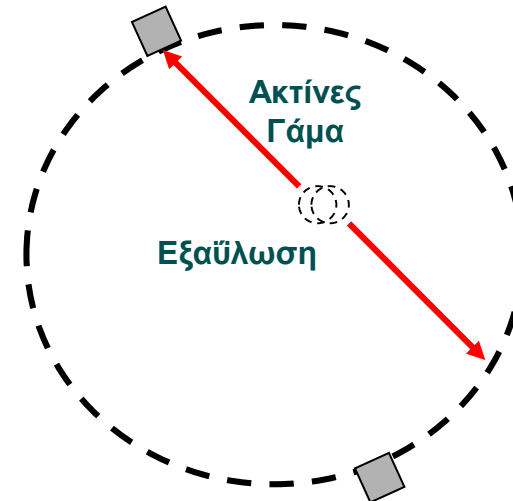
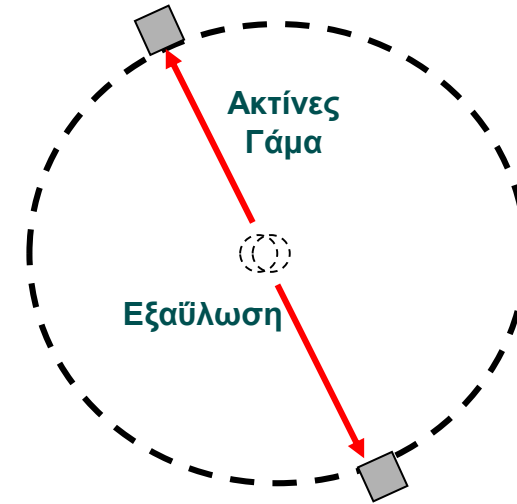


- **Εντοπισμός θέσης εξαΰλωσης με ταυτόχρονη ανίχνευση**

- Ανιχνευτές σε αντίθετες πλευρές
- Μόνο ένας ανιχνευτής λαμβάνει φωτόνιο → το σήμα αγνοείται
- Ταυτόχρονη λήψη φωτονίων → θέση της εξαΰλωσης πάνω ή γύρω από τη γραμμή → ακριβής εντοπισμός

- **Ανακατασκευή τρισδιάστατης εικόνας**

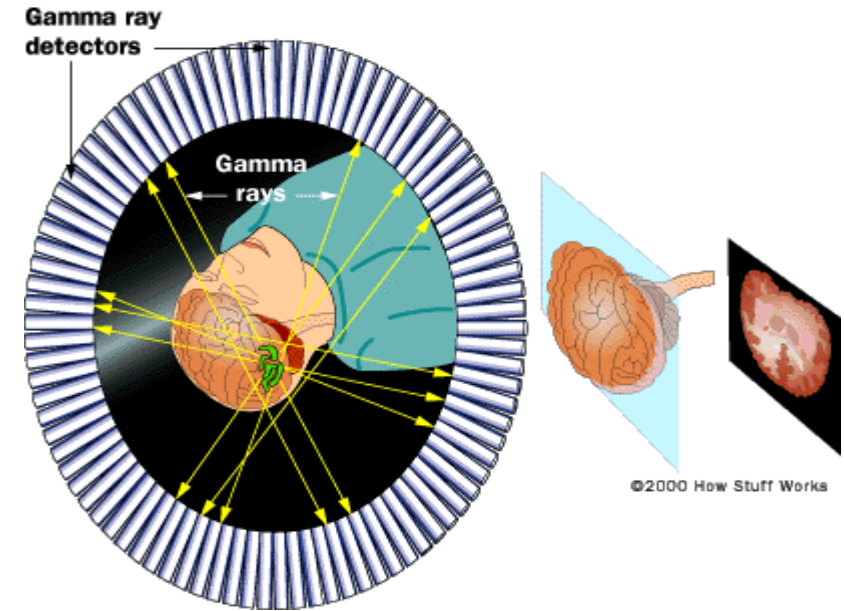
- Χρησιμοποιεί τις πληροφορίες από πολλαπλά συμβάντα ταυτόχρονης εξαΰλωσης



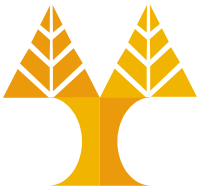
Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων (ΤΕΠ)



- Κυκλική σειρά ανιχνευτών ακτινών γ
- Επεξεργασία από υπολογιστή
- Διαδικασία επαναλαμβάνεται για πολλές τομές
 - Τρισδιάστατη αναπαράσταση του σώματος

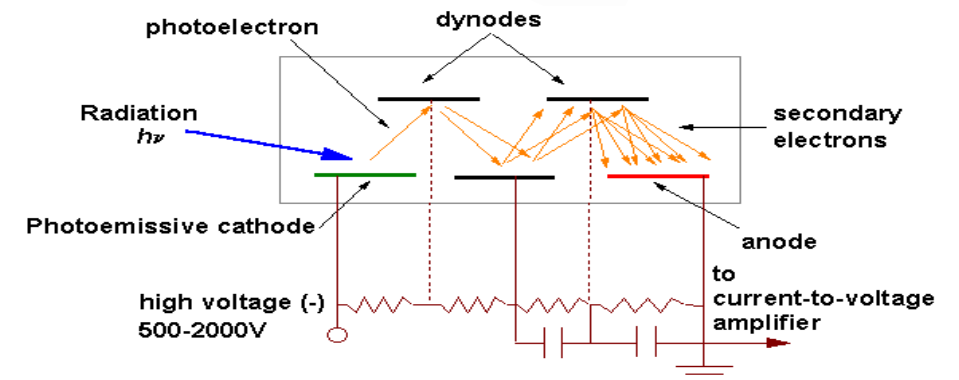
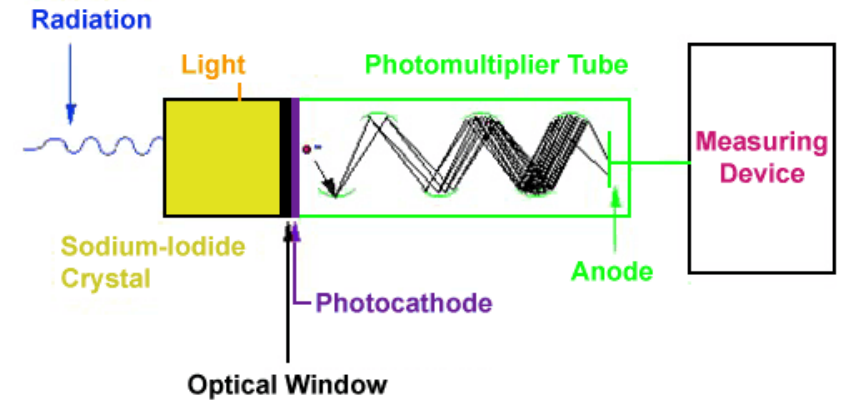


Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων (ΤΕΠ)

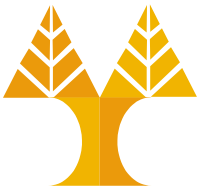


• Ανιχνευτές ακτινών γ

- Σπινθηροβόλοι κρύσταλλοι
 - ακτίνες $\gamma \rightarrow$ φως
- Φωτοπολλαπλασιαστικοί σωλήνες $\rightarrow$ Μετατρέπουν τα φωτόνια σε ηλεκτρικά σήματα και τα ενισχύουν
 - Φωτοκάθοδος
 - Φωτόνια προσπίπτουν στην κάθοδο και απελευθερώνουν ηλεκτρόνια (πολύ μικρό σήμα)
 - Μια σειρά από δύνοδοι (dynodes)
 - Τα ηλεκτρόνια επιταχύνονται από μια σειρά ηλεκτροδίων
 - Επιπρόσθετα ηλεκτρόνια απελευθερώνονται
 - $\rightarrow 10^5 - 10^7$ ηλεκτρόνια για κάθε φωτόνιο
 - Άνοδος
 - Συλλέγει το ενισχυμένο σήμα όπου μπορεί να μετρηθεί.



Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων (ΤΕΠ)



- **Δυνατότητα αξιολόγησης βιοχημικών αλλαγών στο σώμα**

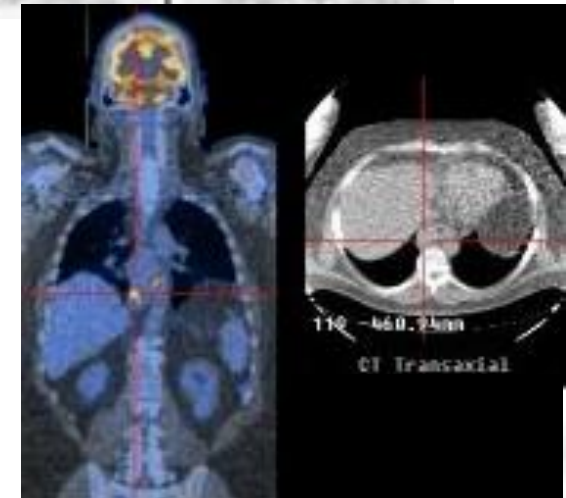
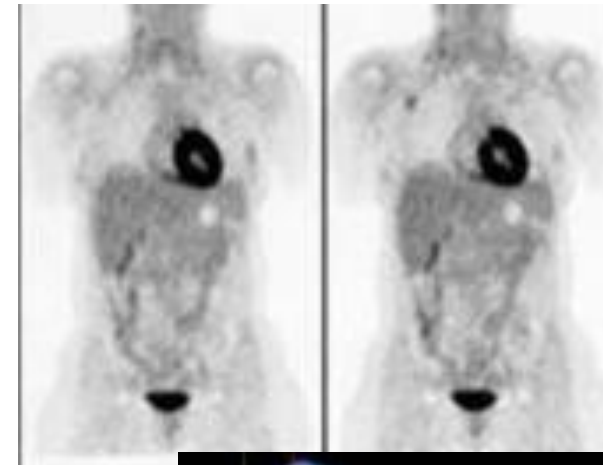
- Ανιχνεύει περιοχές με βιοχημικές ανωμαλίες
 - π.χ. στον καρκίνο
- Μοντελοποιεί βιολογικές και φυσιολογικές λειτουργίες

- **Εφαρμογές**

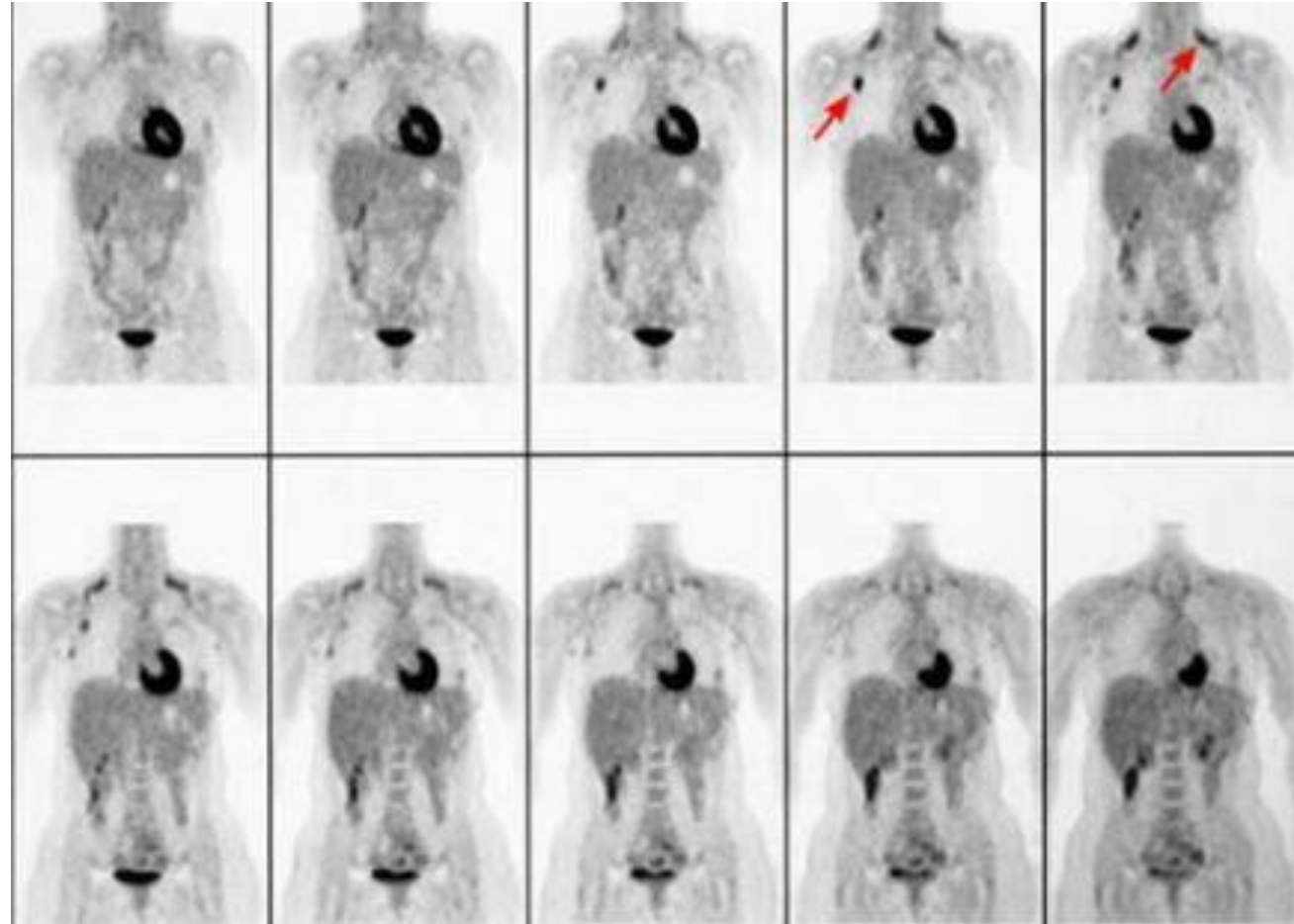
- Νευρολογικές ασθένειες
 - Εγκεφαλικά επεισόδια
 - Επιληψία
 - Εγκεφαλικοί όγκοι
- Φαρμακοκινητική και φαρμακοδυναμική
- Λυμφογενείς μεταστάσεις
- Άλλοι όγκοι

- **Βελτιωμένος ανατομικός εντοπισμός**

- Αποτύπωση σε εικόνες AT ή MT

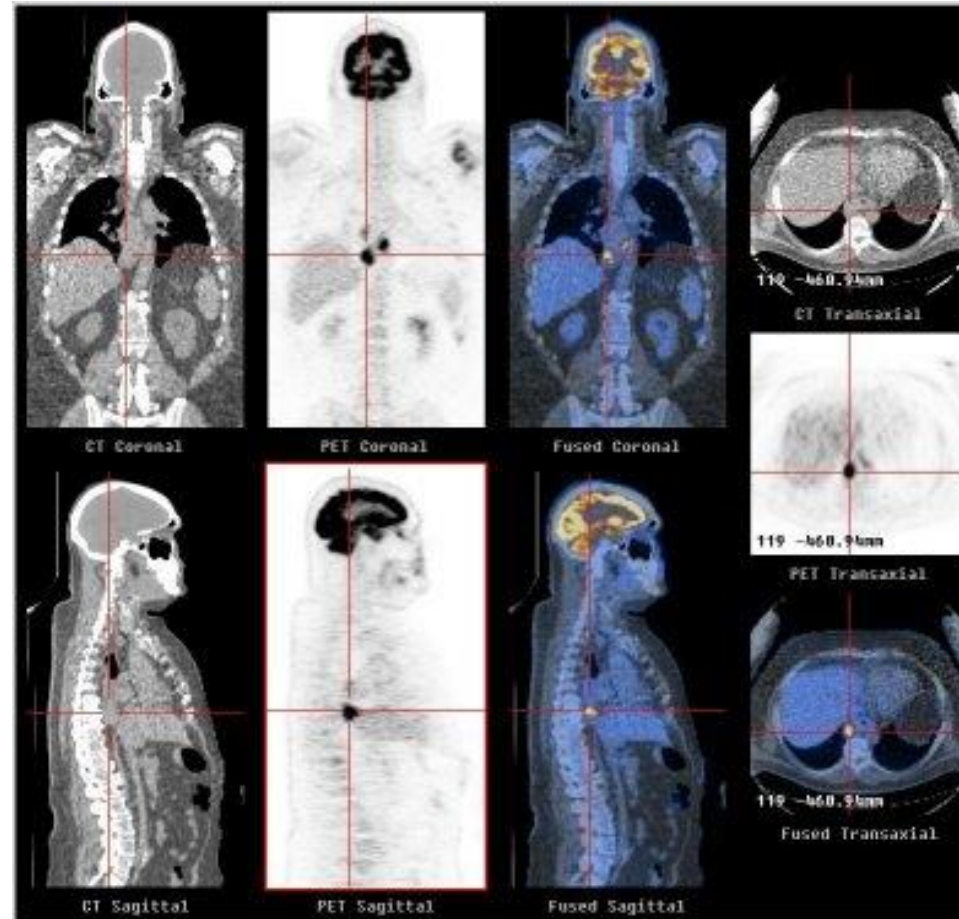
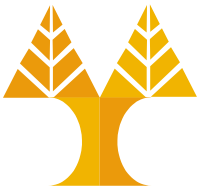


Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων (ΤΕΠ)



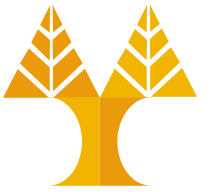
55χρονη γυναίκα με διαγνωσμένο καρκίνο των πνευμόνων μετά από δύο κύκλους χημειοθεραπείας και ένα κύκλο ραδιοθεραπείας. Η ΤΕΠ αποκαλύπτει υποτροπή με επανεμφάνιση του καρκίνου σε διάφορα σημεία των πνευμόνων και στους λεμφαδένες του σβέρκου.

Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων (ΤΕΠ)



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)



- **Εικόνες του σώματος**

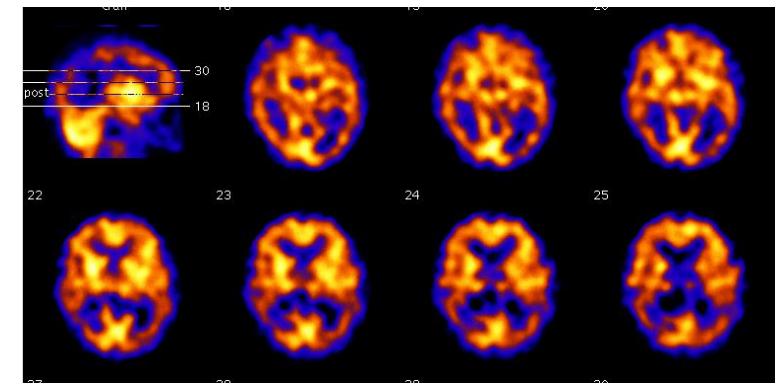
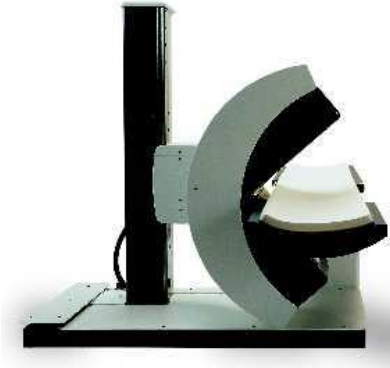
- Όπως και η ΤΕΠ, ανιχνεύει την ακτινοβολία που εκπέμπεται από ραδιενεργές ουσίες (ραδιοφάρμακα)
- Πληροφορίες για τη ροή του αίματος και την κατανομή ραδιενεργών στοιχείων στο σώμα

- **Ανιχνεύει ακτίνες γ**

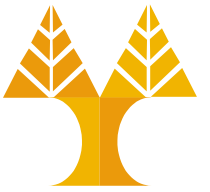
- Τα ραδιοφάρμακα παίρνουν ένα ηλεκτρόνιο και εκπέμπουν ένα φωτόνιο γ (αντί ποζιτρόνιο → δυο φωτόνια)
- Υποδεέστερη ευκρίνεια από ΤΕΠ

- **Ραδιενεργά στοιχεία**

- Ξένον-133, τεχνητίο-99, ιώδιο-123
- Μεγαλύτεροι χρόνοι διάσπασης
- Πιο προσιτά
- Δεν είναι απαραίτητο να βρίσκονται κοντά σε έναν επιταχυντή σωματιδίων



Τομογραφία Μονοφωτονικής Εκπομπής (ΤΜΦΕ)

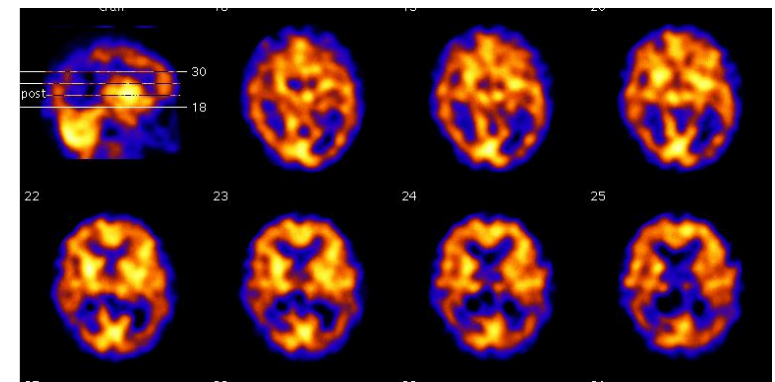
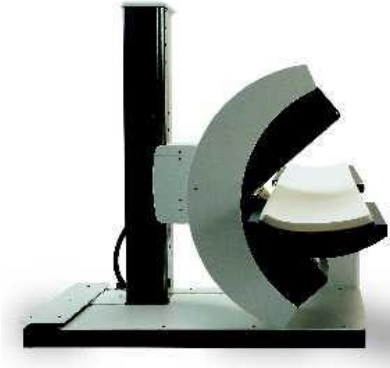


- **Τρισδιάστατη απεικόνιση**

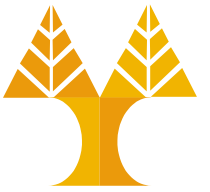
- Ποιοτική και ποσοτική εικόνα της κατανομής των ραδιοανιχνευτών
- Περιστροφή μέχρι τριών κάμερων γ γύρω από έναν ασθενή
- Στοχεύει συνήθως σε ένα ιδιαίτερο όργανο

- **Εφαρμογές**

- Καρδιακές παθήσεις
- Διάγνωση και σταδιοποίηση του καρκίνου
- Ασθένειες πνευμόνων, εγκεφάλου και συκωτιού

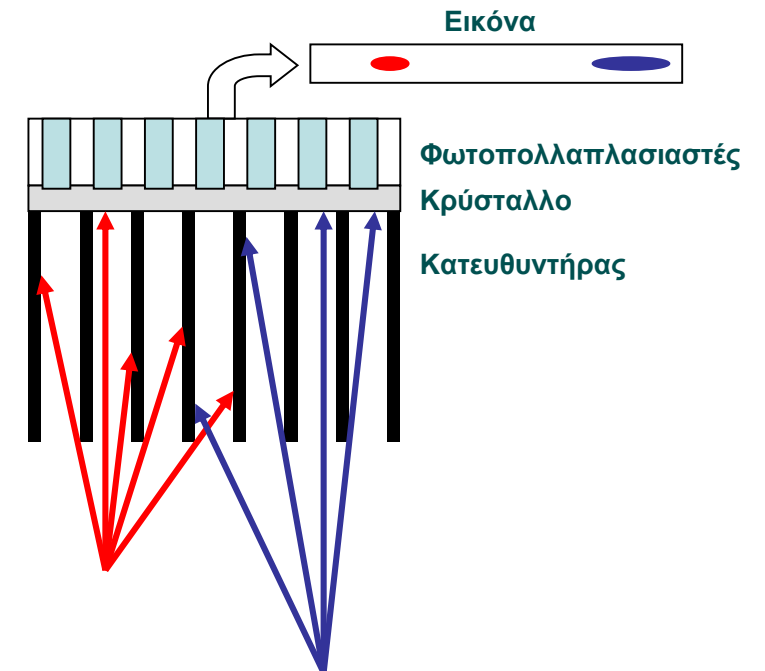
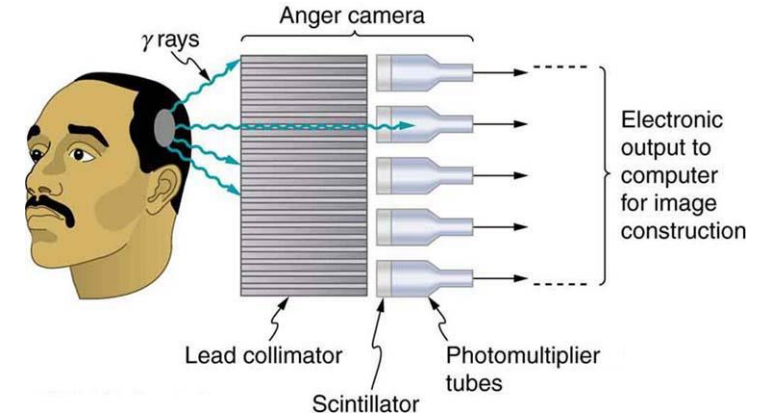


Τομογραφία Μονοφωτονικής Εκπομπής (ΤΜΦΕ)

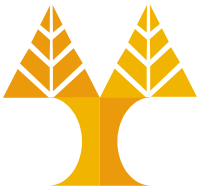


- Προσδιορισμός της θέσης από την οποία προέρχονται τα φωτόνια → κάμερα Anger

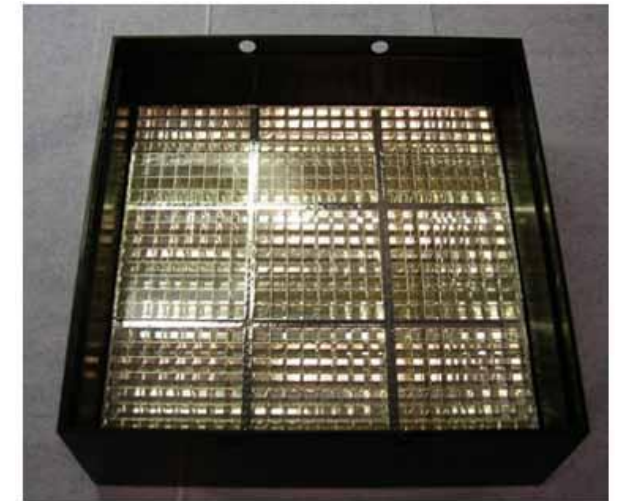
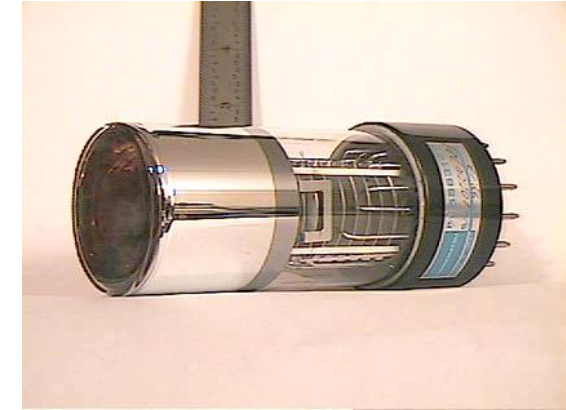
- Ευθυγράμμιση των ακτίνων γ πριν από την είσοδο τους στη κάμερα
- Κατευθυντήρες
 - Χιλιάδες τετράγωνά, στρογγυλά ή εξαγωνικά παράλληλα κανάλια από μόλυβδο
 - 4 έως 5 cm διάμετρος και 20 έως 40 cm μήκος
 - Μόνο μέσω τους επιτρέπεται οι ακτίνες γ να περάσουν και να φτάσουν τους φωτοπολλαπλασιαστές
- Μέγεθος
 - Ολόκληρα όργανα έως και ολόκληρο το σώμα
 - Πολύ βαριά κατασκευή
 - 20 κιλά (χαμηλής ενέργειας) μέχρι και πάνω από 100 κιλά (ψηλής ενέργειας)



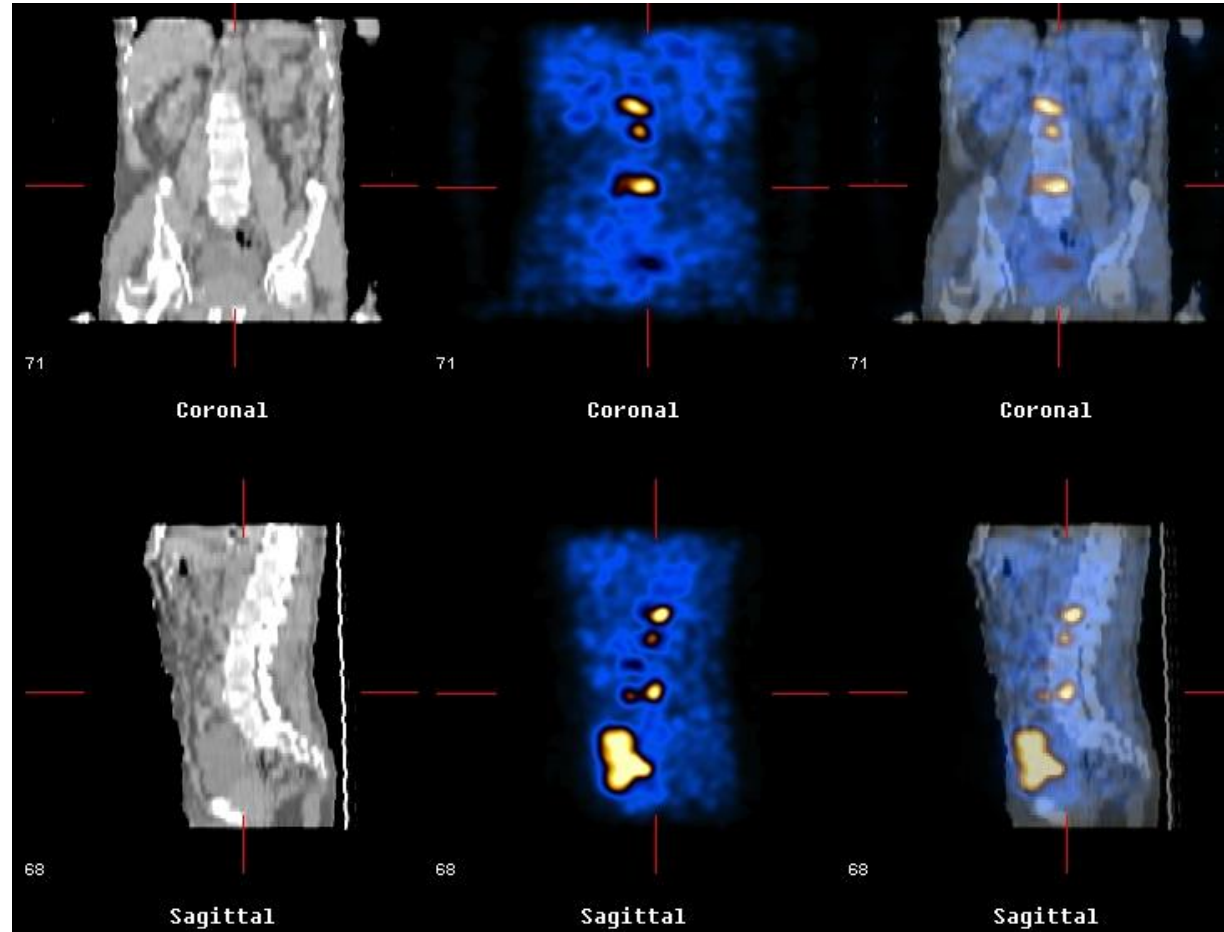
Τομογραφία Μονοφωτονικής Εκπομπής (ΤΜΦΕ)



- Πλέγμα φωτοπολλαπλασιαστικών (φωτοευαίσθητων) σωλήνων
 - Φωτόνια γ
 - Απορροφούνται και αλληλεπιδρούν με τον κρύσταλλο
 - Παράγουν φως
 - Τα φωτόνια μετατρέπονται σε ηλεκτρικά σήματα και ενισχύονται
- **Ανάλυση των σημάτων**

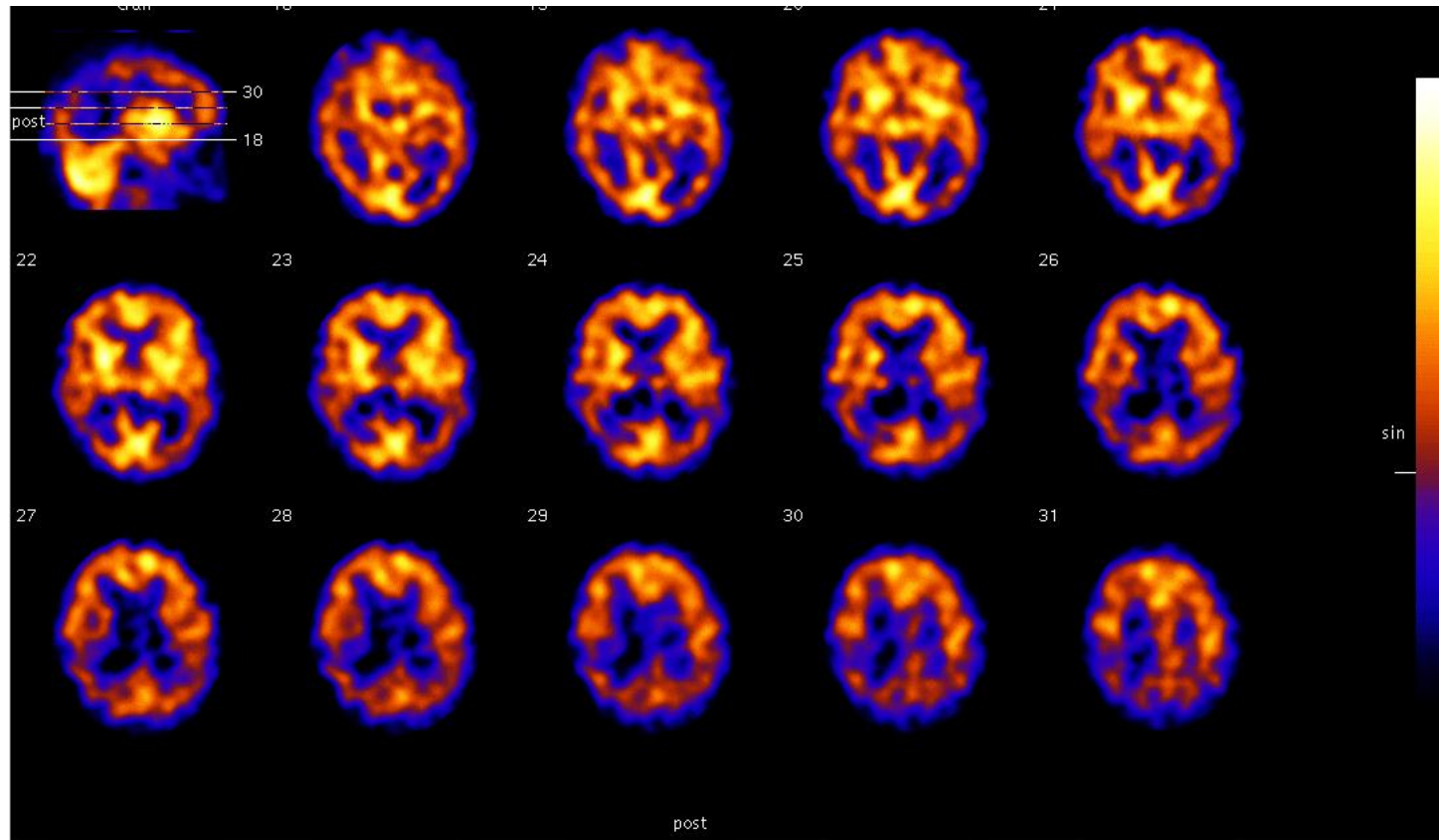
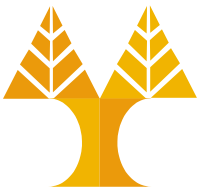


Τομογραφία Μονοφωτονικής Εκπομπής (ΤΜΦΕ)



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



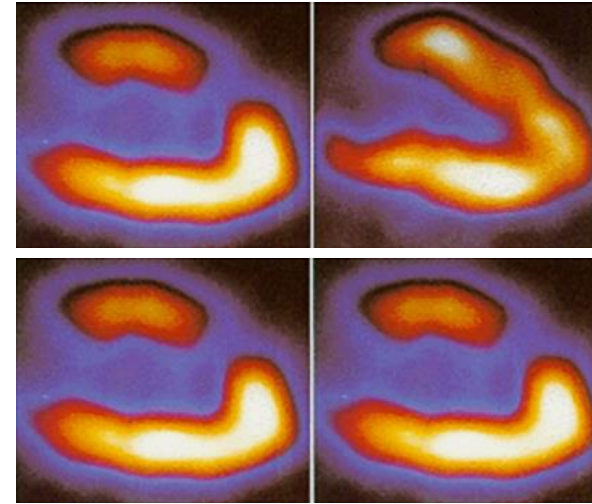
- **Σπινθηρογράφημα μυοκαρδίου**
 - Μελέτη της αιμάτωσης του μυοκαρδίου
 - Έμμεσα συμπεράσματα για τα στεφανιαία αγγεία
- **Δοκιμασία κόπωσης**
 - Κλασσική τεχνική (κυλιόμενος τάπητας)
 - Φάρμακα (ειδικοί λόγοι)
- **Μετά το πέρας της άσκησης**
 - Ενδοφλεβίως μικρή ποσότητα ραδιενεργού ουσίας (θάλλιο 201 ή τεχνήτιο)
 - Κρεβάτι με μια γ-κάμερα
 - 1 έως 3 κεφαλές περιστρέφονται γύρω από το θώρακα
 - Μετρά σπινθηρισμούς (εκπομπές ακτινών γ) από την καρδιά
 - Δημιουργεί εικόνες της καρδιάς
- **4-24 ώρες μετά την κόπωση**
 - Δεύτερη σειρά εικόνων
 - Δείχνει την αιμάτωση της καρδιάς σε ηρεμία





- **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 ανατρέψιμο	Στένωση ή απόφραξη των στεφανιαίων αρτηριών
με έλλειμμα	με έλλειμμα	Σταθερό	Νέκρωση (παλαιό έμφραγμα)



- **Σάρωση οστών**

- Ανιχνεύει ραδιενεργό στοιχείο που συλλέγεται στους ιστούς των οστών

- **Περιοχές**

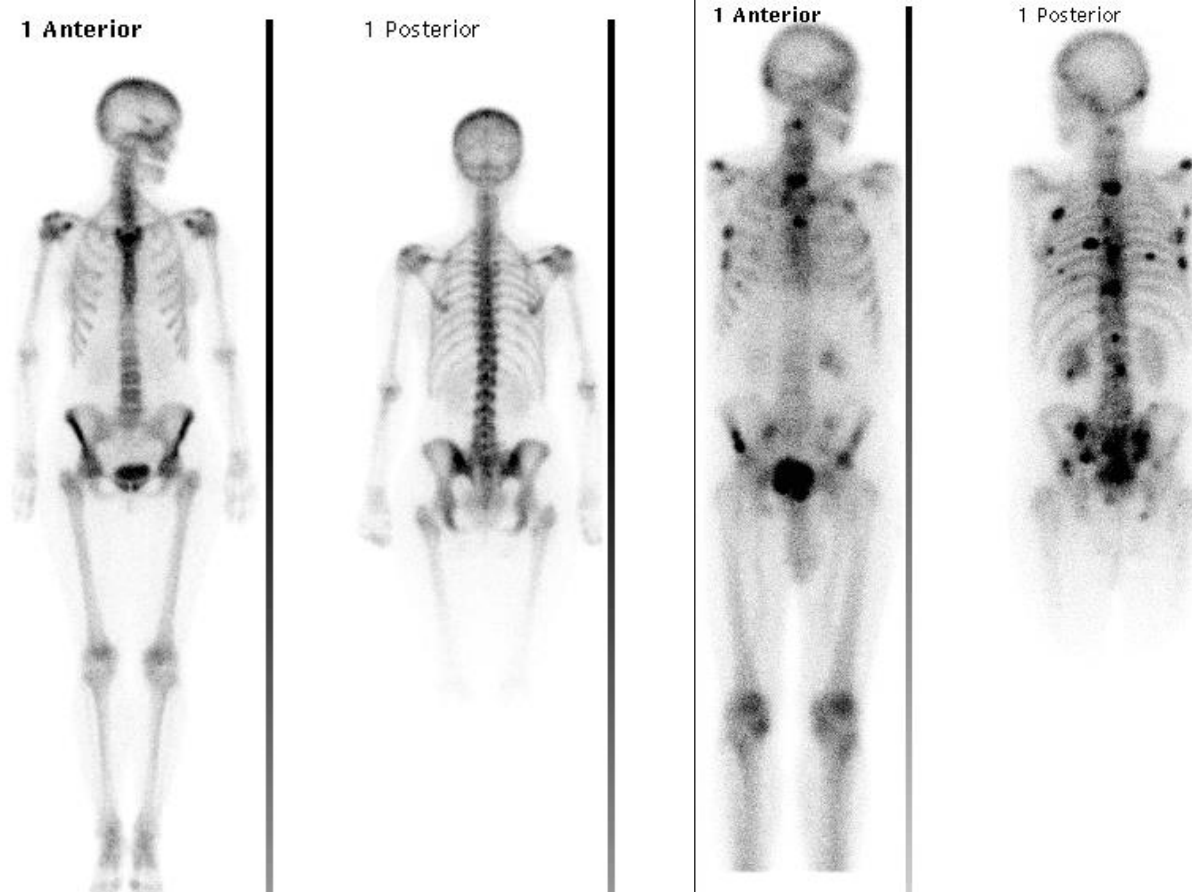
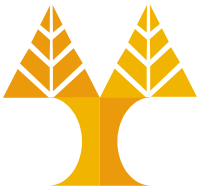
- Ψηλής μεταβολικής δραστηριότητας ("φωτεινά σημεία")
- Χαμηλής δραστηριότητας ("σκοτεινά σημεία")

- **Ανίχνευση όγκων**

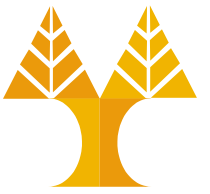
- Ψηλή μεταβολική δραστηριότητα



Απεικόνιση Οστών



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.)



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.



- **Ραδιοφάρμακα**
 - Θεραπεία ορισμένων ασθενειών
- **Θυρεοειδής Αδένας**
 - Εκκρίνει ορμόνες που ελέγχουν τον μεταβολισμό
- **Υπερθυρεοειδισμός**
 - Ο θυρεοειδής αδένας εκκρίνει περισσότερες ορμόνες από το φυσιολογικό
 - Διάφοροι λόγοι συμπεριλαμβανομένου και καρκίνου του αδένα
 - Προσβάλλει συχνότερα γυναίκες
 - Μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς κανένα σύμπτωμα ή ελαφρά συμπτώματα
 - Δεν γίνονται εύκολα αντιληπτά από τον ασθενή και το γιατρό
- **Κλινικές εκδηλώσεις**
 - Ανάλογα με τη βαρύτητα και τη διάρκεια





• Υπερθυρεοειδισμός

- Νευρικότητα
- 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)





• 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

