



Ιατρική Σχολή
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας



ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΚΤΙΝΟΦΥΣΙΚΗΣ:

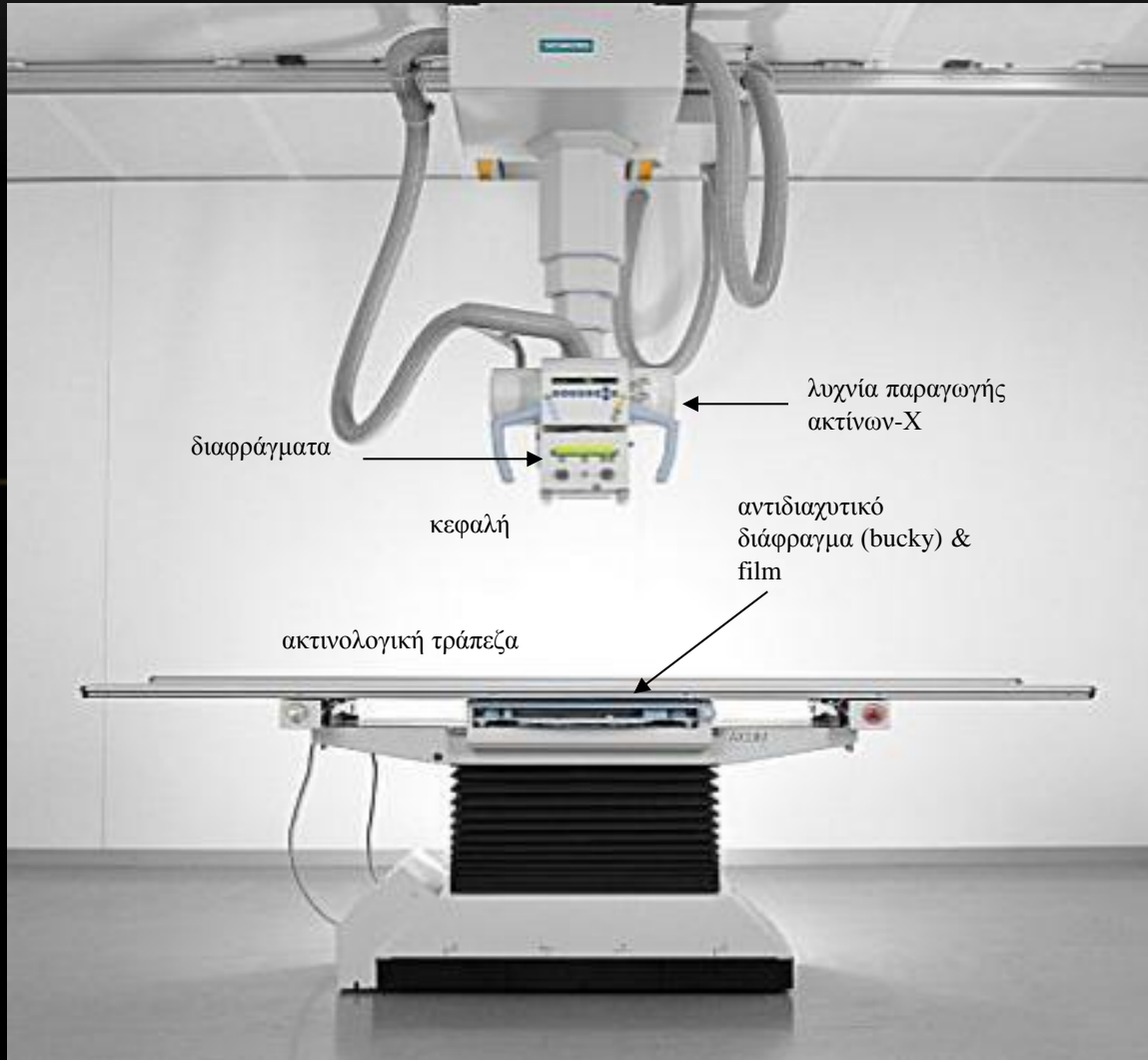
ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ (X-RAY), ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ (CT), ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ
ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ (MRI)

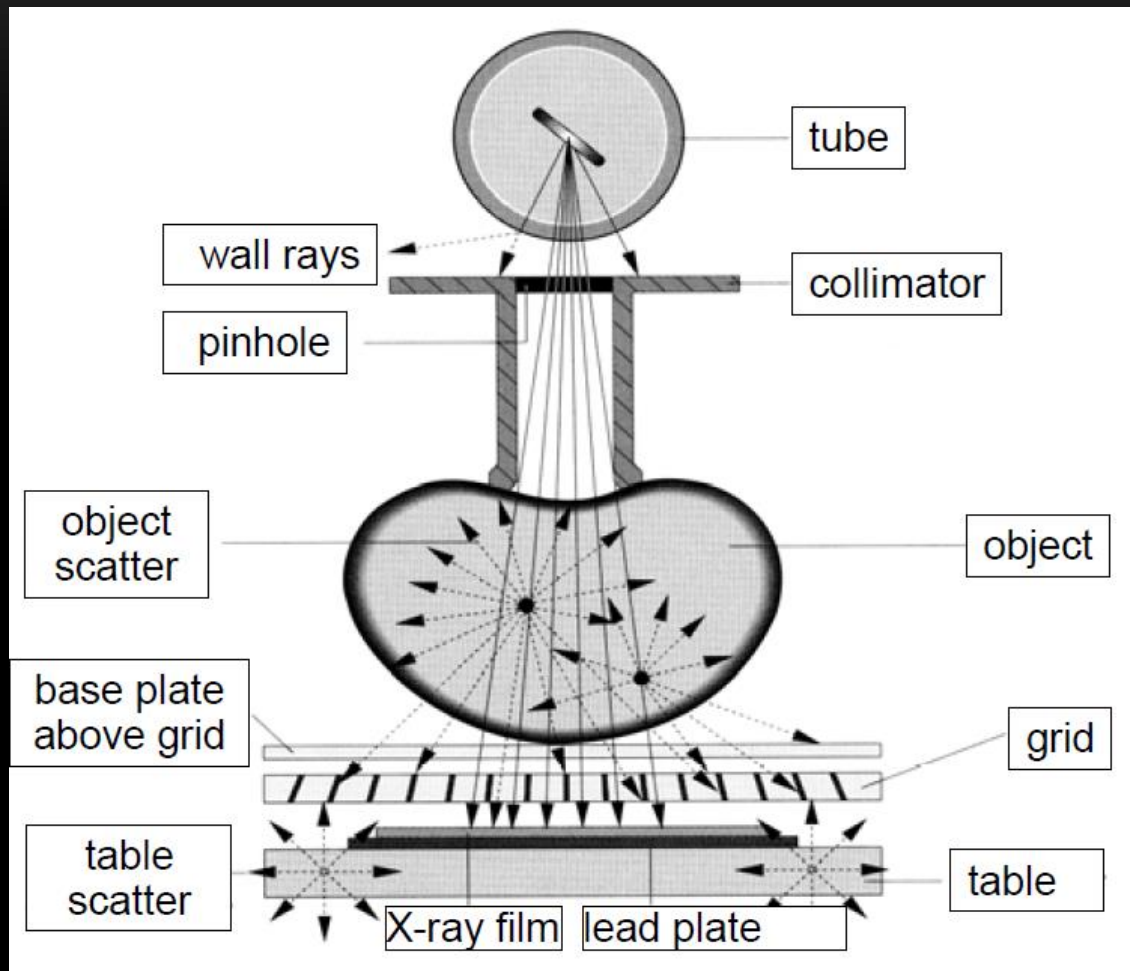
Ιωάννης Τσούγκος

Επίκουρος Καθηγητής Ακτινοφυσικής
Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας,
Κέντρο Νευροεπιστημών, King's College London



Ακτινολογικό μηχάνημα





Κεφαλή

Λυχνία παραγωγής ακτίνων-Χ

Η παραγωγή ακτίνων-Χ βασίζεται στην ακτινοβολία πέδης.

Ηλεκτρόνια επιταχύνονται από την κάθοδο και προσκρούουν στην άνοδο (εστία) όπου παράγονται φωτόνια λόγω πέδης.

Παράλληλα εκπέμπεται χαρακτηριστική ακτινοβολία του υλικού της εστίας (συνήθως βολφράμιο)

Κιβώτιο διαφραγμάτων

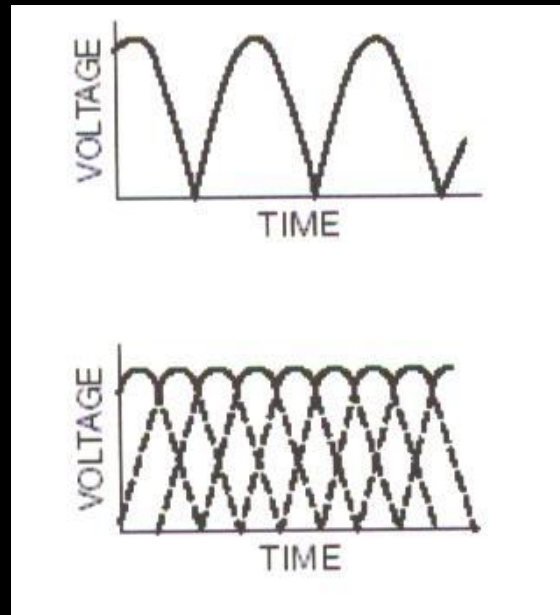
Ζεύγη οριζόντιων και κάθετων μολύβδινων πλακιδίων. Περιορίζουν το πεδίο της ακτινοβολίας στο επιθυμητό μέγεθος.

Με τη βοήθεια ισχυρού λαμπτήρα και ρυθμισμένου κατόπτρου επιτυγχάνεται η φωτεινή προβολή του πεδίου της ακτινοβολίας



Γεννήτρια υψηλής τάσης

Για την παραγωγή ακτινοβολίας απαιτείται τάση μεταξύ καθόδου-ανόδου της τάξης των χιλιάδων Volt. Για την ενίσχυση της παρεχόμενης από τη ΔΕΗ τάσης (220 V) αλλά και τη μετατροπή της από εναλλασσόμενη σε συνεχή, χρησιμοποιούνται κατάλληλες γεννήτριες. Στα σύγχρονα συστήματα οι γεννήτριες είναι τριφασικές, 6 ή 12 παλμών



Εξεταστική τράπεζα

Η εξεταστική τράπεζα είναι κατασκευασμένη από υλικά που προκαλούν όσο το δυνατό χαμηλότερη εξασθένιση της ακτινοβολίας.

Η τράπεζα μπορεί να μετακινηθεί κατά ύψος, παράλληλα και κάθετα ώστε να εξασφαλιστεί η κατάλληλη τοποθέτηση του ασθενή για την εξέταση.

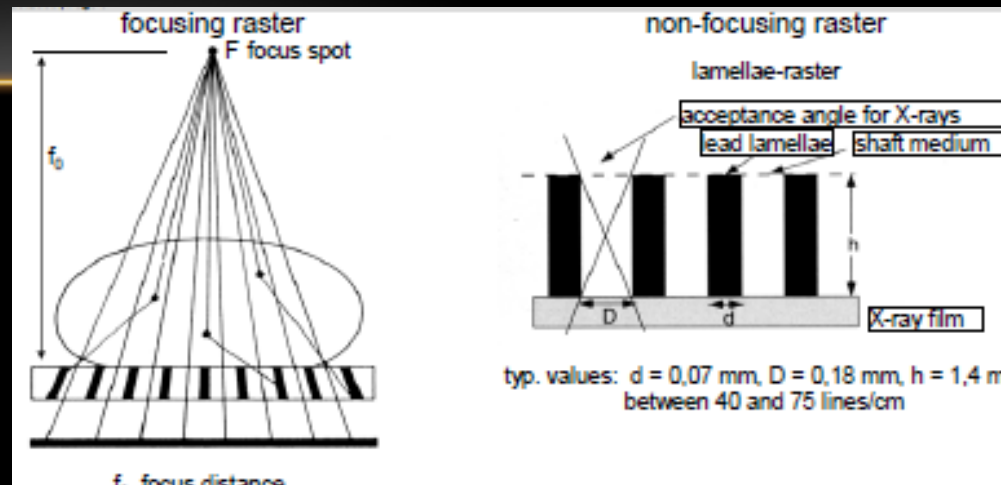
Στο κάτω μέρος της τράπεζας βρίσκεται η διάταξη που δέχεται το ακτινολογικό film και το αντιδιαχυτικό διάφραγμα (bucky)

Αντιδιαχυτικό διάφραγμα (bucky)

Το ιδανικό στον σχηματισμό της εικόνας είναι να συμμετέχουν ακτίνες-X (φωτόνια) που ΔΕΝ αλληλεπίδρασαν με τον ασθενή.

Επειδή σκεδασμένα φωτόνια υπάρχουν πάντα, χρησιμοποιείται το αντιδιαχυτικό διάφραγμα για να τα εμποδίσει να προσβάλουν το film και να υποβαθμίσουν την ποιότητα της εικόνας

Αποτελούνται από λωρίδες μολύβδου σε διάφορες διατάξεις (παράλληλες, εστιασμένες, διασταυρωμένες) ανάλογα το είδος της εξέτασης



Το bucky χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που το ακτινογραφούμενο τμήμα του ασθενή έχει πάχος μεγαλύτερο από 10 cm και η υψηλή τάση είναι μεγαλύτερη από 60 kV

Χειριστήριο



Επιλογή

kV: ενέργεια ακτίνων-Χ
(δυσμετρητικότητα ακτινοβολίας)

mA: ρεύμα ηλεκτρονίων στη λυχνία
παραγωγής

msec: χρόνος ακτινοβολίας

Το γινόμενο **mAs** είναι ενδεικτικό
της ποσότητας της ακτινοβολίας
που εκπέμπεται

Ρύθμιση kV

Η ενέργεια της δέσμης των ακτίνων-Χ, δηλαδή η διεισδυτική της ικανότητα, εξαρτάται από τη ρύθμιση των kV

Συνεπώς όσο πιο παχύς είναι ο ασθενής τόσο πιο μεγάλη τιμή kV_p επιλέγουμε με σκοπό τα φωτόνια να έχουν ικανή ενέργεια ώστε να διαπεράσουν τον ασθενή και να προσπέσουν στο ακτινολογικό film.

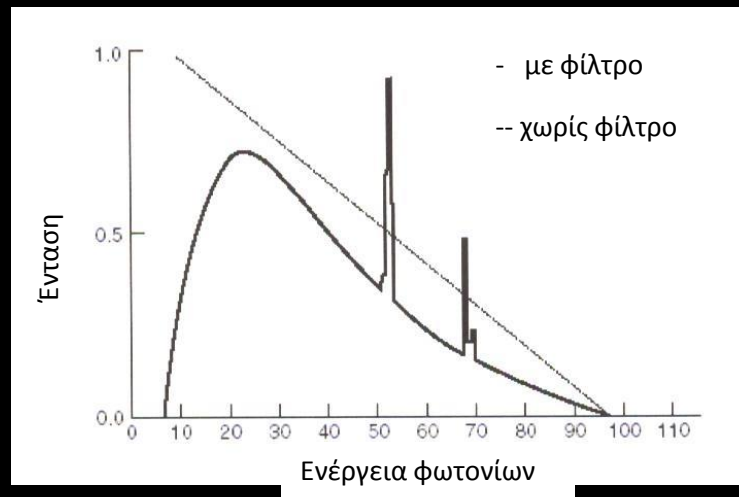
Η ακτινολογική λυχνία εκπέμπει φωτόνια με συνεχές φάσμα ενεργειών. Με την επιλογή των kV_p ουσιαστικά ορίζουμε τη μέγιστη τιμή της ενέργειας του φάσματος των φωτονίων.

Φίλτρο

Με την επιλογή των kVp ουσιαστικά ορίζουμε τη μέγιστη τιμή της ενέργειας του φάσματος των φωτονίων.

Καθώς τα φωτόνια χαμηλής ενέργειας απορροφούνται από το σώμα του ασθενούς (αυξάνοντας έτσι τη δόση που δέχεται), δεν συνεισφέρουν στην εικόνα.

Για την εξάλειψη αυτών των φωτονίων, τοποθετούνται στην έξοδο της λυχνίας, ειδικά φίλτρα από αλουμίνιο τα οποία τα απορροφούν χωρίς να επηρεάζουν τα φωτόνια υψηλής ενέργειας.



Ρύθμιση mA, sec, mAs

mA

Σαν μέγεθος είναι ενδεικτικό του ρυθμού παραγωγής φωτονίων (φωτόνια/sec) στην άνοδο της λυχνίας

Sec

Χρόνος ακτινοβολήσης

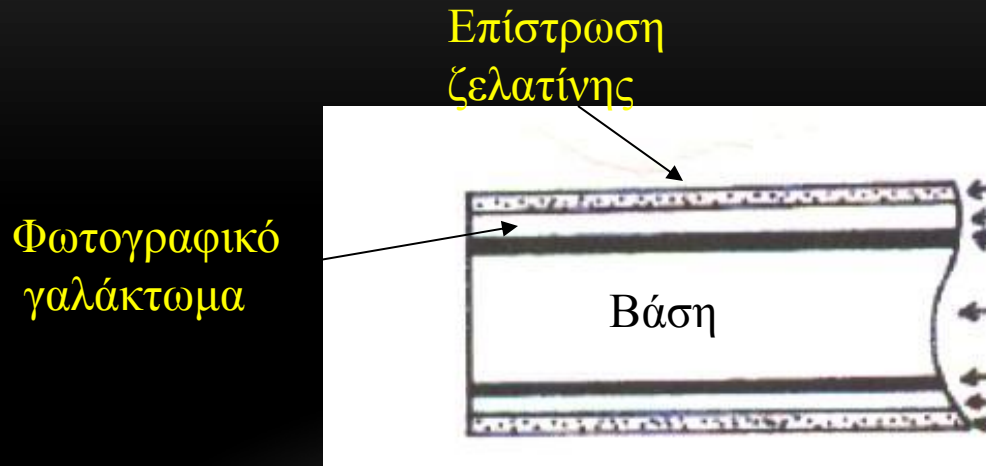
Ο χρόνος να είναι όσο το δυνατό **μικρότερος** ώστε να αποφευχθεί η **ασάφεια** που προκαλείται στην εικόνα λόγω της **κίνησης** του ασθενούς ή της κίνησης των ανατομικών δομών που απεικονίζουμε (π.χ. καρδιά, πνεύμονες)

mAs

Το γινόμενο του ρεύματος επί τον χρόνο ονομάζεται **έκθεση** και είναι ενδεικτικό του **πλήθους** των φωτονίων που δημιουργήθηκαν στην κάθοδο.

Τα mAs καθορίζουν την **αμαύρωση** που θα προκληθεί στο ακτινολογικό film. Δηλαδή, όσο πιο πολλά φωτόνια (μεγάλα mAs) προσπέσουν στο film τόσο μεγαλύτερη αμαύρωση θα προκληθεί

Ακτινογραφικό film



Αποτελείται από μια συνθετική **βάση**, πάχους 0.1 mm, σχεδόν **διάφανη** στο ορατό φως.

Στις δυο πλευρές της (ή μόνο στη μια) είναι ομοιόμορφα κατανεμημένο το **φωτογραφικό γαλάκτωμα** (πάχους 0.01 mm). Το ενεργό συστατικό του γαλακτώματος είναι οι **κόκκοι AgBr και AgI** οι οποίοι είναι **ευαίσθητοι στο ορατό φως** και **λιγότερο ευαίσθητοι στην ακτινοβολία**.

Η βάση και το φωτογραφικό γαλάκτωμα περιβάλλονται από **μια προστατευτική επίστρωση ζελατίνης** για λόγους μηχανικής αντοχής και ευκαμψίας. Το όλο σύστημα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο **διάφανο** στο ορατό φως.

Σύστημα αυτόματου ελέγχου (ΑΕC)

Στα πιο σύγχρονα ακτινογραφικά μηχανήματα χρησιμοποιείται ως **χρονοδιακόπτης** ένας ή περισσότεροι παράλληλοι επίπεδοι θάλαμοι ιονισμού.

Οι θάλαμοι αυτοί είναι κατάλληλα τοποθετημένοι ώστε να **μετρούν την ποσότητα της ακτινοβολίας που προσπίπτει στο film** άρα και το **επίπεδο της αμαύρωσης που έχει προκληθεί**.

Όταν η **ποσότητα της ακτινοβολίας** (άρα και η αμαύρωση) πάρει την **επιθυμητή τιμή** τότε οι θάλαμοι δίνουν **εντολή διακοπής** της ακτινοβολήσης.

Η χρήση του συστήματος Α.Ε.С. εξασφαλίζει τη **σωστή αμαύρωση** του film καθώς αποφεύγεται η υπο/υπερ - έκθεση του

Ενισχυτική πινακίδα

Επειδή το film από μόνο του δεν είναι αρκετά ευαίσθητο στην ακτινοβολία-X, ο σχηματισμός ικανής εικόνας θα απαιτούσε μεγάλο αριθμό φωτονίων και κατά συνέπεια μεγάλη δόση στον ασθενή.

Το πρόβλημα αυτό παρακάμπτεται με τη χρήση ενισχυτικής πινακίδας.

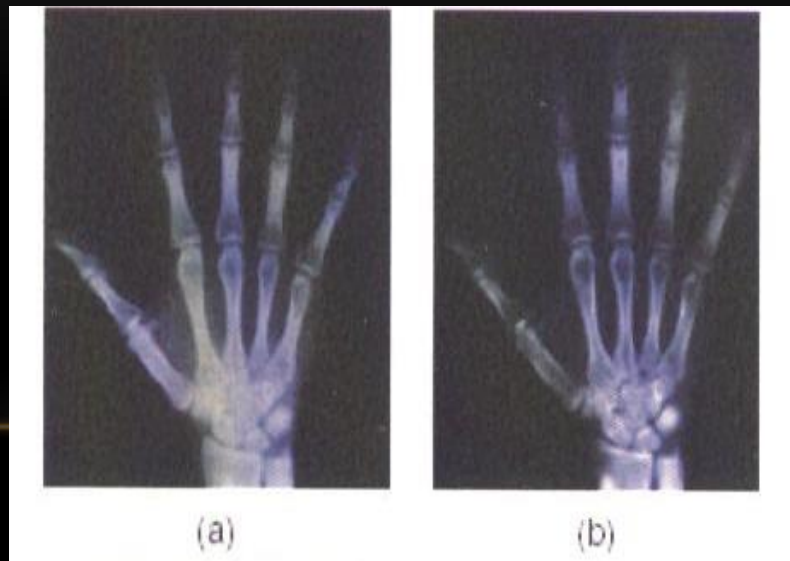
Η ενισχυτική πινακίδα τοποθετείται μεταξύ ασθενή και film (σε επαφή) και μετατρέπει την ενέργεια των φωτονίων που προσπίπτουν σε αυτή σε ορατό φως με το φαινόμενο του φθορισμού.

Το ορατό φως προσπίπτει στο film και μέσω φωτοχημικών αντιδράσεων σχηματίζεται η «λανθάνουσα» εικόνα (με τον όρο αυτό εννοούμε ότι η εικόνα δεν φαίνεται αποτυπωμένη στο film όμως η πληροφορία της έχει καταγραφεί σε αυτό).

Για λόγους μηχανικής αντοχής και φωτοστεγανότητας, το film και η ενισχυτική πινακίδα τοποθετούνται μέσα σε ειδική κασέτα.

Ενισχυτική πινακίδα

125 mAs



7 mAs

Χωρίς εν. πινακίδα

Με εν. πινακίδα

Οι εικόνες ελήφθησαν με τα ίδια kV

Στην (β) περίπτωση η δόση στον ασθενή είναι 18 φορές μικρότερη

Εμφάνιση

Η εμφάνιση του ακτινολογικού film είναι αντίστοιχη αυτής του φωτογραφικού.

Με χημικές διαδικασίες η λανθάνουσα εικόνα μετατρέπεται σε ορατή.

Οι περιοχές του film που ακτινοβολήθηκαν έχουν μαύρο χρώμα ενώ αυτές που δεν ακτινοβολήθηκαν λευκό.

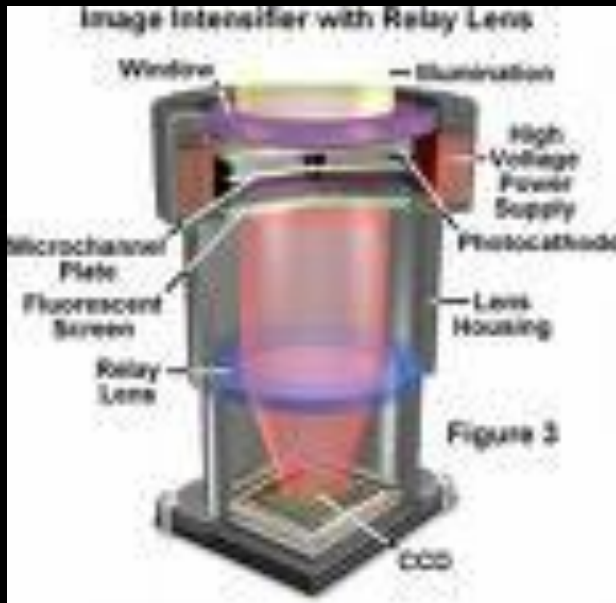
Προσοχή

Τα στοιχεία λειτουργίας του εμφανιστηρίου (θερμοκρασία, pH) πρέπει να είναι αυτά που ορίζει ο κατασκευαστής και οι κύλινδροι να διατηρούνται πάντα καθαροί.



ΑΚΤΙΝΟΣΚΟΠΗΣΗ

Στην ακτινοσκόπηση λαμβάνουμε την εικόνα σε οθόνη tv με τη βοήθεια του ενισχυτή εικόνας. Το ακτινοσκοπικό μηχάνημα είναι ίδιο με το κλασικό ακτινολογικό.



Ο ενισχυτής εικόνας μετατρέπει την ακτινολογική εικόνα σε εικόνα video

ΑΚΤΙΝΟΣΚΟΠΗΣΗ



Η ακτινοσκόπηση προσφέρει τη δυνατότητα παρατήρησης της κίνησης των οργάνων σε πραγματικό χρόνο και καθιστά δυνατή τη μελέτη δυναμικών λειτουργιών.

Η χρήση του ενισχυτή εικόνας προσφέρει τη δυνατότητα **μεγέθυνσης** των περιοχών ενδιαφέροντος.

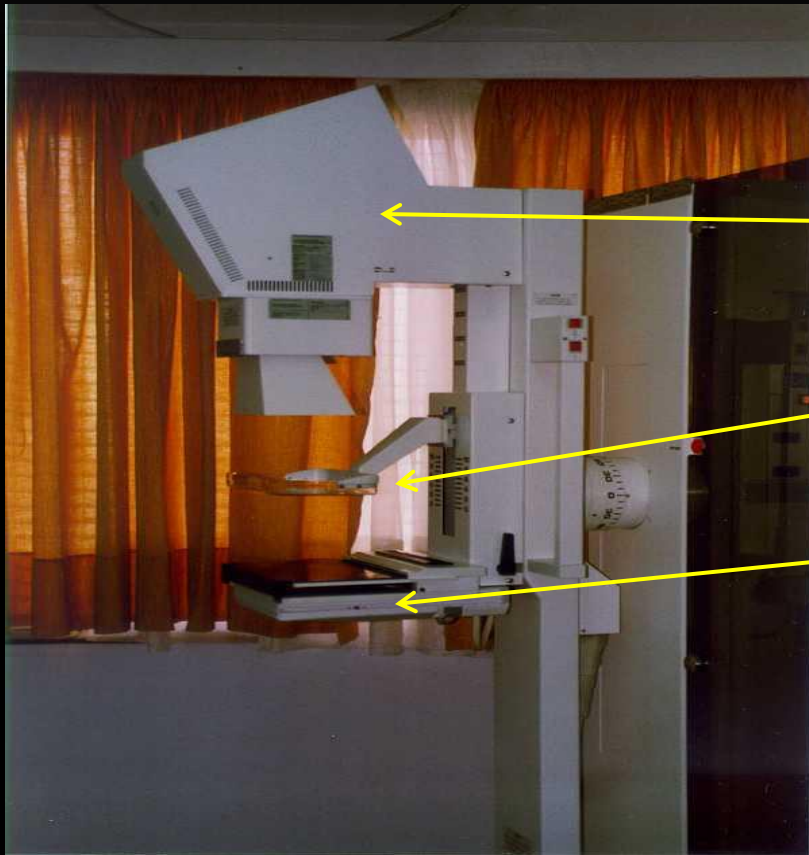
Αυτόματος έλεγχος φωτεινότητας

Ειδικό ηλεκτρονικό κύκλωμα που ελέγχει τη φωτεινότητα της εικόνας στην οθόνη.

Λειτουργεί ανάλογα με το πάχος και την ανατομία της εξεταζόμενης περιοχής.

Μεταβάλλει αυτόματα τα **kV** ή/και τα **mAs** ώστε να επιτύχει συγκεκριμένη τιμή φωτεινότητας.

Μαστογράφος



Λυχνία παραγωγής
ακτίνων-Χ

Πίεστρο μαστού

Θήκη κασέτας

Μαστογράφος

Άνοδος: Mo (μολυβδαίνιο) ή Rh (ρόδιο)

kV: 25-35 (χαμηλή ενέργεια – φωτοηλεκτρικό φαινόμενο)

Φίλτρα : Mo και Rh

Οι συνδυασμοί **ανόδου-φίλτρου** συμβολίζονται **Mo/Mo, Mo/Rh, Rh/Rh** και επηρεάζουν το φάσμα της δέσμης ακτίνων-Χ που εκπέμπεται.

Ανάλογα το πάχος και την πυκνότητα του μαστού επιλέγεται ο κατάλληλος συνδυασμός **ανόδου-φίλτρου**.

Mo/Mo	→	μέσος μαστός
Mo/Rh	→	πυκνός-παχύς μαστός
Rh/Rh	→	αρκετά πυκνός-παχύς μαστός

Μαστογράφος

Σύστημα αυτόματου ελέγχου έκθεσης (AEC)

Ρυθμίζει αυτόματα τα mAs (ή και τα kV) ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή τιμή αμαύρωσης στο film.

Προσφέρει:

Σταθερή ποιότητα εικόνας

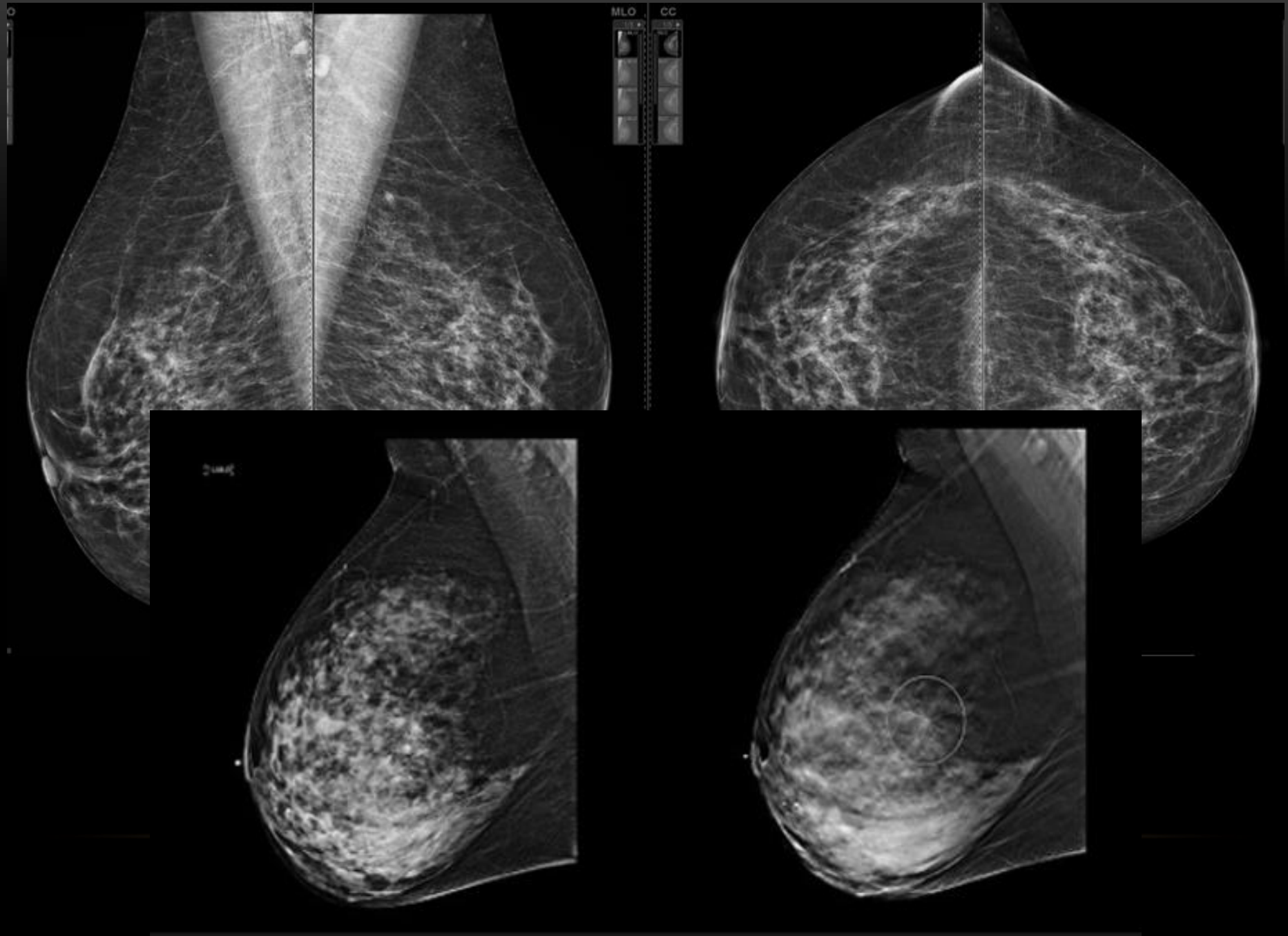
Αποφυγή επανάληψης της εξέτασης λόγω λανθασμένων στοιχείων (kV, mAs)

Μειωμένη δόση στην ασθενή

Εμφανιστήριο-κασέτες

Ιδιαίτερη προσοχή στην καθαριότητα των κυλίνδρων, των υγρών εμφάνισης και των κασετών.

Ακαθαρσίες στην επιφάνεια της κασέτας μπορεί να εμφανιστούν στο film σαν αποτιτανώσεις.



Ψηφιακός Μαστογράφος

2 τεχνολογίες ψηφιακής απεικόνισης



Έμμεση ψηφιοποίηση (CR) Ψηφιακή κασέτα

Ειδική διάταξη απορροφά την ορατή ακτινοβολία από την ενισχυτική πινακίδα . Η κασέτα τοποθετείται στον ψηφιοποιητή και η εικόνα ψηφιοποιείται.

Προβολή σε monitor
/εκτύπωση

Άμεση ψηφιοποίηση (DR)

Δεν χρησιμοποιείται κασέτα.

Η ακτινοβολία ανιχνεύεται από μήτρα ημιαγωγών και η εικόνα ψηφιοποιείται άμεσα.

Η ψηφιακή μαστογραφία προσφέρει καλή διακριτική ικανότητα, ανεξαρτησία από συνθήκες εμφάνισης-εμφανιστήριο-υγρά

Ψηφιακός αγγειογράφος



Ακτινοσκοπικό σύστημα με αναβαθμισμένες δυνατότητες

Παλμική ακτινοσκόπηση (παλμοί ακτινοβολίας / sec)

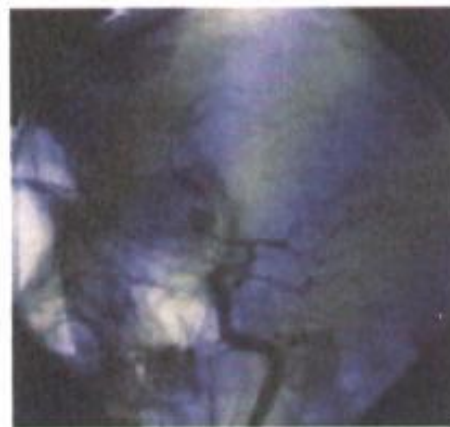
Καταγραφή cine (εικόνες / sec)

Ψηφιακή αφαίρεση υποβάθρου (DSA)

Ψηφιακός αγγειογράφος

Ψηφιακή αφαιρετική αγγειογραφία DSA

1. Λήψη εικόνας πριν τη χορήγηση σκιαγραφικής ουσίας στο αγγείο
2. Λήψη εικόνας μετά τη χορήγηση
3. Ψηφιακή αφαίρεση της εικόνας (1) από την εικόνα (2) προσφέρει μόνο την εικόνα του αγγείου



(a)



(b)



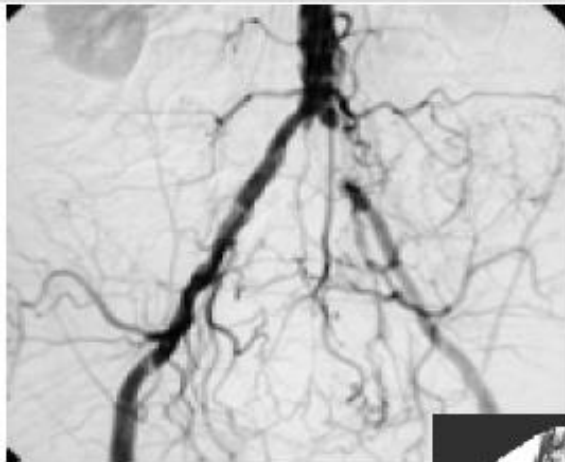
(c)



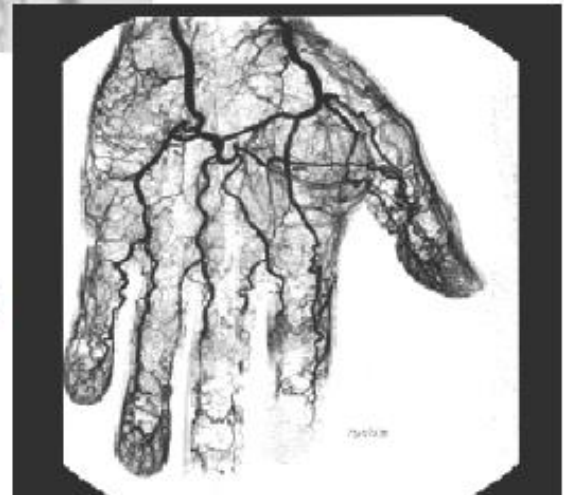
(d)



lung angiography



pelvis angiography



hand angiography (DSA)



ΑΞΟΝΙΚΟΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΣ

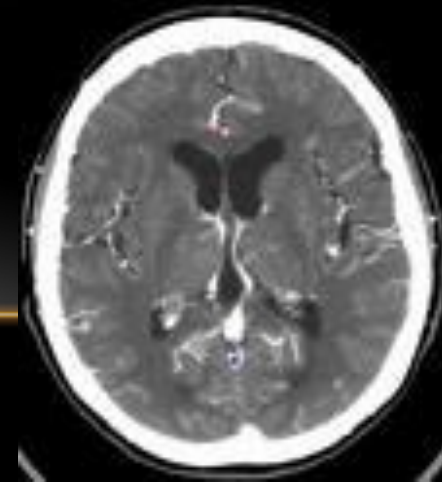
- ✓ Η τεχνολογία της Αξονικής Τομογραφίας κατέστη εφικτή από την ανοδική πορεία των ηλεκτρονικών υπολογιστών
- ✓ Οι εφευρέτες του Αξονικού Τομογράφου, G. Hounsfield και A. Cormack, τιμήθηκαν με το βραβείο Nobel το 1979.

Σήμερα...

- ✓ Διενεργούνται άνω των 100.000 αξονικών τομών / 1.000.000 πληθυσμού
- ✓ Ο Αξονικός Τομογράφος ευθύνεται για άνω του 65% της συνολικής δόσης ακτινοβολίας που δίδεται για ιατρική απεικόνιση.
- ✓ Νέες εφαρμογές σε πολυμορφικά συστήματα
 - ✓ PET/CT
 - ✓ MRI/CT
 - ✓ US/CT



Αξονική τομογραφία (CT)

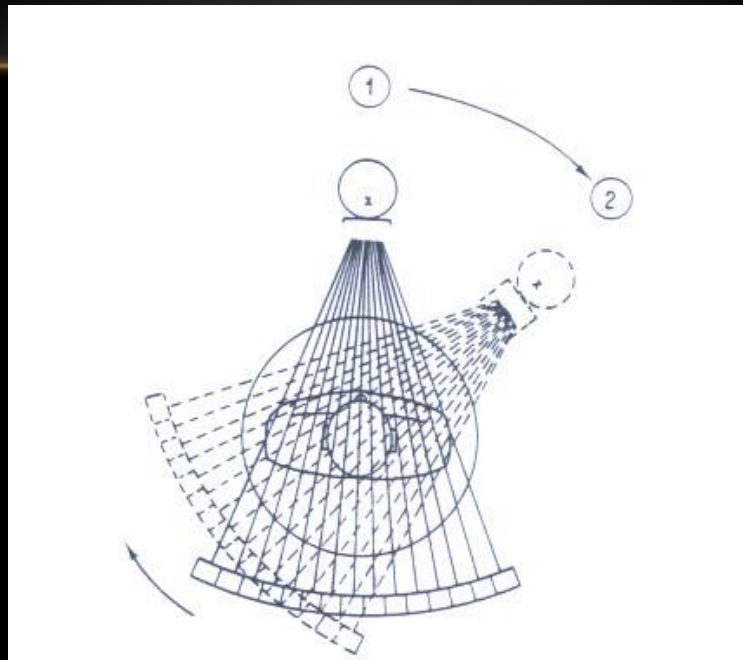


Η λειτουργία του CT βασίζεται στη μέτρηση των συντελεστών εξασθένισης (μ) των ιστών που διαπερνά η ακτινοβολία.

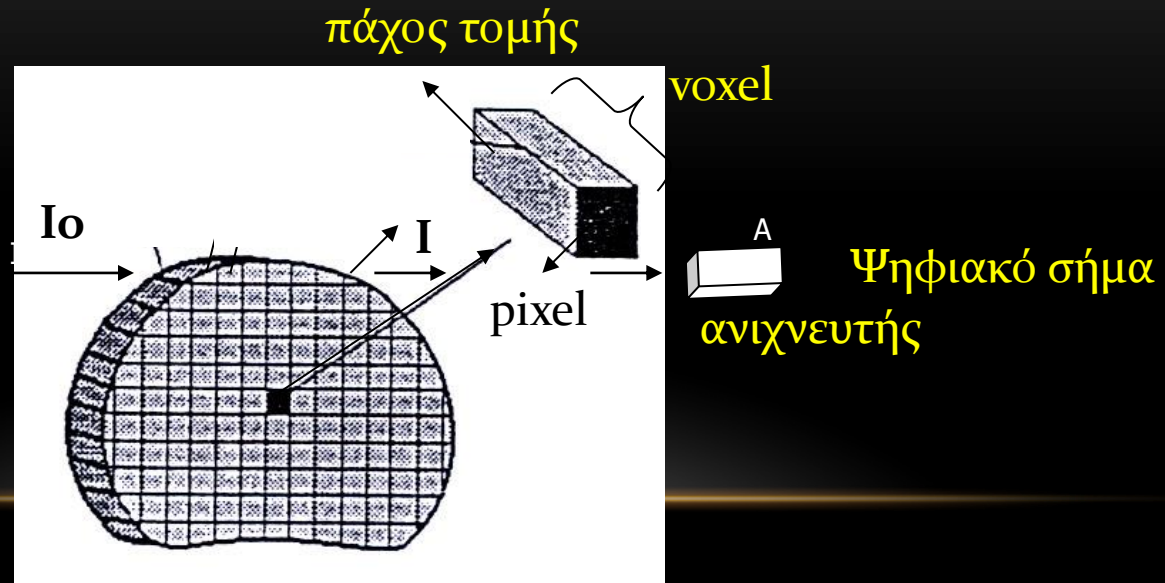
Η εικόνα σχηματίζεται από μαθηματική επεξεργασία σε υπολογιστές.

Αξονική τομογραφία (CT)

- Η λυχνία διαγράφοντας κύκλους εκπέμπει δέσμη ακτίνων-X η οποία αλληλεπιδρά με τον ασθενή
- Η εξερχόμενη από το σώμα του ασθενή ακτινοβολία, φιλτράρεται (θυμηθείτε το bucky στα ακτινολογικά) και ανιχνεύεται από ειδικούς ανιχνευτές



Αξονική τομογραφία (CT)



Η τομή χωρίζεται σε πλήθος ίσων **voxels**.

Το πάχος του voxel είναι το **πάχος της τομής**.

Η ακτινοβολία εισέρχεται στο σώμα με ένταση I_0 και εξέρχεται με ένταση I .

Από τη σχέση $I = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot x}$ υπολογίζεται η τιμή του μ για κάθε **voxel**.

Αξονική τομογραφία (CT)

Αριθμοί CT (ή HU)

Αφού βρεθεί ο συντελεστής εξασθένισης μ για όλα τα voxel, υπολογίζεται ο αριθμός CT από τη σχέση:

$$\text{Αριθμός CT} = 1000 \frac{\mu_{\text{voxel}} - \mu_{\text{νερού}}}{\mu_{\text{νερού}}}$$

Αν το **voxel** περιέχει :

νερό τότε ο αριθμός CT του θα είναι **0**.

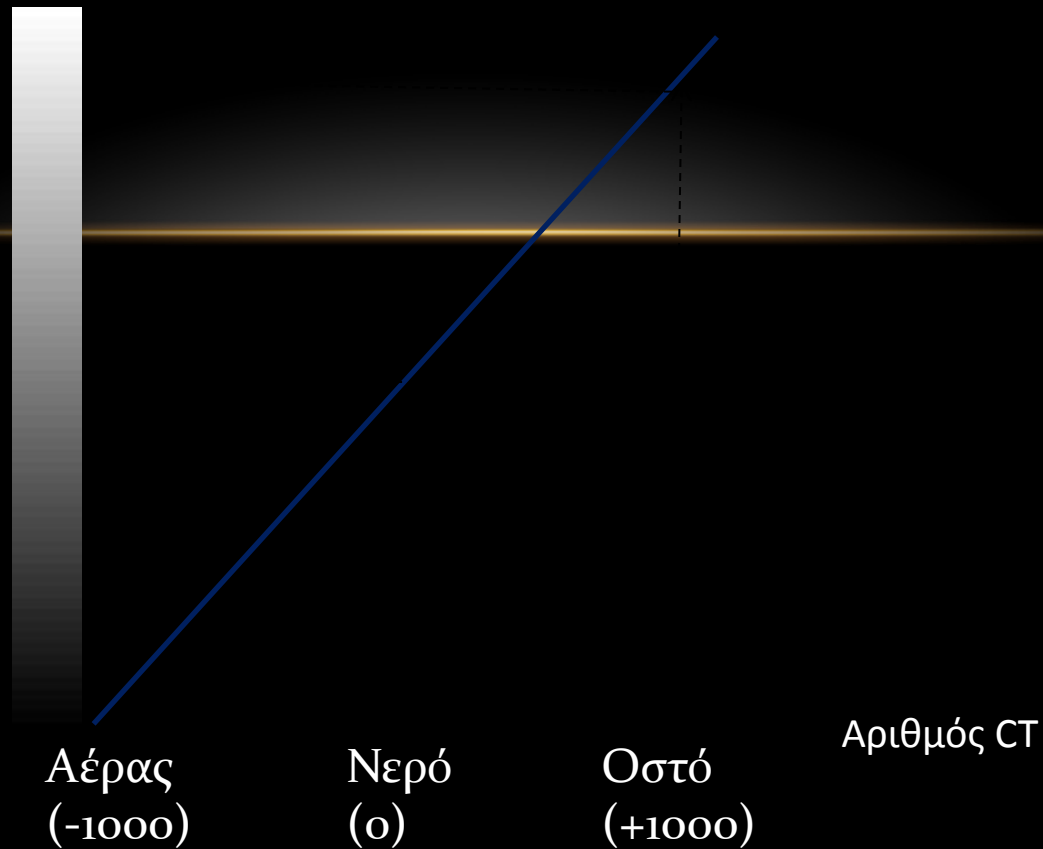
αέρα τότε ο αριθμός CT του θα είναι **-1000** (διότι $\mu_{\text{αέρα}}=0$).

οστό τότε ο αριθμός CT του θα είναι **+1000** (διότι $\mu_{\text{οστό}}=2 \mu_{\text{νερό}}$)

Αξονική τομογραφία (CT)

Σχηματισμός εικόνας

Σε κάθε αριθμό CT αντιστοιχίζεται μια διαβάθμιση του γκρι



Αξονική τομογραφία (CT)

Δυνατότητα λήψης



Αξονικών τομών



Στεφανιαίων τομών



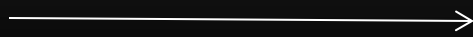
Οβελιαίων τομών



3D

Αξονική τομογραφία (CT)

Παλαιά τεχνολογία



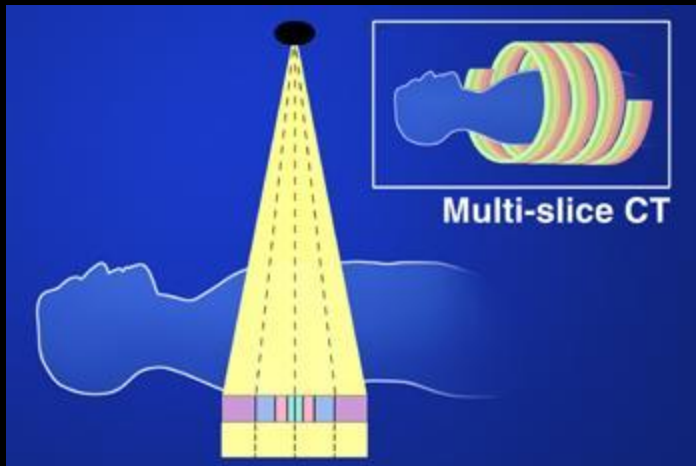
1 τομή σε κάθε περιστροφή της λυχνίας

Σύγχρονη τεχνολογία



πολλαπλές τομές σε κάθε περιστροφή της λυχνίας

MULTISLICE CT



Η διάταξη των ανιχνευτών επιτρέπει τη λήψη πολλαπλών διαδοχικών τομών με διάφορα πάχη τομής.

Μικρός χρόνος εξέτασης, τομές ιδιαίτερα μικρού πάχους.



ΓΕΝΙΕΣ ΑΞΟΝΙΚΟΥ ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΥ

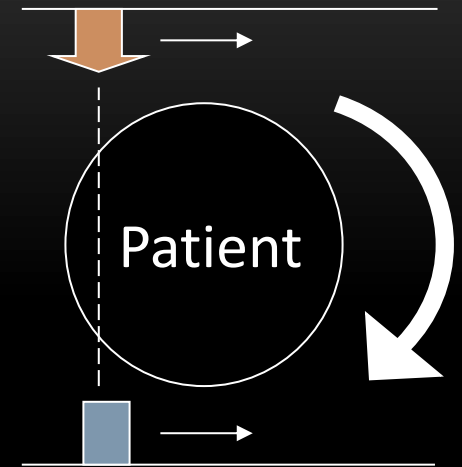
✓ 1^η Γενιά (1971)

- Ένας ανιχνευτής
- Πηγή μονής, παράλληλης ακτίνας Χ
- Περιστροφή – μετακίνηση
- Χρόνος λήψης 1 τομής = 4.5 min

✓ 2^η Γενιά (1974)

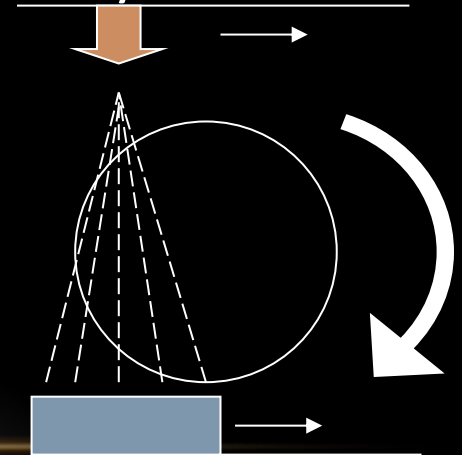
- Λεπτή δέσμη «βεντάλιας» (10°)
- Πολλαπλοί ανιχνευτές
- Καταχώρηση πολλών γωνιών για κάθε θέση
- Μεγαλύτερη γωνία περιστροφής (μετακίνηση ακόμα απαραίτητη)
- Χρόνος λήψης 1 τομής = 20 sec

X-ray tube



Detector

X-ray tube



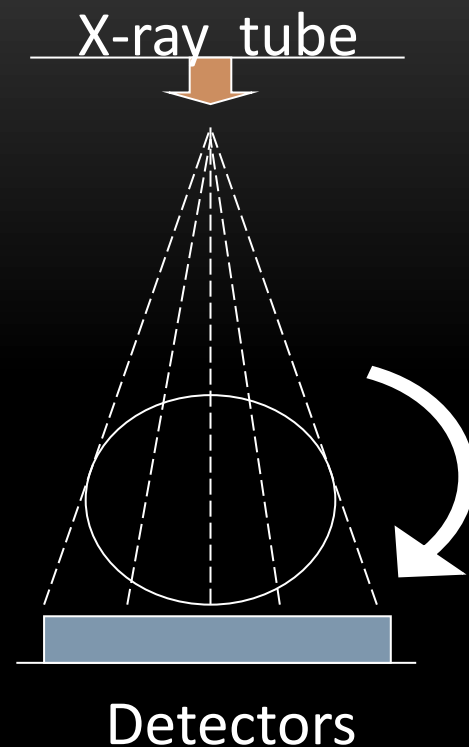
Detectors



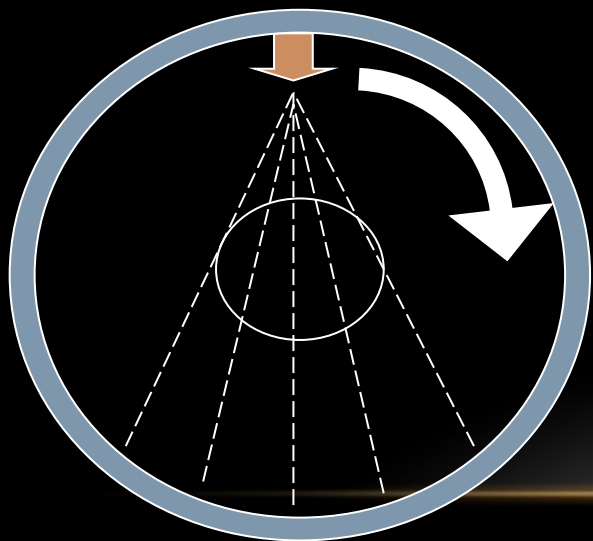
ΓΕΝΙΕΣ ΑΞΟΝΙΚΟΥ ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΥ

✓ 3^η Γενιά (1977)

- Δέσμη βεντάλιας
- Πολλαπλοί περιστρεφόμενοι ανιχνευτές (500-1000)
- Περιστροφή μόνο
- Χρόνος λήψης 1 τομής = 5 sec



X-ray tube



✓ 4^η Γενιά (1980)

- Λεπτή δέσμη «βεντάλιας»
- Στατικοί ανιχνευτές (1200 – 4800) κατανεμημένοι σε 360°
- Μόνο η λυχνία κινείται
- Αποφυγή σφαλμάτων τύπου «δακτυλιδιού»
- Χρόνος λήψης 1 τομής = 0.5 sec

Ring of Detectors

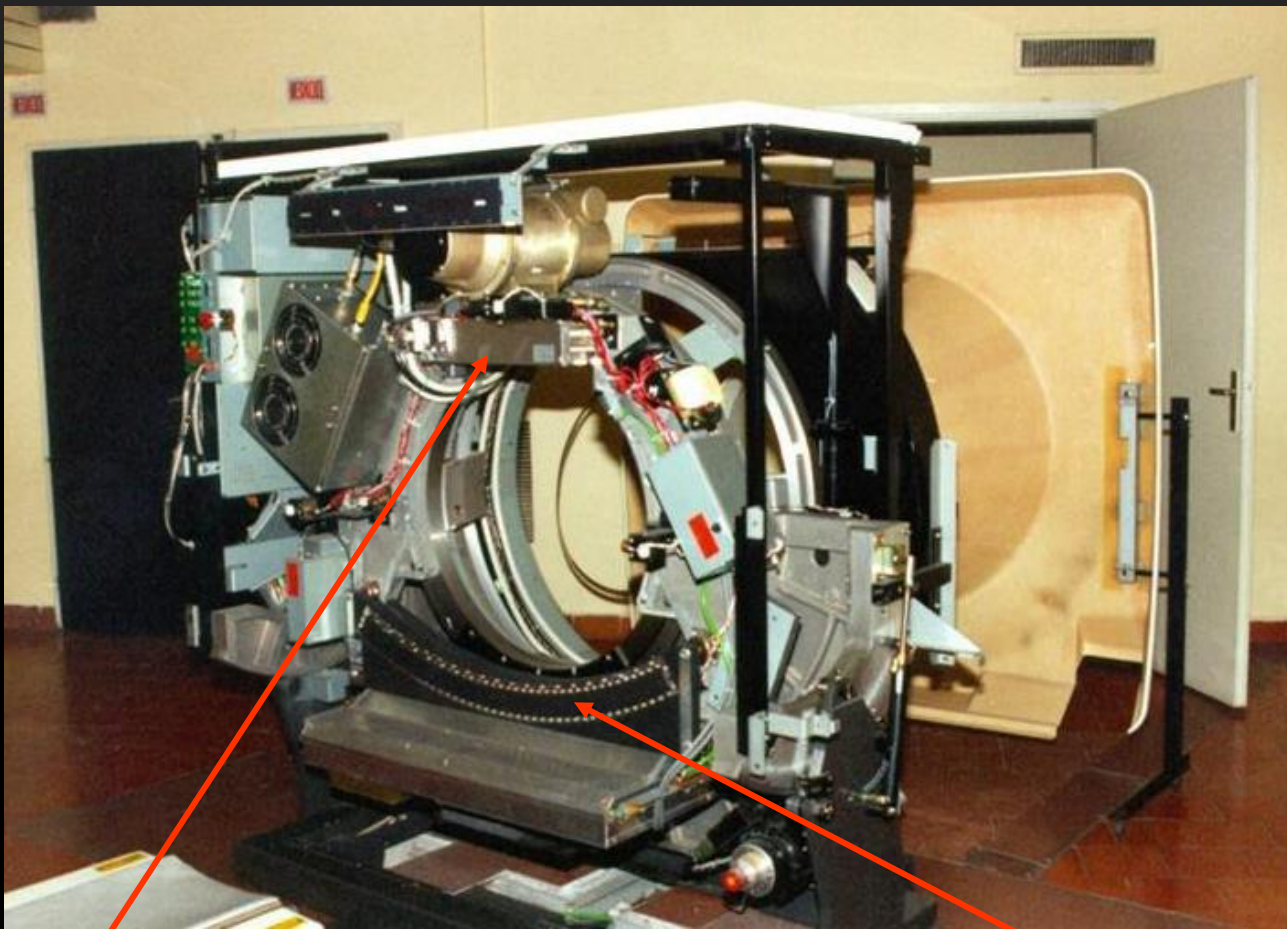


ΕΠΙΠΛΕΟΝ «ΤΥΠΟΙ» ΑΞΟΝΙΚΟΥ ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΥ

- ✓ **Ελικοειδής Αξονικός Τομογράφος (3^{ης} & 4^{ης} Γενιάς)**
 - Τεχνολογία Slip-ring
 - Ελεύθερα περιστρεφόμενη λυχνία – κίνηση κλίνης
- ✓ **Πολυτομικοί Αξονικοί Τομογράφοι (MultiSlice CT)**
 - Όμοιοι με τους Ελικοειδείς
 - Πολλαπλές σειρές ανιχνευτών
 - Πολύ γρήγορη καταγραφή όγκου
- ✓ **Αξονικοί Τομογράφοι Dual Source (Siemens)**
 - Χρήση δύο λυχνιών και δύο σετ ανιχνευτών ταυτόχρονα
 - Μείωση της γωνίας περιστροφής
 - Μικρός χρόνος ανακατασκευής εικόνας (επιτρέπει δυναμικές εξετάσεις μικρού χρόνου)



ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΞΟΝΙΚΗΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑΣ

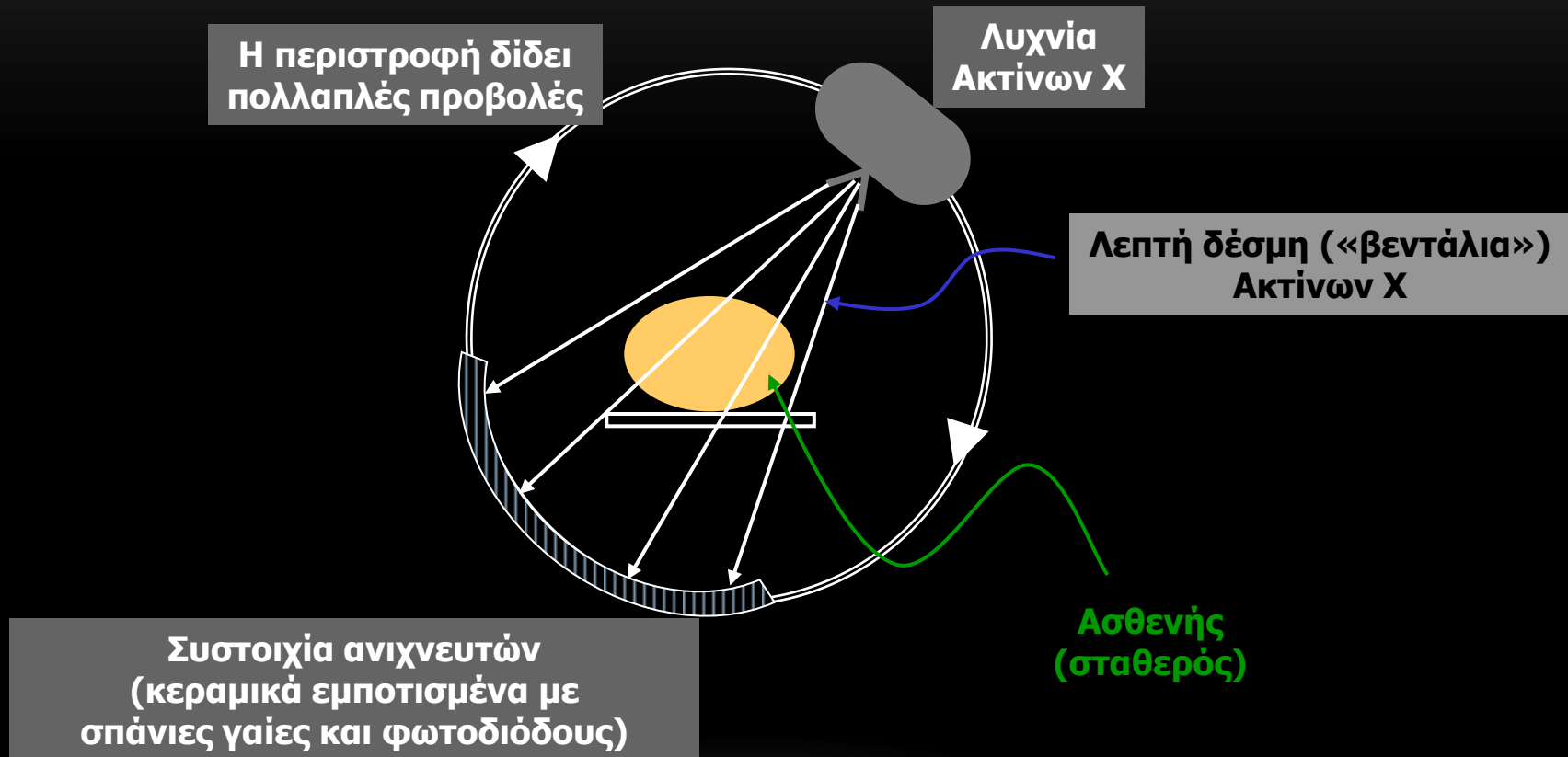


Λυχνία ακτίνων Χ

Σειρά ανιχνευτών

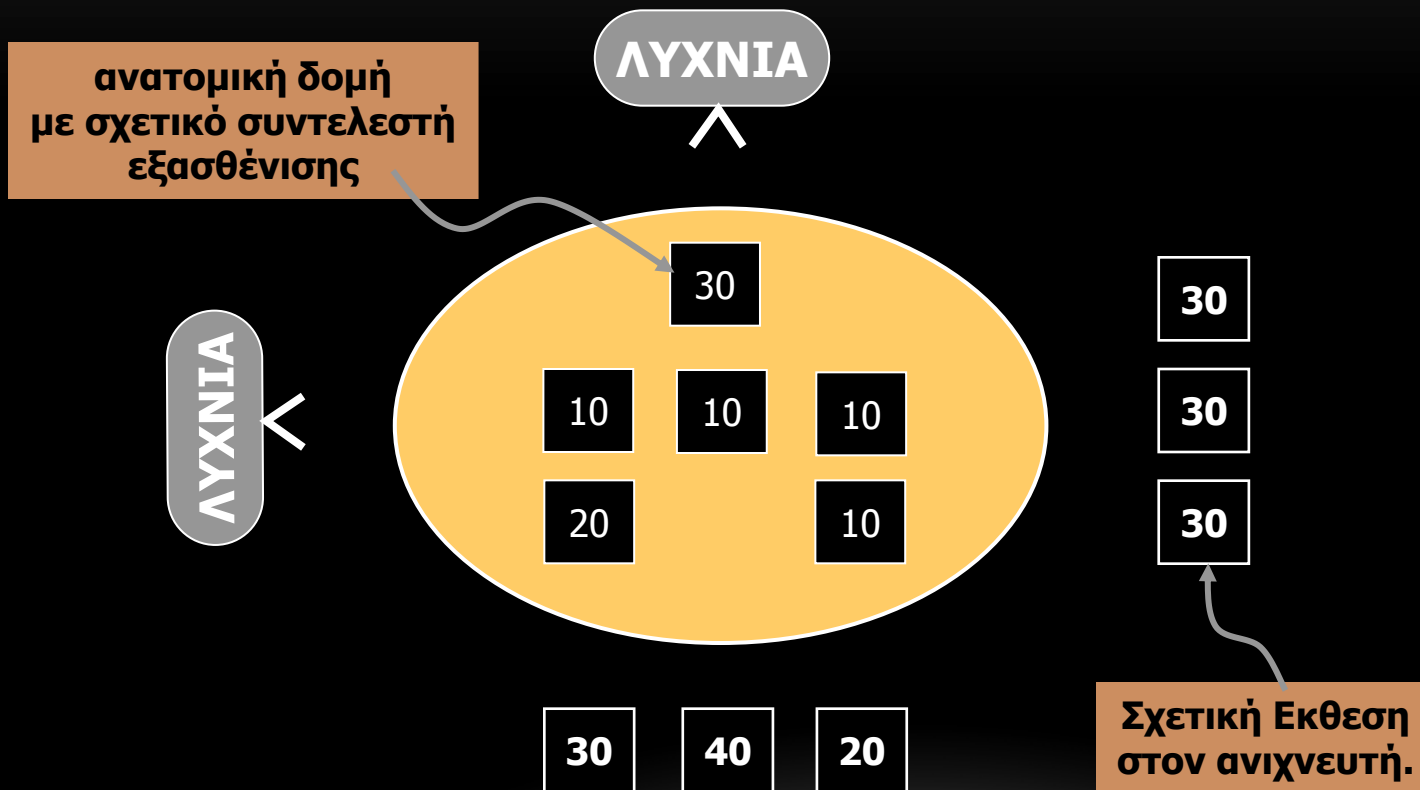


ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΞΟΝΙΚΗΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑΣ





ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΞΟΝΙΚΗΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑΣ

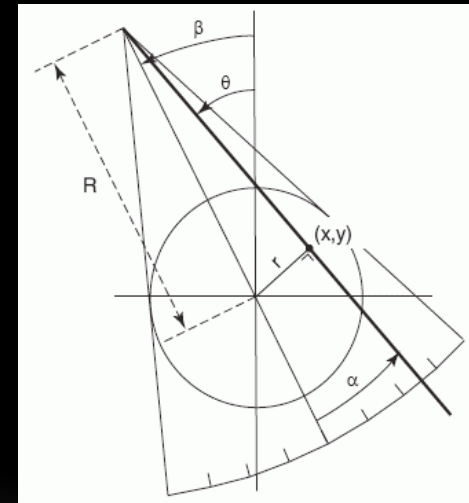
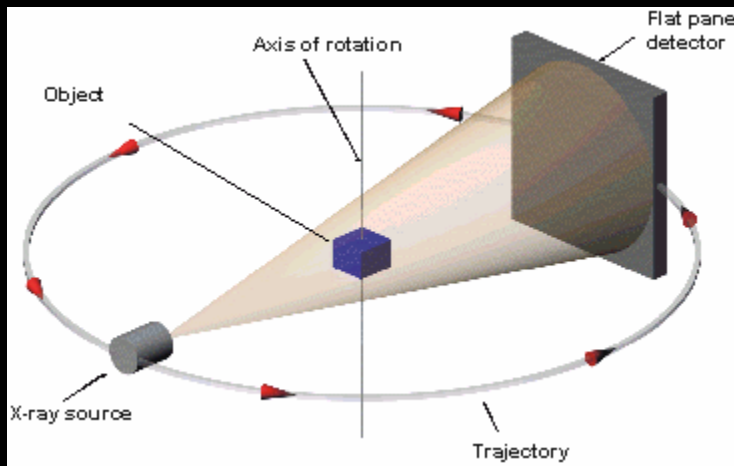




ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΞΟΝΙΚΗΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑΣ

$$\iint_{2\pi-FOV/2}^{2\pi+FOV/2} \rho(r', \theta) q(x \cos \theta + y \sin \theta - r) dr' d\theta$$

$$f(x, y) = \int_0^{2\pi} \frac{1}{v^2(x, y)} \int_{-f/2}^{f/2} R \cos \alpha \cdot p(\alpha, \beta) \cdot \left(\frac{\gamma - \alpha}{2 \sin(\gamma - \alpha)} q(\gamma - \alpha) \right) d\alpha d\beta$$





CT Scanner

ManipalHospitals
LIFE'S ON 

nucleus[™]
MEDICAL MEDIA

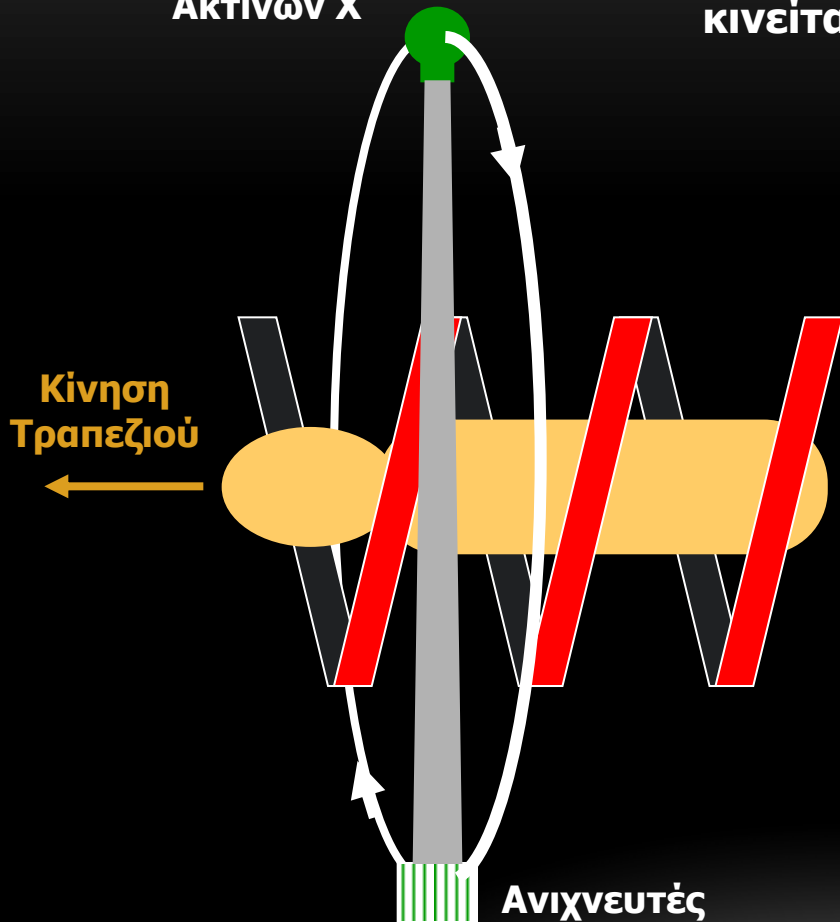


ΕΛΙΚΟΕΙΔΗΣ ΑΞΟΝΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ

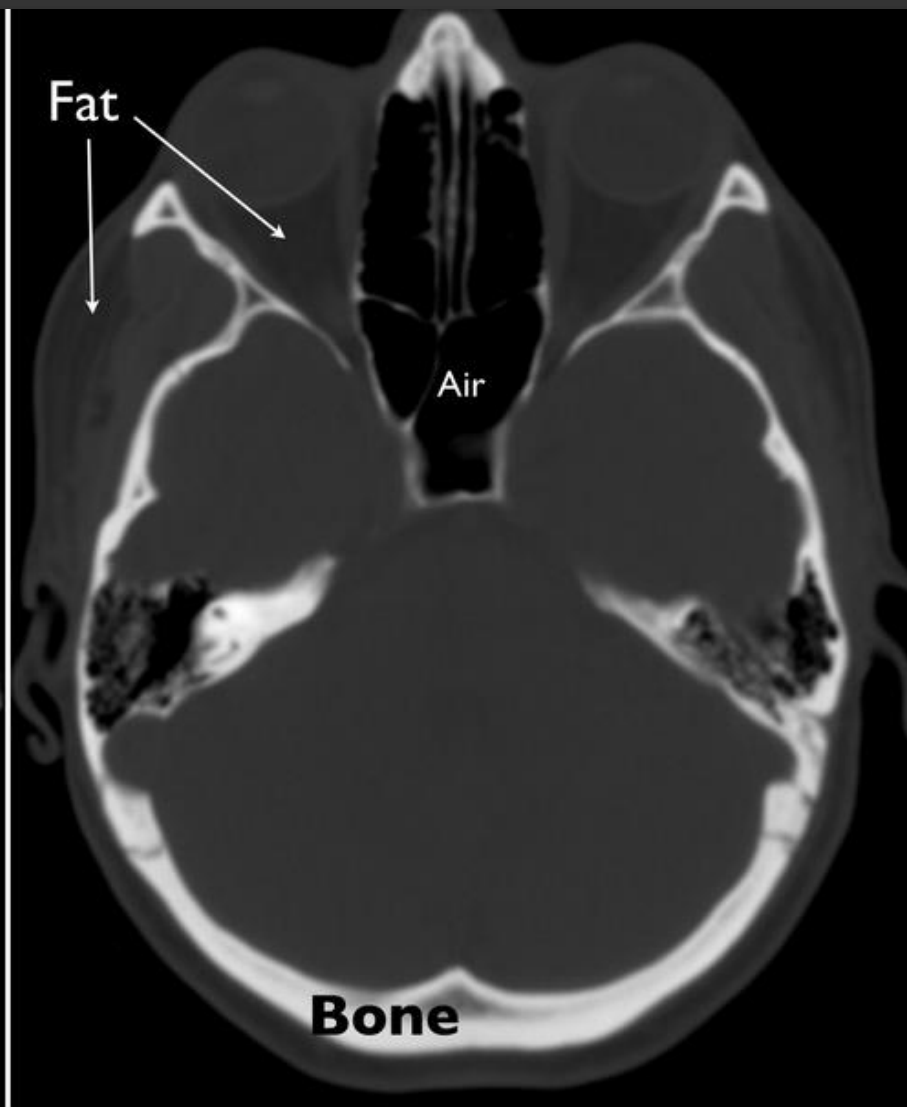
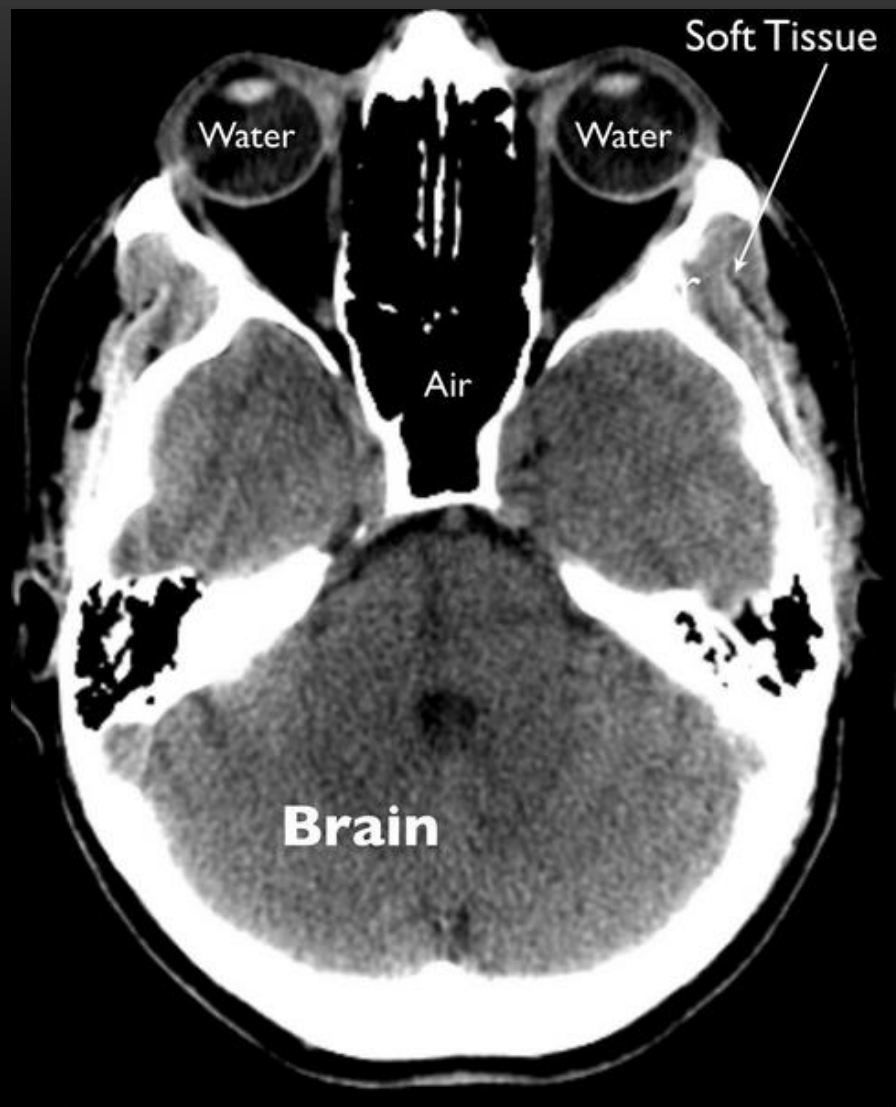
Λυχνία
Ακτίνων Χ

Συνεχής περιστροφή λυχνίας ενώ ο ασθενής
κινείται διαμέσου της οπής του CT

Κίνηση
Τραπεζιού



Ταχύτερη σάρωση από ότι ο απλός
τομογράφος

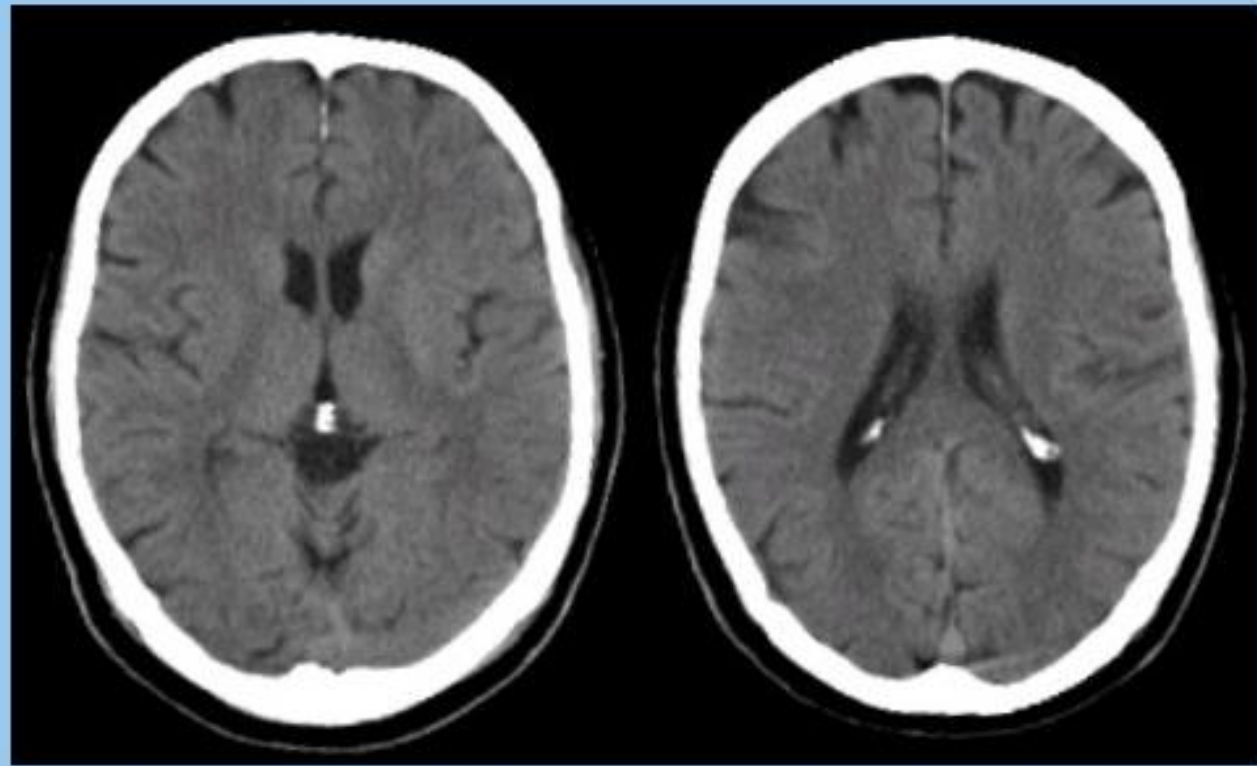


Show What is High Density (Bright) on CT in a Normal Patient

Skull (Calcium)

Pineal Gland (calcified in adults)

Choroid Plexus (calcified in adults)



Show What is Low Density (Dark) on CT in a Normal Patient

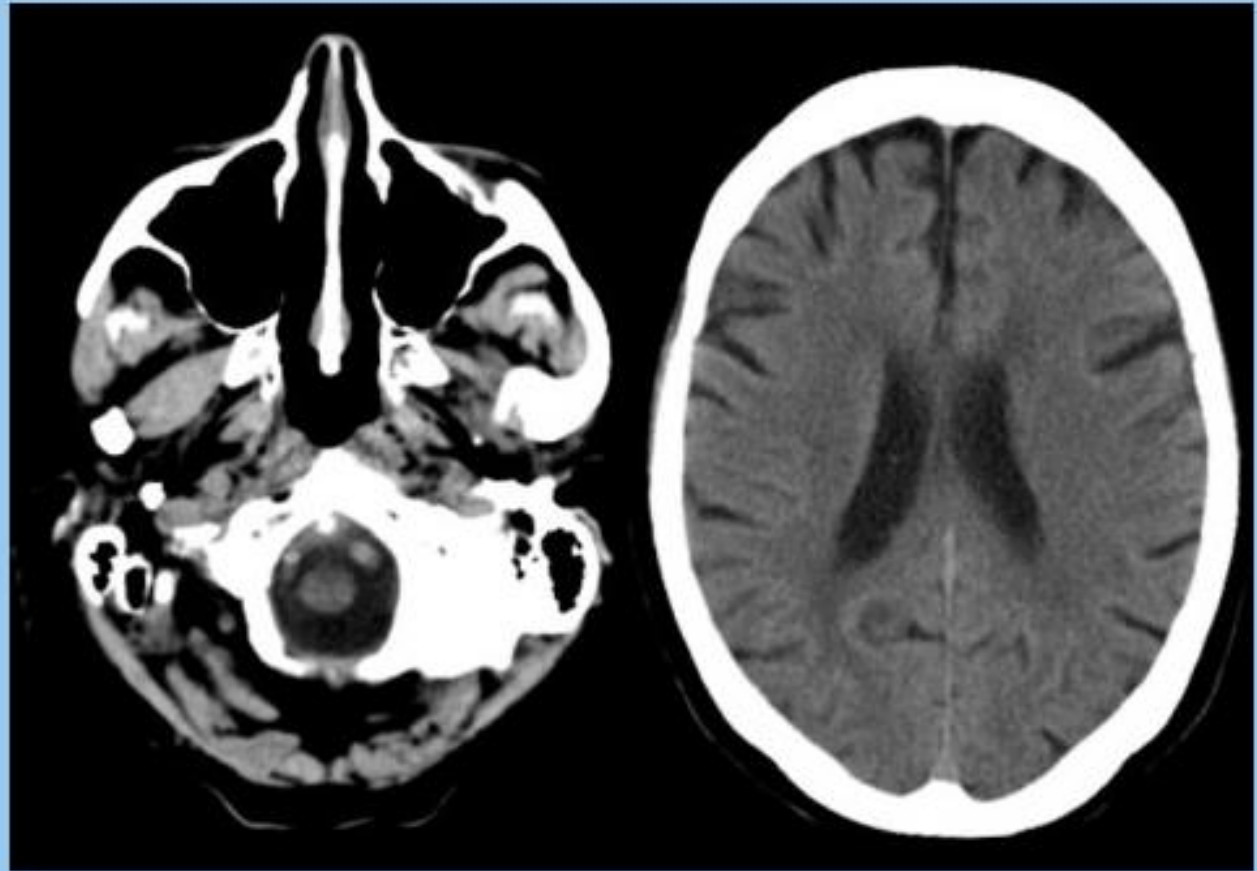
Air (Very Dark) - Sinus

CSF (Dark) - Ventricles

CSF (Dark) - Sulci

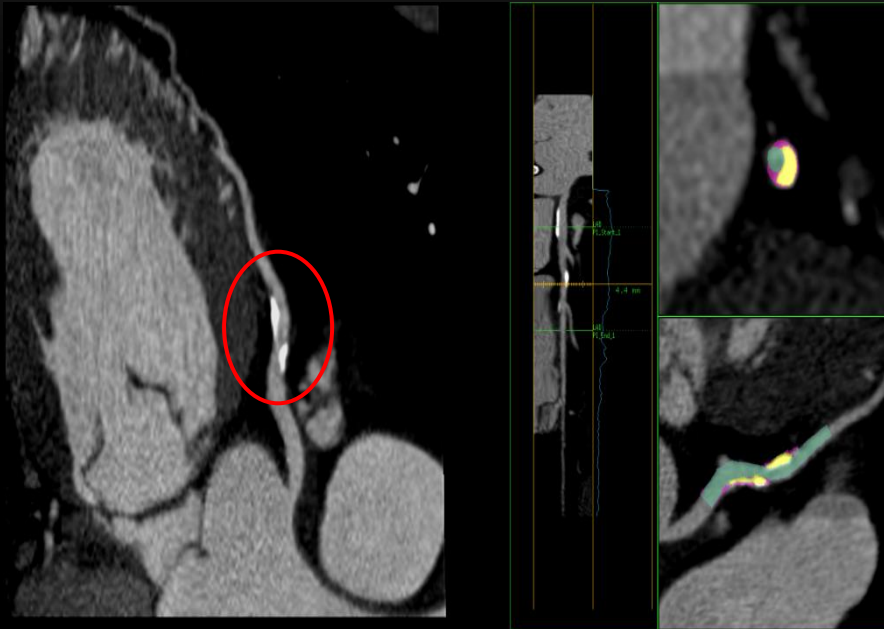
White Matter (Gray)

Gray Matter (Light Gray)



Cardiac Exam

Excellent image quality at low dose (0.86 mSv*1)



Snapshot* Pulse**:

10,5 cm coverage, 5-beat acquisition

DLP = 62 mGy.cm

Equivalent dose = 0.86 mSv*1



Mixed plaque on LMB

* Trademark of General Electric Company.

** Option

*1 Obtained by IRCP, using an adult chest factor of
0.14#DLP
Courtesy of Clinique de la Reine Blanche,

Cardiac Exam

Excellent image quality at low dose (0.61 mSv*1)



Snapshot* Pulse**:

10,5 cm coverage, 5-beat acquisition

DLP = 44 mGy.cm

Equivalent dose = 0.61 mSv*1

* Trademark of General Electric Company.

** Option

*1 Obtained by IRCP, using an adult chest factor of 0.014*DLP

Courtesy of Clinique de la Reine Blanche,

CAP Aorta Angio: Excellent IQ & Low Dose



6.9 sec acquisition
DLP = 325 mGy.cm
Effective dose = **5.5 mSv^{*1}**

Courtesy of Spital Lachen-Switzerland

^{*1} Obtained by EUR-16262 EN, using an adult thorax factor of 0,017*DLP, an adult abdomen factor of 0.015*DLP and an adult pelvis factor of 0.019*DLP

AAA Prosthesis



Speed & Coverage

505 mm in 4.3 sec
(Pitch 1.531)

0.5 sec/rot

Image Quality

Slice thickness 0.625 mm

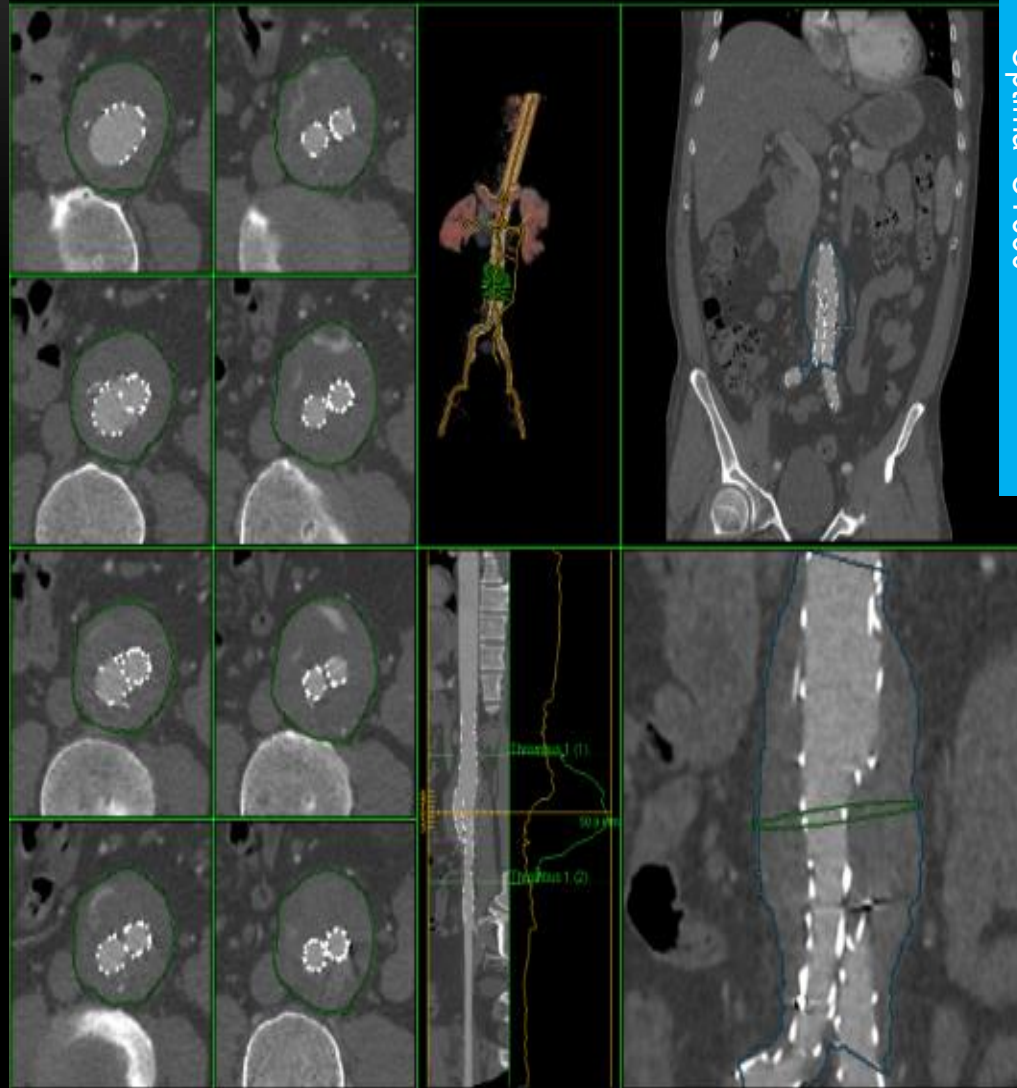
Dose

DLP 670 mGy.cm

CTDI 11.7

120 kV

mA mod 320-460



Optima* CT660

* Trademark of General Electric Company.

Courtesy of Pellegrin University Hospital,

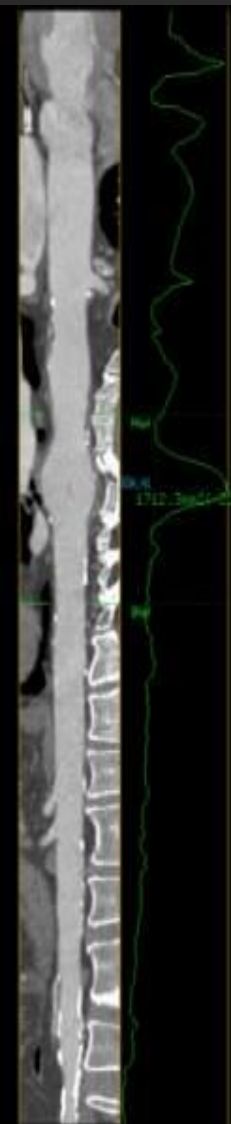
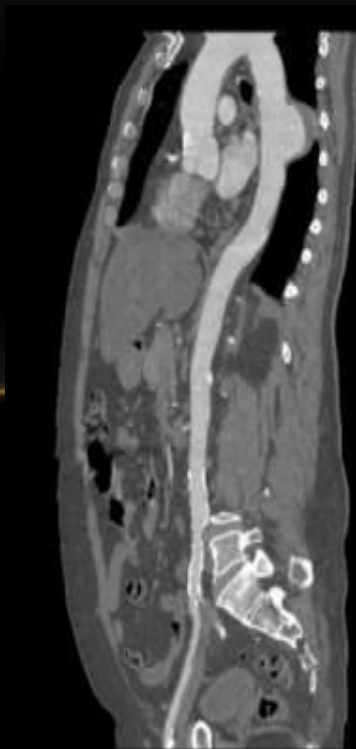
Padua, Italy

Chest AbdoPelvis Aorta Anevrism

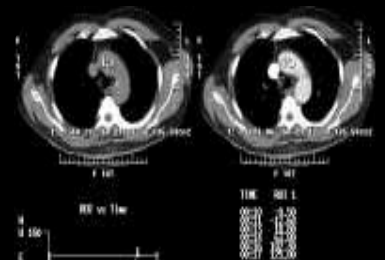
Pitch booster for fast coverage

ODM for pelvis protection

Dynamic transition for comfort



5s



Acquisiti

- Pitch 1,5
- ODM
- Dynamic transition

DLP

616 mGy.cm

Equivalent dose 10mSv*

*Obtained by EUR-16262 EN, using an adult chest factor of 0.017*DLP, an adult abdomen factor of 0,015*DLP & pelvis factor of 0.019 *DLP

Courtesy of Dr Meck & Dr Benmohammed – CH



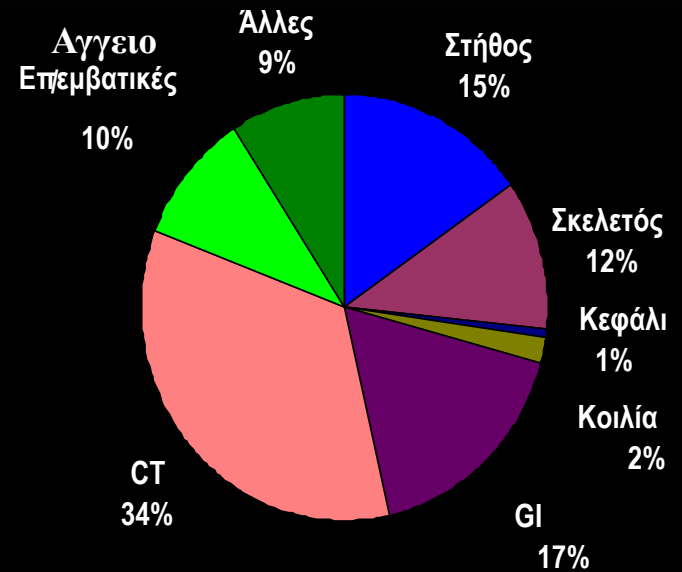
Imagination at work

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΉ ΤΟΜΟΓΡΑΦΊΑ

(a) Συχνότητα



(b) Συνολική Δόση



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ (ΑΞΟΝΙΚΗ) ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ

Εξέταση CT	Ενεργή δόση (mSv)	Ακτινογραφική εξέταση	Ενεργή δόση (mSv)
Κρανίο	2	Κρανίο	0.07
Θώρακας	8	Θώρακας	0.02
Κοιλία	10-20	Κοιλία	1.0
Λεκάνη	10-20	Λεκάνη	0.7

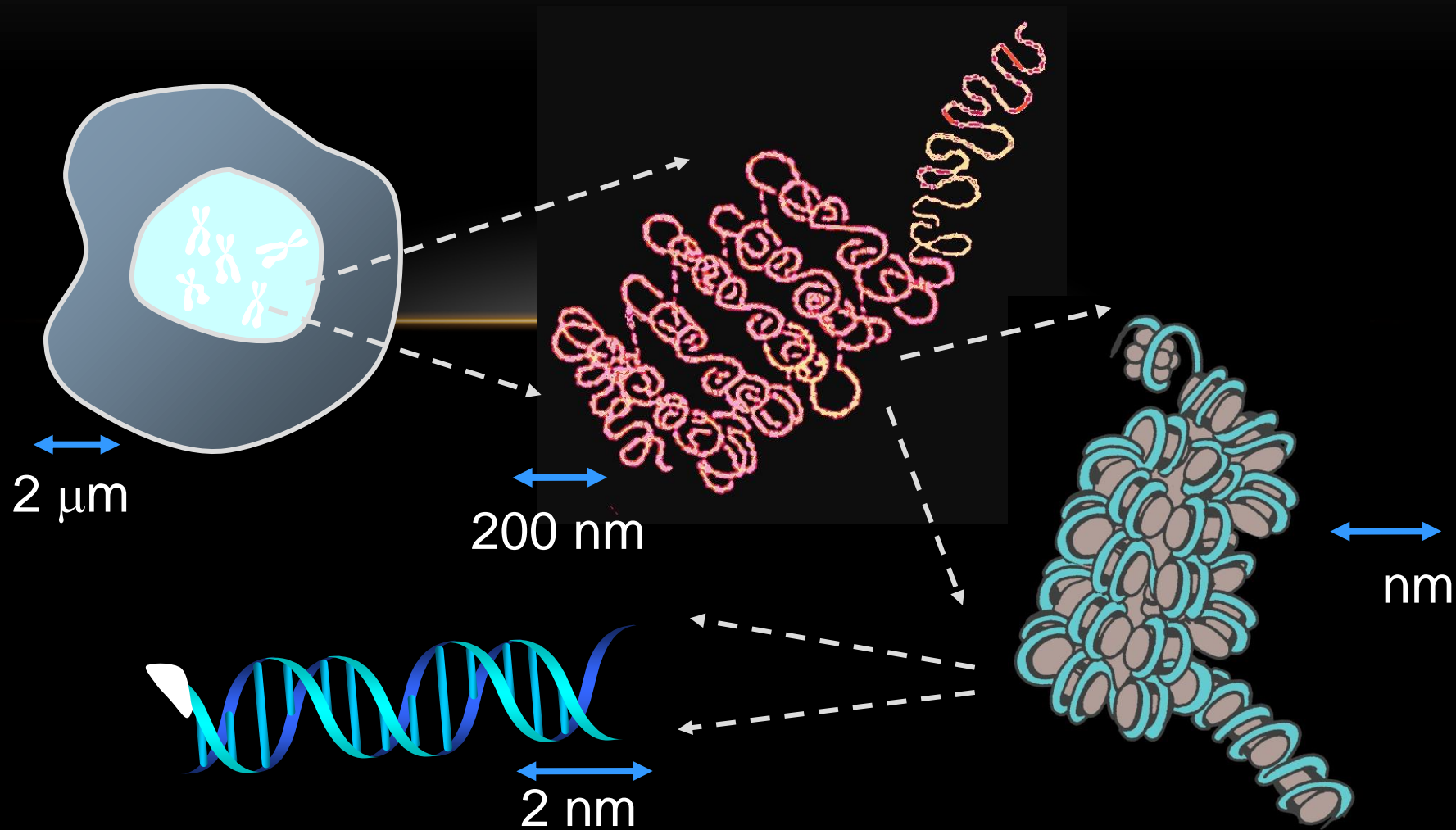
ΟΡΙΟ ΔΟΣΗΣ: 100mGy

ΤΥΠΙΚΕΣ ΔΟΣΕΙΣ ΣΕ mGy

Εξέταση	Οφθαλμοί	Θυροειδής	Μαστός	Μήτρα	Ωοθήκες	Όρχεις
Κεφάλι	50	1.9	0.03	*	*	*
Αυχέννας	0.62	44	0.09	*	*	*
Θωρακική στήλη	0.04	0.46	28	0.02	0.02	*
Θώρακας	0.14	2.3	21	0.06	0.08	*
Κοιλία	*	0.05	0.72	8.0	8.0	0.7
Σπονδυλική στήλη	*	0.01	0.13	2.4	2.7	0.06
Λεκάνη	*	*	0.03	26	23	1.7

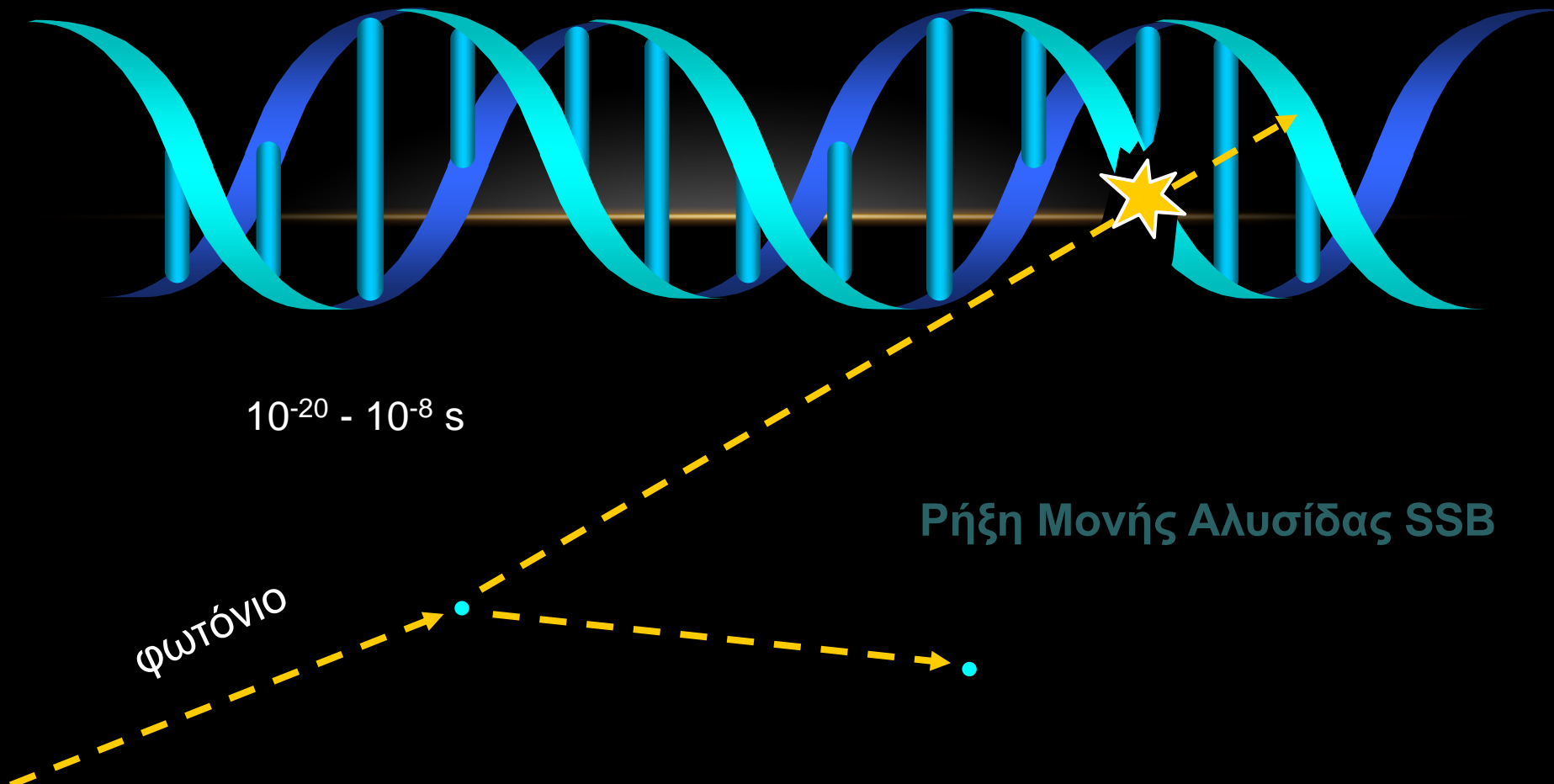
* δόση < 0.005 mGy

Βιολογική δράση της ακτινοβολίας



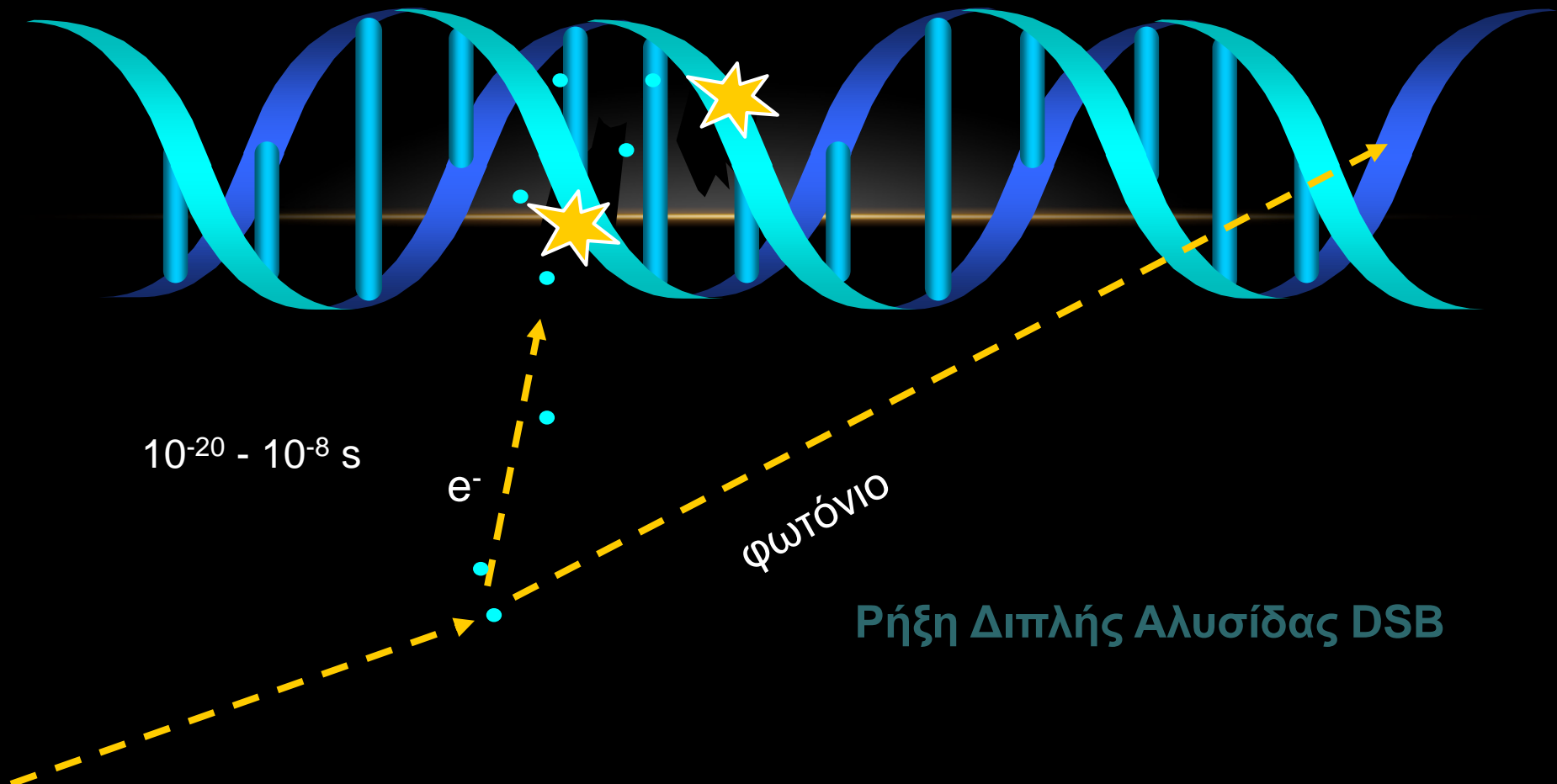
ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

- Κατά την απορρόφηση της ιοντίζουσας ακτινοβολίας από τα διάφορα βιολογικά υλικά δημιουργούνται ιοντισμοί και διεγέρσεις που μπορούν να επιφέρουν βλάβη στη διπλή έλικα του DNA. (άμεση δράση)



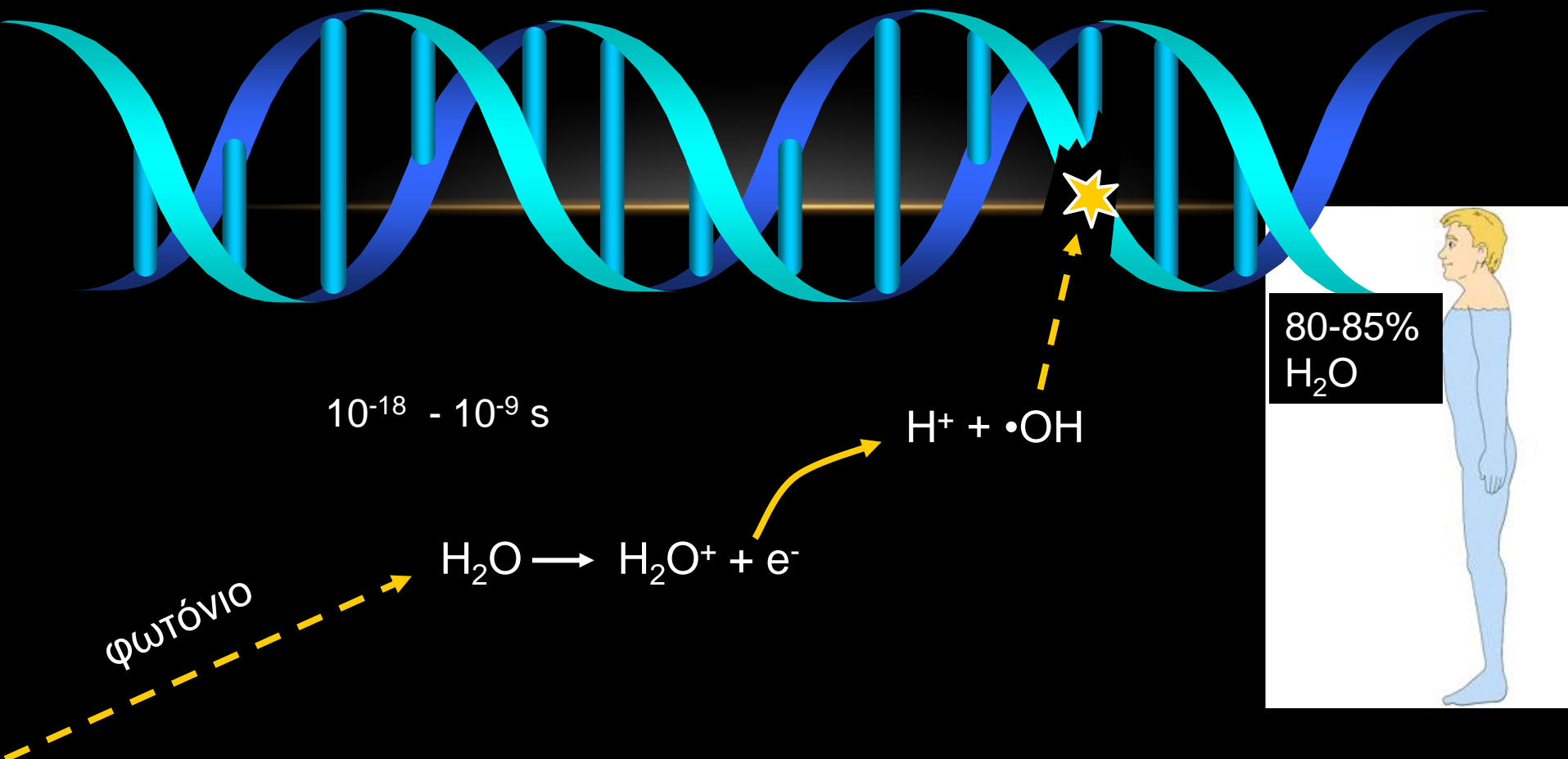
ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

- Κατά την απορρόφηση της ιοντίζουσας ακτινοβολίας από τα διάφορα βιολογικά υλικά δημιουργούνται ιοντισμοί και διεγέρσεις με άμεση δράση στη διπλή έλικα του DNA. (άμεση δράση)

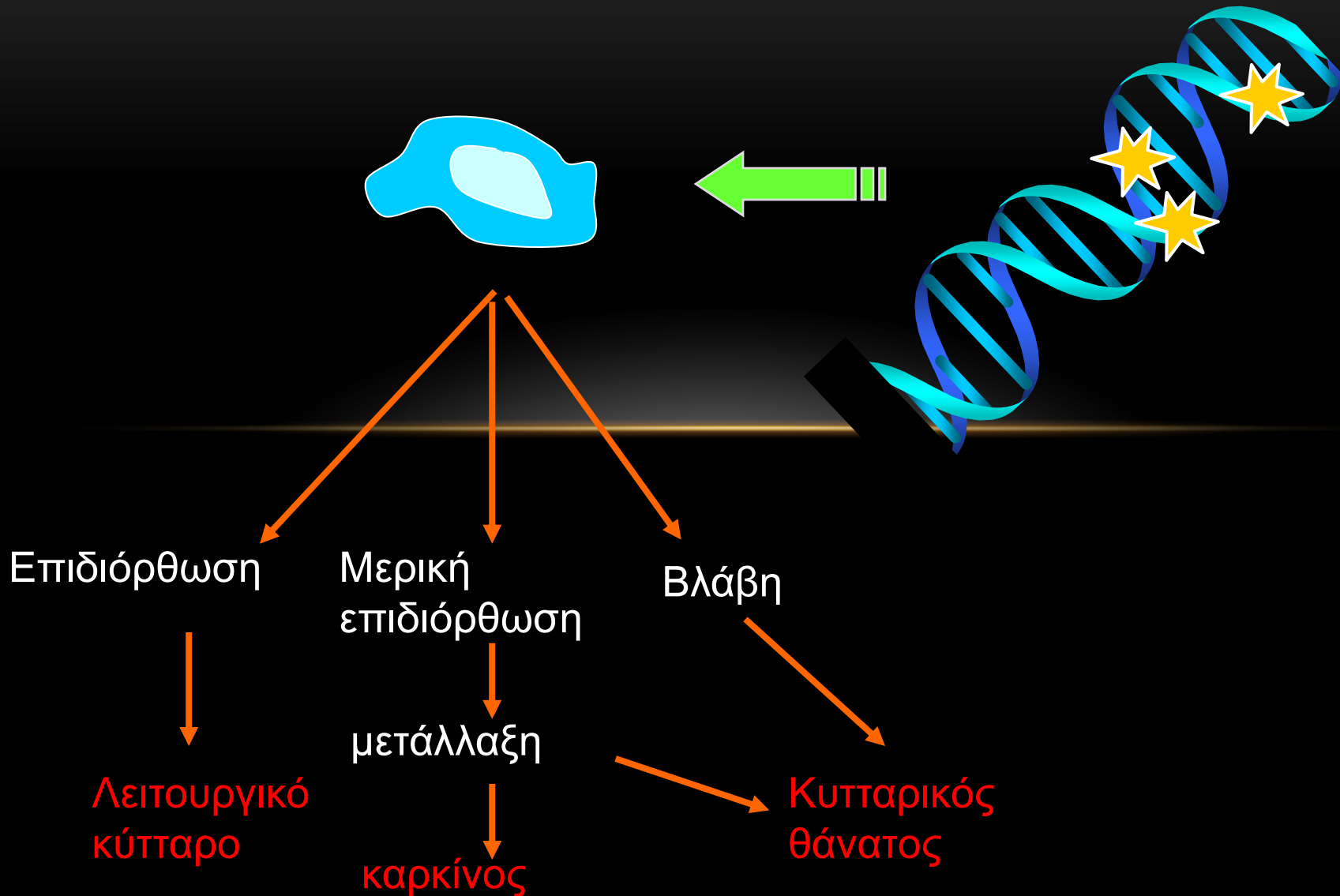


ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

- Κατά την απορρόφηση της ιοντίζουσας ακτινοβολίας από τα διάφορα βιολογικά υλικά δημιουργούνται ιοντισμοί και διεγέρσεις με αποτέλεσμα τη δημιουργία σχηματισμών που ονομάζονται ελεύθερες ρίζες. (έμμεση δράση)



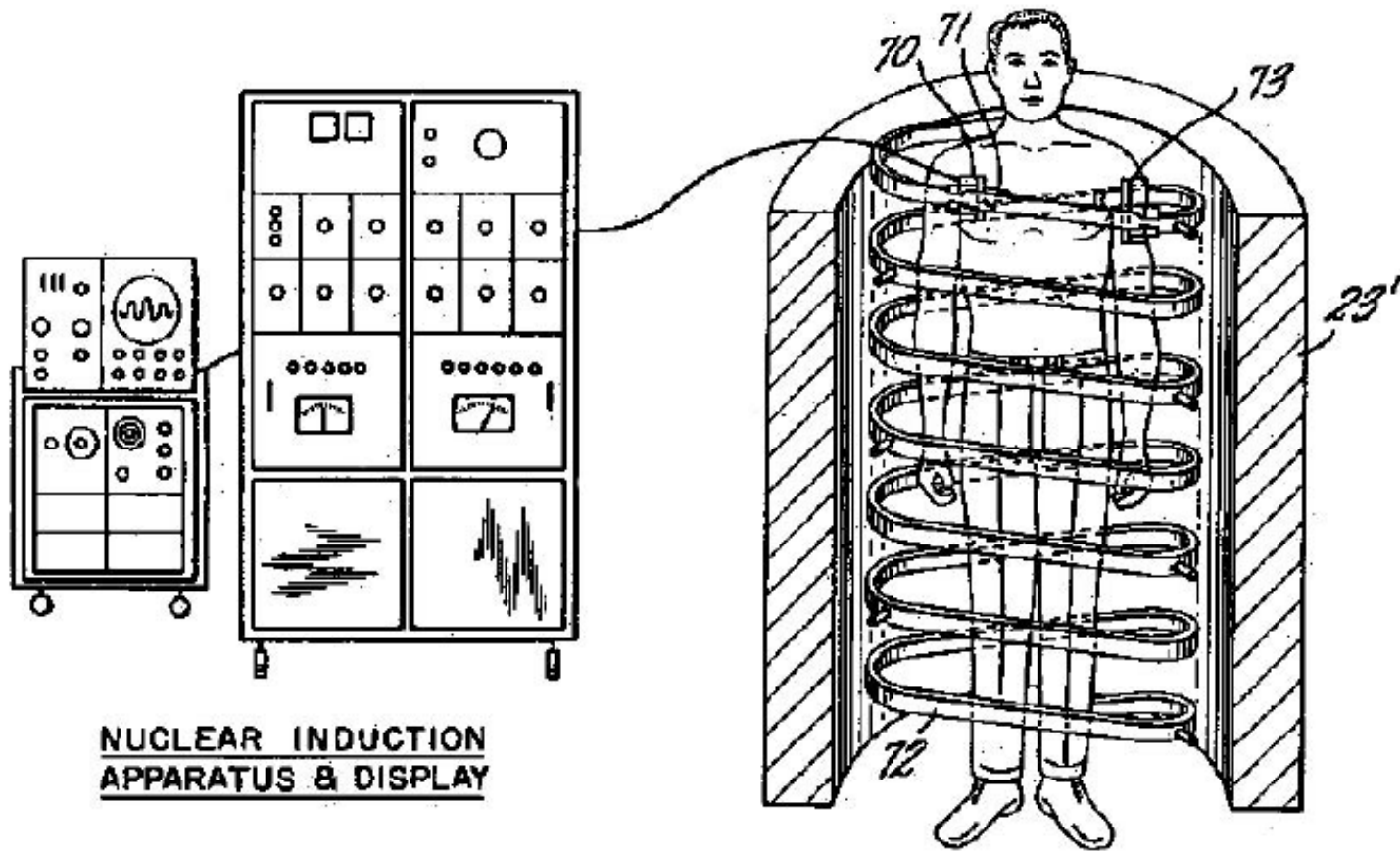
Βιολογική δράση της ακτινοβολίας





Απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού - MRI



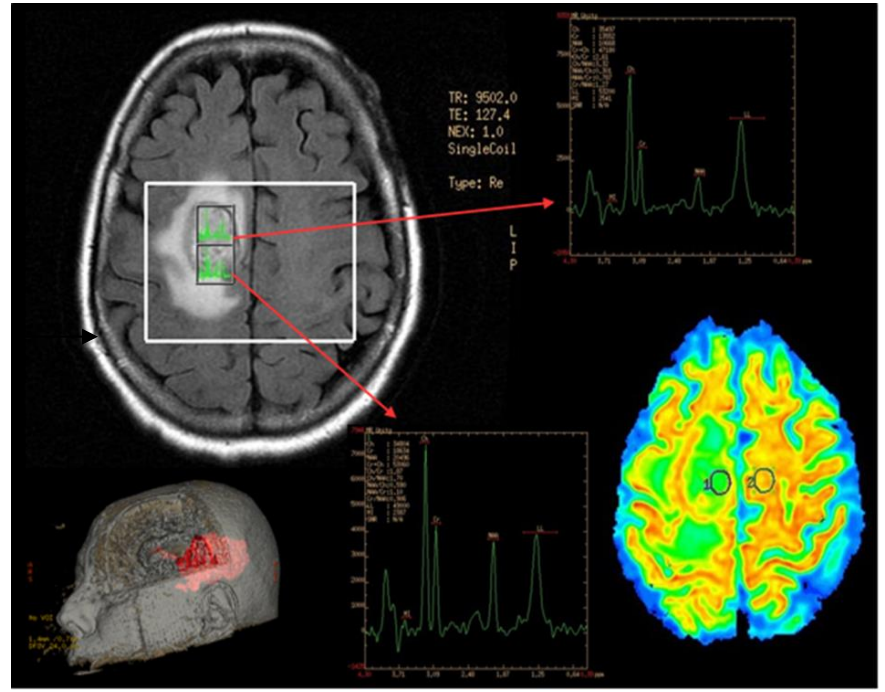


NUCLEAR INDUCTION
APPARATUS & DISPLAY

Κατατέθηκε ως US patent 3789832 στις 17/03/1972,

Δόθηκε στις 5/02/1974.

Εικόνα από US Patent and Trademark Office



3.0 T



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

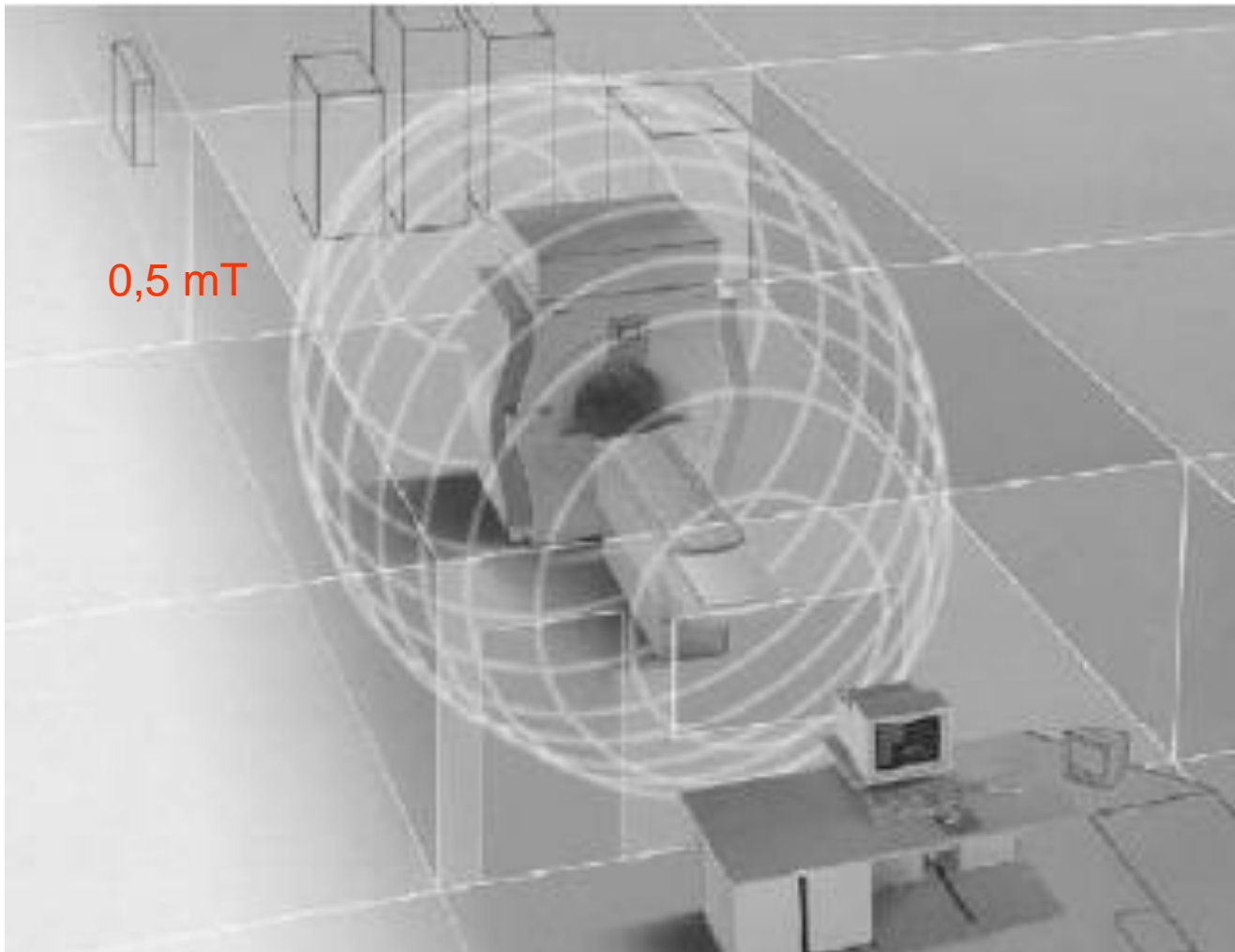


(f)

Figure 1.5 Nobel prize-winners in NMR: (a) Purcell 1912–1997, (b) Bloch 1901–1999, (c) Bloembergen b. 1920, (d) Ernst b. 1933, (e) Lauterbur b. 1929 and (f) Mansfield b. 1933. Courtesy of the Nobel Museum.



0,5 mT





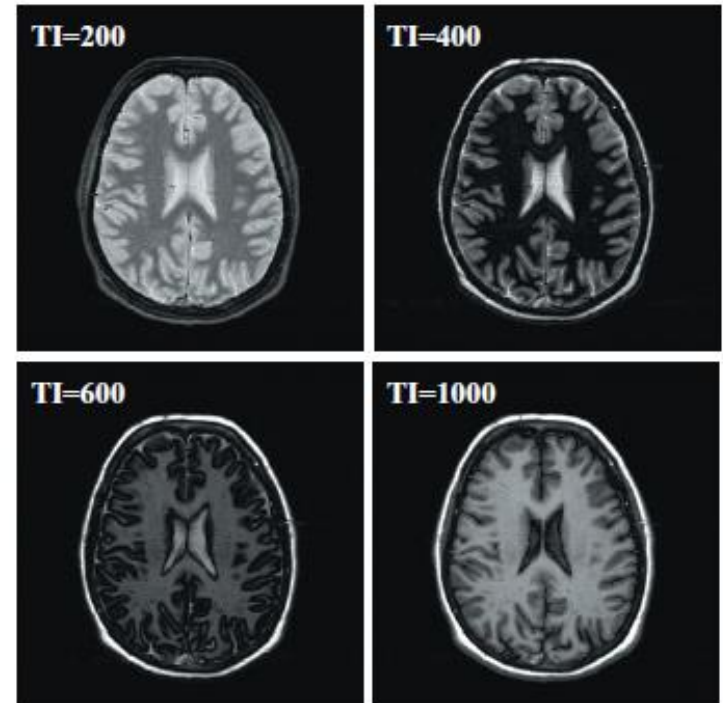
Μαγνητικός Τομογράφος

Πλεονεκτήματα:

- Εξαιρετική / Ρυθμιζόμενη Αντίθεση
- Μη επεμβατική μέθοδος
- Απουσία ιοντίζουσας ακτινοβολίας
- Τομές σε οποιοδήποτε επίπεδο

Προκλήσεις.....:

- Νέοι μηχανισμοί αντίθεσης
- Ταχύτερη Απεικόνιση
- Μείωση Κόστους ;





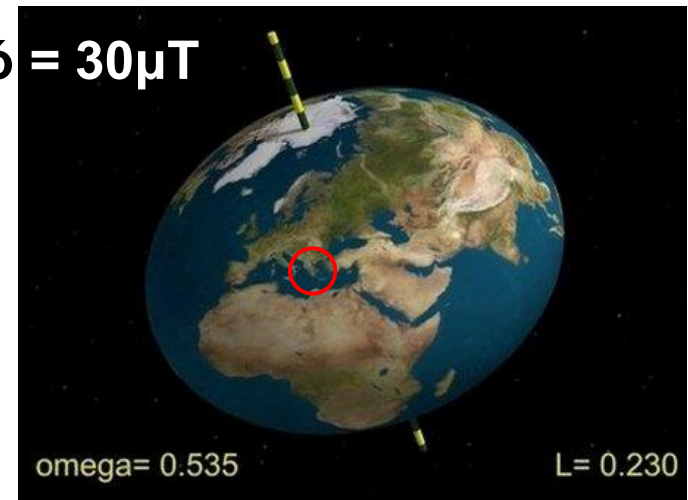
Μαγνήτες

- $1\text{T} = \text{N/A} \cdot \text{m} = 10.000 \text{ Gauss}$
- Ενδεικτικά:
Φασματοσκοπία Χημείας = 2 – 11T

Μαγνήτες σε εργοστάσια αυτοκινήτων ~ 2T

Μαγνήτης Ψυγείου Οικογενειακής Χρήσης ~ 10mT

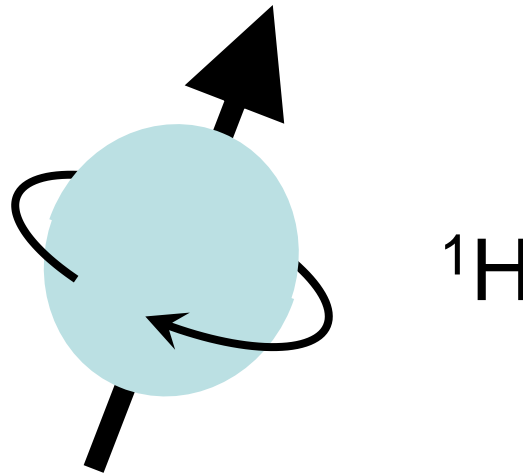
Μαγνητικό πεδίο της Γης στον ισημερινό = 30μT
και στους πόλους 70μT





Μαγνητικός Συντονισμός

- Τί είναι ο μαγνητικός συντονισμός;
 - Ένα κινούμενο ηλεκτρικό φορτίο δημιουργεί μαγνητικό πεδίο.
 - Ορισμένοι ατομικοί πυρήνες, συμπεριλαμβανομένου του ^1H εμφανίζουν πυρηνικό μαγνητικό συντονισμό.
 - Αριθμός πρωτονίων και νετρονίων είναι **άνισος**.
 - Η πυρηνική περιστροφή (“spin”) συμπεριφέρεται όπως τα μαγνητικά δίπολα.



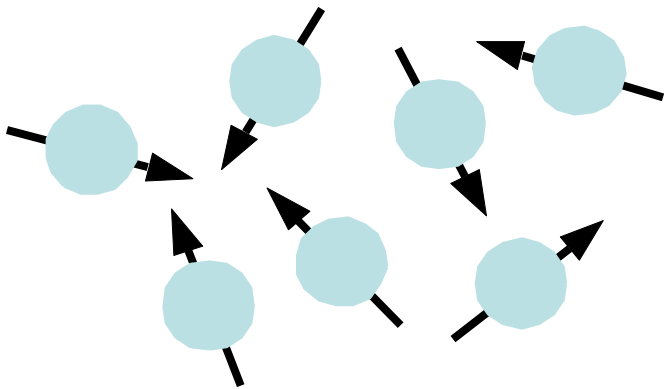
Αν δεν υπάρχουν ασύζευκτα νουκλεόνια η στροφορμή του πυρήνα είναι ίση με μηδέν.



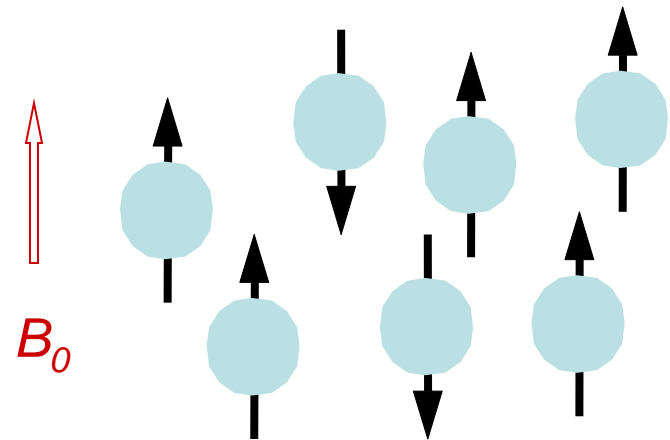
Μαγνητικός Συντονισμός

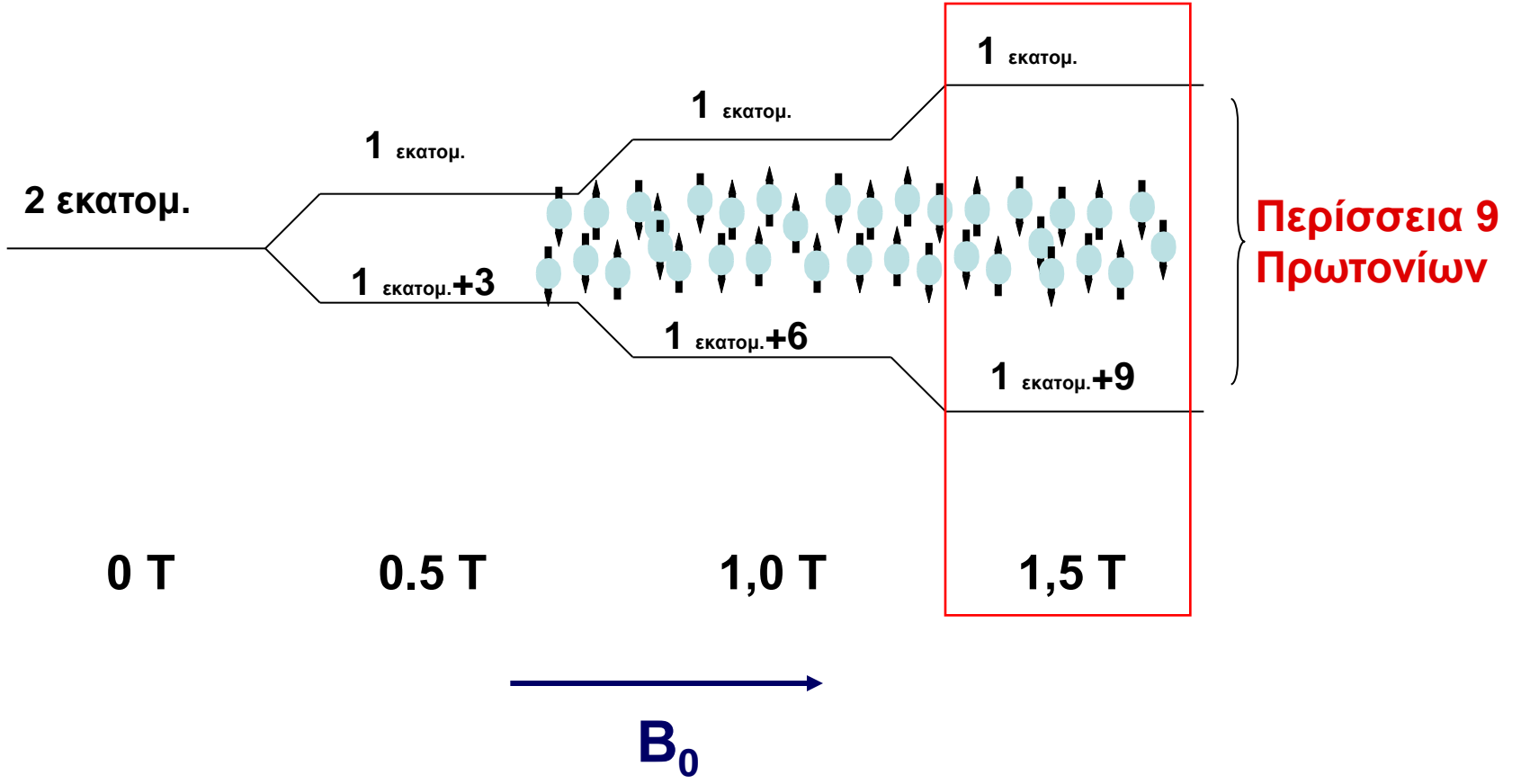
- Τα «spins» προσανατολίζονται τυχαία όταν δεν επιδρά εξωτερικό μαγνητικό πεδίο.
- Όταν εφαρμόζεται εξωτερικό μαγνητικό πεδίο, τα spins 'ευθυγραμμίζονται' με το εφαρμοζόμενο πεδίο.
- Το ολικό φαινόμενο είναι μαγνήτιση των 'διπόλων' κατά μήκος του εξωτερικού πεδίου.

Απουσία Εξωτερικού Πεδίου



Παρουσία Εξωτερικού Πεδίου







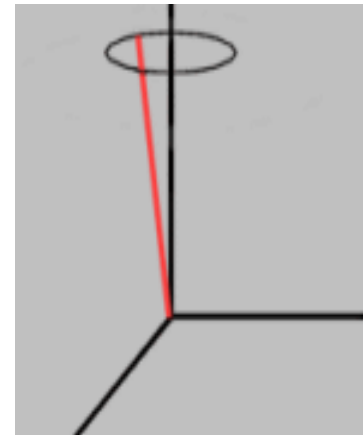
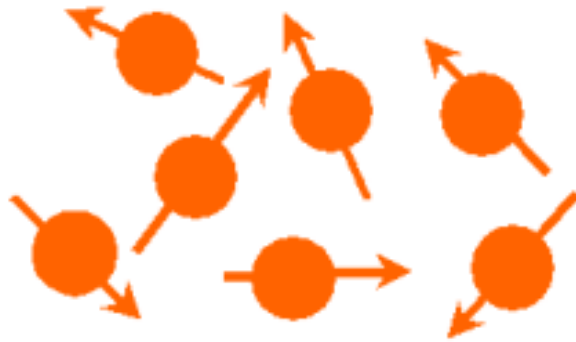
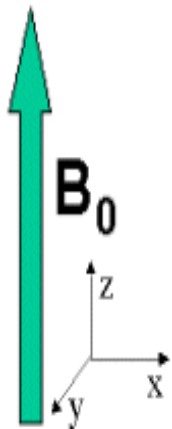
Μαγνητικός Συντονισμός

- Ο αριθμός των πρωτονίων που συντονίζονται σε ένα στοιχείο όγκου ($\text{voxel}=0.2\text{ml}$) νερού είναι 6.02×10^{15}
- Αριθμός τόσο μεγάλος που μας επιτρέπει να αγνοήσουμε την κβαντομηχανική και να δούμε το φαινόμενο με απλή μηχανική.
- Συνεπώς το MRI είναι μία εικόνα υδρογόνου..
- Η καλή απεικόνιση λοιπόν στηρίζεται όχι σε μεγάλες ενέργειες, αλλά στο μεγάλο αριθμό πρωτονίων που υπάρχουν στο ανθρώπινο σώμα, κυρίως στο νερό και το λίπος.



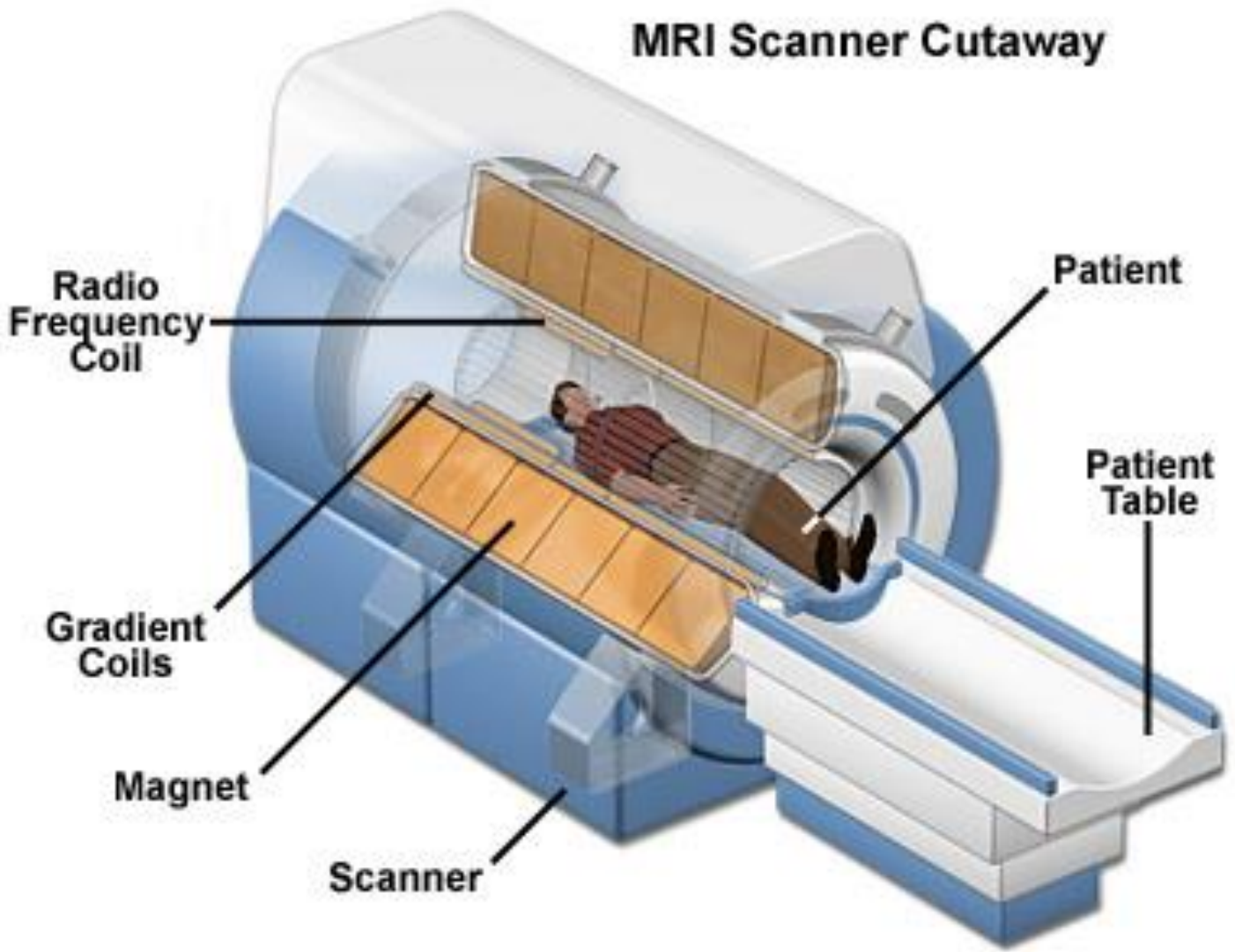
Μαγνητικός Συντονισμός

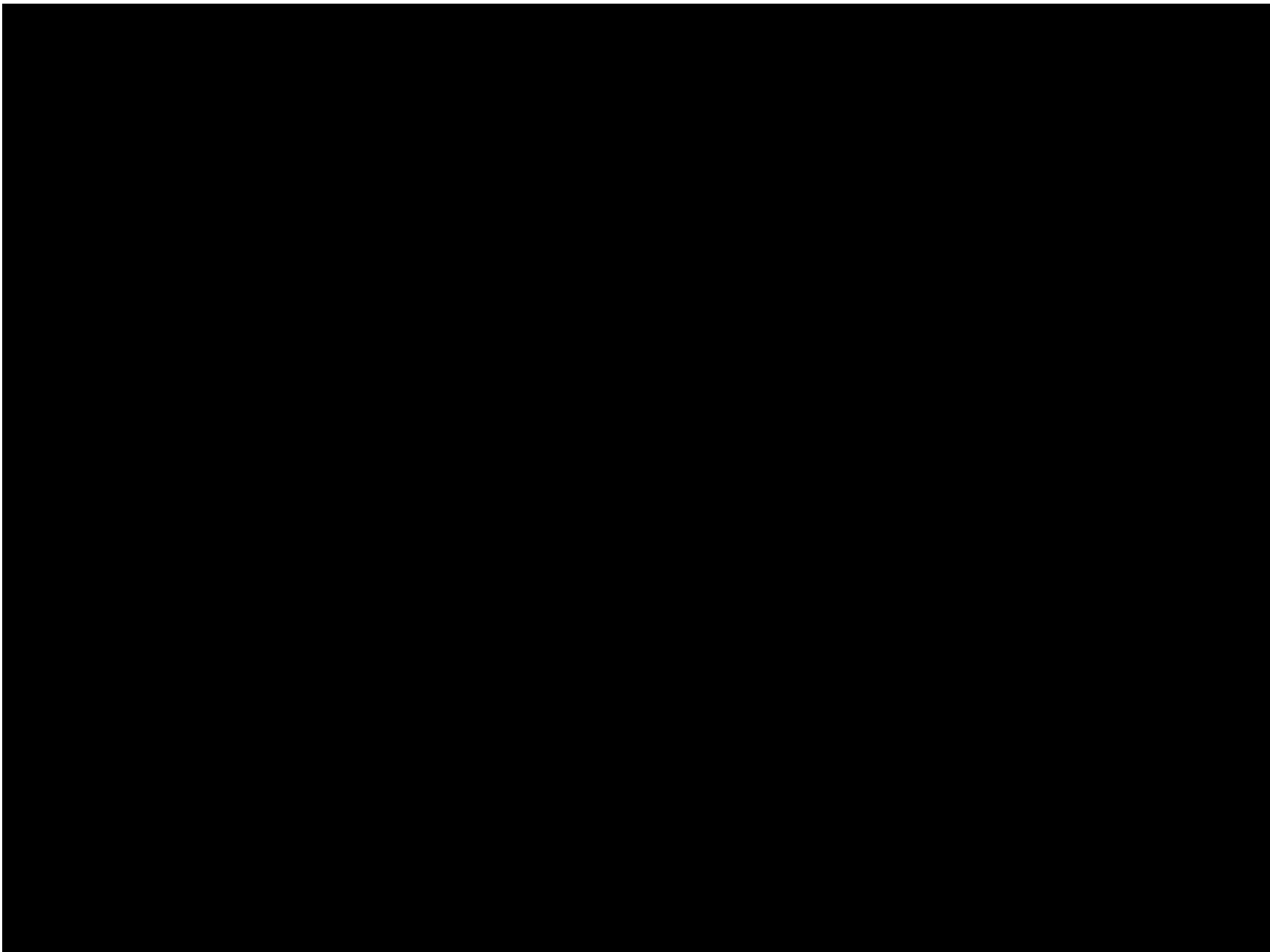
- Για την ακρίβεια..





MRI Scanner Cutaway

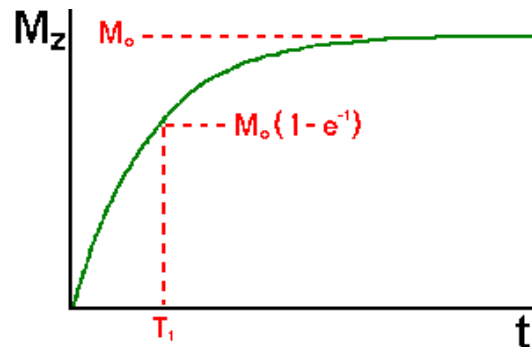
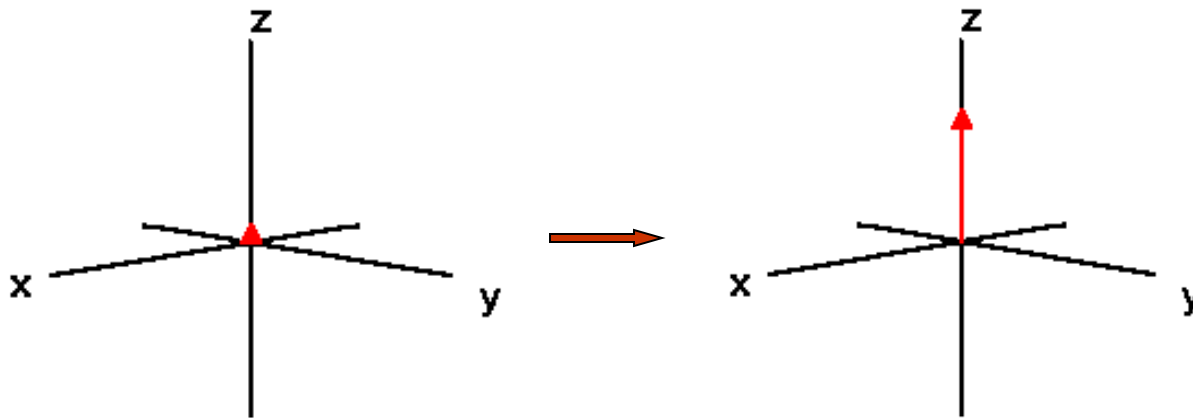






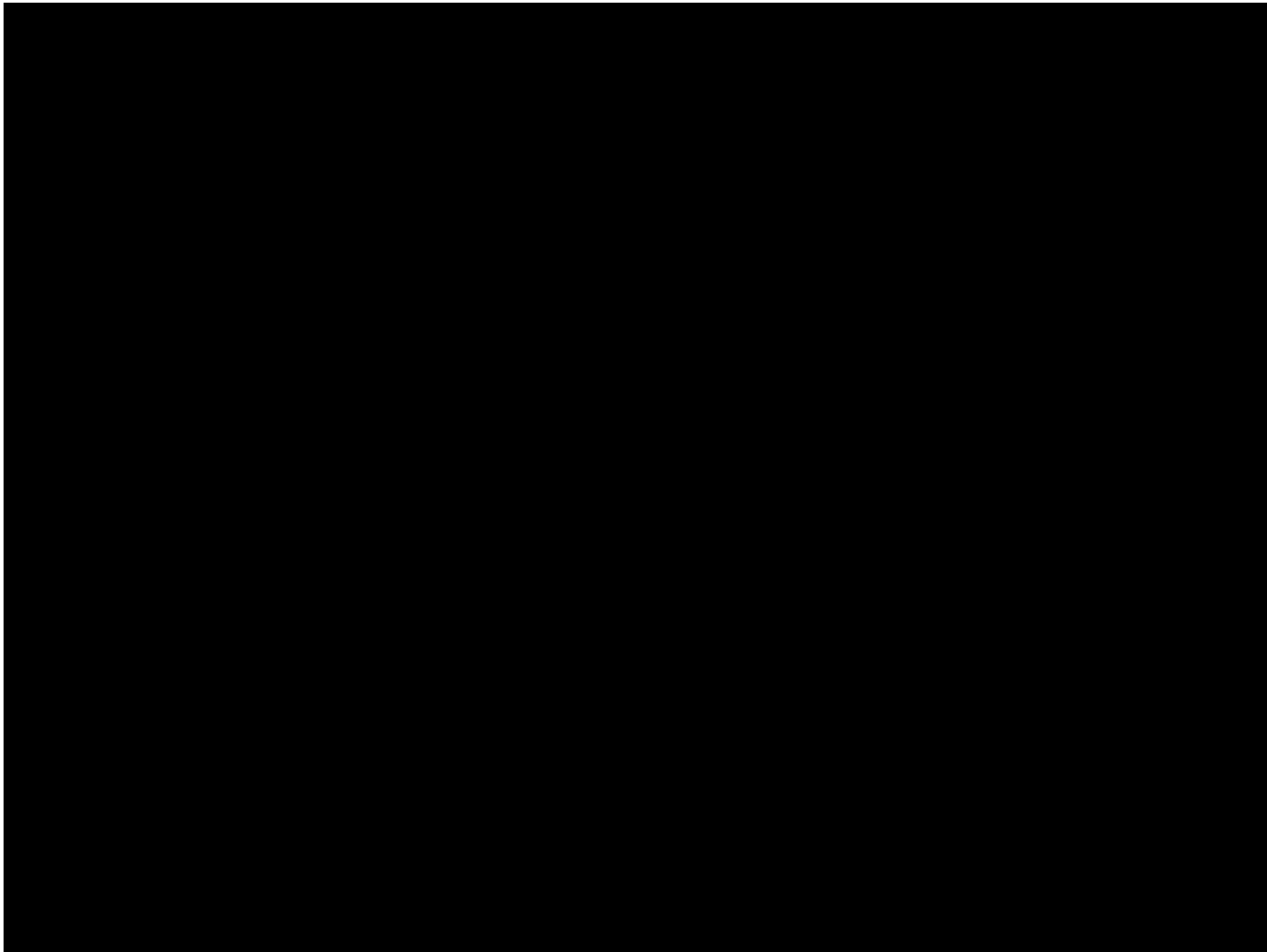
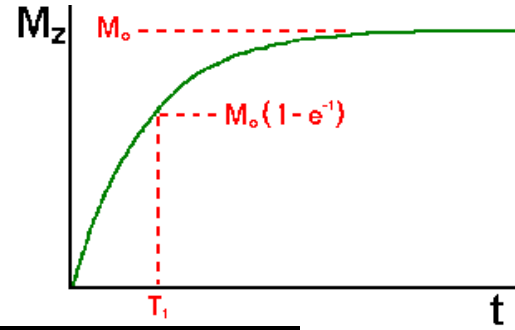
T1

- Η Μαγνήτιση επιστρέφει εκθετικά στην κατάσταση ισορροπίας (το B_0 εξακολουθεί να υφίσταται) :
 - T_1 : Σταθερά χρόνου διαμήκους επανάκτησης (Longitudinal recovery time constant)
 - $M_z = M_0 (1 - e^{-t/T_1})$
 - Αυτός ο χρόνος μπορεί να διαφοροποιήσει διαφορετικούς ιστούς





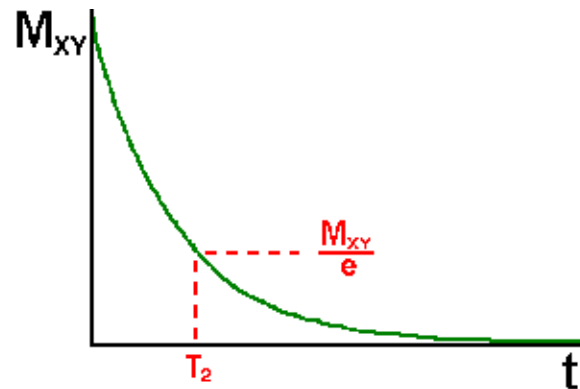
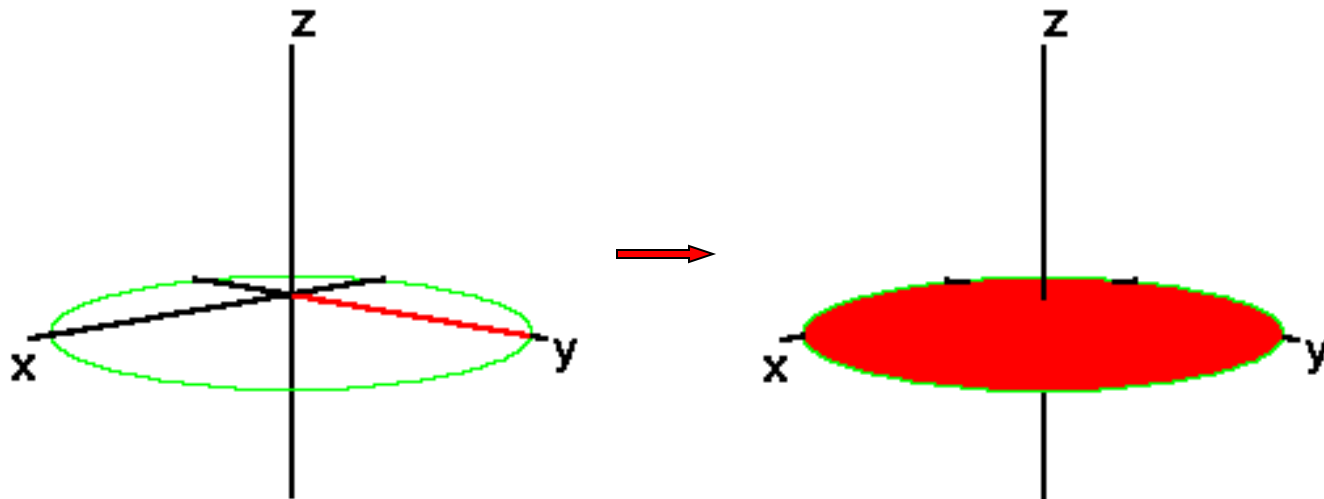
T1





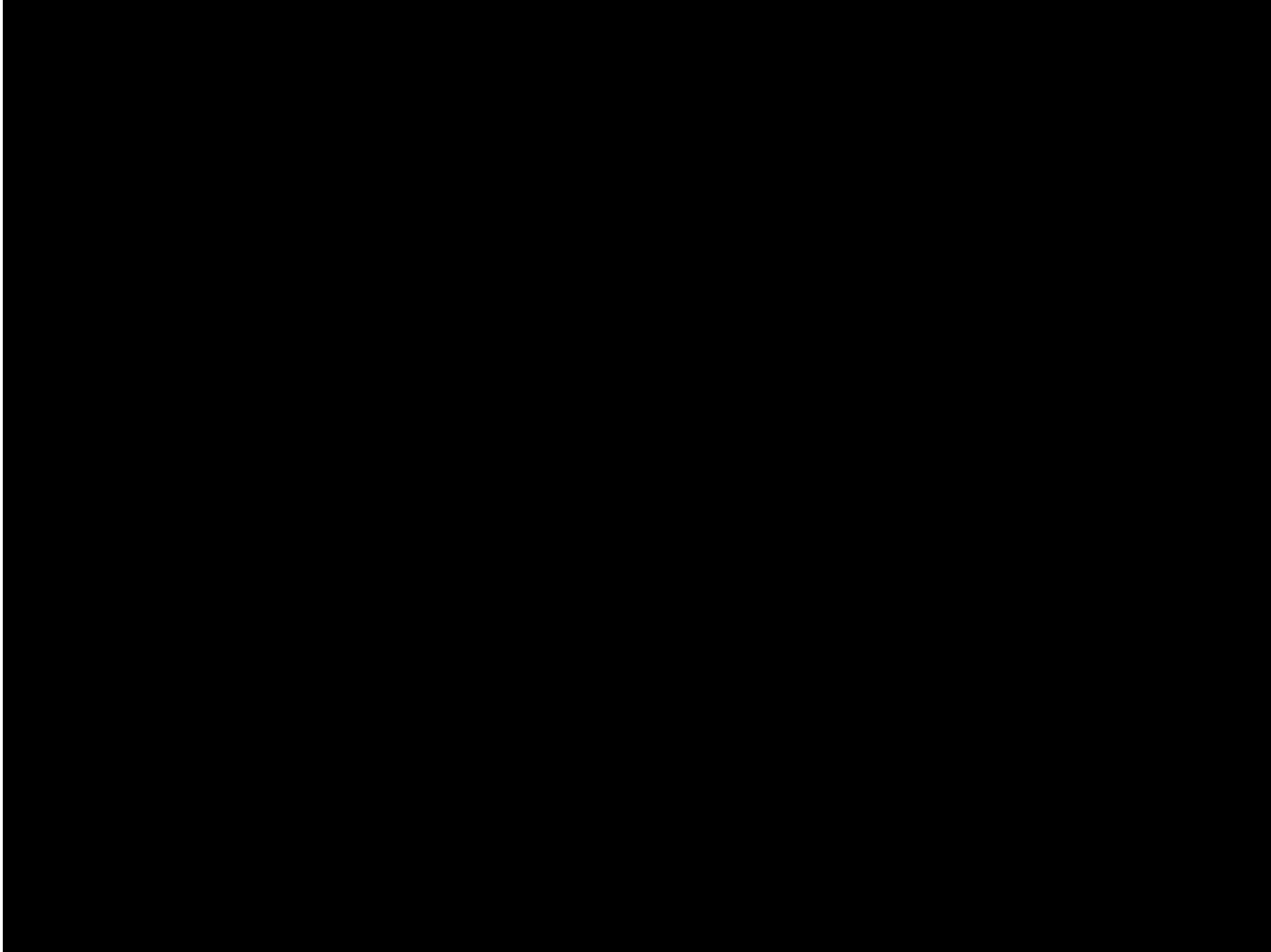
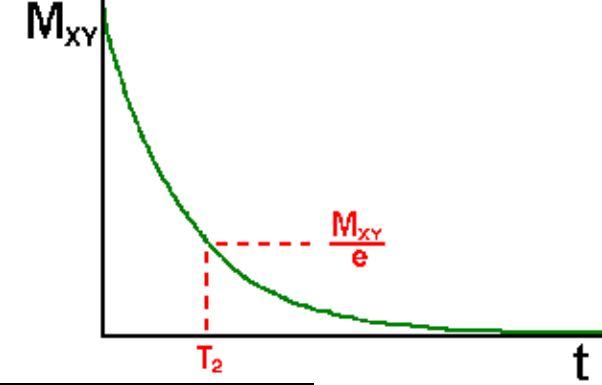
T2

- T_2 : Σταθερά χρόνου εγκάρσιας χαλάρωσης (Transverse decay time constant) $M_{xy} = M_{xy} e^{-t/T_2}$



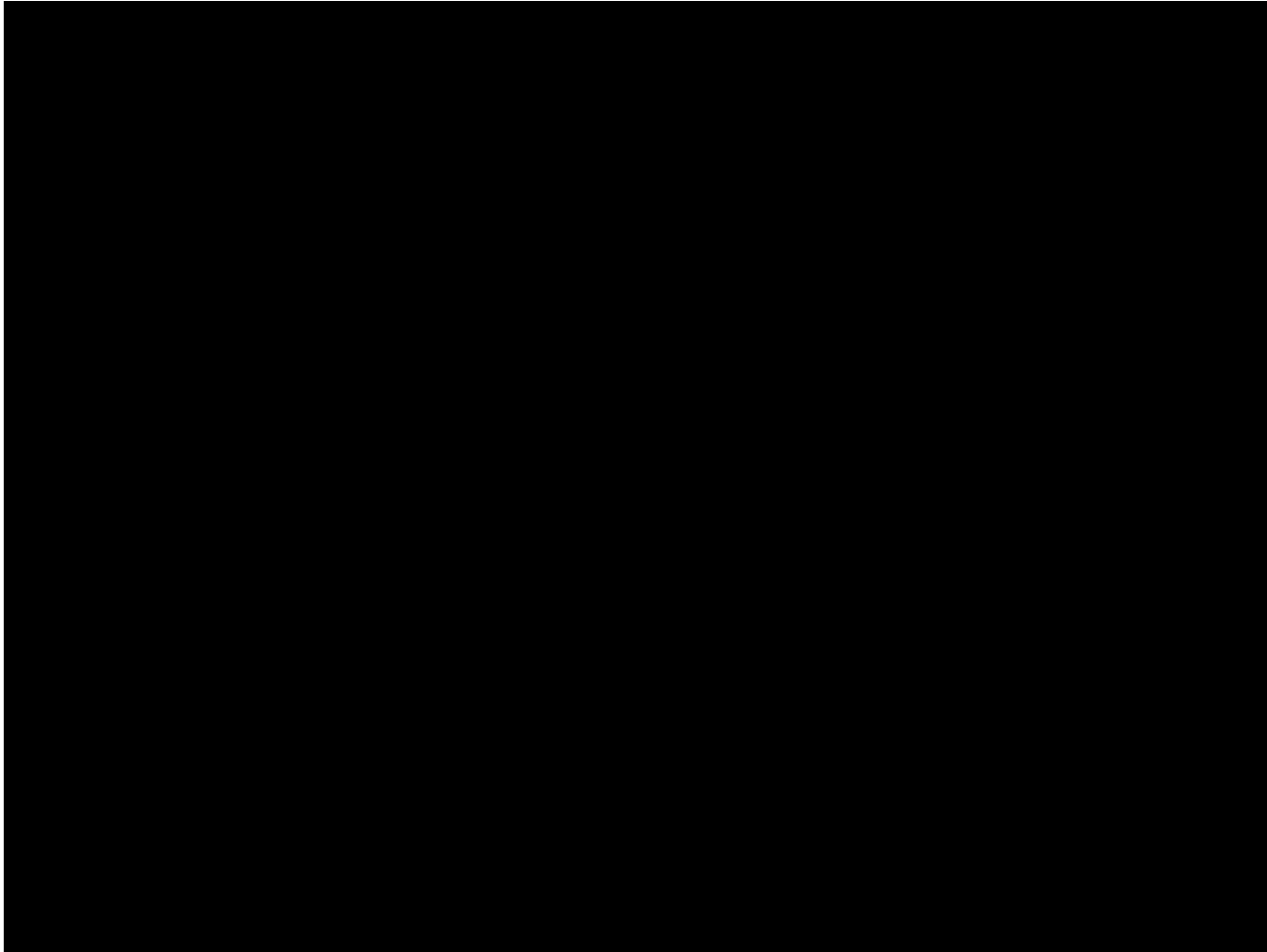
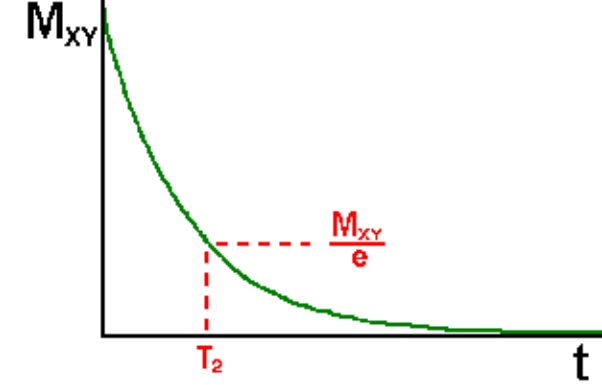


T2

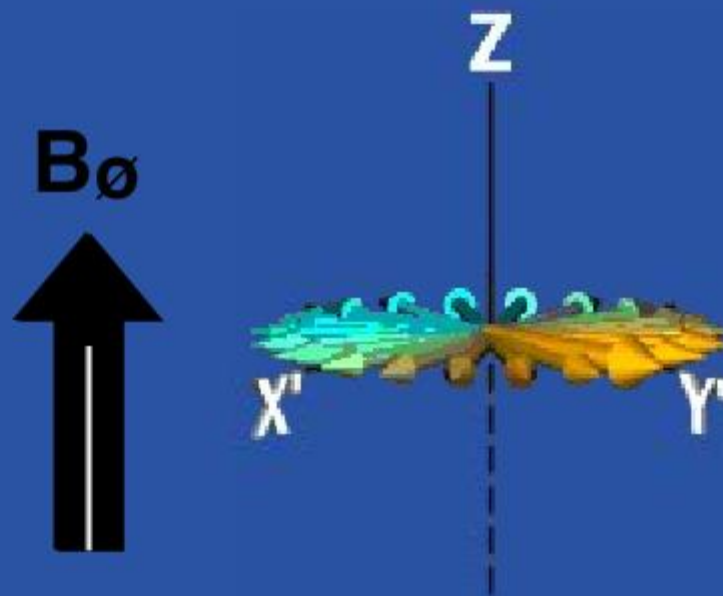


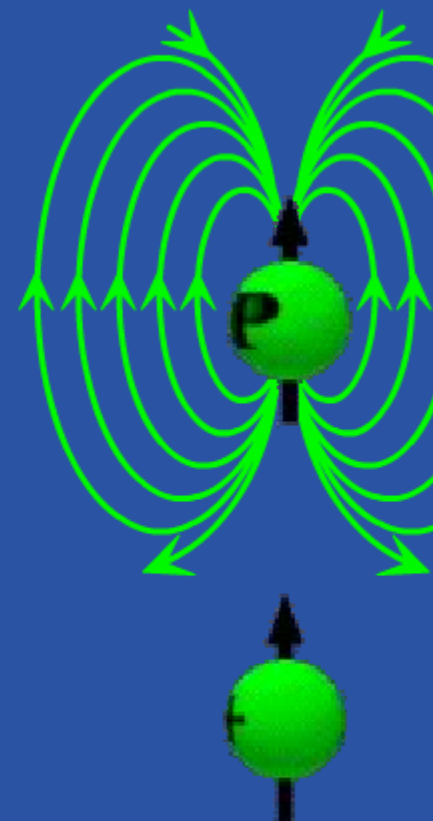
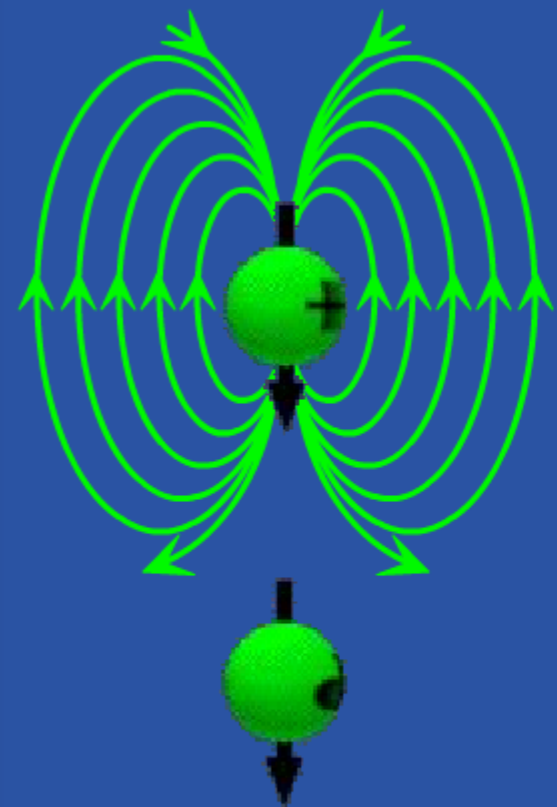


T2



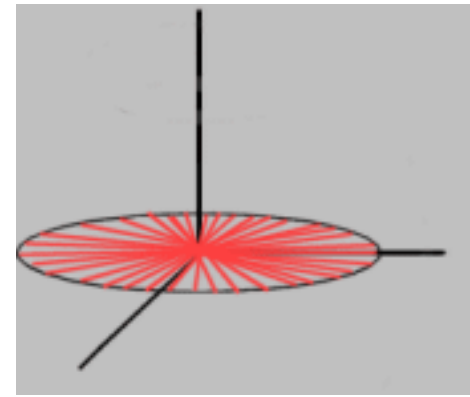
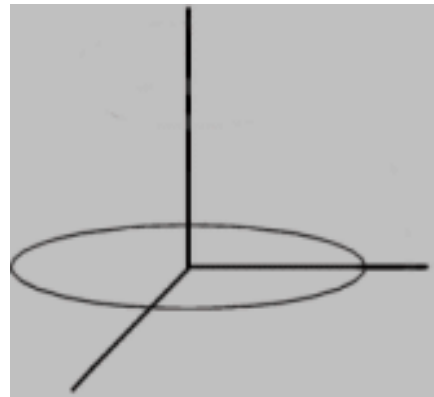
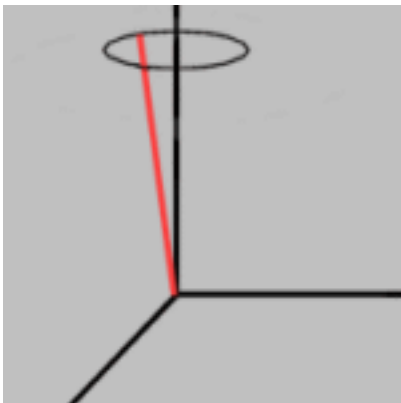
Ναι, αλλά γιατί ??

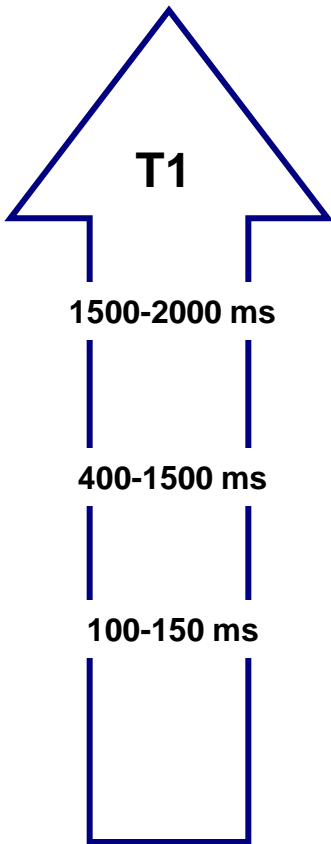






- Συνολικά :

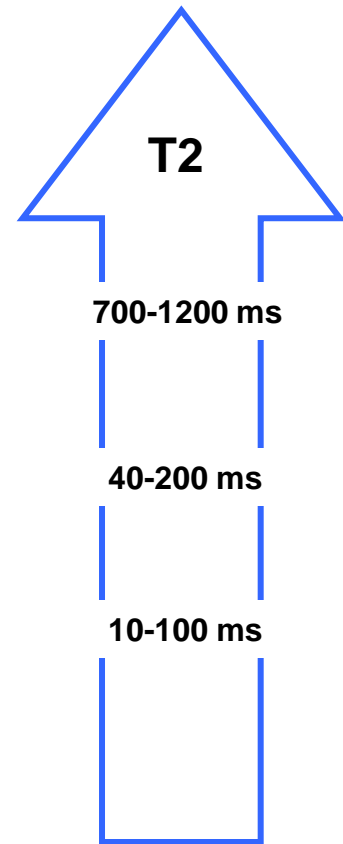




Υγρά
(Οίδημα, ΕΝΥ)

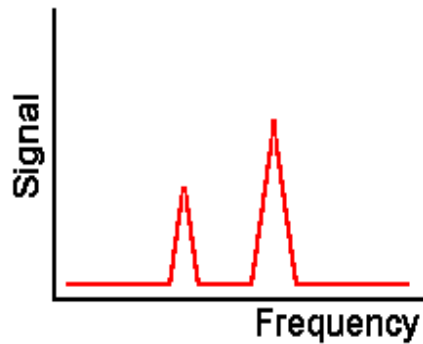
Ισοδύναμα Ύδατος
(Μύες, εγκέφαλος..)

Λίπος και Ισοδύναμα
(Λίπη, Μυελός)





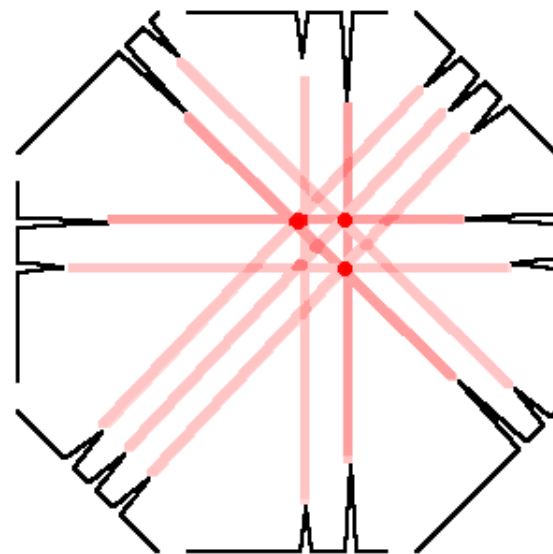
Frequency Encoding



- The three dots experience different magnetic field strengths.
- $n = n_0 + g \times G_x$



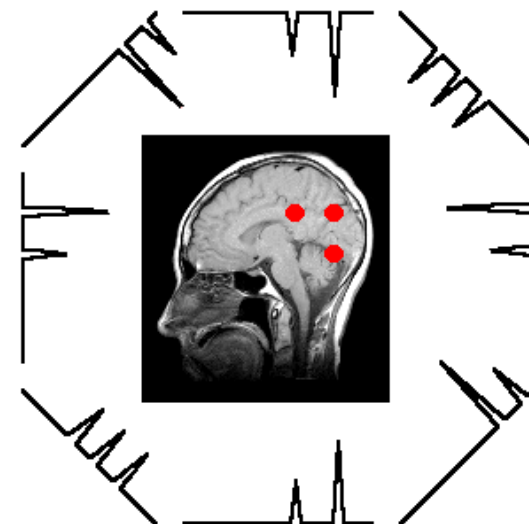
- Spectra of multiple gradient fields



- Data are stored for multiple gradient orientations

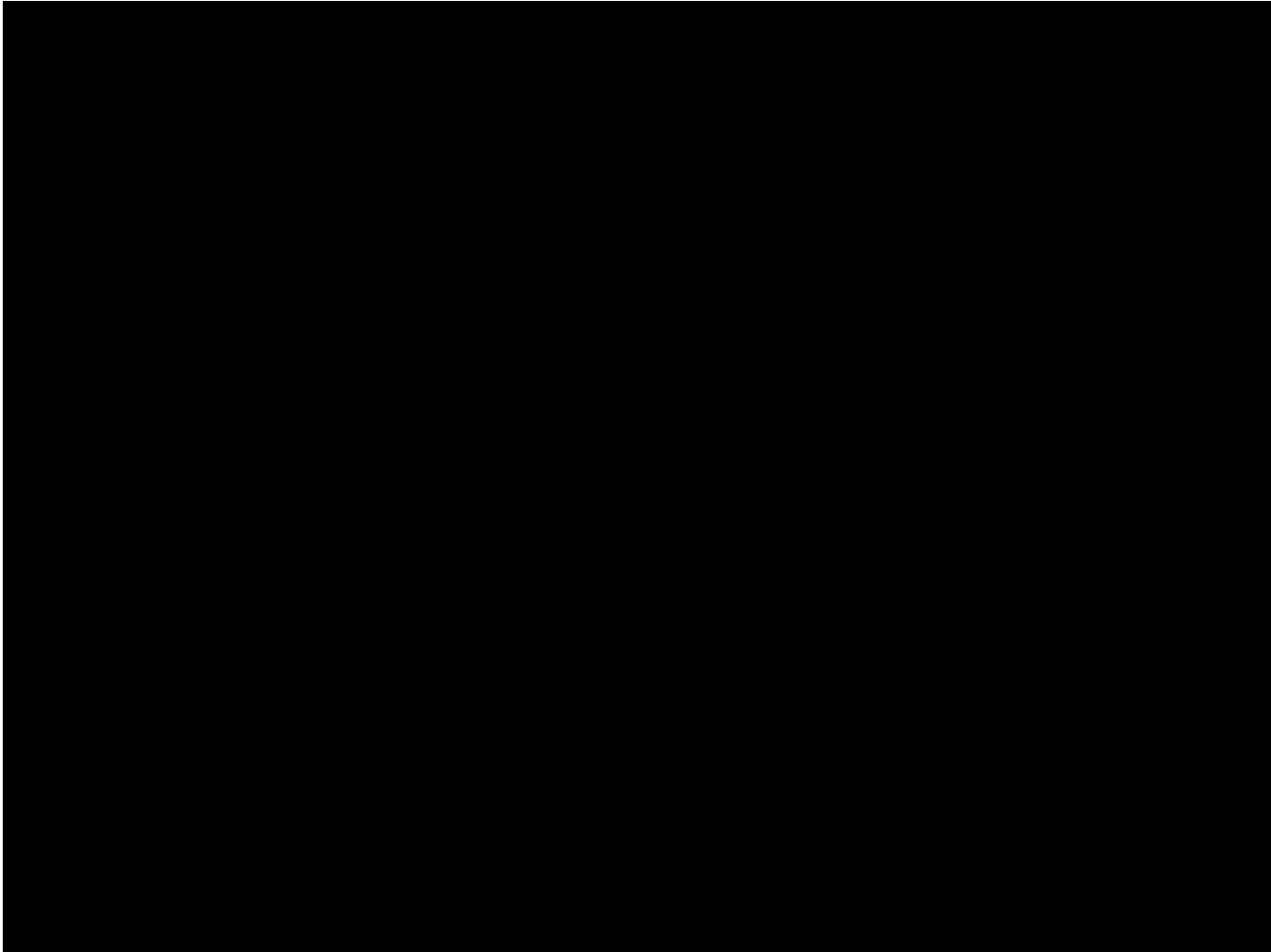


- After multiple Fourier transformations



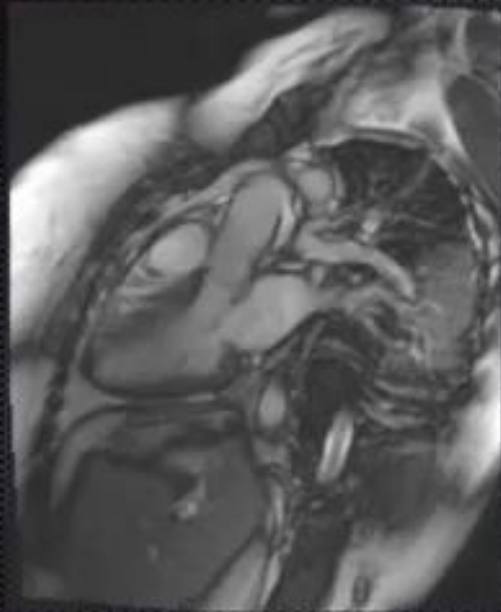


Gradient Echo GE (για G.E. SPGR)

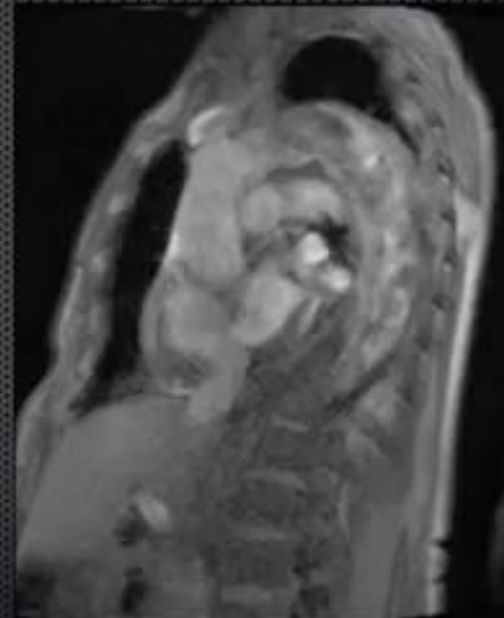


Cardiac MRI

Bright blood- gradient echo



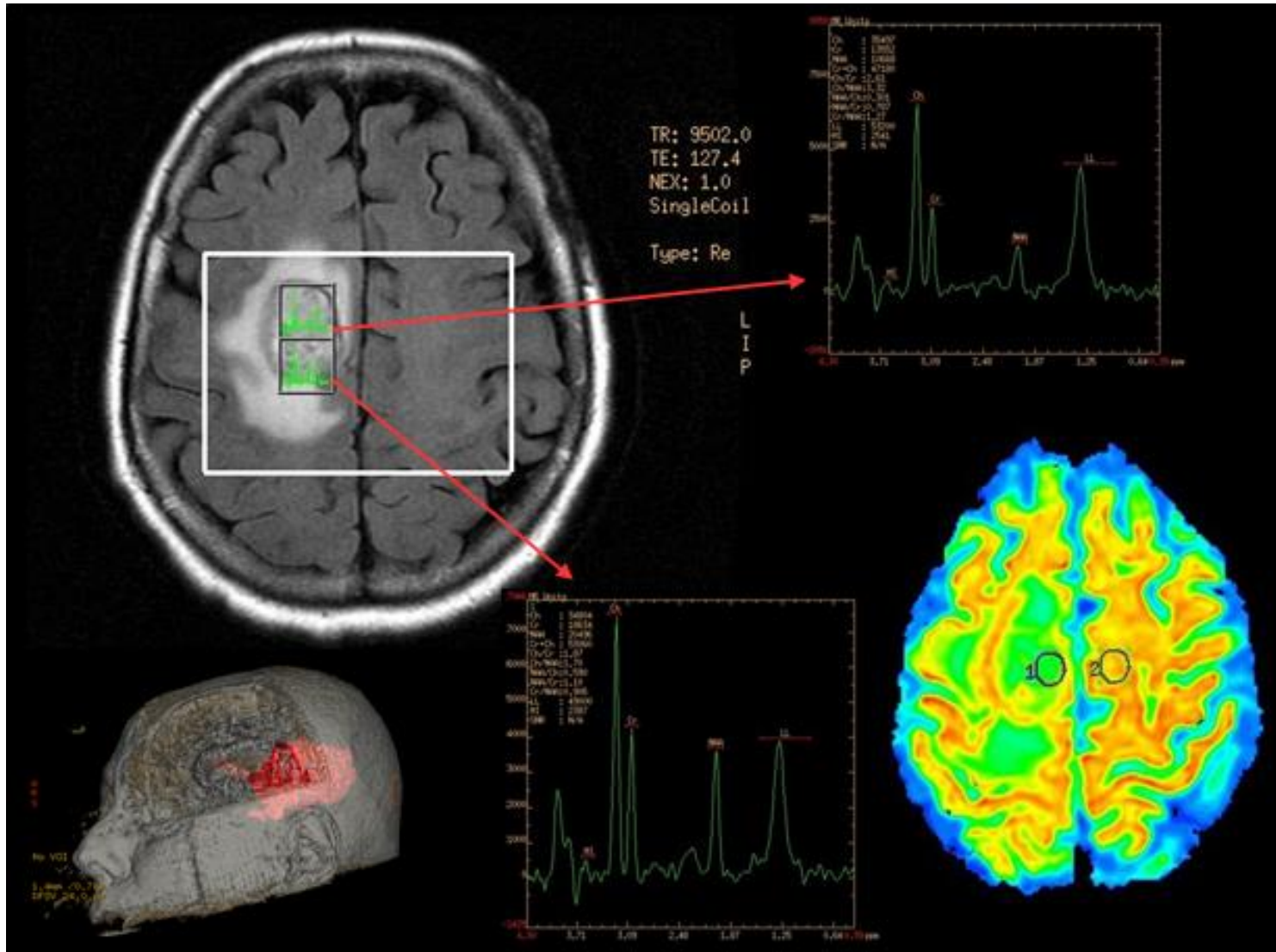
cine TrueFISP

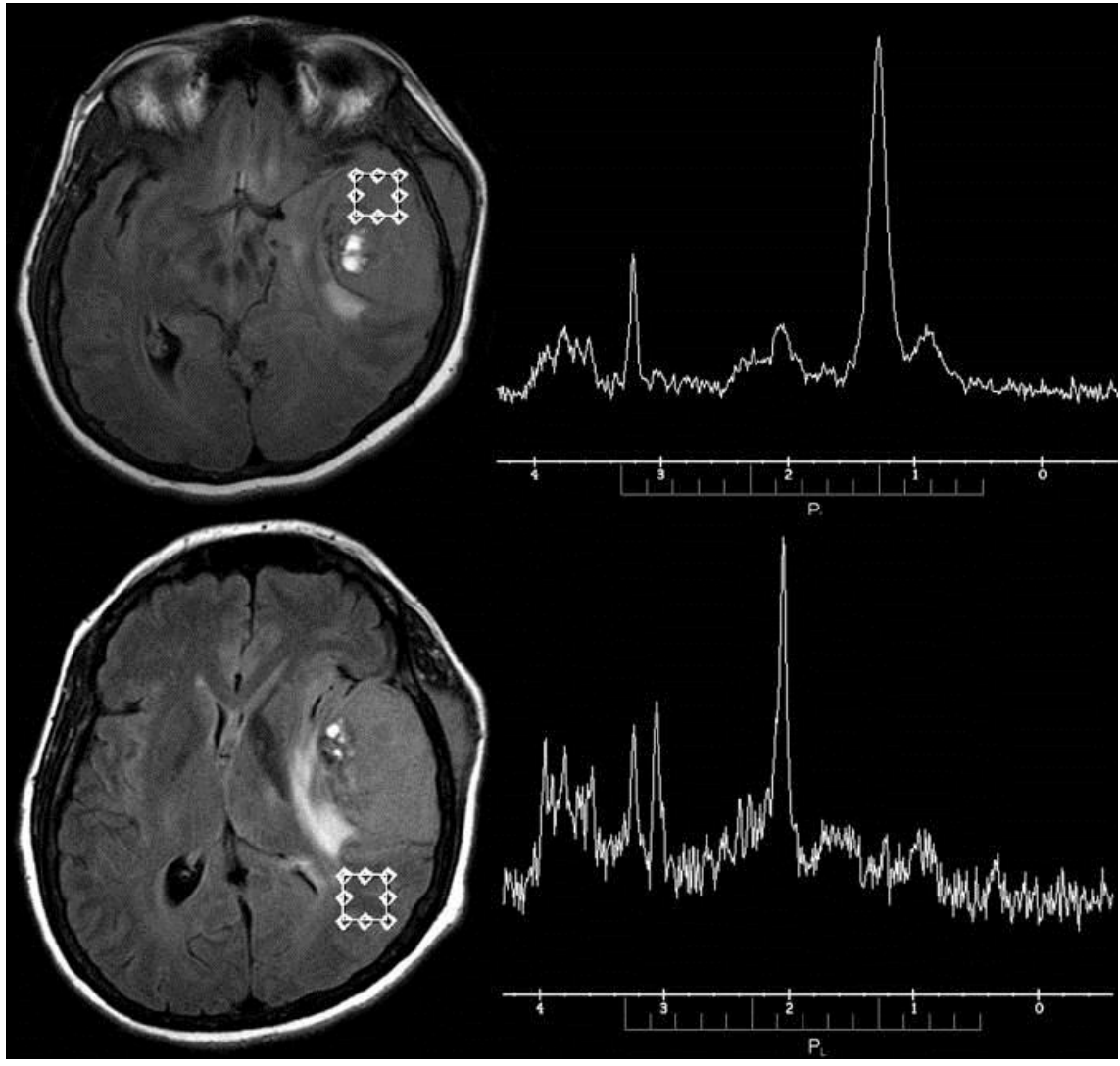


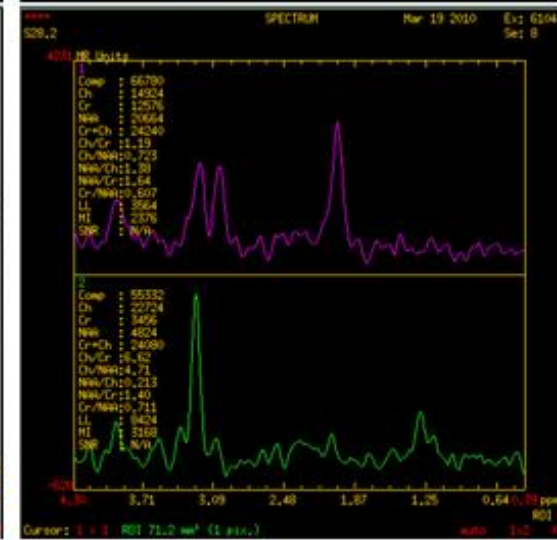
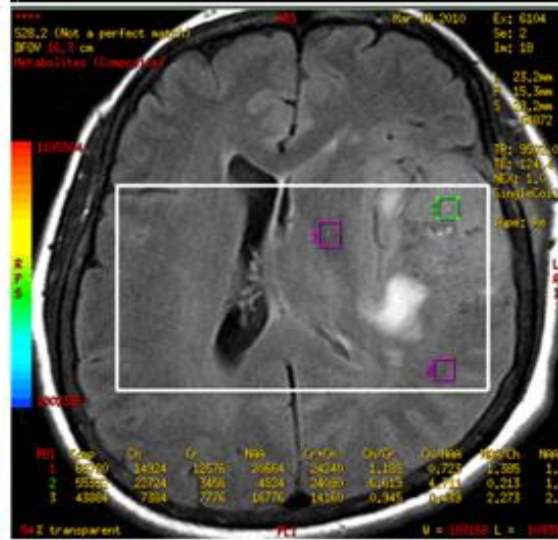
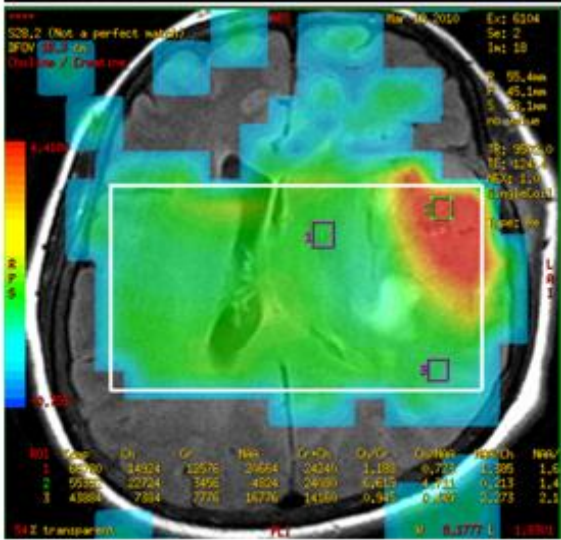
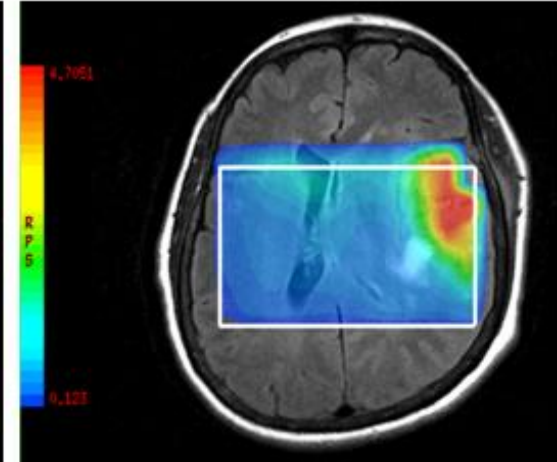
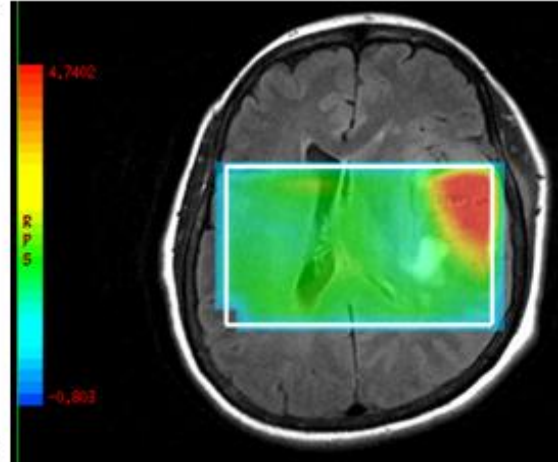
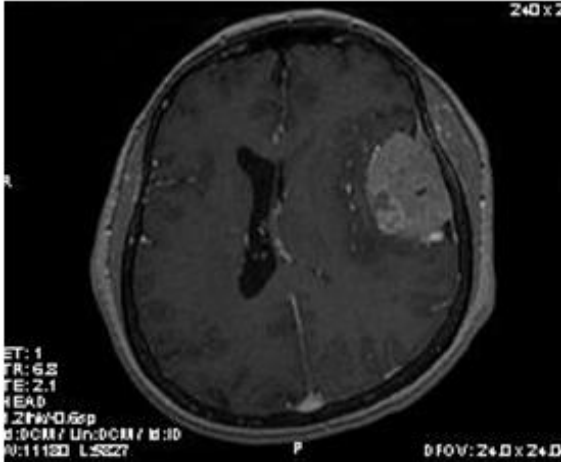
cine FLASH



Φασματοσκοπία (MRS)

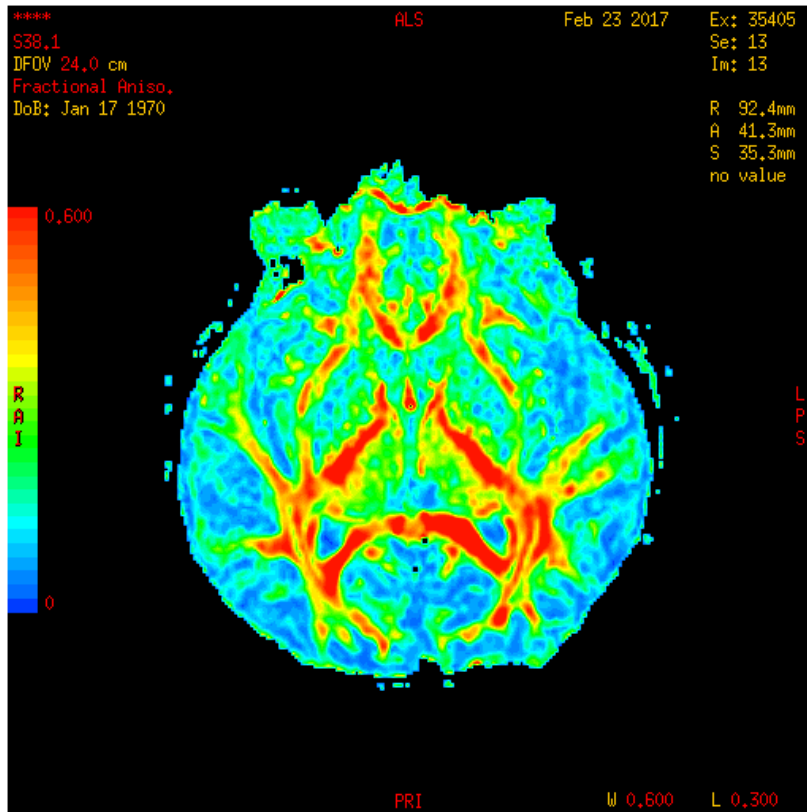




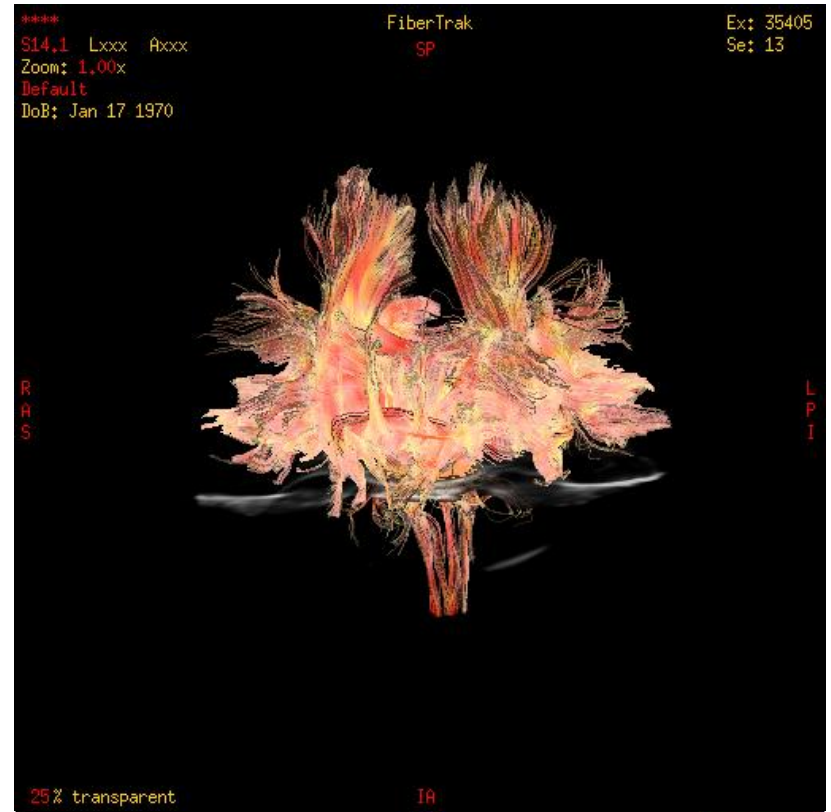




DTI και Δεσμιδογραφία



Fractional Anisotropy (FA)



Directionally-Encoded Color Map



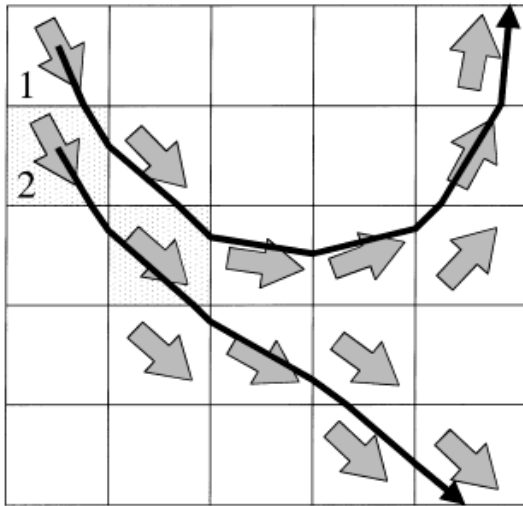
Tractography – Mapping the human brain



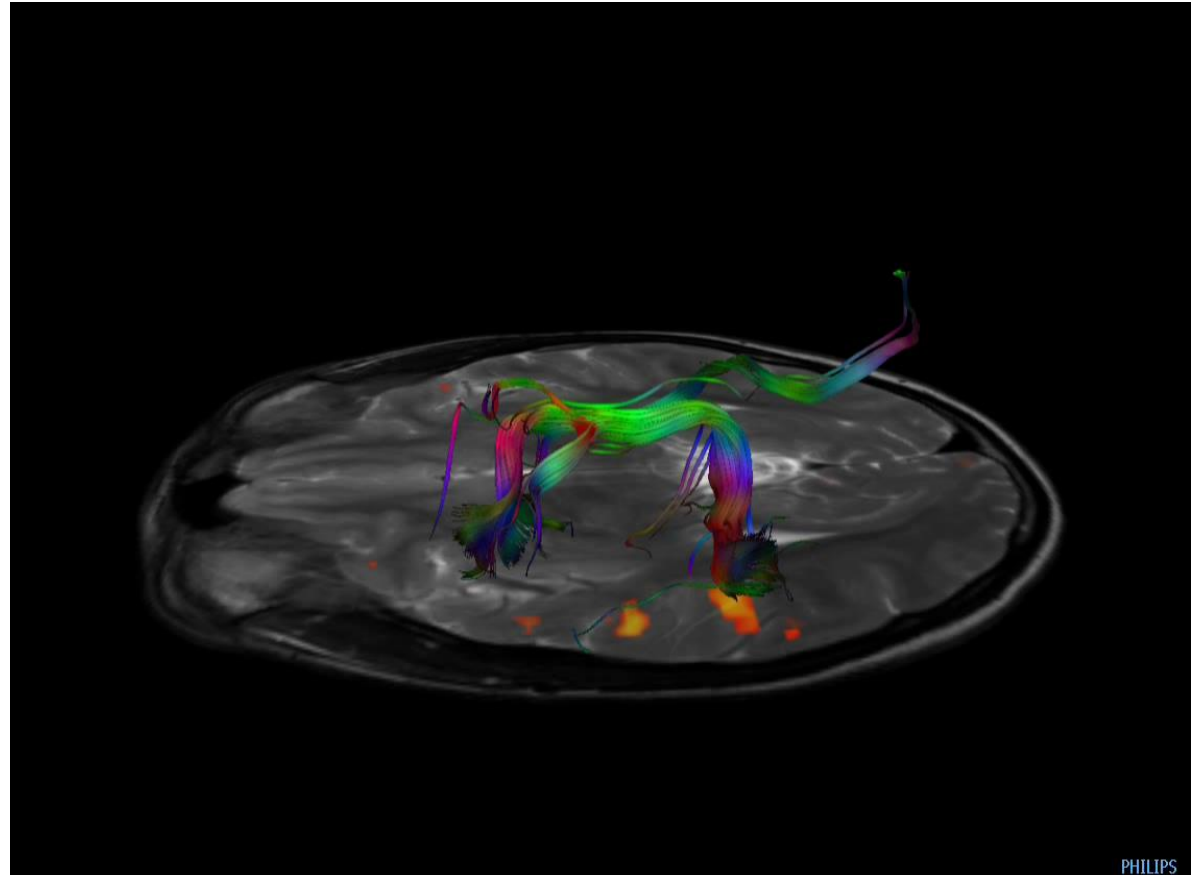
By courtesy of Prof. Fernando Calamante,
Calamante F. Neuroimage 2010; 53: 1233-1243.



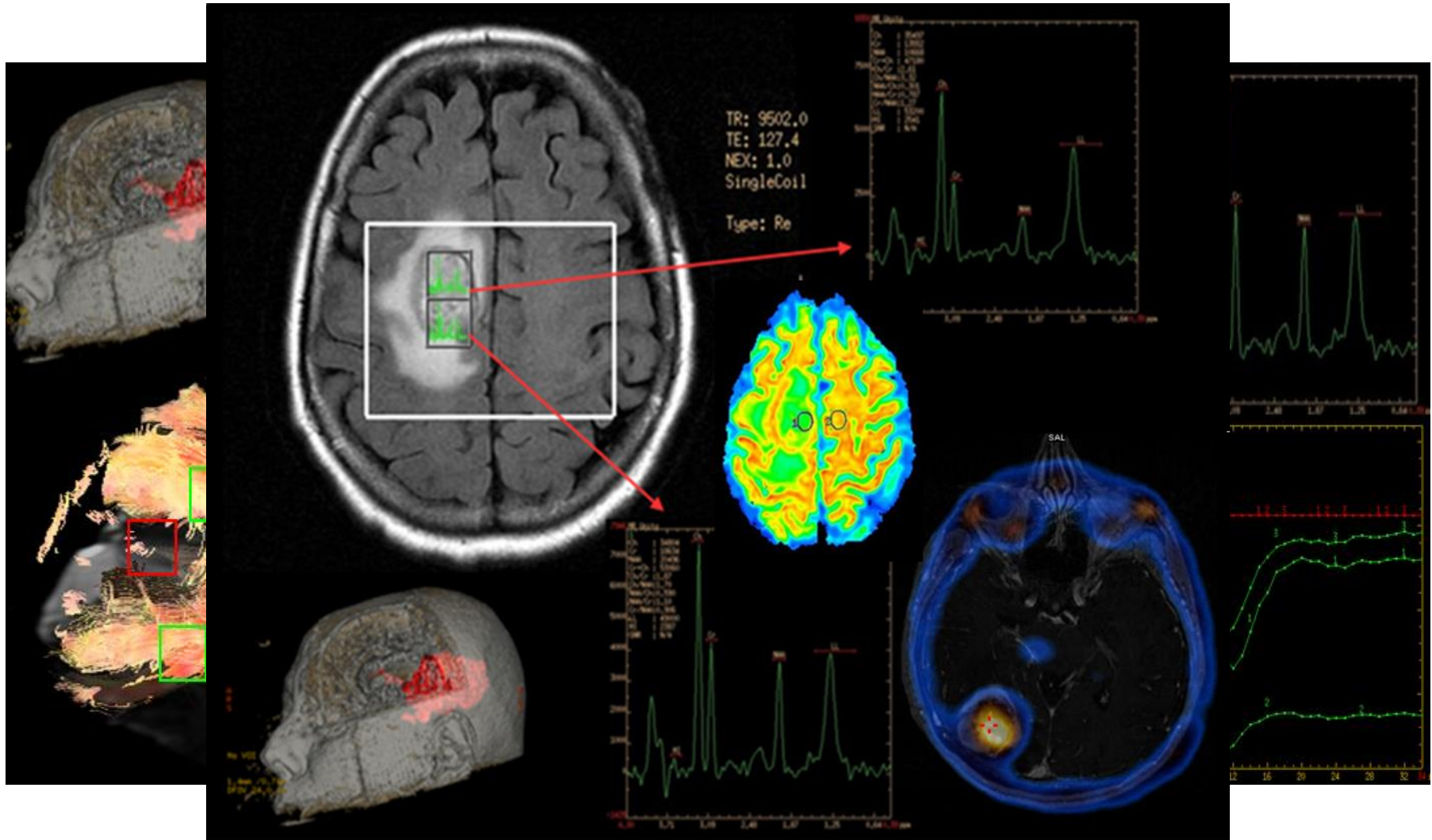
Fiber Assignment by Continuous Tracking



FACT Algorithm



Πολυπαραμετρική Αξιολόγηση Όγκων Εγκεφάλου





Risks related to Gradient Fields

- **Acoustic Noise**

Noise level range: ~70dB up to ~120dB depending on acquisition and Field Strength.

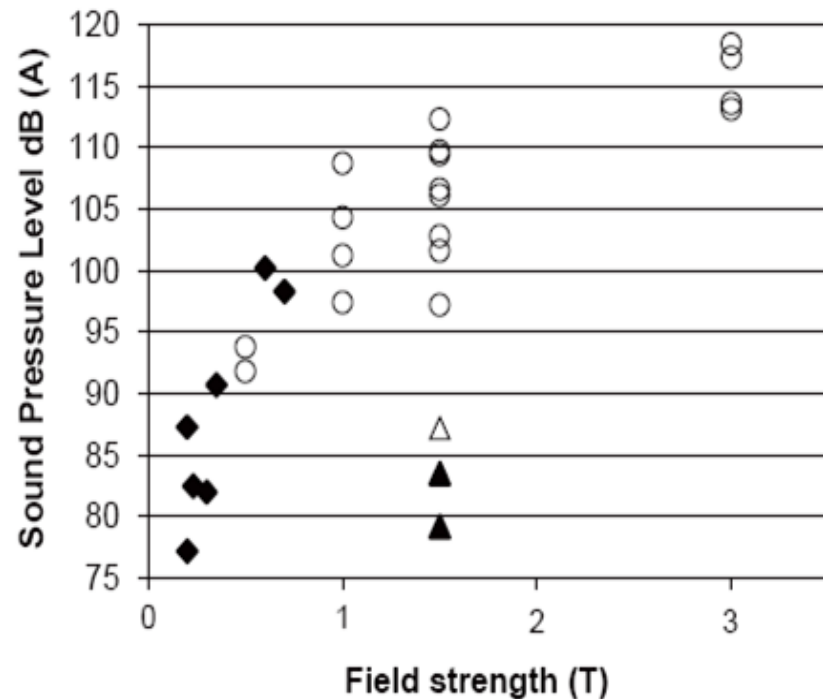
FSE



EPI



MERGE



- ◆ Open magnets,
- Cylindrical magnets,
- △ Cylindrical magnet with gradients in vacuum
- ▲ Cylindrical magnet with gradients in vacuum plus independent support



“Quiet” Pulse Sequences

- New techniques now exist that reduce acoustic noise and improve patient comfort.
- e.g. “Silent Scan” technology uses decreased gradient excitation levels to minimize acoustic noise associated with MR imaging.



MRI και εγκυμοσύνη?



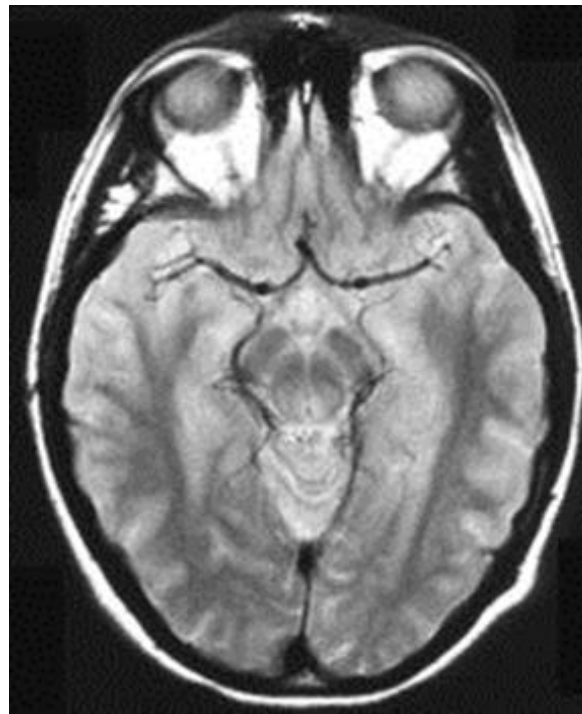
Ατυχήματα??



ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΙΑΤΡΙΚΗ



CT-Φυσιολογικό



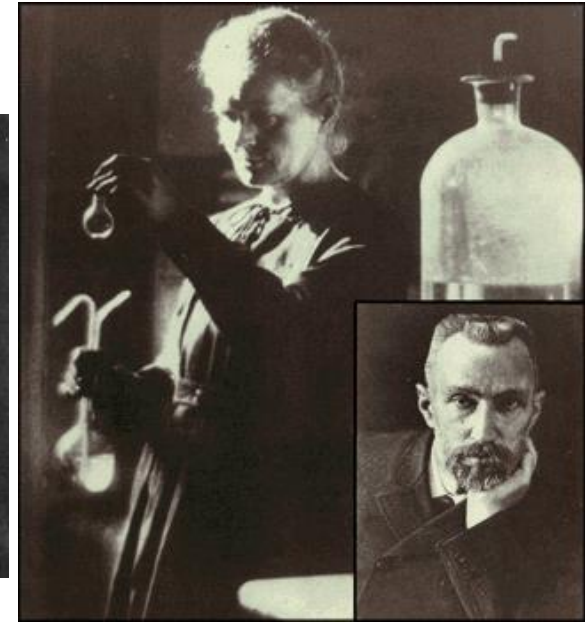
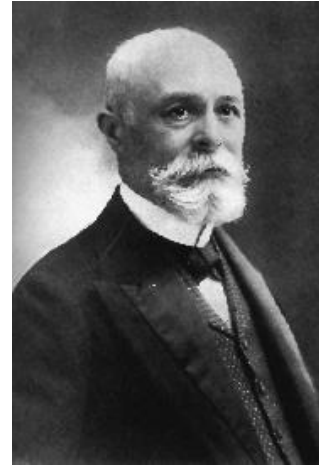
MRI-Φυσιολογικό



SPECT/PET -???
>> Καμία Απεικόνιση
>> Εγκεφαλικός Θάνατος

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

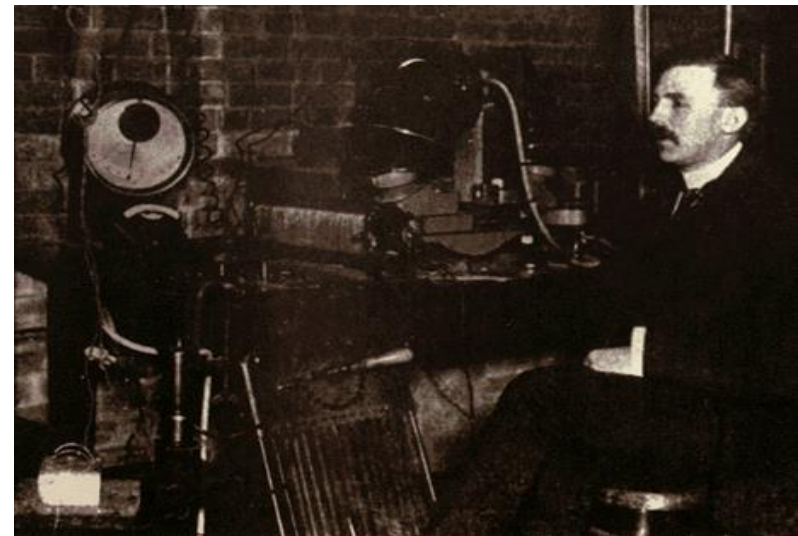
1896: Henry Becquerel και το ζεύγος Curie ήταν οι πρώτοι που ανακάλυψαν το φαινόμενο της ραδιενέργειας δουλεύοντας με τα στοιχεία Ουράνιο, Ράδιο και Πολώνιο (φυσικώς ραδιενεργά νουκλίδια).



Ορισμός Ραδιενέργειας από Rutherford και Soddy
«Η ιδιότητα ορισμένων πυρήνων να μεταπίπτουν σε κατάσταση χαμηλότερης ενέργειας αυτόματα με την ταυτόχρονη εκπομπή σωματιδιακής ή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας».

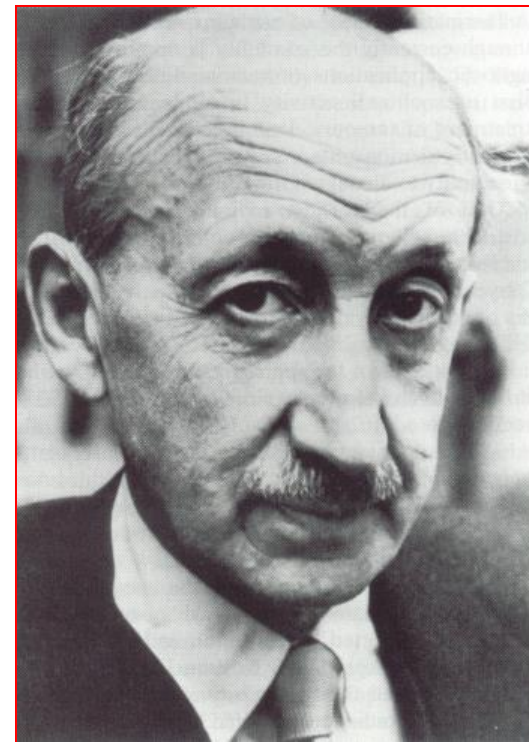
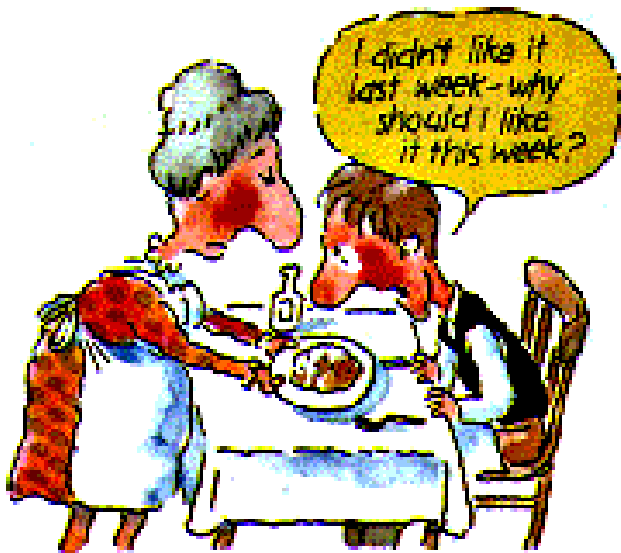
Ο μηχανισμός της ραδιενέργειας ονομάστηκε μηχανισμός ραδιενεργού φθοράς (decay).

Ο πυρήνας που θα διασπασθεί ονομάζεται **ΜΗΤΡΙΚΟΣ** και εκείνος που προκύπτει από τη διάσπαση **ΘΥΓΑΤΡΙΚΟΣ**.



Η πρώτη πρακτική εφαρμογή των ραδιοισοτόπων έγινε από τον George de Hevesy το **1911**. Το καιρό που ο de Hevesy ήτα ένα φτωχός νέος Ούγγρος σπουδαστής στο πανεπιστήμιο του Manchester, κάνοντας έρευνα με φυσικά ραδιενεργά υλικά, έχει νοικάσει ένα μικρό δωμάτιο και έτρωγε ό,τι του μαγείρευε η σπιτονοικοκυρά του. Αρχισε να υποσιάζεται ότι η σπιτονοικοκυρά του σερβίριζε φαγητά από αυτά που είχαν περισέψει από προηγούμενες ημέρες ή εβδομάδες, αλλά δεν μπορούσε να το αποδείξει. Τελικά ο Hevesy έβαλε μια μικρή ποσότητα κάποιου ραδιενεργού υλικού που έφερε από το εργαστήριό του μέσα στα αποφάγια του. Πολλές μέρες μετά όταν το ίδιο πιάτο του σερβιρίστηκε, χρησιμοποίησε έναν απλό ανιχνευτή για να ελένξει εάν το φαγητό ήταν ραδιενεργό.

HTAN. Οι υποψίες του de Hevesy αποδείχθηκαν.



George de Hevesy
1885-1966
Nobel 1943

ΙΣΤΟΡΙΚΗ αναδρομή

Ο Hal Anger έφερε την επανάσταση στη επιστήμη της Πυρηνικής Ιατρικής με την κατασκευή της πρώτης γ -κάμερα στη δεκαετία του 1950. Ο ίδιος επινόησε το μετρητή δειγμάτων (γ -counter) που ευρήτατα σήμερα χρησιμοποιείται στις εργαστηριακές εξετάσεις βιολογικών δειγμάτων με μικρές ποσότητες ραδιενεργού υλικού (RIA).

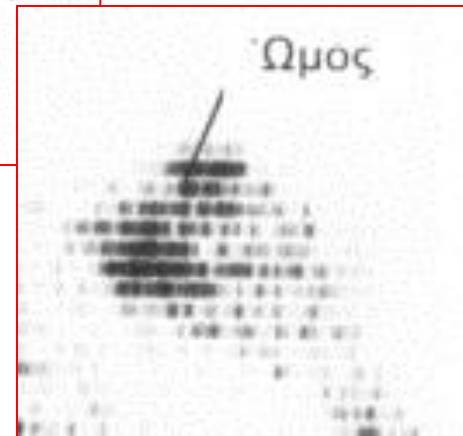
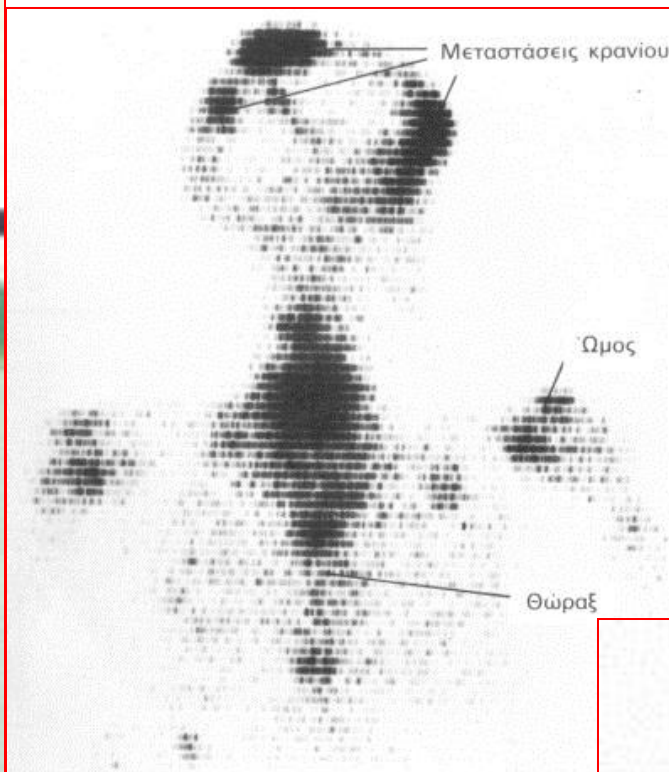


Hal Anger

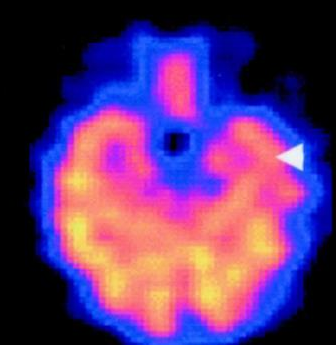
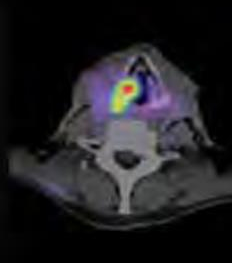
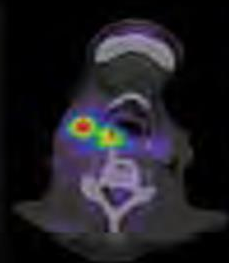
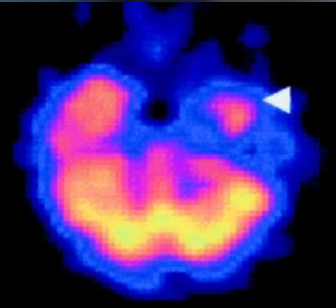
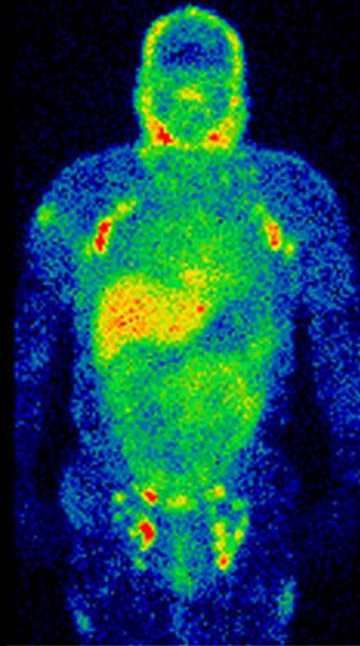
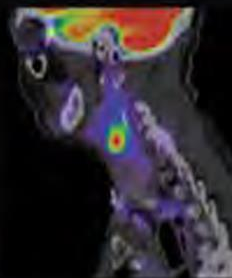
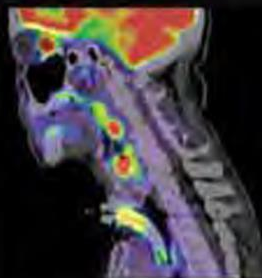
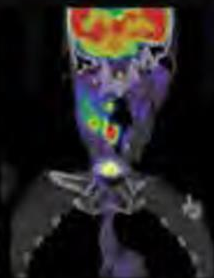
**Από τον ευθύγραμμο (η γραμμικό) σπινθηρογράφο
στην γ-Κάμερα**

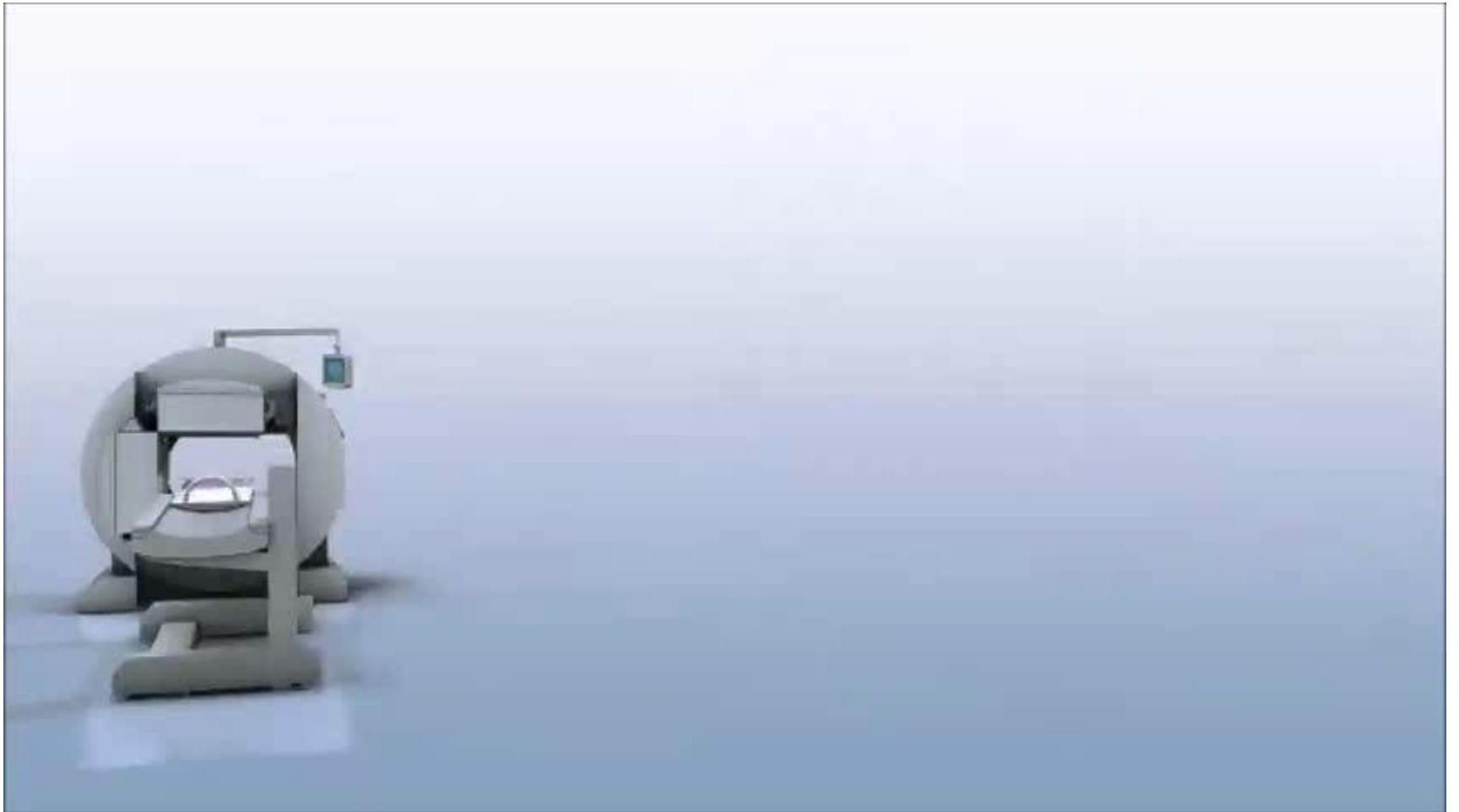


Ευθύγραμμος (η γραμμικός) σπινθηρογράφος



γ -CAMERA





ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΙΑΤΡΙΚΗ

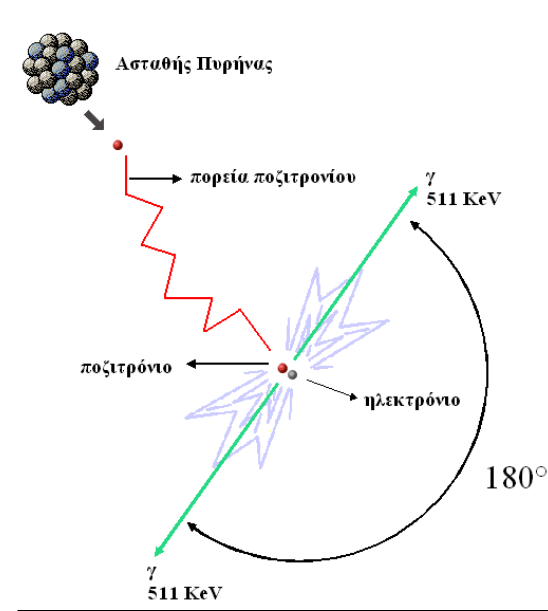
Εξέταση	Μέση Ενεργός Δόση (mSv)	ΔΕΑ (MBq)
Σπ. Οστών Tc-99m	4,5	735
Σπ. Θυρεοειδ. I-131	1,0	183
DMSA Tc-99m	1,3	183
DTPA Tc-99m	1,8	540
Σπ. Tl-201	18	111
Σπ. Φλεγμονών Ga-67	15	190

PET-CAMERA

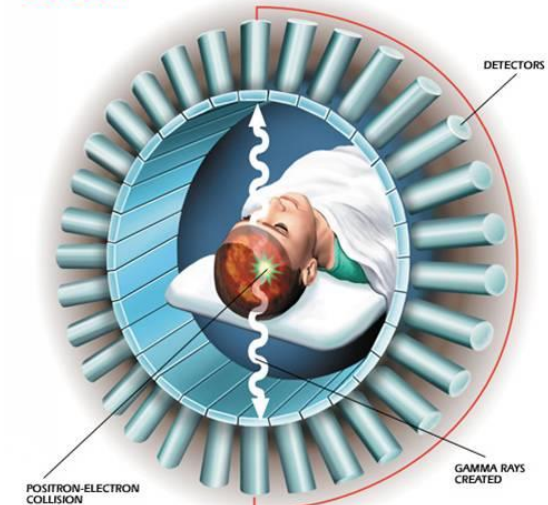


CAMERA ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΠΟΖΙΤΡΟΝΙΩΝ (PET)

- ✓ **Ταυτόχρονη ανίχνευση** των ζευγών φωτονίων **511 keV** που προκύπτουν από την αλληλοεξουδετέρωση των **ποζιτρονίων** (εκπέμπονται από τα χορηγούμενα ραδιοϊσότοπα) με γειτονικά ηλεκτρόνια.
- ✓ Στα συστήματα PET χρησιμοποιούνται εκατοντάδες έως χιλιάδες ανιχνευτές, σε κυκλικούς, εξαγωνικούς ή οκταγωνικούς δακτύλιους και σε αντιδιαμετρική σύνδεση μεταξύ τους.
- ✓ **Συστήματα PET – CT (fusion).**



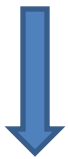
PET Scan



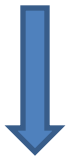
Τα κακοήθη κύτταρα εμφανίζουν αυξημένη κατανάλωση γλυκόζης

Άρα,

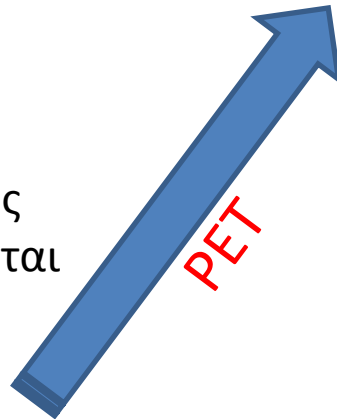
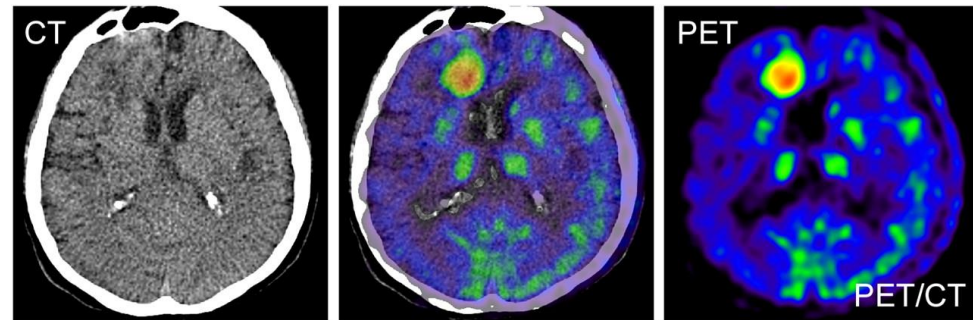
Χορηγούμε ενέσιμα FDG στον ασθενή και τοποθετείται εντός του PET



Τα κακοήθη κύτταρα προσλαμβάνουν το FDG



Στο σημείο του ανθρώπινου σώματος που προσλαμβάνεται FDG εκπέμπονται 2 ακτίνες γ (511 keV)



Το μέλλον..?



Ευχαριστώ



"We've given you a brain scan and we can't find anything."