

Υπλογιστικός Αξονικός Τομογράφος

Υπολογιστικός Αξονικός Τομογράφος

- ▶ Η Υπολογιστική Τομογραφία ή Αξονική Τομογραφία, έχει διεθνώς επικρατήσει από τα αρχικά των αγγλικών λέξεων Computed Tomography.
- ▶ Θεωρείται η σημαντικότερη εξέλιξη στη διαγνωστική των ακτίνων X από την εποχή που ο W.C. Roentgen ανακάλυψε αυτό το νέο “είδος ακτίνων”.
- ▶ Η Υπολογιστική Τομογραφία βασίζεται στην ανακατασκευή (reconstruction) της εσωτερικής μορφολογίας των διαφόρων οργάνων του σώματος με τη σύνθεση πολλαπλών προβολών εγκάρσιων τομών του συγκεκριμένου οργάνου.



Ιστορική Αναδρομή (1)

- ▶ Η πρώτη εφαρμογή ανακατασκευής εικόνας στη διαγνωστική ακτινολογία περιγράφηκε το 1938 από τον J. Frank στο Αμβούργο.
- ▶ Το 1961 ο Oldendorf μετέφερε στην Ιατρική τη μέθοδο της ανακατασκευής της εικόνας για να προσδιορίσει την κατανομή της ραδιοπυκνότητας στο κρανίο.
- ▶ Η μαθηματική μέθοδος ανακατασκευής εικόνων από προβολές μέσω ακτίνων X οφείλεται στον A.M. Cormack, καθηγητή Φυσικής στο Πανεπιστήμιο Tufts των ΗΠΑ.
- ▶ Πολλοί ερευνητές χρησιμοποίησαν την τεχνική των οπισθίων προβολών για να μετρήσουν την κατανομή της πυκνότητας των οστών.



Ιστορική Αναδρομή (2)

- ▶ Ο Godfrey Newbold Hounsfield ήταν ο πρώτος που χρησιμοποίησε το 1967 την τεχνική της ανακατασκευής εικόνας στην πρακτική Ιατρική και κατασκεύασε το πρώτο σύστημα Υπολογιστικής Τομογραφίας στον κόσμο.
- ▶ Για τη συμβολή του αυτή στη διαγνωστική Ιατρική ο G.N. Hounsfield τιμήθηκε με το βραβείο Nobel Ιατρικής το 1979.
- ▶ Τα μηχανήματα της γενιάς αυτής χρησιμοποιήθηκαν μόνο για εξετάσεις του εγκεφάλου.
- ▶ Ο Dr. R. Ledley του Πανεπιστημίου Georgetown των ΗΠΑ παρουσίασε τον Φεβρουάριο του 1974 τον πρώτο πρότυπο Υπολογιστικό Τομογράφο για όλο το σώμα.

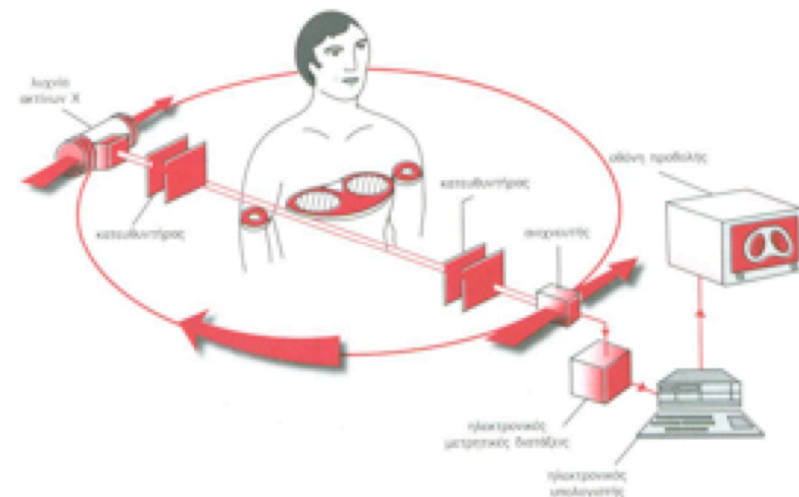


Βασική αρχή λειτουργίας Αξονικού Τομογράφου (1)

- ▶ Η βασική αρχή λειτουργίας του Υπολογιστικού Τομογράφου είναι:

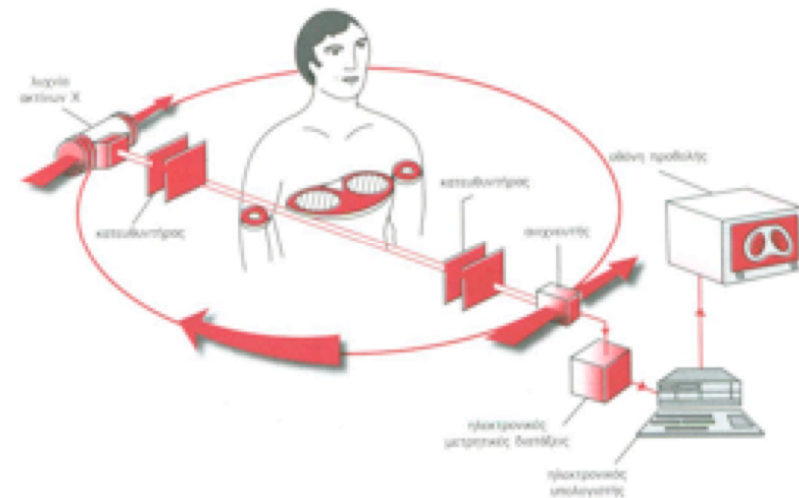
Η λήψη εγκάρσιων διατομών της περιοχής του σώματος που ενδιαφέρει, μέσω της καταγραφής της εξασθένησης της δέσμης ακτίνων X που διαπερνά την περιοχή αυτή

- ▶ Καθώς η λυχνία ακτίνων X κινείται γύρω από το σώμα του ασθενή (επιμήκης άξονας), ανά συγκεκριμένη γωνιακή απόσταση της τάξης της 1° (προβολική κατεύθυνση) εκπέμπει λεπτή δέσμη ακτινοβολίας.
- ▶ Η λεπτή αυτή δέσμη ακτινοβολίας, αφού διαπεράσει την περιοχή εξέτασης, εξέρχεται εξασθενημένη λόγω της απορρόφησης ενέργειας από τους διάφορους ιστούς του σώματος που παρεμβάλλονται στη διαδρομή της.



Βασική αρχή λειτουργίας Αξονικού Τομογράφου (2)

- ▶ Οι διάφορες τιμές εξασθένισης της ακτινοβολίας από κάθε προβολή καταγράφονται με τη βοήθεια ειδικών ανιχνευτών (detectors) που βρίσκονται σε αντιδιαμετρική θέση με την εστία της ακτινολογικής λυχνίας.
- ▶ Οι ανιχνευτές μετατρέπουν τις ακτίνες X σε ηλεκτρικά σήματα τα οποία, μέσω ηλεκτρονικών διατάξεων, μεταφέρονται με κωδικοποιημένη μορφή στον Η/Υ όπου γίνεται η επεξεργασία και η ανασύνθεση των πληροφοριών.
- ▶ Η εικόνα αυτή απεικονίζεται σε μια οθόνη για την κλινική της αξιολόγηση.



Ένταση ακτινοβολίας (1)

- ▶ Η ένταση της ακτινοβολίας μετά την έξοδό της από το σώμα καθορίζεται από τη σχέση:

$$I = I_0 e^{-(\mu E)^d}$$

- ▶ I είναι η ένταση της ακτινοβολίας εξόδου
- ▶ I_0 είναι η ένταση της ακτινοβολίας εισόδου
- ▶ E είναι η ενέργεια ακτινοβολίας
- ▶ μ είναι ο συντελεστής εξασθένησης της ακτινοβολίας
- ▶ d είναι το πάχος της τομής.



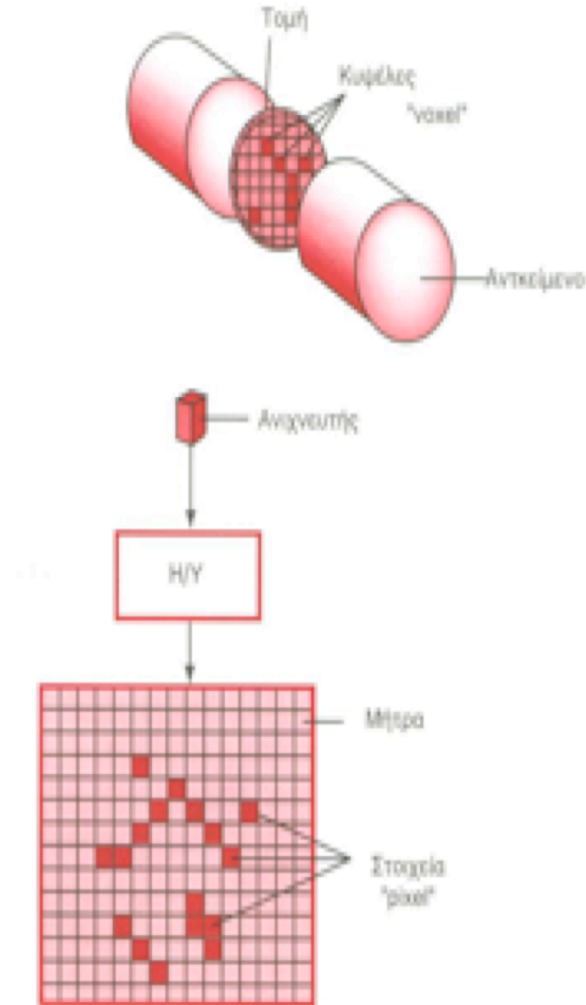
Ένταση ακτινοβολίας (2)

- ▶ Η σχέση $I = I_0 e^{-(\mu E)^d}$ δηλώνει ότι:
 1. Όσο μεγαλώνει το πάχος της τομής η ένταση ακτινοβολίας μικραίνει και ο συντελεστής εξασθένισης αυξάνει.
 2. Το σώμα δεν είναι ομογενές οπότε το μέτρο της έντασης της εξερχόμενης, από κάθε προβολική κατεύθυνση, ακτινοβολίας είναι διαφορετικό.
 3. Κάθε στοιχειώδης μονάδα της τομής του υπό εξέταση σώματος έχει το δικό της συντελεστή εξασθένισης.



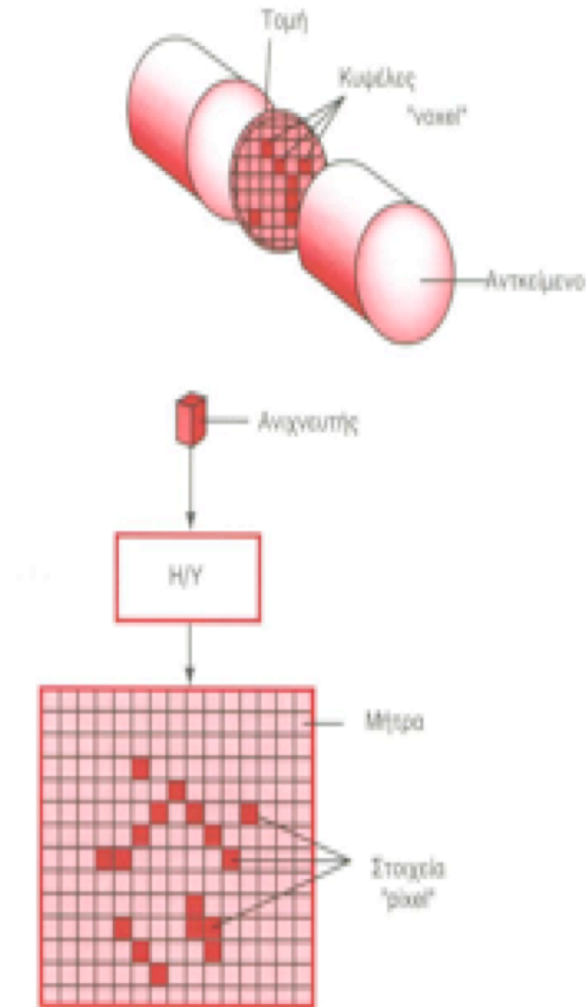
Ανακατασκευή εικόνας (1)

- ▶ Για την ανακατασκευή της εικόνας απαιτείται ο υπολογισμός των συντελεστών εξασθένισης όλων των στοιχειωδών μονάδων (pixels) που αποτελούν κάθε τομή και η μαθηματική επεξεργασία της κατανομής τους (αλγόριθμος).
- ▶ Το σύνολο των στοιχειωδών μονάδων, όπως αυτές αποθηκεύονται στον Η/Υ, ορίζει τη μήτρα ανακατασκευής της εικόνας (reconstruction matrix).
- ▶ Η βασική μονάδα σύνθεσης λοιπόν, είναι η στοιχειώδης κυψέλη (volume element – voxel).
- ▶ Πολλές στοιχειώδεις κυψέλες συνθέτουν την τομή (slice), που είναι το τομογραφικό επίπεδο του οργάνου που εξετάζεται.



Ανακατασκευή εικόνας (2)

- ▶ Η τομή απεικονίζεται στην οθόνη σαν μια εικόνα δύο διαστάσεων σε επίπεδη επιφάνεια (μήτρα απεικόνισης-display matrix).
- ▶ Η απεικόνιση της τομής (εικόνα) εμφανίζεται στην οθόνη με διαβαθμίσεις του γκρι, ανάλογα με την τιμή του συντελεστή εξασθένισης.
- ▶ Περιοχές του σώματος με υψηλό συντελεστή εξασθένισης, όπως τα οστά, εμφανίζονται λευκές, ενώ περιοχές με μικρότερο συντελεστή εξασθένισης, όπως οι μαλακοί ιστοί παρουσιάζονται γκριζες ή μαύρες
- ▶ Πρέπει να τονιστεί ότι, ενώ η ανακατασκευή της εικόνας και η απεικόνιση γίνονται σε δύο διαστάσεις, στην πραγματικότητα αντιπροσωπεύουν τρισδιάστατες δομές.



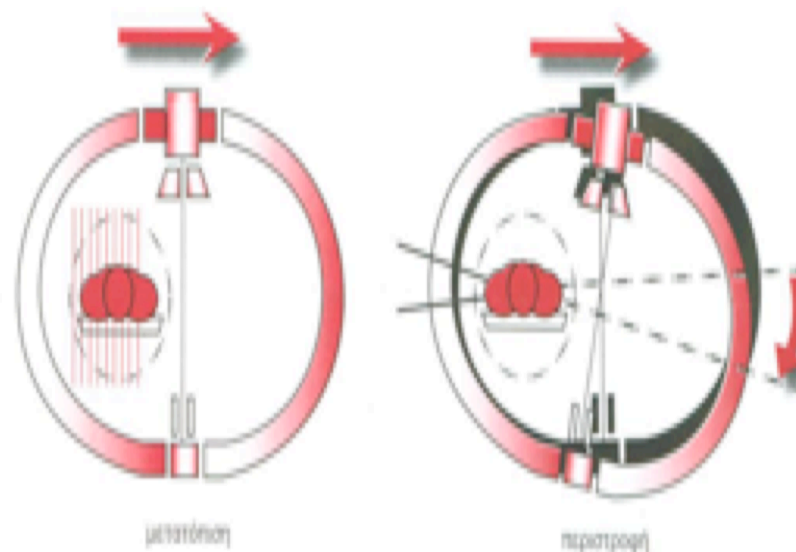
Γενιές Υπολογιστικών Τομογράφων

- ▶ Στη διαχρονική εξέλιξη των Υπολογιστικών Τομογράφων υπεισέρχεται η έννοια της γενιάς (generation).
- ▶ Η έννοια αυτή αναφέρεται στη διάταξη της λυχνίας και των ανιχνευτών, την κίνηση και τον αριθμό ανιχνευτών.
- ▶ Όλα αυτά στοχεύουν στη λήψη διαγνωστικών εικόνων με υψηλή διακριτική ικανότητα, και στη μείωση της δόσης ακτινοβολίας και του χρόνου εξέτασης.



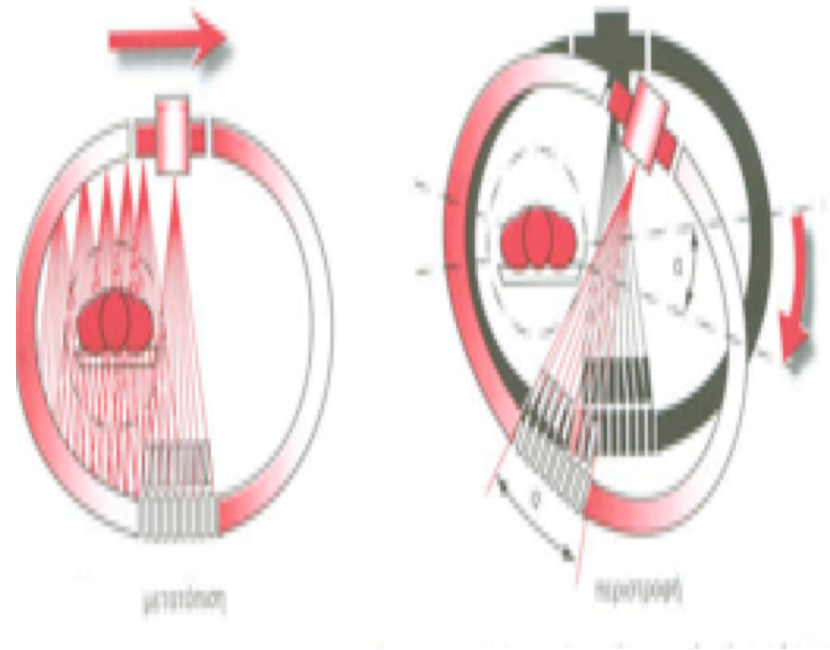
Υπολογιστικοί Τομογράφοι 1ης γενιάς

- ▶ Στα μηχανήματα της 1ης γενιάς η λυχνία και ο ανιχνευτής (μόνο ένας), κινούνται γραμμικά σε σχέση με τον ασθενή (1η προβολή).
- ▶ Στη συνέχεια, μετέβαλλαν τη γωνία τους και επαναλάμβαναν τη γραμμική κίνηση (2η προβολή), κ.ο.κ., σύμφωνα με το Σχήμα.
- ▶ Προκειμένου να ληφθούν απαραίτητες πληροφορίες, η διαδικασία της μετατόπισης/περιστροφής (translation/rotation) συνεχιζόταν μέχρις ότου καλυφθεί μια γωνία 180° .
- ▶ Η μέθοδος αυτή απαιτούσε αρκετά λεπτά για την ολοκλήρωση της λήψης μιας τομής.
- ▶ Τα μηχανήματα 1ης γενιάς χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για εξετάσεις κρανίου, καθόσον τα κινούμενα μέρη του σώματος επηρέαζαν σημαντικά την ποιότητα της εικόνας.



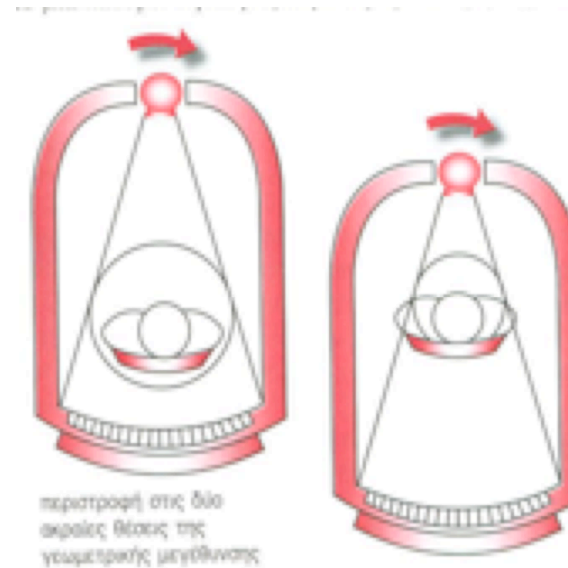
Υπολογιστικοί Τομογράφοι 2ης γενιάς

- ▶ Η 2η γενιά των Υπολογιστικών Τομογράφων είχε την ίδια διάταξη λυχνίας και ανιχνευτών με τη μόνη διαφορά τη χρησιμοποίηση περισσότερων του ενός ανιχνευτών, τοποθετημένων σε ειδική διάταξη, σύμφωνα με το Σχήμα.
- ▶ Η αύξηση του αριθμού των ανιχνευτών είχε σαν αποτέλεσμα τη μείωση του χρόνου σάρωσης σε 20s περίπου, που επέτρεπε στον ασθενή να κρατά την αναπνοή του για την πραγματοποίηση της εξέτασης.
- ▶ Η μείωση του χρόνου σάρωσης ήταν ένα βασικό επίτευγμα της τεχνολογικής εξέλιξης, γιατί επέτρεπε τη λήψη εικόνων χωρίς παράσιτα αυξάνοντας τη διαγνωστική τους αξία.



Υπολογιστικοί Τομογράφοι 3ης γενιάς (1)

- ▶ Η 3η γενιά των Υπολογιστικών Τομογράφων ήταν κάτι το τελείως καινούργιο σε σύγκριση με τις προηγούμενες.
- ▶ Αυτή χαρακτηρίζεται από την κατάργηση της γραμμικής μετατόπισης / περιστροφής της λυχνίας και των ανιχνευτών, και την αντικατάστασή της από μία καθαρά περιστροφική κίνηση.
- ▶ Ο αριθμός των ανιχνευτών αυξήθηκε στους 800 περίπου μέσα στη γωνία που “βλέπει” η λυχνία (fan angle), και ο χρόνος σάρωσης μειώθηκε σε λιγότερο από 2s.
- ▶ Η γεωμετρική διάταξη της λυχνίας και των ανιχνευτών είναι σε σταθερό σχήμα και περιστρέφεται γύρω από τον ασθενή διαγράφοντας γωνία 360°.



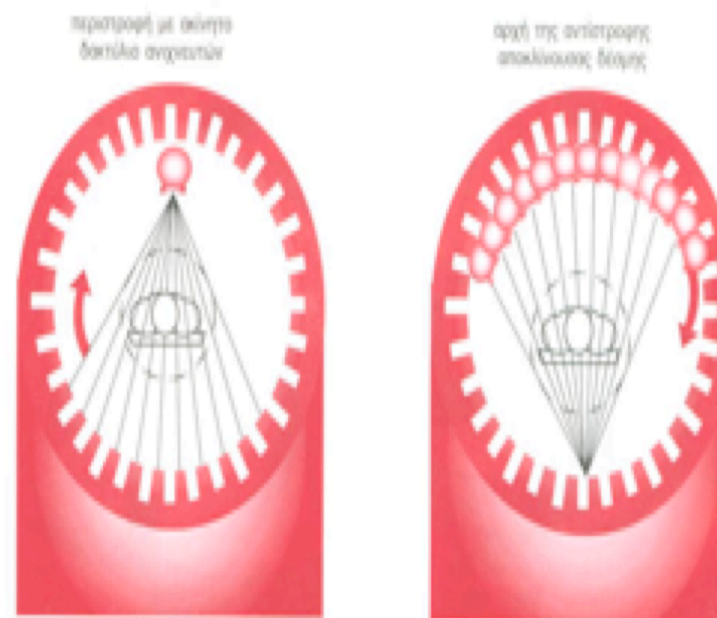
Υπολογιστικοί Τομογράφοι 3ης γενιάς (2)

- ▶ Τα μηχανήματα της 3ης γενιάς εμφανίστηκαν το 1975 από τις εταιρείες Atronix και general Electric, ενώ το 1977 η εταιρεία Philips παρουσίασε μια βελτιωμένη έκδοση Υπολογιστικού Τομογράφου 3ης γενιάς χρησιμοποιώντας την αρχή της γεωμετρικής μεγένθυσης.
- ▶ Η γεωμετρική μεγένθυση επέτρεψε την αλλαγή της απόστασης μεταξύ της ακτινολογικής λυχνίας και του άξονα περιστροφής, με τη διάταξη λυχνίας/ανιχνευτών να παραμένει σταθερή, με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η εξέταση οργάνων μικρής ή μεγάλης διαμέτρου αξιοποιώντας όλο τον αριθμό των ανιχνευτών.
- ▶ Οι Υπολογιστικοί Τομογράφοι της γενιάς αυτής είναι οι ευρύτερα διαδεδομένοι και οι περισσότερο χρησιμοποιούμενοι σήμερα.



Υπολογιστικοί Τομογράφοι 4ης γενιάς

- ▶ Η 4η γενιά των Υπολογιστικών τομογράφων είναι απλά μια παραλλαγή των συστημάτων της 3ης γενιάς για την εξουδετέρωση των παρασίτων λόγω κυκλικής περιστροφής (ring artifacts).
- ▶ Στη γενιά αυτή διατηρείται η περιστροφική κίνηση της λυχνίας, αλλά οι ανιχνευτές βρίσκονται σε σταθερή κυκλική διάταξη γύρω από τον ασθενή, σύμφωνα με το Σχήμα.
- ▶ Αυτή η διάταξη έχει σαν αποτέλεσμα την περιστροφή της λυχνίας με υψηλή ταχύτητα και με συνέπεια τη μείωση του χρόνου σάρωσης.
- ▶ Η διάταξη αυτή βελτιώνει την ποιότητα της εικόνας και ελαχιστοποιεί τη λαμβανόμενη από τον ασθενή δόση ακτινοβολίας.



Υπολογιστικοί Τομογράφοι 5ης γενιάς

- ▶ Η 5η γενιά των Υπολογιστικών Τομογράφων, ξεκίνησε από τις μελέτες της εταιρίας Imatron το 1983.
- ▶ Βασίζεται στην παραγωγή δέσμης ηλεκτρονίων (electron gun) η οποία αφού επιταχυνθεί, εστιάζεται και οδηγείται μαγνητικά μέσω πηνίων στις “ανόδους” (target rings) για τη λήψη πολλαπλών τομών.
- ▶ Η τεχνολογία αυτή επιτυγχάνει χρόνο σάρωσης 50ms και διαδοχική λήψη 17 τομών ανά δευτερόλεπτο.
- ▶ Η κλινική αξία της γενιάς αυτής στηρίζεται κυρίως στη βελτιστοποίηση της διαγνωστικής αξίας (αύξηση πληροφοριών) όσον αφορά τη λειτουργία, την ανατομία και την ανάλυση της αιματικής ροής.

