

Γενικές αρχές της Y.T.

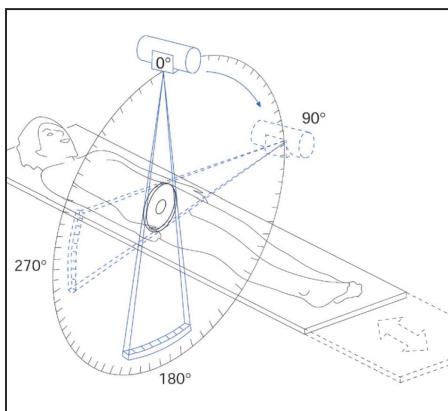
Η υπολογιστική τομογραφία είναι ένας ειδικός τύπος πορείας της ιοντίζουσας ακτινοβολίας που περιλαμβάνει την έμμεση μέτρηση της εξασθένησης ή αραίωσης της ιοντίζουσας ακτινοβολίας σε πολυάριθμες θέσεις ευρισκόμενες γύρω από τον εξεταζόμενο ασθενή. Για την ακρίβεια, ό,τι γνωρίζουμε είναι:

- τι εξέρχεται από την καθοδική λυχνία,
- τι φθάνει στον ανιχνευτή και
- η θέση της καθοδικής λυχνίας και του ανιχνευτή για κάθε θέση. Με απλά λόγια, όλα τα συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν από αυτήν την πληροφορία. Οι περισσότερες τομές Y.T. είναι προσανατολισμένες κατακόρυφα στον άξονα του σώματος. Ονομάζονται αξονικές ή εγκάρσιες τομές. Για κάθε τομή η λυχνία περιστρέφεται γύρω από τον ασθενή για να ληφθεί ένα προεπιλεγμένο πάχος τομής (**Εικ. 6.1**). Τα περισσότερα συστήματα Y.T. μεταχειρίζονται το μοντέλο της συνεχούς περιστροφής με την ακτινωτή δέσμη: σε αυτόν τον σχεδιασμό, η λυχνία και ο ανιχνευτής είναι σταθερά συζευγμένα και περιστρέφονται συνεχώς γύρω από το πεδίο εξέτασης ενώ εκπέμπεται και ανιχνεύεται η ακτινοβολία. Έτσι, η ακτινοβολία που έχει διαπεράσει τον ασθενή φθάνει τους ανιχνευτές στην απέναντι πλευρά της λυχνίας. Η γωνία της ακτινωτής δέσμης ποικίλει μεταξύ 40° και 60°,

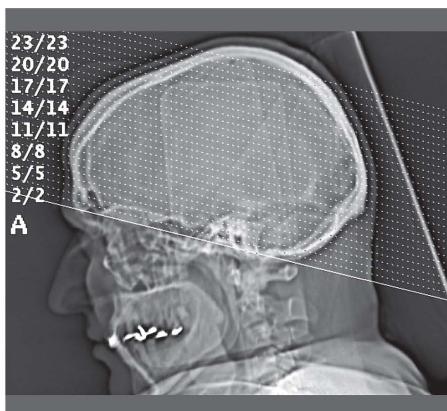
εξαρτώμενη από τον ιδιαίτερο σχεδιασμό του συστήματος και καθορίζεται από τη γωνία που σχηματίζεται στην εστία της λυχνίας και εκτείνεται στο εξωτερικό όριο της σειράς ανιχνευτών.

Τυπικά, οι εικόνες παράγονται για κάθε περιστροφή 360° επιτρέποντας την λήψη ενός μεγάλου αριθμού μετρήσεων δεδομένων και την εφαρμογή επαρκούς δόσεως ακτινοβολίας. Κατά τη διάρκεια της εξέτασης λαμβάνονται κατατομές αραίωσεως που αναφέρονται επίσης σαν δείγματα ή προβολές.

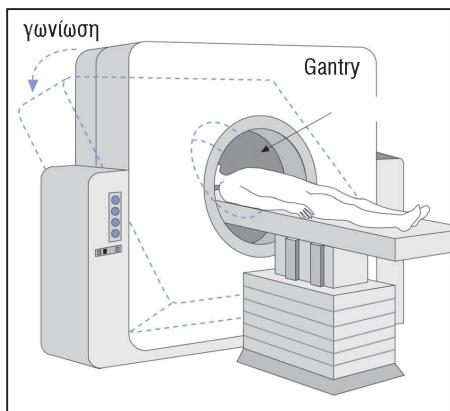
Οι κατατομές αραίωσης (της δέσμης) δεν είναι παρά η συλλογή των σημάτων που λαμβάνονται από τα κανάλια ανίχνευσης στη δεδομένη γωνία θέσης της μονάδας λυχνίας - ανιχνευτή. Μοντέρνα συστήματα Y.T. (**Εικ. 6.4**) λαμβάνουν περίπου 1400 προβολές ανά 360° ή περίπου τέσσερις προβολές ανά μοίρα. Κάθε κατατομή αραίωσης περιλαμβάνει τα δεδομένα που ελήφθησαν από τα 1500 περίπου κανάλια ανίχνευσης, περίπου 30 κανάλια ανά μοίρα στην περίπτωση μιας ακτινωτής δέσμης 50°. Καθώς το τραπέζι του ασθενούς μετακινείται συνεχόμενα μέσα στο gantry, μια ψηφιακή ακτινογραφία παράγεται (σκανόγραμμα ή εντοπισμός, **Εικ. 6.2**) πάνω στο οποίο μπορούν να σχεδιαστούν οι επιθυμητές τομές. Για την Y.T. της σπονδυλικής στήλης ή του κρανίου, το gantry γωνιώνεται στον κατάλληλο προσανατολισμό (**Εικ. 6.3**).



Εικ. 6.1



Εικ. 6.2



Εικ. 6.3



Εικ. 6.4

Σπειροειδής Y.T. Πολλαπλών-σειρών ανιχνευτών (πολυτομική)

Η σπειροειδής Y.T. με πολλαπλές σειρές ανιχνευτών (MDCT) είναι η πλέον σύγχρονη εξέλιξη τομογράφου. Σε αντίθεση με τη μονή σειρά ανιχνευτών, οι πολλαπλές σειρές ανιχνευτών είναι τοποθετημένες απέναντι από τη λυχνία ιοντίζουσας ακτινοβολίας. Αυτό μειώνει το χρόνο εξέτασης και βελτιώνει τη διακριτική ικανότητα στον χρόνο, επιτρέποντας, για παράδειγμα, τον καθορισμό του ρυθμού της αγγειακής ενίσχυσης.

Οι γραμμές ανιχνευτών κατά μήκος του άξονα-z απέναντι από την λυχνία ιοντίζουσας ακτινοβολίας είναι ανισομεγέθεις σε εύρος, με τις σειρές που βρίσκονται εξωτερικά να έχουν μεγαλύτερο εύρος από τις εσωτερικές σειρές ώστε να παρέχονται καλύτερες συνθήκες για την ανασύνθεση της εικόνας μετά τη λήψη των δεδομένων (βλ. σελ. 9-11 και 210-211).

Διπλής πηγής Y.T.

Αυτή η νεότατη τεχνική χαρακτηρίζεται από δύο μονάδες ανιχνευτών και δύο λυχνίες ακτίνων-X σε ένα gantry και περιγράφεται με περισσότερες λεπτομέρειες στις σελίδες 210-211.

Σύγκριση της Συμβατικής Y.T. με τη Σπειροειδή Y.T.

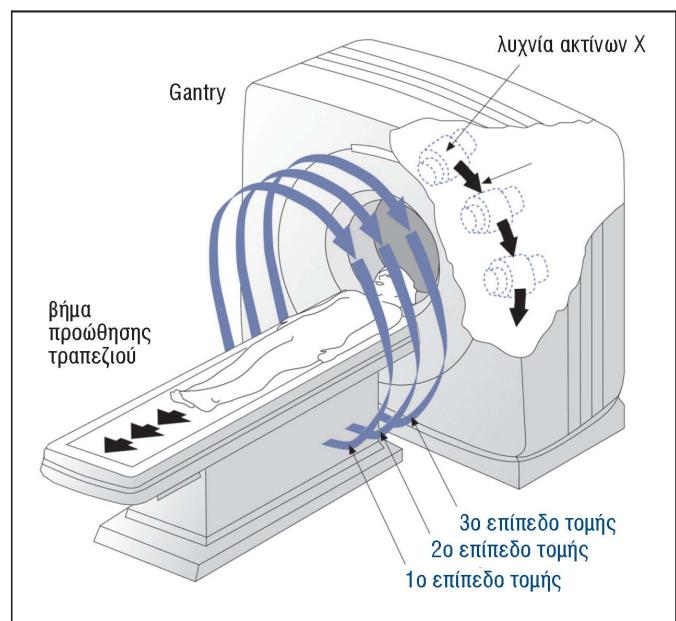
Στη συμβατική Y.T., μια σειρά από εικόνες ίσων διαστημάτων μεταξύ τους λαμβάνεται σειριακά σε μια συγκεκριμένη περιοχή (π.χ. στην άνω κοιλία ή στο κρανίο) (**Εικ. 7.1**). Ένα μικρό διάλειμμα μετά από κάθε τομή χρησιμεύει στο να προχωρήσει το τραπέζι με τον ασθενή στην επόμενη προεπιλεγμένη θέση. Το πάχος τομής και το βήμα μεταξύ των τομών/αλληλοεπικάλυψη έχουν επιλεγεί στο αρχικό σετ εξετασης. Τα ακατέργαστα δεδομένα για κάθε επίπεδο εικόνας αποθηκεύονται ξεχωριστά. Η μικρή παύση μεταξύ των τομών επιτρέπει στον ασθενή που βρίσκεται σε εγρήγορση να αναπνεύσει χωρίς να προκαλέσει μεγάλα τεχνικά σφάλματα.

Παρ' όλα αυτά η εξέταση μπορεί να διαρκέσει αρκετά λεπτά, ανάλογα με την περιοχή του σώματος και τον σωματότυπο του ασθενούς. Ο σωστός χρόνος λήψης των εικόνων μετά την ε.φ. χορήγηση σκιαγραφικού μέσου είναι ιδιαίτερα σημαντικός για την εκτίμηση των αποτελεσμάτων αιμάτωσης. Η Y.T. είναι η τεχνική επιλογής για τη λήψη εικόνων σε δύο επίπεδα του σώματος χωρίς τα μειονεκτήματα επιπροβολής οστών και/ή αέρα, όπως φαίνεται στις συμβατικές απλές ακτινογραφίες.

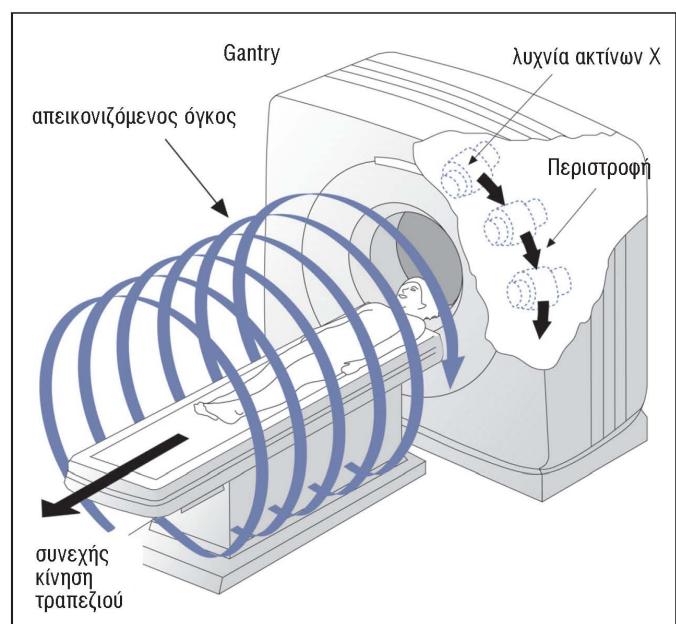
Στην Σ.Υ.Τ. οι εικόνες λαμβάνονται συνεχόμενα καθώς το κρεβάτι του ασθενούς μετακινείται διαμέσου του gantry. Η λυχνία ακτινοβολίας διαγράφει μια πορεία που μοιάζει με έλικα γύρω από τον ασθενή (**Εικ. 7.2**). Εάν η μετακίνηση του κρεβατιού είναι εναρμονισμένη με τον απαιτούμενο χρόνο για μια περιστροφή 360° (παράγοντας pitch), η λήψη δεδομένων είναι ολοκληρωμένη και αδιάκοπη. Αυτή η νέα τεχνική έχει αναβαθμίσει σημαντικά την Y.T. διότι τα αναπνευστικά τεχνικά σφάλματα και οι ασυνέπειες δεν επηρεάζουν το σύνολο των δεδομένων τόσο όσο στη συμβατική Y.T.

Το αρχικό σύνολο των δεδομένων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανασύνθεση τομών διαφορετικού πάχους ή διαφορετικού ενδιάμεσου βήματος. Ακόμη και αλληλοεπικαλυπτόμενες τομές μπορούν να ανασυντεθούν. Η λήψη δεδομένων για την κοιλία χρειάζεται μόνο 1-2 λεπτά: λαμβάνονται δύο ή τρεις έλικες, καθεμία των 25-30 δευτερολέπτων. Το χρονικό όριο καθορίζεται από τη χρονική διάρκεια που ο ασθενής μπορεί να κρατήσει την αναπνοή του και την απαραίτητη ψύξη της λυχνίας ιοντίζουσας ακτινοβολίας. Η ανασύνθεση εικόνων διαρκεί περισσότερο χρόνο. Η εκτίμηση της νεφρικής λειτουργίας μετά τη χορήγηση σκιαγραφικού μέσου απαιτεί ένα μικρό διάλειμμα που επιτρέπει την εμφάνιση της απέκκρισης του σκιαγραφικού μέσου.

Ένα από τα πλεονεκτήματα της ελικοειδούς τεχνικής είναι ότι βλάβες μικρότερες από το συμβατικό πάχος τομής μπορούν να απεικονιστούν. Μικρές ηπατικές μεταστάσεις (**7**) μπορεί να μην απεικονιστούν αν δεν περιληφθούν στην τομή λόγω ανόμοιου βάθους αναπνοής (**Εικ. 7.3a**). Οι μεταστάσεις θα απεικονίζονταν σε αλληλοκαλυπτόμενες

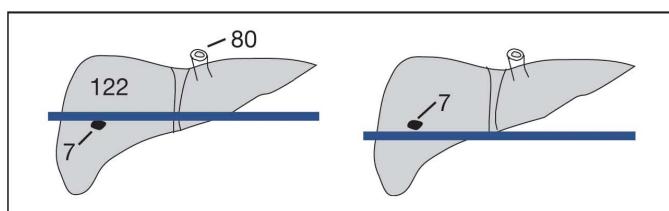


Εικ. 7.1

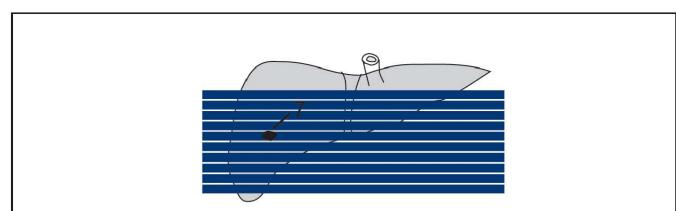


Εικ. 7.2

ανασυνθέσεις από τη βάση δεδομένων της ελικοειδούς τεχνικής (**Εικ. 7.3.b**).



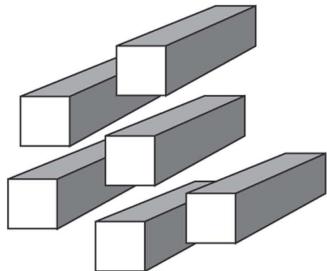
Εικ.7.3a Συμβατική Y.T.



Εικ.7.3b Σπειροειδής Y.T.

Διακριτική ικανότητα στο χώρο

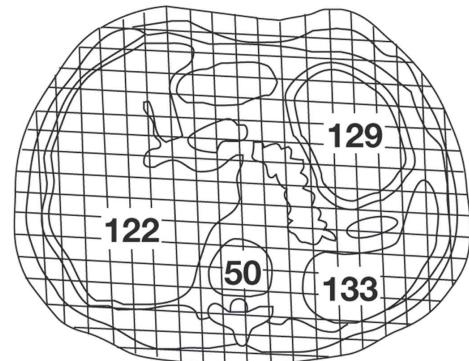
Οι ανασυνθεμένες εικόνες θα πρέπει να έχουν μεγάλη διακριτική ικανότητα στον χρόνο ώστε να διαχωρίζονται ακόμη και μικρές δομές μεταξύ τους. Αυτό γενικά δεν αποτελεί πρόβλημα καταμήκος του x- ή y-άξονα της εικόνας εφόσον το επιλεγμένο πεδίο απεικόνισης (FOV)



Εικ. 8.1a

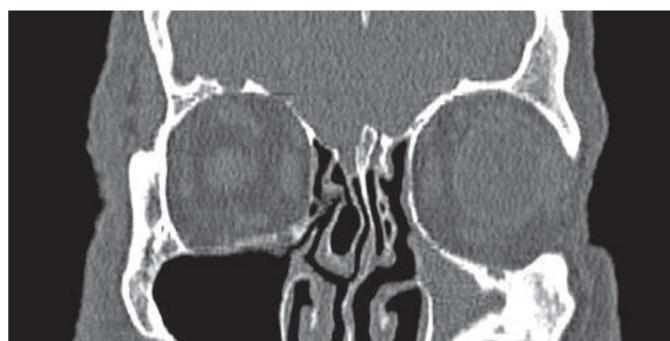
Η ποιότητα της εικόνας θα πρέπει να βελτιώνεται με μικρότερα voxel, αλλά αυτό ισχύει μόνο για τη διακριτική ικανότητα στον χώρο εφόσον μία λεπτότερη τομή μειώνει την αναλογία σήματος προς θόρυβο. Άλλο ένα μειονέκτημα των λεπτότερων τομών είναι η αναπόφευκτη αύξηση της δόσης ακτινοβόλησης του ασθενούς (βλ. σελ. 175). Παρ' όλα αυτά, μικρότερα στοιχεία όγκου με ίδιες μετρήσεις και στις τρεις διαστάσεις (ισοτροπικά voxel) παρέχουν ένα κρίσιμο πλεονέκτημα: Η

περιλαμβάνει τυπικά 512 x 512 ή και περισσότερα στοιχεία εικόνας (pixel). Αυτά τα στοιχεία παρουσιάζονται στην οθόνη σαν τιμές του γκρι ανάλογα με την εξασθένησή τους (Εικ. 8.1b). Στην πραγματικότητα, βέβαια, δεν υπάρχουν τετράγωνα αλλά κύβοι (voxel = στοιχείο όγκου) με το μήκος τους, καταμήκος του άξονα του σώματος να καθορίζεται από το πάχος τομής (Εικ. 8.1a).



Εικ. 8.1b

πολυεπίπεδη ανασύνθεση (MPR) σε στεφανιά, οβελιά ή άλλο επίπεδο παρουσιάζει τις ανασυνθεμένες εικόνες χωρίς βαθμιδωτό περιγράμμα. Η χρησιμοποίηση στοιχείων όγκου με άνισες διαστάσεις (ανισοτροπικά voxel) για πολυεπίπεδη ανασύνθεση επιβαρύνεται από μία οδοντωτή παρουσία των ανασυνθεμένων εικόνων (Εικ. 8.3), η οποία, για παράδειγμα, μπορεί να δυσκολέψει τον αποκλεισμό ενός κατάγματος (Εικ. 148.5.b).



Εικ. 8.2 MPR από ισοτροπικές εικόνες

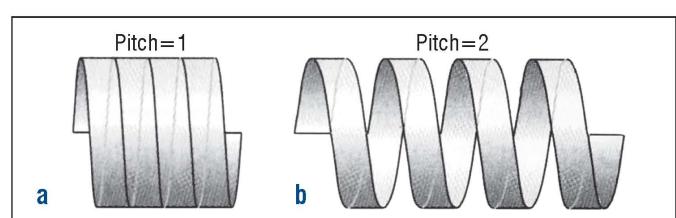


Εικ. 8.3 MPR από ανισοτροπικές εικόνες

Βήμα κοχλία

Μέχρι σήμερα υπάρχουν αρκετοί ορισμοί για το pitch το οποίο περιγράφει την αναλογία προώθησης του τραπεζιού ανά περιστροφή σε χιλιοστά και πάχος τομής. Ένα αργά προωθούμενο τραπέζι ανά περιστροφή δημιουργεί μία σφιχτή σπείρα λήψης (Εικ. 8.4a). Η αύξηση της προώθησης του τραπεζιού ανά περιστροφή χωρίς μεταβολή του πάχους τομής ή της ταχύτητας περιστροφής δημιουργεί διαστήματα μεταξύ των τομών της σπείρας λήψης (Εικ. 8.4b).

Ο συχνότερα χρησιμοποιούμενος ορισμός του pitch περιγράφει την κίνηση του τραπεζιού (βήμα) ανά περιστροφή της λυχνίας, εκφρασμένη σε χιλιοστά, και την επιλεγμένη ρύθμιση σκόπευσης, επίσης εκφρασμένη σε χιλιοστά.



Εικ. 8.4

$$\text{Pitch} = \frac{\text{κίνηση τραπεζιού/περιστροφή}}{\text{ρύθμιση σκοπεύσεως}}$$

$$\text{Pitch} = \frac{\text{βήμα / περιστροφή}}{\text{ρύθμιση σκόπευσης}} \quad \text{π.χ.} = \frac{24 \text{ mm/περιστροφή}}{16 \times 1,5 \text{ mm}} = \frac{24 \text{ mm}}{24 \text{ mm}} = 1$$

Εφόσον οι μονάδες (mm) στον αριθμητή και παρανομαστή ακυρώνονται, το pitch είναι καθαρός αριθμός χωρίς διαστάσεις. Για κάποιο χρονικό διάστημα, το επονομαζόμενο pitch όγκου είχε οριστεί για τους τομογράφους πολλαπλών σειρών ανιχνευτών, που συσχετίζει το βήμα του τραπεζιού με μία μονή τομή παρά με ολόκληρο το τόξο τομών καταμήκος του z-άξονα. Για το παραπάνω παράδειγμα, αυτό σημαίνει ένα pitch όγκου των 24 mm/1,5 mm = 16. Παρ' όλα αυτά, φαίνεται να υπάρχει μια τάση επιστροφής στον αρχικό ορισμό του pitch.

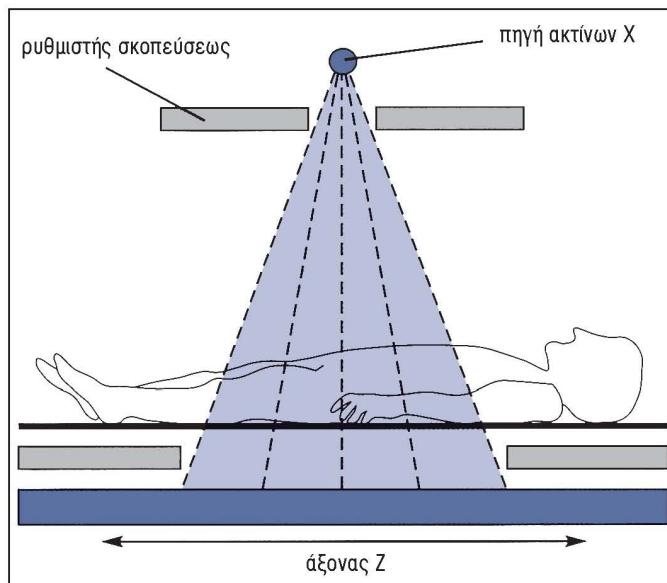
Οι νέοι τομογράφοι δίνουν στον εξετάζοντα τη δυνατότητα να επιλέξει την κεφαλουραία διάσταση (z-άξονας) της περιοχής που εξετάζεται στο σκανόγραμμα καθώς επίσης τον χρόνο περιστροφής, το πάχος ρύθμισης σκόπευσης (λεπτές ή παχιές τομές;) και τον χρόνο εξέτασης (διαλείμματα συγκράτησης της αναπνοής;). Το λογισμικό, π.χ. "SureView®", υπολογίζει το κατάλληλο pitch, δίνοντας συνήθως τιμές μεταξύ 0,5 και 2,0.

Τομή ρύθμισης σκόπευσης: Διακριτική ικανότητα καταμήκος του z-άξονα

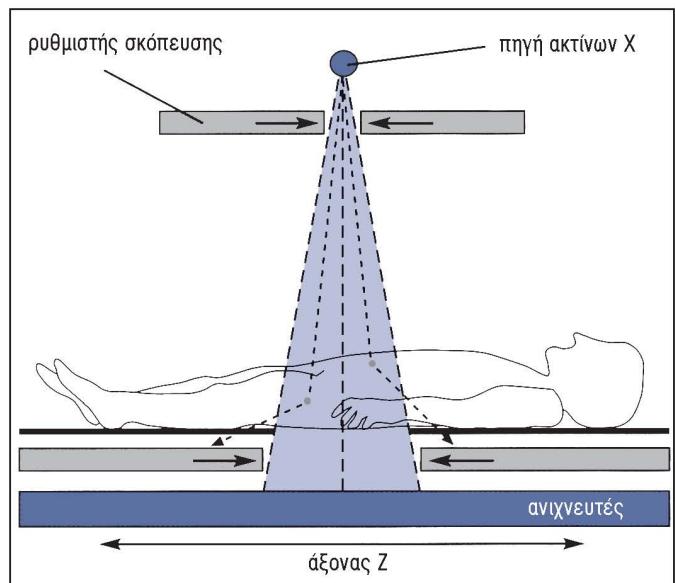
Η διακριτική ικανότητα (καταμήκος του σωματικού άξονα ή z-άξονα) των εικόνων μπορεί επίσης να εφαρμοστεί στις ειδικές κλινικές ερωτήσεις μέσω της επιλογής της ρύθμισης σκοπεύσεως. Πάχος τομής μεταξύ 5 και 8 mm γενικά είναι απολύτως επαρκές για στερεότυπες εξετάσεις της κοιλίας. Παρ' όλα αυτά, η ακριβής εντόπιση των τεμάχιών ενός μικρού κατάγματος ή η αξιολόγηση λεπτών πνευμονικών μεταβολών απαιτούν λεπτές τομές μεταξύ 0,5 και 2 mm. Τι καθορίζει το πάχος τομής;

Ο όρος **ρύθμιση σκόπευσης** περιγράφει πόσο λεπτές ή παχιές μπορεί να είναι οι προεπιλεγμένες τομές κατά μήκος του επιμήκους

άξονα του ασθενούς (= z-άξονας). Ο εξετάζων μπορεί να περιορίσει τη δέσμη ακτίνων X σχήματος ανεμιστήρα, που εκπέμπεται από τη λυχνία παραγωγής ακτίνων X με τη ρύθμιση σκόπευσης, όπου η οπή του ρυθμιστή σκόπευσης καθορίζει το εύρος της δέσμης που περνάει διαμέσου αυτού και συλλέγεται από τις μονάδες ανιχνευτή που βρίσκονται πίσω από τον ασθενή και μπορεί να είναι αντίστοιχα ευρύ (Εικ. 9.1) ή στενό (Εικ. 9.2), με τη στενότερη δέσμη να επιτρέπει την καλύτερη διακριτική ικανότητα στον χώρο κατά μήκος του z-άξονα του ασθενούς. Ο ρυθμιστής σκόπευσης δεν μπορεί να τοποθετηθεί μόνο δίπλα στη λυχνία παραγωγής ακτίνων X, αλλά επίσης μπροστά από τους ανιχνευτές, π.χ. "πίσω" από τον ασθενή όπως φαίνεται από την πηγή ακτίνων X.



Εικ. 9.1 Ευρύ πάχος τομής ρύθμισης σκόπευσης.



Εικ. 9.2 Στενό πάχος τομής ρύθμισης σκοπεύσεως.

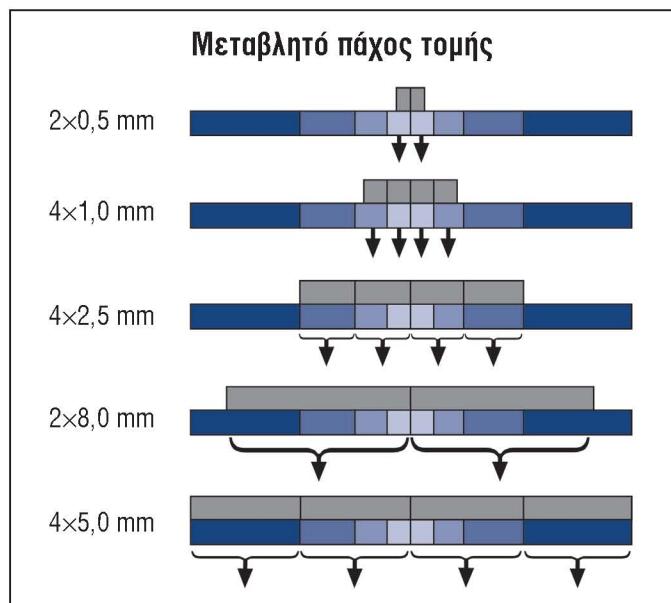
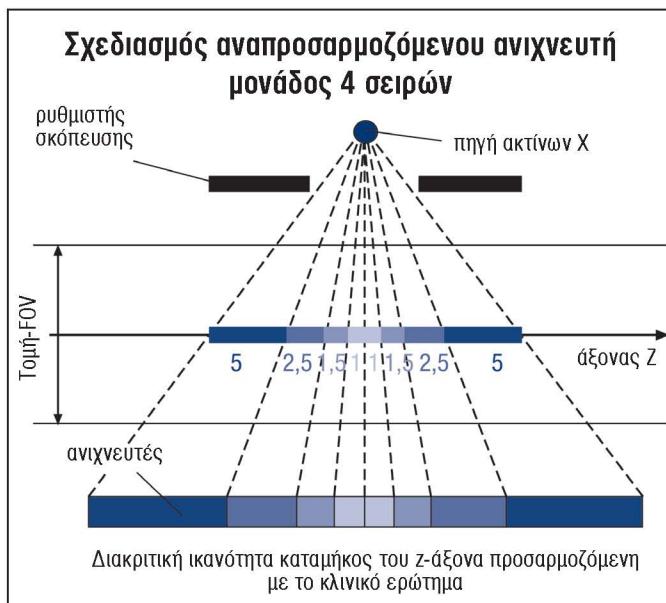
Ανάλογα με το εύρος της οπής του ρυθμιστή σκόπευσης, οι μονάδες με μία μόνο σειρά ανιχνευτών πίσω από τον ασθενή (απλή τομή) μπορούν να δημιουργήσουν τομές με πάχος 10 mm, 8 mm, 5 mm ή ακόμη και 1 mm. Μια εξέταση Y.T. που λαμβάνεται με πολύ λεπτές τομές μπορεί επίσης να ονομαστεί υψηλής διακριτικής ικανότητας Y.T. (HRCT) και εάν οι τομές είναι δέκατα του χιλιοστού, άκρως υψηλής διακριτικής ικανότητας Y.T. (UHRCT). Η άκρως υψηλής διακριτικής

ικανότας Y.T. χρησιμοποιείται για το λιθοειδές οστό με περίπου 0,5 mm τομές για την διερεύνηση λεπτών γραμμών καταγμάτων της βάσης του κρανίου ή των ακυστικών οσταρίων στην τυμπανική κοιλότητα (βλ. σελίδες 46-49). Παρ' όλα ταύτα, η εξέταση για το ήπαρ, καθορίζεται από την αντίθεση στην διακριτική ικανότητα εφόσον το ερώτημα εδώ είναι η δυνατότητα ανιχνευσης των ηπατικών μεταστάσεων (εδώ χρησιμοποιούνται λίγο παχύτερες τομές).

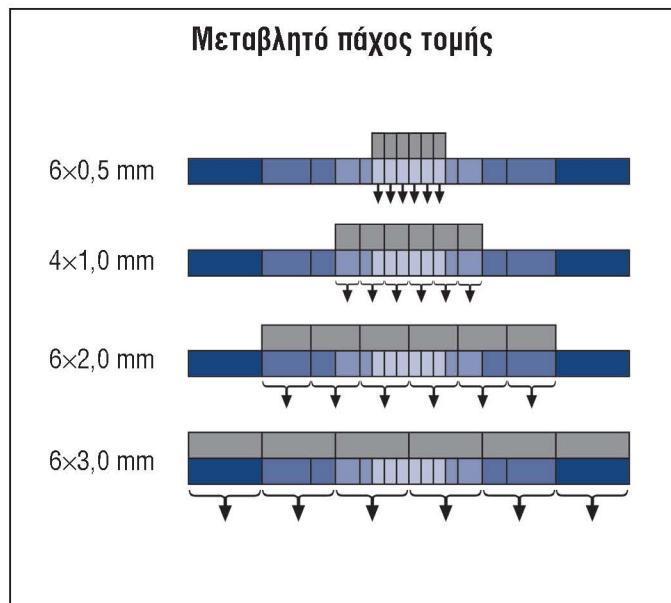
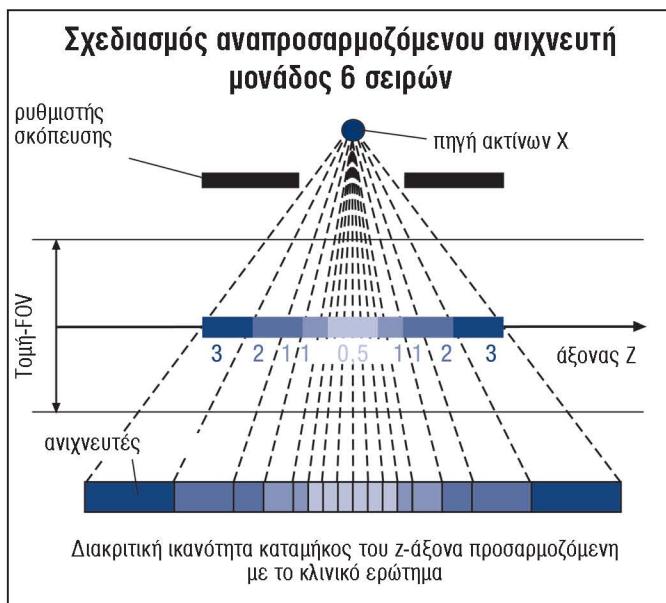
Σχεδιασμός αναπροσαρμοζόμενης διάταξης

Μια περαιτέρω εξέλιξη της μονής τομής σπειροειδούς τεχνολογίας είναι η εισαγωγή της πολυτομικής τεχνικής, η οποία δεν έχει μία σειρά ανιχνευτών αλλά πολλές σειρές ανιχνευτών συσσωρευμένων κάθετα στον z-άξονα απέναντι από πηγή ακτίνων X ακτίνων X. Αυτό διευκολύνει την ταυτόχρονη λήψη αρκετών τομών.

Οι γραμμές ανιχνευτών δεν είναι αναπόφευκτα ίσες μεταξύ τους σε εύρος. Ο σχεδιασμός αναπροσαρμοζόμενης διάταξης αποτελείται από ανιχνευτές που αυξάνουν σε εύρος από το κέντρο προς την άκρη του δακτυλίου του ανιχνευτή και κατά συνέπεια επιτρέπει πολλαπλούς συνδυασμούς πάχους και αριθμού των λαμβανομένων τομών.



Εικ. 10.1 Σχεδιασμός αναπροσαρμοζόμενου ανιχνευτή μονάδος 4 σειρών, όπως βρίσκεται στον Siemens Sensation 4.



Εικ. 10.2 Σχεδιασμός αναπροσαρμοζόμενου ανιχνευτή μονάδος 6 σειρών, όπως βρίσκεται στον Siemens Emotion 6