



● Πολυτομική Υπολογιστική Τομογραφία Θώρακος και Υπολογιστική Τομογραφία Υψηλής Διακριτικής Ευκρίνειας (HRCT). Τεχνικές και Δόσεις Ακτινοβολίας

Αγάπη Πλουσή  
Ακτινοφυσικός Ιατρικής, Επιστημονικός Συνεργάτης  
Β' Εργαστήριο Ακτινολογίας  
Ιατρική Σχολή, ΕΚΠΑ



Τεχνικές  
πολυτομικής  
ΥΤ θώρακος



Δόσεις  
ακτινοβολίας



Τρόποι  
μείωσης  
της δόσης  
ακτινοβολίας

## ● Τεχνικές πολυτομικής ΥΤ θώρακος

- ΥΤ θώρακος ρουτίνας  
(routine/standard/helical chest CT)
- ΥΤ θώρακος χαμηλής δόσης  
(low-dose CT)
- ΥΤ θώρακος υψηλής διακριτικής ικανότητας  
(high resolution CT-HRCT)
- Αξονική αγγειογραφία πνευμονικών αρτηριών  
(CT pulmonary angiography-CTPA)

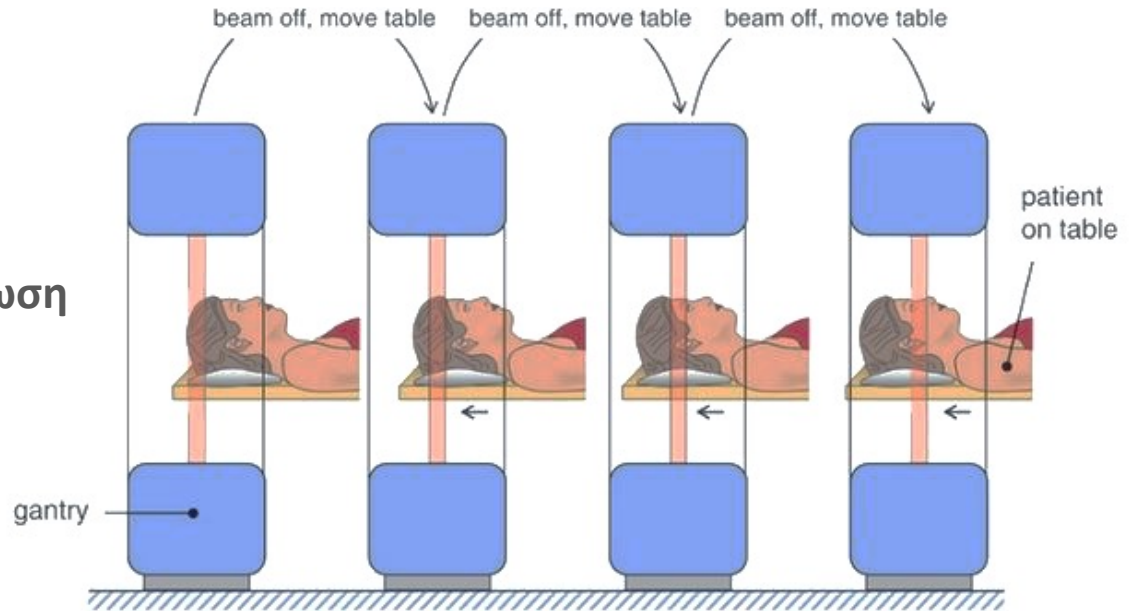


## ΥΤ θώρακος ρουτίνας Πρωτόκολλο

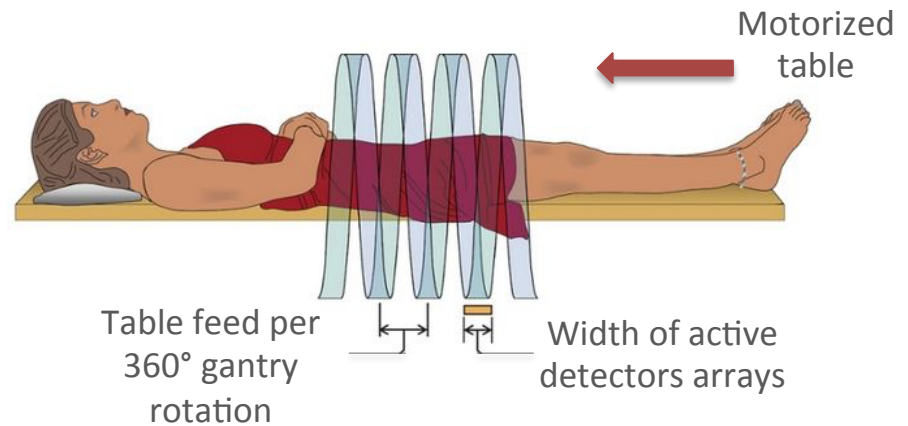
<b>Clinical indication</b>	Καρκίνος, σταδιοποίηση, μεσοθωράκιο, λεμφαδένες
<b>Contrast agent</b>	✓
<b>Mode</b>	Ελικοειδής (helical)
<b>Tube Voltage (kVp)</b>	120
<b>Exposure (mAs)</b>	80-300
<b>Pitch</b>	≥1
<b>Image thickness</b>	1-5 mm

Adult Routine Chest CT Protocols Version 2.1 5/4/2016 by AAPM

## Απλή/Συμβατική σάρωση (Axial mode)




## Ελικοειδής σάρωση (Helical mode)



## Χαμηλής δόσης ΥΤ θώρακος Πρωτόκολλο

Clinical indication	Προληπτικός έλεγχος (screening) + παρακολούθηση όζων (follow-up)
Contrast agent	Χ
Mode	Ελικοειδής (helical)
Tube Voltage (kVp)	120
Exposure (mAs)	~ 50 (μείωση έως και 70% σε σχέση με το πρωτόκολλο ΥΤ θώρακος ρουτίνας)
Pitch	≥1
Image thickness	1-5 mm

 Springerplus. 2013 Aug 21;2:393.

## **Low-dose CT scan screening for lung cancer: comparison of images and radiation doses between low-dose CT and follow-up standard diagnostic CT.**

Ono K<sup>1</sup>, Hiraoka T, Ono A, Komatsu E, Shigenaga T, Takaki H, Maeda T, Ogusu H, Yoshida S, Fukushima K, Kai M.

**Conclusion:** This study suggests that low-dose CT can be effectively used as a follow-up standard diagnostic CT in place of standard-dose CT in order to reduce the radiation dose.

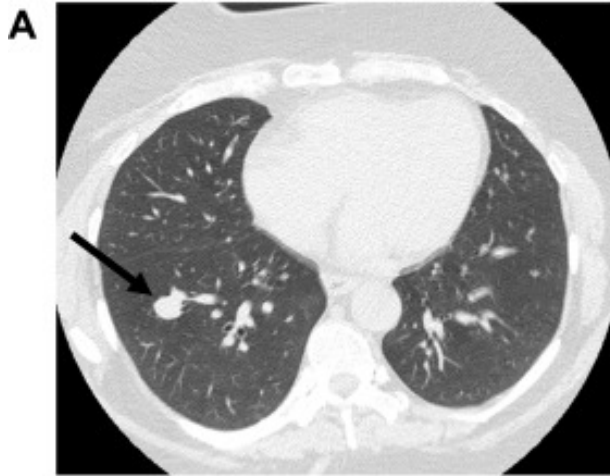
 European Journal of Radiology Open 3 (2016) 86–94

## **Low dose chest CT protocol (50 mAs) as a routine protocol for comprehensive assessment of intrathoracic abnormality**

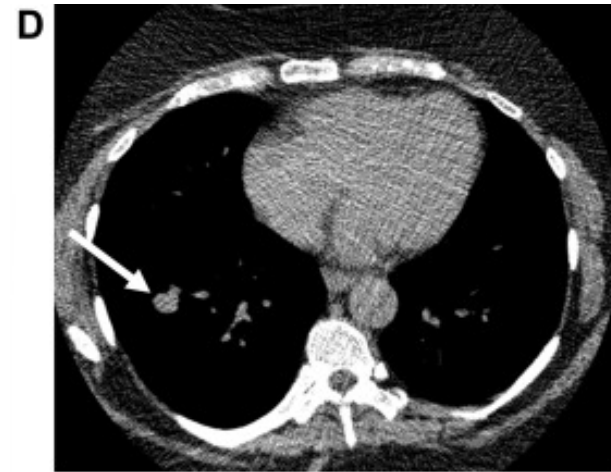
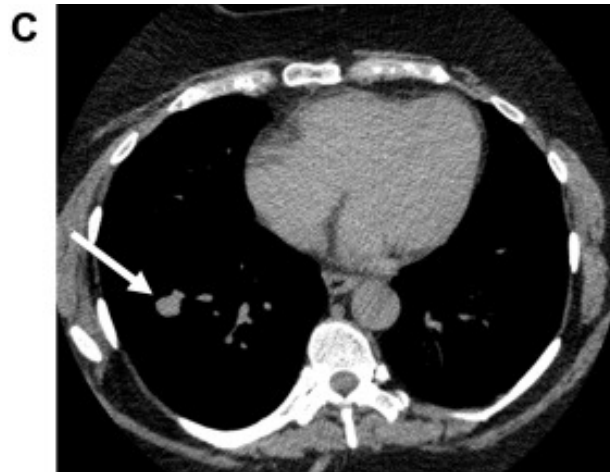
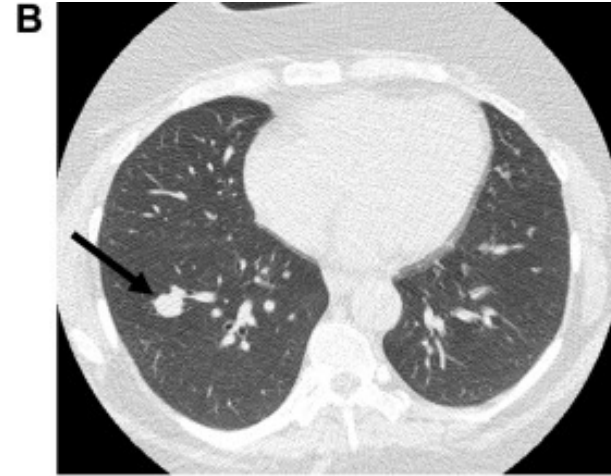
Takeshi Kubo <sup>a,\*</sup>, Yoshiharu Ohno <sup>b</sup>, Mizuki Nishino <sup>c</sup>, Pei-Jan Lin <sup>d</sup>, Shiva Gautam <sup>e</sup>, Hans-Ulrich Kauczor <sup>f</sup>, Hiroto Hatabu <sup>g</sup>, iLEAD study group

**Conclusion:** Low dose CT protocol at 50 mAs can produce the screening results consistent with standard dose CT protocol (150 mAs), supporting routine use of low dose chest CT protocol.

**Routine chest CT**  
120 kVp, 150 mAs  
Eff. Dose=10.7 mSv



**Low-dose chest CT**  
120kVp, 50 mAs  
Eff. Dose=3.6 mSv



Follow-up chest CT of solitary pulmonary nodule in the right lower lobe. The nodule appears as an oval smoothly margined nodule on both standard dose CT image and low dose CT image (arrow).



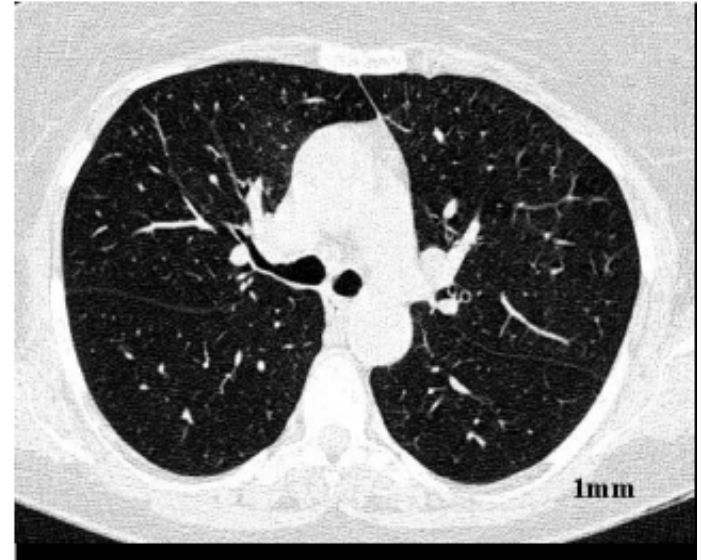
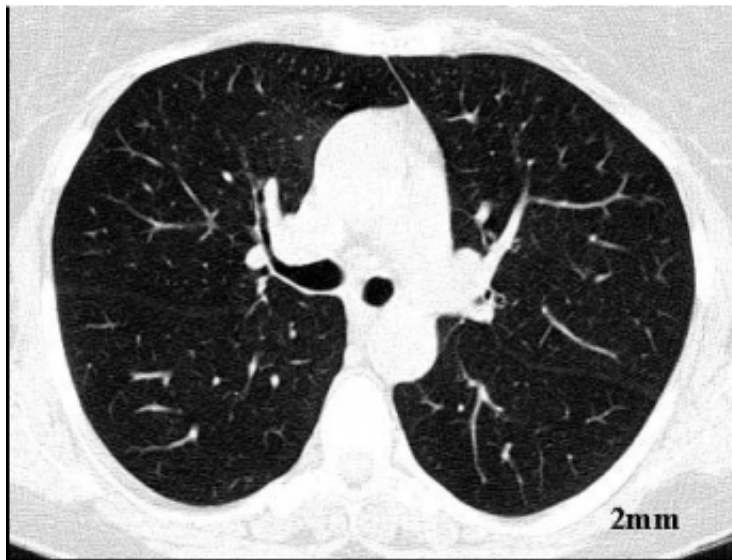
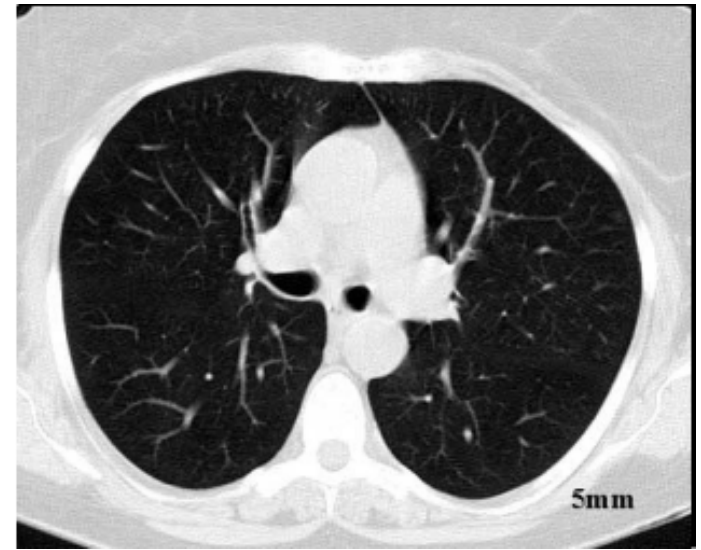
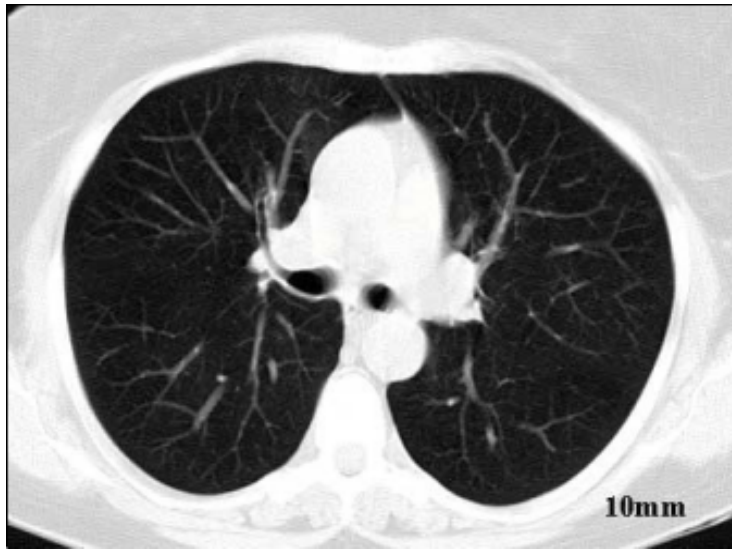
## ΥΤ θώρακος υψηλής διακριτικής ικανότητας (HRCT)

### Ορισμός

*“Η ΥΤ θώρακος υψηλής διακριτικής ικανότητας ορίζεται ως η ΥΤ θώρακος που χρησιμοποιεί πολύ λεπτές τομές πάχους 0.625-1.5 mm σε συνδυασμό με αλγόριθμο ανακατασκευής υψηλής χωρικής συχνότητας (high spatial frequency) για την ανίχνευση και το χαρακτηρισμό παθήσεων που επηρεάζουν το πνευμονικό παρέγχυμα και τους αεραγωγούς”*



Οι λεπτές τομές και ο υψηλής χωρικής συχνότητας αλγόριθμος ανακατασκευής κάνουν πιο έντονη την παρουσία του θορύβου κυρίως στους μαλακούς ιστούς!



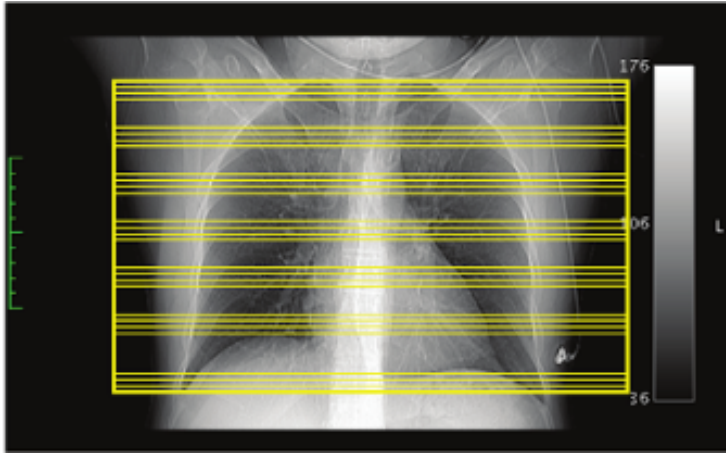
## ΥΤ θώρακος υψηλής διακριτικής ικανότητας (HRCT)

### Πρωτόκολλο

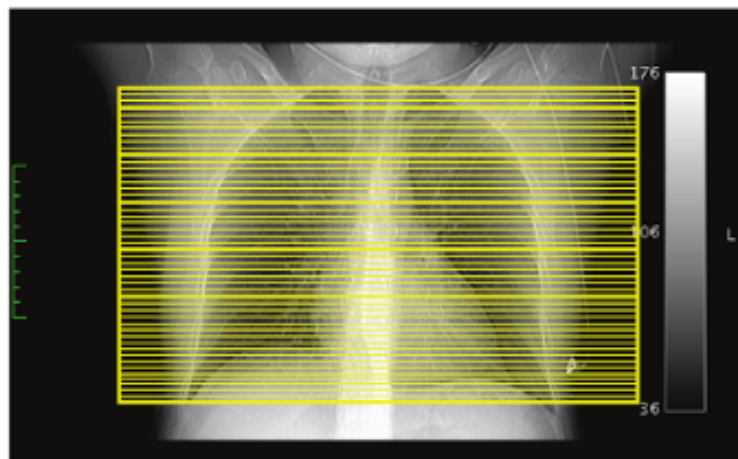
	Standard HRCT	Low-dose HRCT
<b>Clinical indication</b>	Διάχυτες πνευμονικές παθήσεις	Παρακολούθηση ασθενών με γνωστή νόσο
<b>Contrast agent</b>	Χ	Χ
<b>Mode</b>	i. Απλή (axial): οι τομές απέχουν 10-20 mm	i. Απλή (axial): οι τομές απέχουν 10-20 mm
	ii. Ελικοειδής (helical)	ii. Ελικοειδής (helical)
<b>Tube Voltage (kVp)</b>	120	120
<b>Exposure (mAs)</b>	150-300	40-80
<b>Pitch</b>	1	1
<b>Image thickness</b>	0.625-1.5 mm	0.625-1.5 mm
		Αποτυχία ανίχνευσης GGO Περισσότερα streaks artifacts

## ΥΤ θώρακος υψηλής διακριτικής ευκρίνειας (HRCT)

Spaced axial vs Helical scan



- ⊗ Λαμβάνονται “αντιπροσωπευτικές” εικόνες
- ✓ Χαμηλή δόση ακτινοβολίας



- ✓ Πλήρης απεικόνιση του πνεύμονα
- ✓ Ανακατασκευή σε οποιοδήποτε επίπεδο
- ⊗ Υψηλότερη δόση ακτινοβολίας



## CTPA

### Πρωτόκολλο

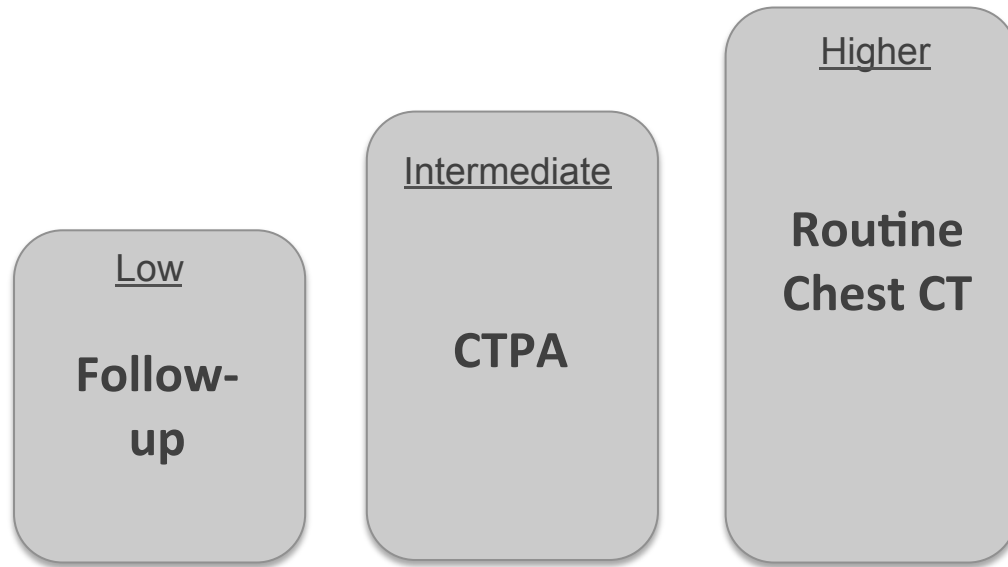
<b>Clinical indication</b>	Πνευμονική εμβολή, πνευμονική αρτηριακή υπέρταση
<b>Contrast agent</b>	✓
<b>Mode</b>	Ελικοειδής (helical)
<b>Tube Voltage (kVp)</b>	80-100
<b>Exposure (mAs)</b>	90-150
<b>Pitch</b>	≥1
<b>Image thickness</b>	1.5-2 mm

## Δόσεις ακτινοβολίας

Chest CT protocol	Effective dose (mSv)	Study
Routine/FBP	2.9-18	Mettler et al. 2008, Ono et al. 2012, Khawaja et al. 2014
Low-Dose	0.9-3.6	Ono et al. 2012, Larke et al. 2011, Kubo et al. 2016
HRCT	Axial: 0.9-2.0	Goryski et al. 2014, Vikgren et al. 2008, Webb et al. 2015
	Helical: 4.7	
CTPA	1.2-10.7	Woo et al. 2012, Yilmaz et al. 2013, Takahashi et al. 2013
Routine/IR	<0.5	Kim et al. 2015, Khawaja et al. 2014

- ✦ Abdomen CT: ~10 mSv
- ✦ Chest Radiography (AP + Lateral): ~ 0.1 mSv





## ● Τεχνικές μείωσης της δόσης ακτινοβολίας

- Μείωση mAs
- Χρήση συστήματος αυτόματης έκθεσης (Automatic Exposure Control-AEC)
- Μείωση kVp
- Χρήση επαναληπτικού αλγόριθμου ανακατασκευής (Iterative Reconstruction-IR)

## Τεχνικές μείωσης της δόσης ακτινοβολίας

### Μείωση mAs

- Δόση  $\sim$  mAs
- Μείωση mAs  $\Rightarrow$  αύξηση του θορύβου
- Screening, Lung nodule follow-up

**TABLE 3: Studies of CT Examinations with Reduced Tube Current–Time Product for Specific Clinical Indications Other Than Pulmonary Nodules**

Study	Year	Indications	No. of Patients	Standard Current–Time Product (mAs)	Reduced Current–Time Product (mAs)	Peak Kilovoltage (kVp)	Smallest Acceptable mAs
<b>Follow-up of malignant disease</b>							
Chiu et al. [56]	2003	Lung cancer	30	240	43	120/140 (standard/reduced)	43
Dinkel et al. [29]	2003	Lymphoma and extrathoracic malignancy	40	150	15	120	15
Yamada et al. [30]	2004		20	96	45	140	45
<b>Bronchiectasis</b>							
Jung et al. [60]	2000		52	170 (1 mm thick)	40 (2 mm thick)	120	40
Yi et al. [61]	2003		20	170 <sup>a</sup>	70 <sup>a</sup>	120	70
<b>Emphysema</b>							
Zompatori et al. [58]	2002		18	48	192	120	48
Zaporozhan et al. [59]	2006		30	150	10–100 <sup>b</sup>	120	30–50
<b>Other indications</b>							
Remy-Jardin et al. [57]	2004	Asbestosis	83	60–100 (1 mm thick)	60–100 (5 mm thick)	140/120 (standard/reduced)	60–100
Coppenrath et al. [33]	2004	Follow-up of nonmalignant disease	41	170	80	140	80
Tack et al. [54]	2005	Pulmonary emboli	21	157.5 <sup>c</sup>	17.5–105 <sup>d</sup>	120	17.5

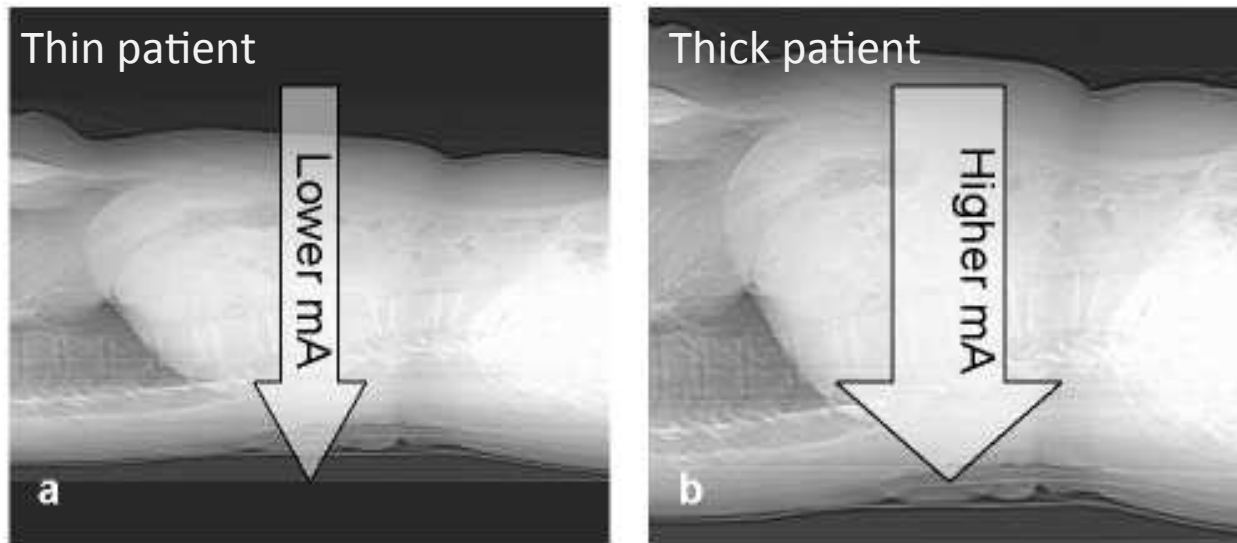
# Τεχνικές μείωσης της δόσης ακτινοβολίας

## Automatic Exposure Control-AEC

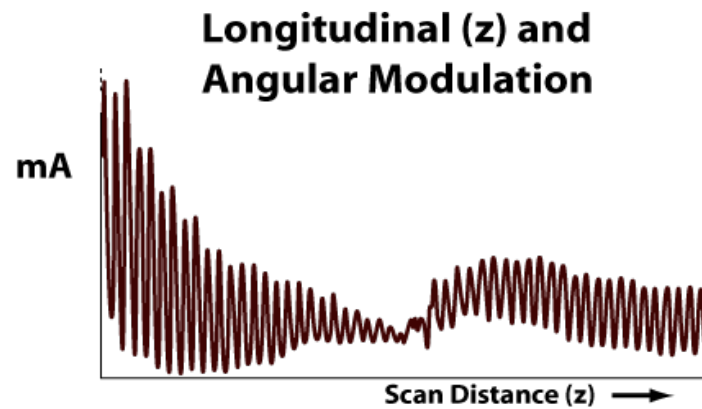
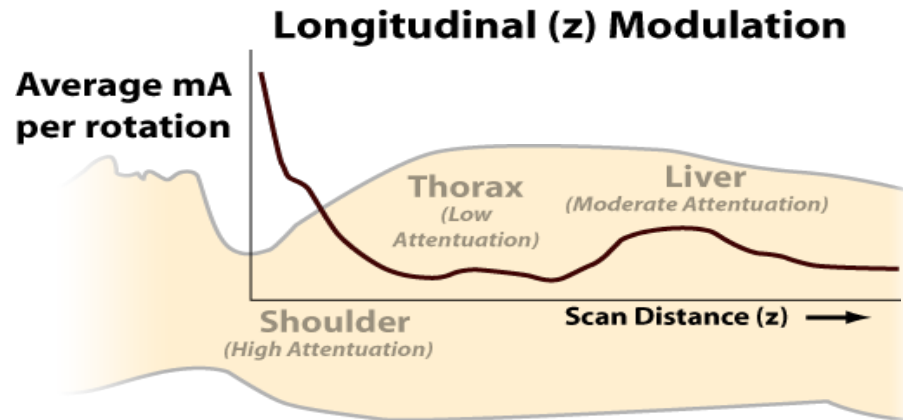
- Το AEC ρυθμίζει τα mAs (ή mA) ανάλογα με την εξασθένιση της ακτινοβολίας προκειμένου να επιτευχθεί μια σταθερή ποιότητα εικόνας (σταθερά επίπεδα θορύβου)
- Μείωση της δόσης:
  - ✧ 14-38%, ενήλικες
  - ✧ 50-75%, παιδιά
- Τρόποι εφαρμογής:
  - ✧ Ανάλογα με το μέγεθος του ασθενούς
  - ✧ Κατά μήκος του άξονα-z (Longitudinal (z-axis))
  - ✧ Περιστροφικό AEC (xy-axis)
  - ✧ 3D AEC (συνδυασμός z-axis και περιστροφικού AEC)

- Kalra et al. 2005. Chest CT performed with z-axis modulation: scanning protocol and radiation dose. Radiology
- Mulkens et al. 2005. Use of an AEC mechanism for dose optimization in multi-detector row CT examinations: clinical evaluation. Radiology
- Singh et al. 2009. Dose reduction and compliance with pediatric CT protocols adapted to patient size, clinical indication and number of prior studies. Radiology

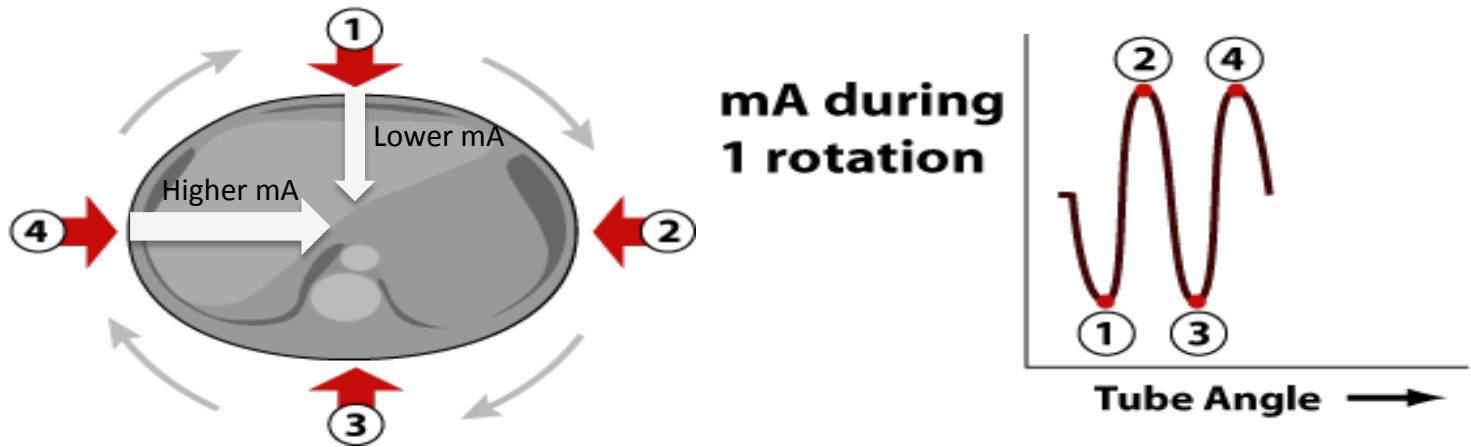
1. AEC: Ανάλογα με το μέγεθος του ασθενούς



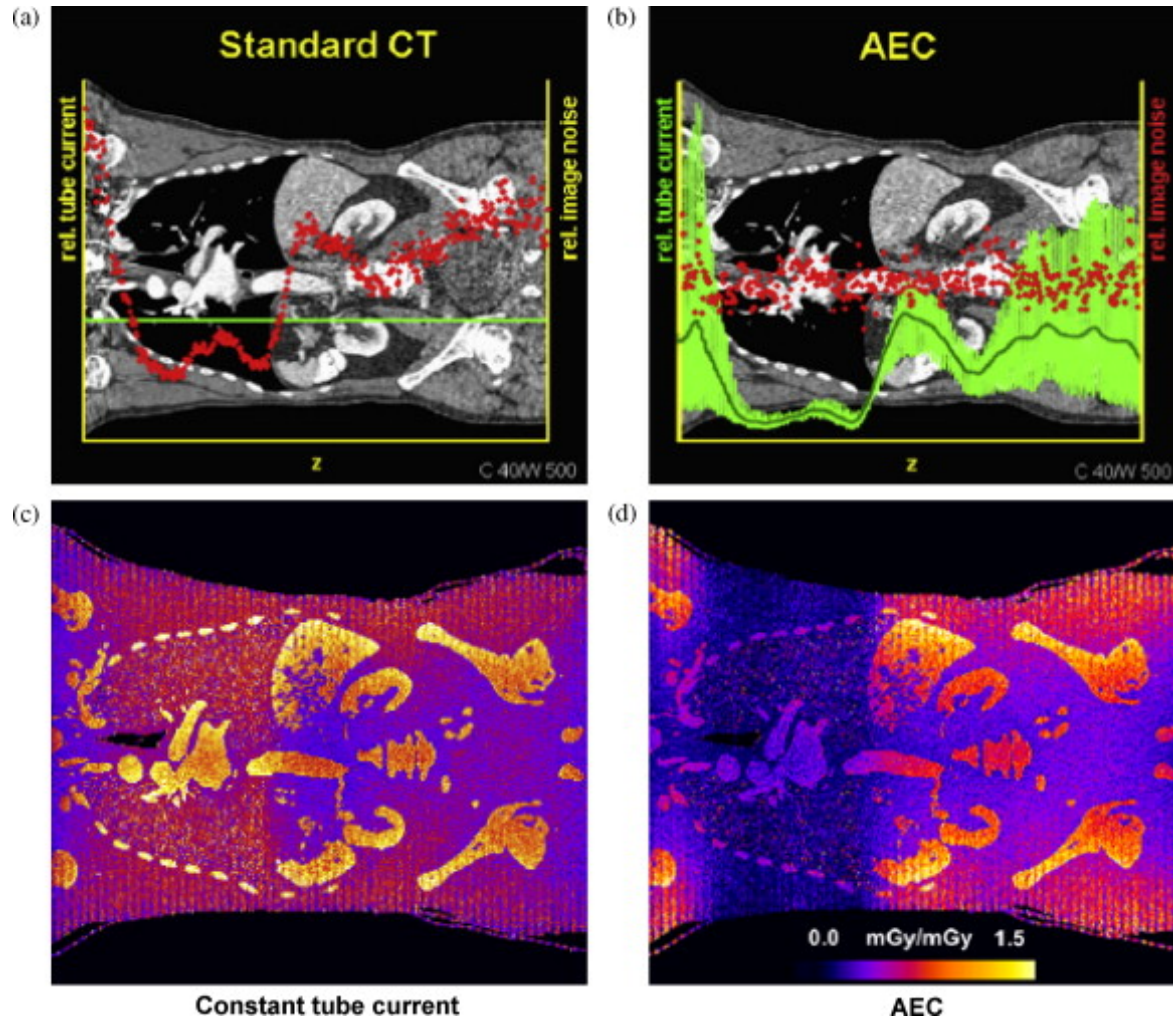
## 2. AEC: Κατά μήκος του άξονα-z



### 3. AEC: Περιστροφικό



#### 4. AEC: 3D (συνδυασμός z-axis και περιστροφικού AEC)



## Τεχνικές μείωσης της δόσης ακτινοβολίας

### Fixed mAs vs AEC

Προτιμήστε το AEC σε σχέση με τα σταθερά mAs!  
Σταθερά mAs μπορούν να επιλεγούν σε περιπτώσεις low-dose CT

#### Fixed mAs

Screening

Follow-up nodules

Pediatrics

Follow-up cystic fibrosis

#### AEC

Mediastinal abnormalities

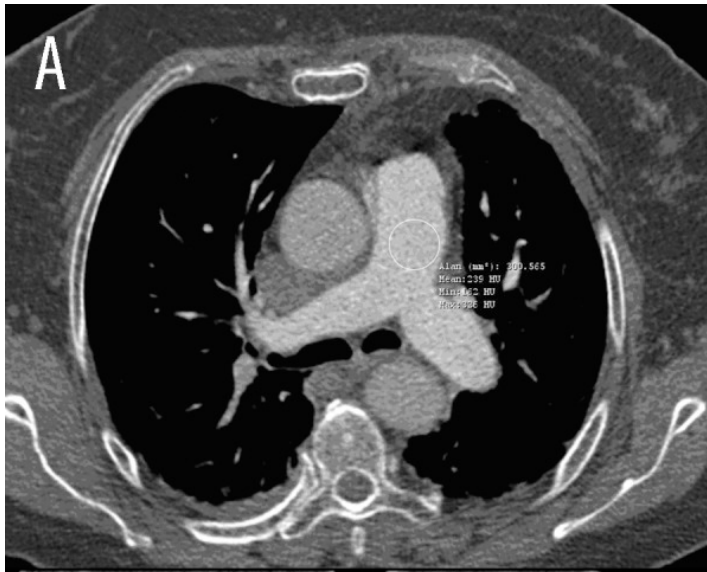
Lymph node evaluation

# Τεχνικές μείωσης της δόσης ακτινοβολίας

## Μείωση kVp

- Δόση  $\sim (\text{kVp})^2$
- Μείωση kVp: αύξηση του θορύβου αλλά και αύξηση της αντίθεσης, ειδικά όταν χρησιμοποιείται ιωδιούχο σκιαγραφικό
- Μείωση της δόσης:
  - ✧ 65% (80 kVp, <60 kg)
  - ✧ 40-50% (100 kVp, 60-75 kg)
- Αγγειογραφίες (80 kVp), Παιδιατρικοί ασθενείς (80 kVp), Αδύνατοι ασθενείς < 60 kg (80-100 kVp)

**120 kVp**  
219 HU  
Eff. Dose=4.7 mSv



**80 kVp**  
436 HU  
Eff. Dose=1.2 mSv



Yilmaz et al. 2013. Diagnostic quality of CT pulmonary angiography in pulmonary thromboembolism: A comparison of three different kV values. Diagnostic Techniques

## Τεχνικές μείωσης της δόσης ακτινοβολίας Επαναληπτικοί αλγόριθμοι ανακατασκευής

- Χρησιμοποιούν πιο ρεαλιστικά μοντέλα για τη περιγραφή της γεωμετρίας του συστήματος και τη μοντελοποίηση του θορύβου με αποτέλεσμα να παράγουν καλύτερη ποιότητας εικόνες (με μικρότερο θόρυβο)
- GE: ASIR, Veo, ASIR-V  
Philips: iDose4, IMR  
Siemens: IRIS, SAFIRE, ADMIRE  
Toshiba: AIDR, AIDR 3D
- Μείωση της δόσης:
  - ✧ 30-70%, ενήλικες
  - ✧ έως 80%, παιδιά

(J Comput Assist Tomogr 2014;38: 613–619)

## Computed Tomography (CT) of the Chest at Less Than 1 mSv: An Ongoing Prospective Clinical Trial of Chest CT at Submillisievert Radiation Doses with Iterative Model Image Reconstruction and iDose<sup>4</sup> Technique

*Ranish Deedar Ali Khawaja, MD,\* Sarabjeet Singh, MD, MMST,\* Matthew Gilman, MD,\*  
Amita Sharma, MD,\* Synho Do, PhD,\* Sarvenaz Pourjabbar, MD,\* Atul Padole, MD,\* Diego Lira, MD,\*  
Kevin Brown, MSc,† Jo-Anne O. Shepard, MD,\* and Mannudeep K. Kalra, MD\**

Canadian Association of Radiologists Journal xx (2016) 1–7

## High-Resolution Computed Tomography Examinations for Chronic Suppurative Lung Disease in Early Childhood: Radiation Exposure and Image Quality Evaluations With Iterative Reconstruction Algorithm Use

*Magdalini Smarda, MD<sup>a,\*</sup>, Efstathios Efstathopoulos, PhD<sup>a</sup>, Argyro Mazioti, MD, PhD<sup>a</sup>,  
Sofia Kordolaimi, MSc<sup>a</sup>, Agapi Ploussi, MSc<sup>a</sup>, Konstantinos Priftis, MD, PhD<sup>b</sup>,  
Nikolaos Kelekis, MD, PhD<sup>a</sup>, Efthymia Alexopoulou, MD, PhD<sup>a</sup>*

**Results:** The iDose application allowed significant effective dose reduction (about 80%). satisfactory results even with iDose level 2, whereas it approached excellent image with iDo parable between the 2 groups with the use of iDose level 4, while objective noise was con iterative reconstruction level 6 images



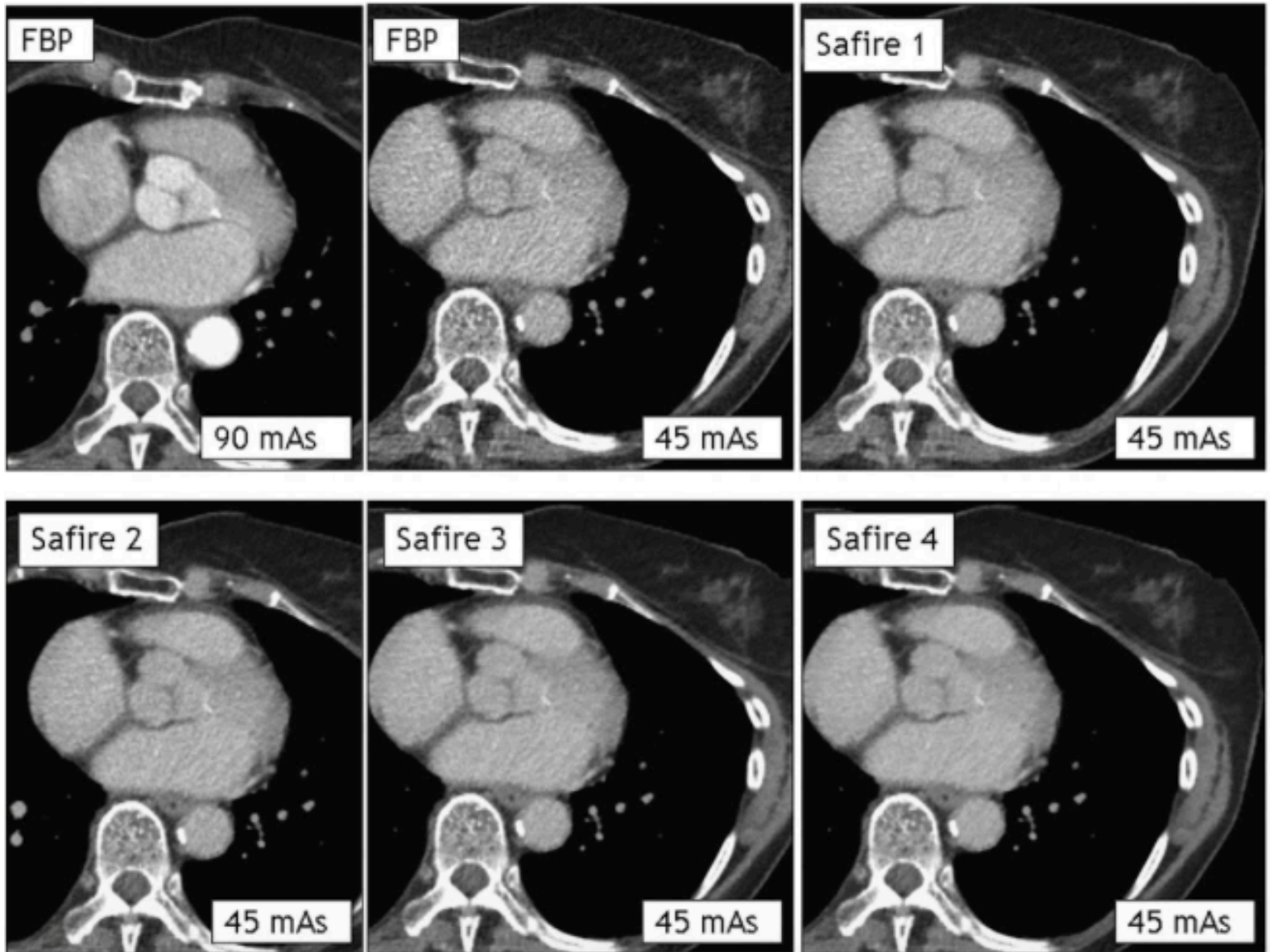
A. Ploussi, V.Tsitsia, I. Arapakis, S. Kordolaimi, S. Argentos, I. Seimenis and E. P. Efstathopoulos. **Evaluation of Radiation Exposure Reduction using Hybrid Iterative Reconstruction Algorithm in Chest-Abdomen-Pelvis CT.** Journal of Radiology and Diagnostic Imaging, 2013



Ploussi, A., Alexopoulou, E., Economopoulos, N., Argentos, S.I., Tsitsia, V., Arapakis, I., Kordolaimi, S., Seimenis, I., Efstathopoulos, E.P. **Patient radiation exposure and image quality evaluation with the use of iDose4 iterative reconstruction algorithm in chest-abdomen-pelvis CT examinations.** Radiation Protection Dosimetry. Volume 158, Issue 4, March 2014



Arapakis I, Efstathopoulos E, Tsitsia V, Kordolaimi S, Economopoulos N, Argentos S, Ploussi A, Alexopoulou E. **Using "iDose4" iterative reconstruction algorithm in adults' chest-abdomen-pelvis CT examinations: effect on image quality in relation to patient radiation exposure.** Br J Radiol. 2014 Apr;87





## Κλινική ένδειξη!



Lung nodule FU  
Emphysema  
Pleural effusions  
Tracheal evaluation  
Pneumonia  
Cystic fibrosis



Lung cancer  
Metastasis  
Mediastinal  
Large patients



## Συνοψίζοντας...

- Η ΥΤ θώρακος τις περισσότερες φορές επιτρέπει σημαντική μείωση της δόσης
- Η ποιότητα της εικόνας είναι αυτή που καθορίζει το πόσο μπορούμε να μείψουμε τη δόση ακτινοβολίας
- Η κλινική ένδειξη αποτελεί την πιο σημαντική παράμετρο για τη βελτιστοποίηση του πρωτοκόλλου



Σας ευχαριστώ πολύ!