

## *Avances de la TC cardiaca: implicaciones en la PR del paciente*

*Arrixaca*

**Manuel José Buades Forner**

Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica  
Hospital Universitario “Virgen de la Arrixaca”

La protección radiológica en el 2008



## *Angiografía coronaria RX*

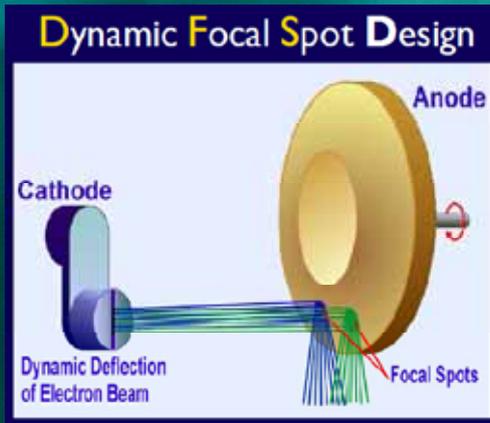


- Estándar de referencia
  - Resolución espacial ~ 0,25 mm (2 pl/mm)
  - Resolución temporal ~ 20 ms
- Técnica invasiva
- Costes económicos
- Riesgos para el paciente:
  - Tasa de complicaciones graves: 1,7%
  - Mortalidad: 0,11%
- Enf. coronarias: 445.687 muertes en 2005 (EEUU)
- Irradiación del TPE
- 2.428.000 angiografías en 2006 (EEUU)
- ~ 40 % diagnósticas

La protección radiológica en el 2008



## Resolución espacial: axial < 0,25 mm



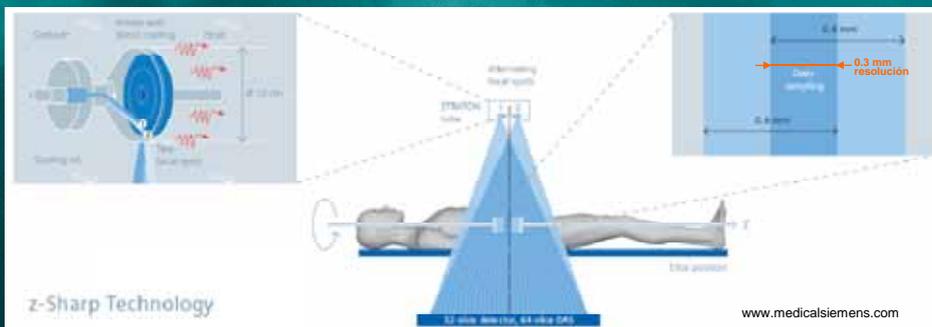
Shabtai Samoilov: Basic CT Physics (Philips)



La protección radiológica en el 2008



## Resolución espacial: longitudinal < 0,5 mm

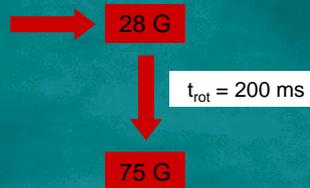


La protección radiológica en el 2008



## Resolución temporal

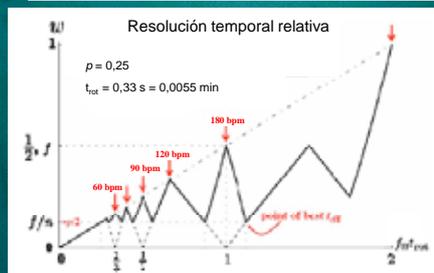
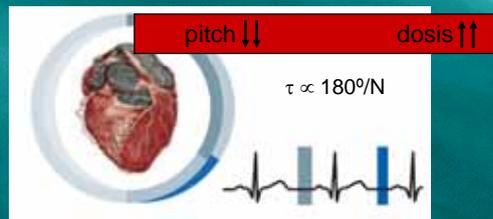
Año	Nº cortes	$t_{rot}$	$t_{estudio}$
2000	4	500 ms	30-40 s
2002	16	375 ms	15-20 s
2004	64	330-420 ms	6-12 s
2005	DSCT	330 ms	7-10 s
2009		270-280 ms	



La protección radiológica en el 2008



## Resolución temporal

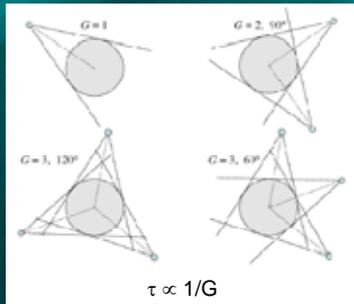


Kachelrieß y col., Med Phys 2006; 33: 2435-2447

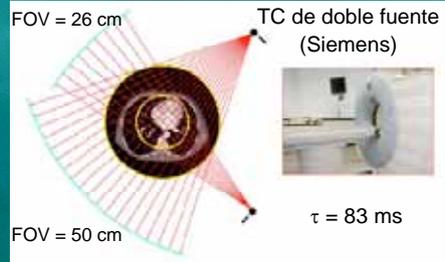
La protección radiológica en el 2008



## Resolución temporal



Kachelrieß y col., Med Phys 2006; 33: 2435-2447



La protección radiológica en el 2008



## Novedades 2008



ECR, Viena, marzo 2008

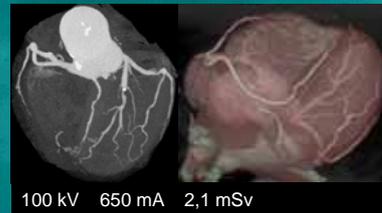


RSNA, Chicago, diciembre 2008

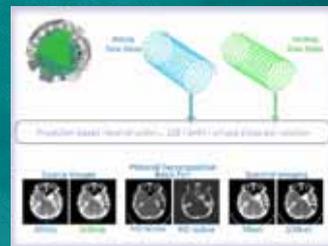
La protección radiológica en el 2008



## Novedades 2008



- Res. espacial = 0,23 mm
- Nuevo detector centelleador de granate
- "Imagen espectral" (101 energías seleccionables)



La protección radiológica en el 2008

## Novedades 2008



- Cobertura – 8 cm/rotación
- 256 cortes
- Res. espacial = 0,22 mm (2,4 p/mm)
- $t_{rot} = 0,27$  s
- Nuevo detector de gadolinio



La protección radiológica en el 2008

## Novedades 2008

Aquilion One



**TOSHIBA**  
Leading Innovation >>>

Medical Systems

- Cobertura – 16 cm/rotación
- 320 cortes x 0,5 mm
- $t_{rot} = 0,35$  s



Visualización dinámica de órganos



2,8 mSv

La protección radiológica en el 2008

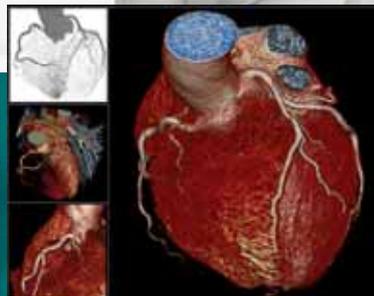


## Novedades 2008

SOMATOM Definition Flash

**SIEMENS**

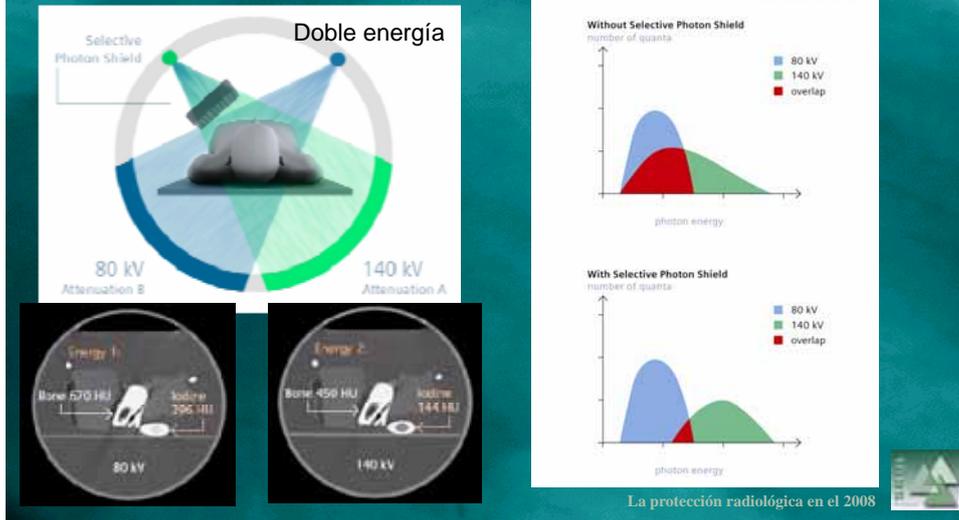
- Doble fuente
- Doble energía
- $t_{rot} = 0,28$  s ( $\tau = 75$  ms)
- 128 detectores (x 2)
- Res. long = 0,33 mm
- $v_{mesa} = 43$  cm/s
- $t_{torax} = 0,6$  s
- $t_{cardio} = 250$  ms (flash spiral cardio)
- Dosis cardiaca < 1 mSv



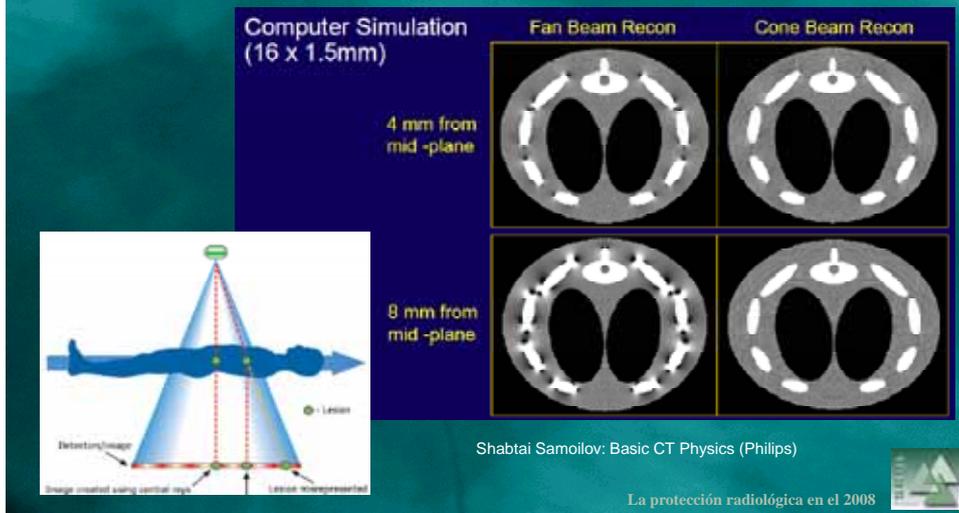
**SOMATOM**  
Definition  
Flash

Flash speed,  
Lowest dose.  
5.0 mSv  
250 ms acquisition  
480 reconstructed  
temp. Pres. 75 ms  
spiral Pres. 0.33 mm  
480 vol.

## Novedades 2008



## Reducción de dosis: algoritmos de reconstrucción



## Reducción de dosis: algoritmos de reconstrucción



FBP, 300 mAs



FBP, 75 mAs



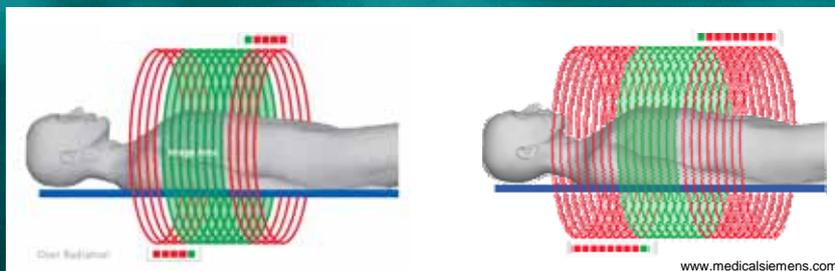
Rec. iterativa, 75 mAs

Wang y col., Med Phys 2008; 35: 1051-1064

La protección radiológica en el 2008

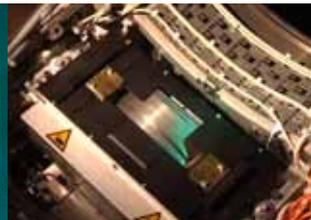


## Reducción de dosis: “colimación adaptativa”



4% Cardio

12 cm

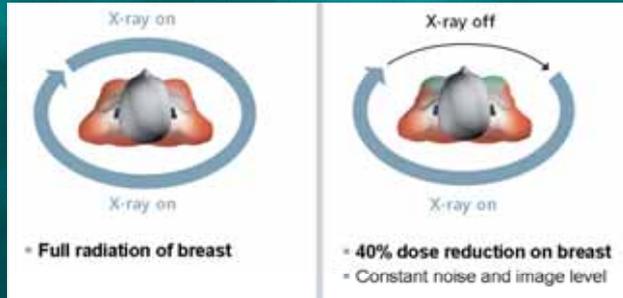


La dosis innecesaria aumenta al hacerlo la cobertura/rotación y, en proporción, al disminuir la longitud de scan

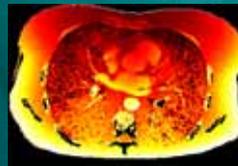
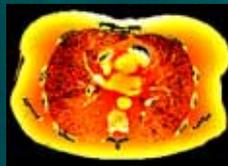
La protección radiológica en el 2008



## Reducción de dosis: "colimación adaptativa"

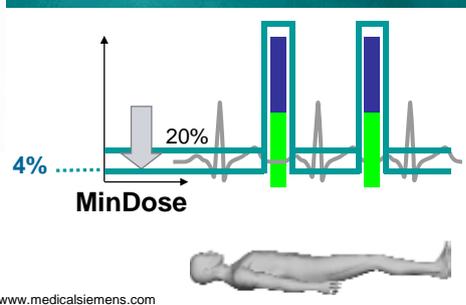
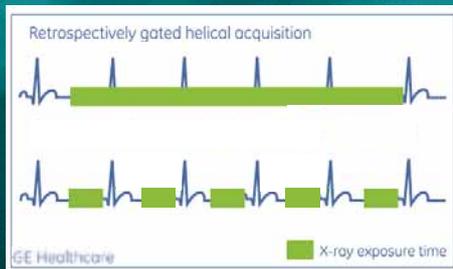


www.medicalsiemens.com



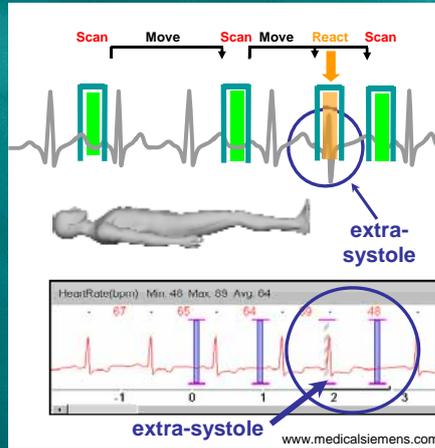
La protección radiológica en el 2008

## Reducción de dosis: modulación ECG retrospectiva



La protección radiológica en el 2008

# Reducción de dosis: modulación ECG prospectiva



La protección radiológica en el 2008

# TC cardiaca: diagnóstico

Diagnostic Performance of Multidetector CT Angiography for Assessment of Coronary Artery Disease: Meta-analysis<sup>1</sup>

**Pooled Sensitivity and Specificity and Overall Diagnostic Performance at Multidetector CT Angiography according to Type of Analysis and CT Scanner**

Analysis and CT Scanner Type	No. of Studies	Combined Data <sup>2</sup>	Sensitivity <sup>3</sup>	Specificity <sup>3</sup>	D'Value <sup>4</sup>
<b>Per-segment analysis</b>					
Four detector	18	8209	0.84 (0.81, 0.88)	0.83 (0.81, 0.85)	4.47 (4.00, 4.94)
16 detector	25	17 340	0.83 (0.79, 0.90)	0.96 (0.95, 0.97)	5.00 (4.28, 5.74)
64 detector	6	5030	0.83 (0.88, 0.87)	0.96 (0.96, 0.97)	5.78 (4.96, 6.60)
<b>Per-patient analysis</b>					
Four detector	3	491	0.87 (0.78, 0.96)	0.87 (0.73, 1.00)	3.97 (2.09, 5.85)
16 detector	6	1601	0.93 (0.89, 0.97)	0.92 (0.89, 0.96)	4.88 (3.93, 5.84)
64 detector	2	597	0.95 (0.91, 0.99)	0.93 (0.90, 0.96)	5.11 (4.54, 6.40)
<b>Per-patient analysis</b>					
Four detector	7	357	0.91 (0.87, 0.95)	0.83 (0.68, 0.99)	3.41 (2.46, 4.37)
16 detector	11	794	0.97 (0.94, 0.98)	0.81 (0.72, 0.90)	4.86 (3.00, 5.12)
64 detector	6	363	0.99 (0.97, 1.00)	0.83 (0.80, 0.86)	5.00 (3.89, 6.11)

<sup>1</sup> Data are the combined number of segments, vessels, or patients from the studies included in the per-segment, per-vessel, or per-patient analysis, respectively.

<sup>2</sup> Data are proportions. Numbers in parentheses are 95% confidence intervals (CIs). D' = log of diagnostic odds ratio.

Vanhoenacker y col., Radiology 2007; 244: 419-428

Coronary Arteries: Diagnostic Performance of 16- versus 64-Section Spiral CT Compared with Invasive Coronary Angiography—Meta-Analysis<sup>1</sup>

Hamon y col., Radiology 2007; 245: 720-731

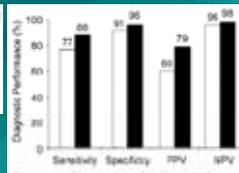


Figure 2: Diagnostic performance of 16-section CT (white bars) compared with 64-section CT (black bars) on a per-segment basis ( $P < .001$  for all).

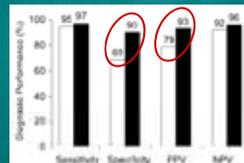


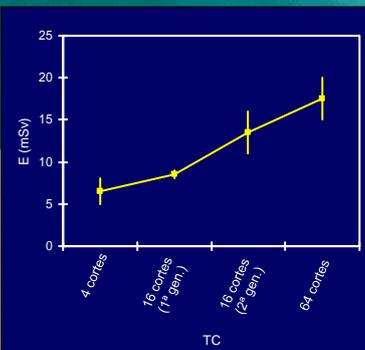
Figure 3: Diagnostic performance of 16-section CT (white bars) compared with 64-section CT (black bars) on a per-patient basis ( $P = .03$  for sensitivity,  $P < .001$  for the other values).

La protección radiológica en el 2008

## TC cardiaca: dosis

Diagnostic Performance of Coronary CT Angiography by Using Different Generations of Multisection Scanners: Single-Center Experience<sup>3</sup>

Parameter	Four-Section Scanner	First Generation 16-Section Scanner	Second Generation 16-Section Scanner	64-Section Scanner
No. of patients in cardiac CT database	414 (1)	121 (1)	48 (1)	122 (1)
Median dose (mSv)	8.0	6.0	2.5	2.0
Table covered (range, percent)	300 (100)	400 (100)	500 (100)	800 (100)
Table width (cm)	130	130	130	130
Table feed per rotation (mm)	1.9-2.1	0	0	3.8
Scan time (sec)	25-42	19-22	19-25	12-14
Contrast agent <sup>2</sup>	bolus <sup>2</sup>	bolus <sup>2</sup>	bolus <sup>2</sup>	bolus <sup>2</sup>
Volume (mL)	150	120	100	120
Concentration (mg/mL)	350	350	400	400
Injection rate (mL/sec)	2.5	4	4	5
Heart rate (b/min)	72.0	72.0	72.0	72.0
Heart rate (b/min)	6.0	6.0	6.0	6.0
Estimated exposure index <sup>3</sup>	6.6	6.6	11.0	10.0



Pugliese y col., Radiology 2008; 246: 384-393

La protección radiológica en el 2008



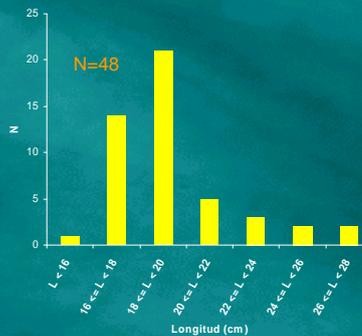
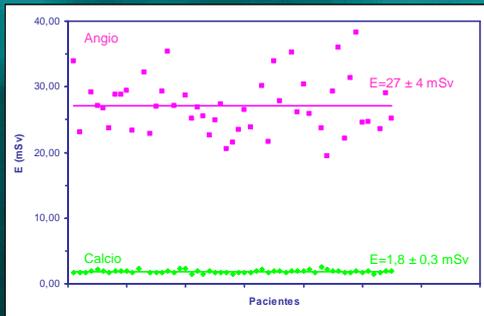
## TC cardiaca: dosis

Estudio	TC	N <sub>pacientes</sub>	E <sub>CTA</sub> (mSv)
Coles y col. (J Am Coll Cardiol 2006)	Sensation 16	91	15,3 (inc. bolo)      5,6 (angio RX)
Mollet y col. (Circulation 2005)	Sensation	52	5,2 (hombres)      1,3 (calcio, 16 c) 21,4 (mujeres)      1,7
Hausleiter y col. (Circulation 2006)	Sensation	599	14,8 ± 1,8 (120 kV, sin ECG) 9,4 ± 1,8 (120 kV, ECG retrospectivo) 5,4 ± 1,1 (100 kV, ECG retrospectivo)
Leschka y col. (Eur Radiol 2008)	Definition (DSCT)	80	8,9 ± 1,2 (120 kV, 330 mAs) 6,7 ± 0,7 (100 kV, 330 mAs) 4,4 ± 0,7 (100 kV, 220 mAs)
Stolzmann y col. (Eur Radiol 2008)	Definition (DSCT)	80	8,8 ± 0,7 (120 kV, 350 mAs, A <sub>min</sub> =20%A <sub>máx</sub> ) 7,8 ± 1,1 (120 kV, 350 mAs, A <sub>min</sub> =4%A <sub>máx</sub> )
Scheffel y col. (Heart 2008)	Definition (DSCT)	120	3,0 ± 0,5 (120 kV, 190 mAs, ECG prosp) 1,6 ± 0,3 (100 kV, 190 mAs, ECG prosp)

La protección radiológica en el 2008



# TC cardiaca: dosis



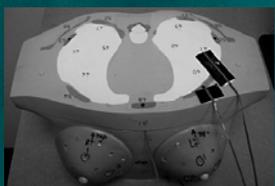
Hospital Virgen de la Arrixaca  
GE LightSpeed VCT64

La protección radiológica en el 2008

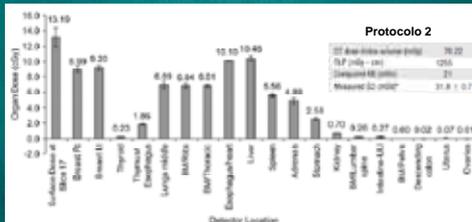
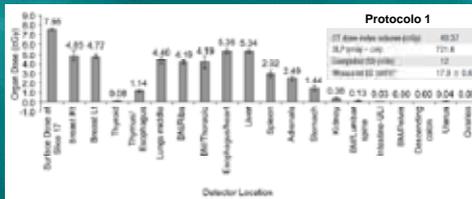


# TC cardiaca: dosis

Parámetro	Protocolo CT Angiografía Protocol 1*	Protocolo CT Angiografía Protocol 2*
Peak voltage (kVp)	130	130
Average rate	180 (precontrast, full measurement)	300 (precontrast, full measurement)
Table rotation (sec)	0.35	0.35
Total examination time (sec)	2.4	2.5
Pitch	0.221	0.221
Reconstruction algorithm*	64 0.625-mm sections	64 0.625-mm sections



GE VCT 64



Hurwitz y col., Radiology 2007; 245: 742-750

La protección radiológica en el 2008

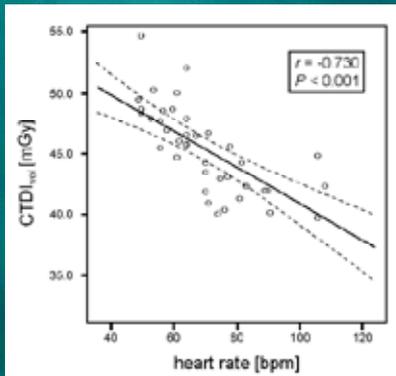


## TC cardiaca: dosis

### Radiation dose estimates in dual-source computed tomography coronary angiography

Paul Stolzmann  
Hans Scheffel  
Thomas Schertler  
Thomas Frauenfelder  
Sebastian Leschka  
Lars Husmann  
Thomas G. Flohr  
Borut Marincek  
Philipp A. Kaufmann  
Hatem Alkadhi

Eur Radiol (2008) 18: 592–599  
DOI 10.1007/s00330-007-0786-8



La protección radiológica en el 2008

## TC cardiaca: dosis

Eur Radiol (2008) 18: 2765–2807  
DOI 10.1007/s00330-007-6

CARDIAC

Matthijs Oudkerk  
Arthur E. Sillman  
Sandra S. Halburton  
Wolfgang A. Kalender  
Stefan Mühlenkamp  
Christina H. Metz  
Barend-Jan Vliegenhart  
Ludov J. Shaw  
William Stanford  
Allen J. Taylor  
Peter M. A. van Oort  
Lorenz Weisler  
Paolo Raggi

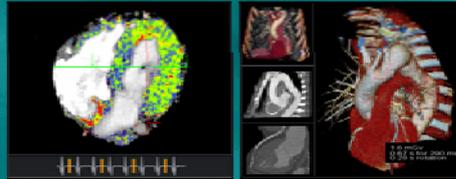
**Coronary artery calcium screening: current status and recommendations from the European Society of Cardiac Radiology and North American Society for Cardiovascular Imaging**

Riesgo cáncer	Hombres	Mujeres
Todas las causas	45%	38%
Por CTA (50 años)	0,04%	0,12%

La protección radiológica en el 2008

## TC cardiaca: futuro

- Estudios funcionales
- Exámenes de tórax completo con ECG
- Nuevos algoritmos de reconstrucción
- Detectores de panel delgado
- Nuevas trayectorias



Wang y col.,  
Med Phys 2008

La protección radiológica en el 2008

## Conclusiones

- La TC cardiaca es útil para la cuantificación de calcio y evaluación de posibles estenosis
- Los avances tecnológicos permitirán nuevas aplicaciones clínicas
- Las dosis pueden ser altas si no se controlan
- Los fabricantes han desarrollado elementos técnicos que, bien aplicados, permiten reducir la dosis
- Es necesario establecer procedimientos estandarizados para la adquisición de las imágenes
- El riesgo de inducción de cáncer es bajo
- El beneficio para el paciente supera el riesgo

La protección radiológica en el 2008