



Centro de
Radioterapia

Curso de Actualización en
Protección Radiológica

Córdoba, Argentina
7, 8 y 9 de Abril de 2016

Radioprotección en el Paciente Pediátrico

Nicholas Reñé

Centro de Radioterapia
Rosario, Argentina

Radiación Secundaria
Como se genera ?

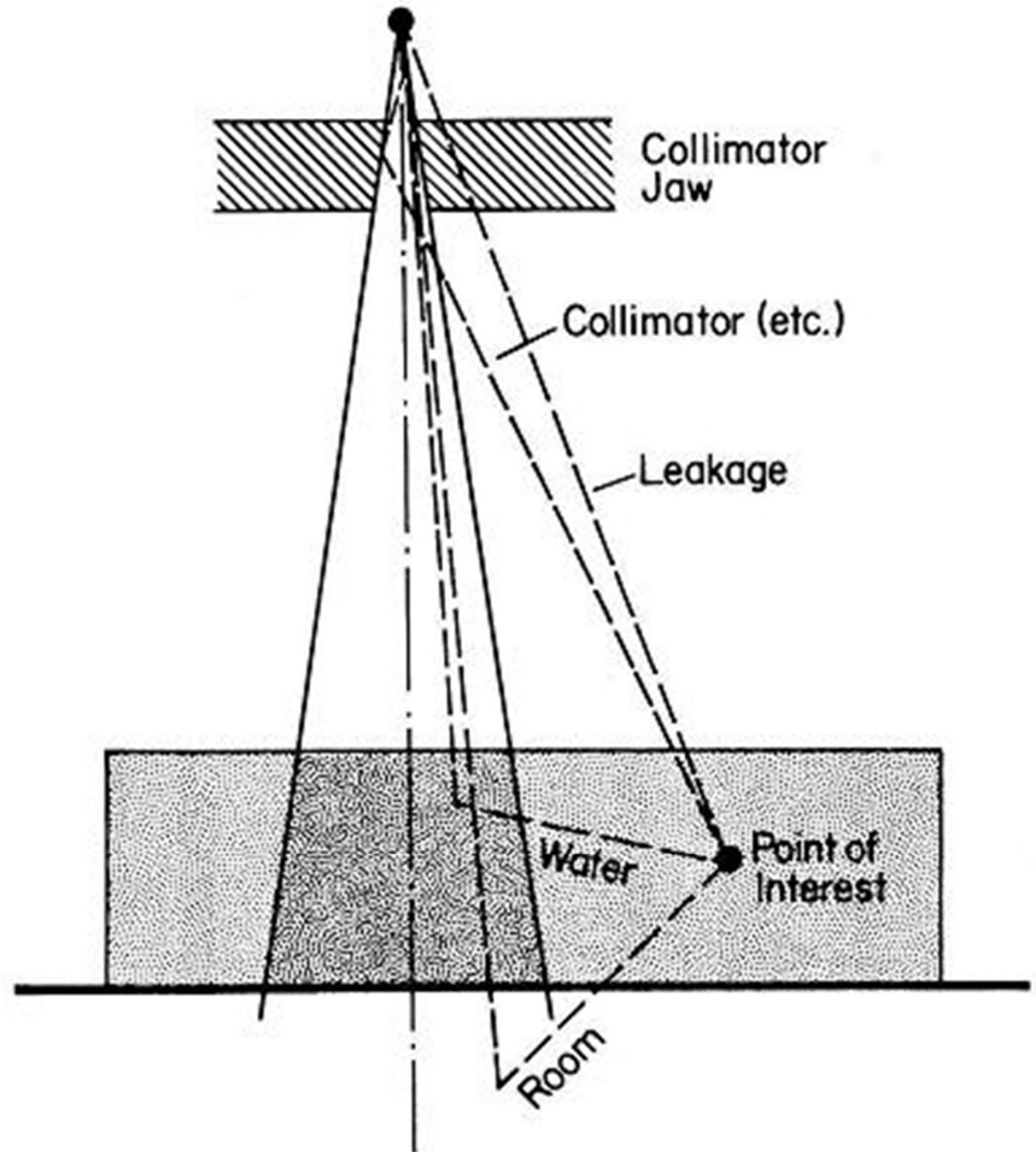
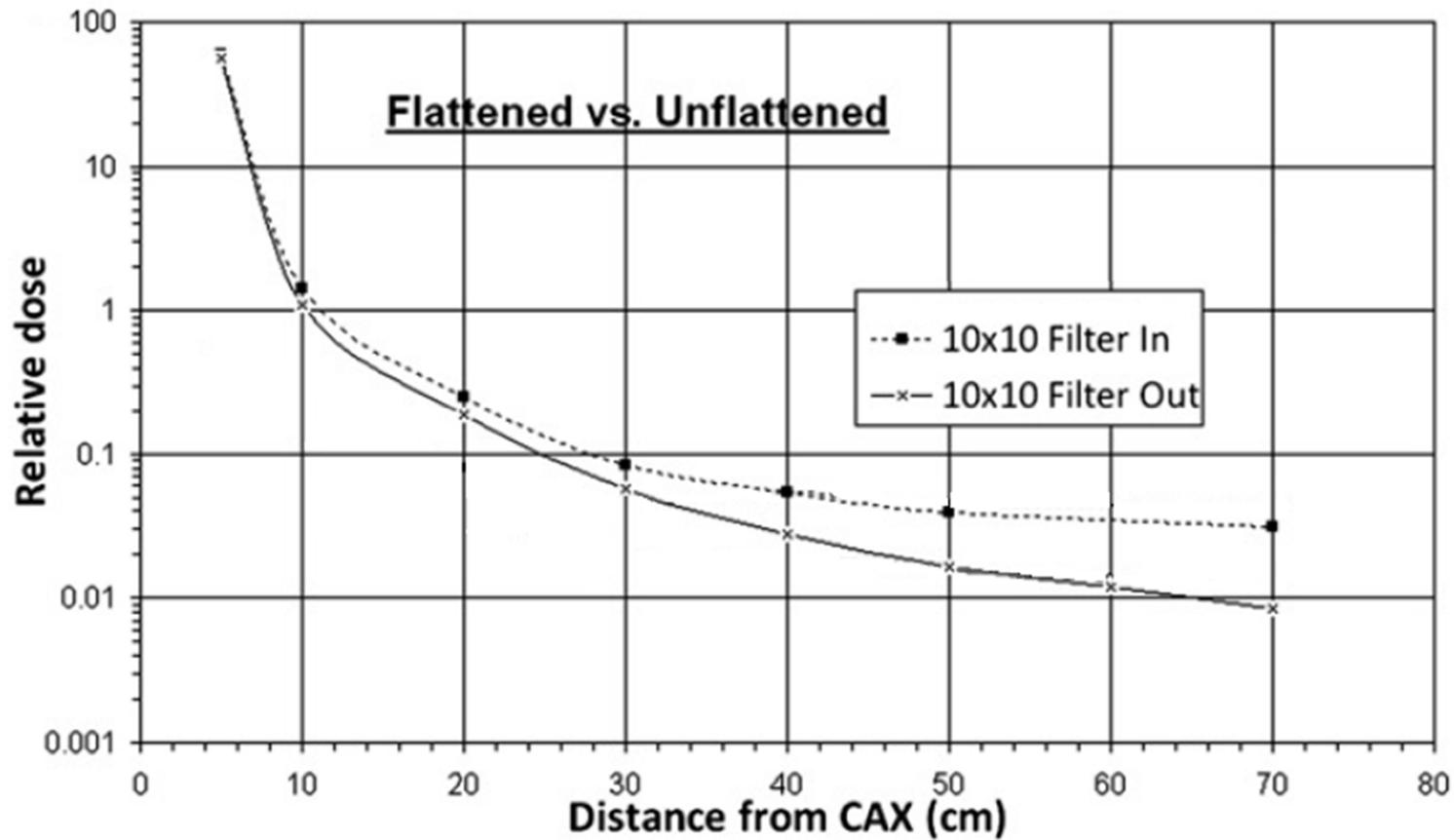


Fig. 1. Components of secondary radiation which contribute to the dose at a point outside the treatment field.

Efecto del Filtro Aplanador

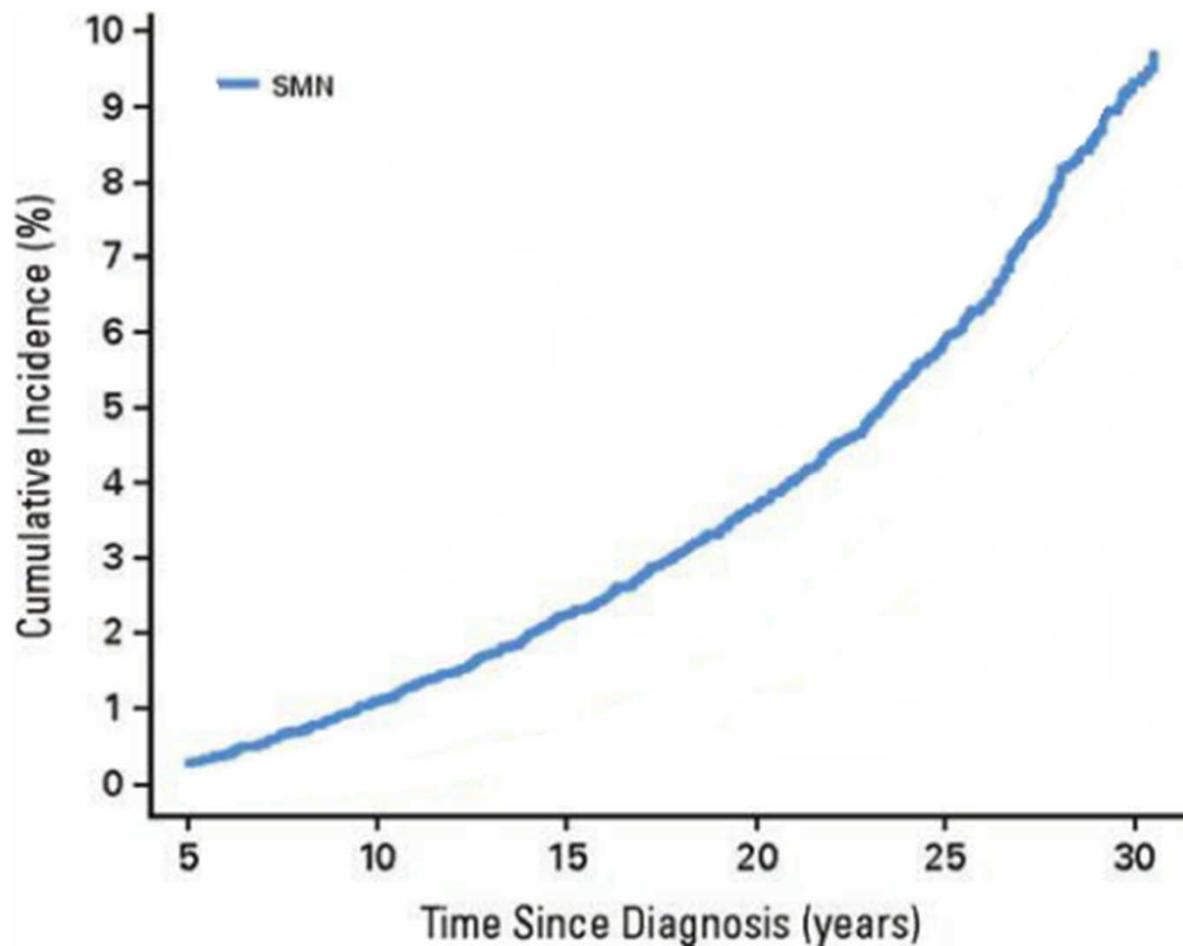


Neutrones Secundarios

Energia MV	Dosis mSv/Gy
10	0.02
15	0.72
18	1.50
20	1.78

Neutrones:
RBE mayor que fotones

Tumores Secundarios en pacientes irradiados

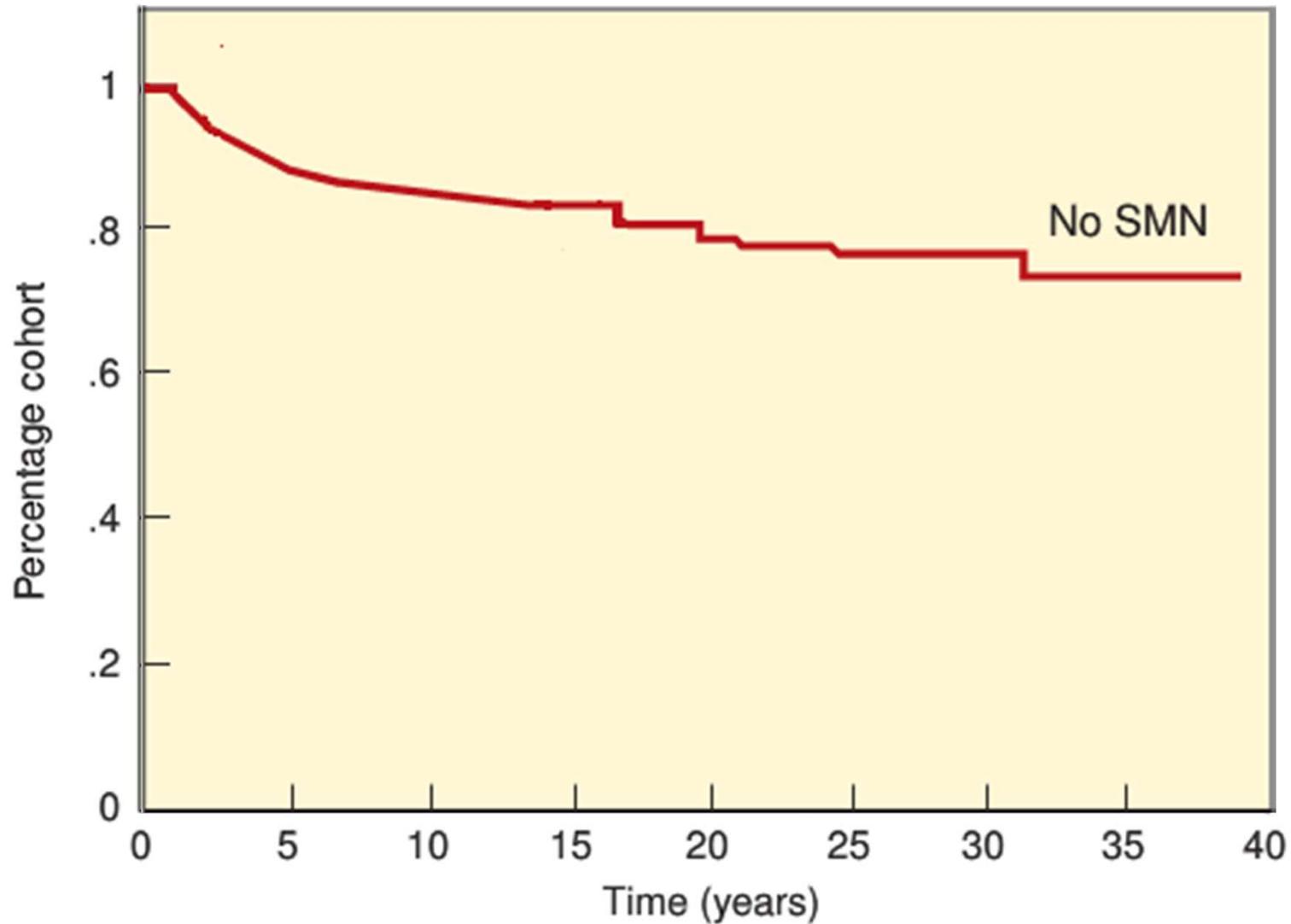


10-20%
a 30 años

Población
General
x 6

Riesgo Absoluto
2 casos x 1000
pac/año

Sobrevida post Tumor Secundario



Tumores Secundarios

Factores de Riesgo

- Edad

Edad a la Exposición

Atomic Bomb Survivor Database:

<10 años: 15% / Sv

>60 años: 1% / Sv

Susceptibilidad Genética

Muchos tumores en niños ya están asociados a mutaciones que pueden estar asociadas a mayor radiosensibilidad.

Radiación secundaria

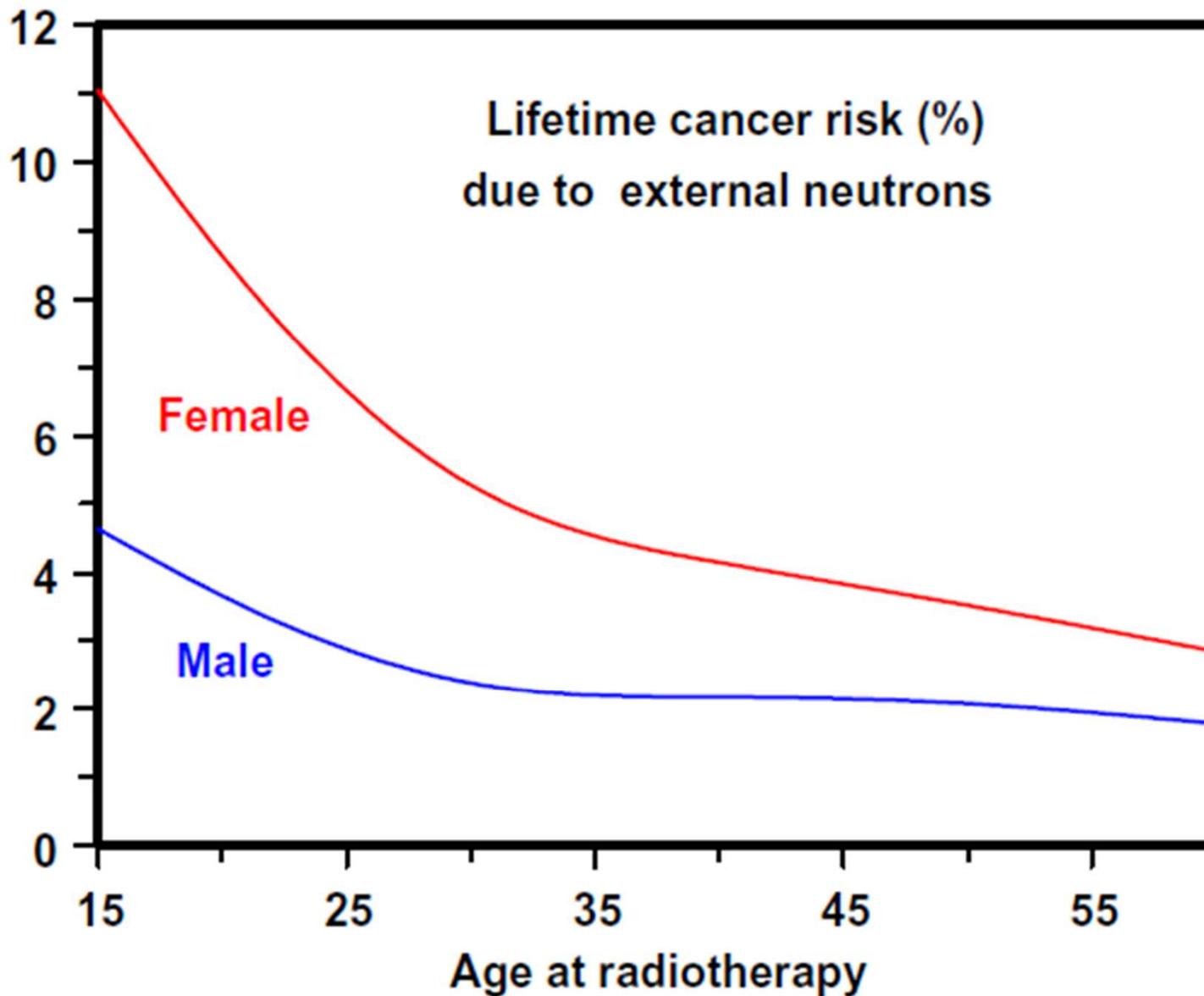
El scatter representa más en el cuerpo del niño que es pequeño.

Tumores Secundarios

Factores de Riesgo

- Edad
- Sexo Femenino

Sexo Femenino



Tumores Secundarios

Factores de Riesgo

- Edad
- Sexo Femenino
- Tejido irradiado
 - Sensible a bajas dosis: *Mama - Tiroides*
 - Sensible a dosis intermedias: *Tej. Linfático – Pulmón*
 - Sensible a altas dosis: *Hueso*
- Dosis

Dosis

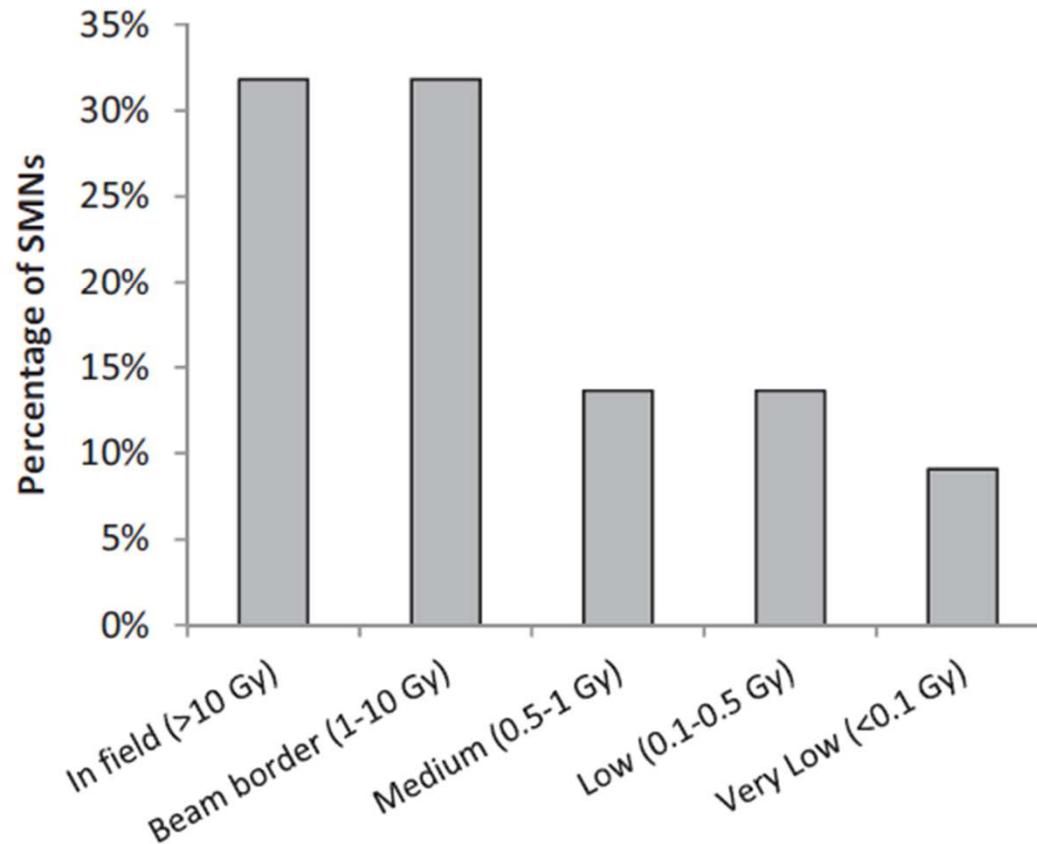


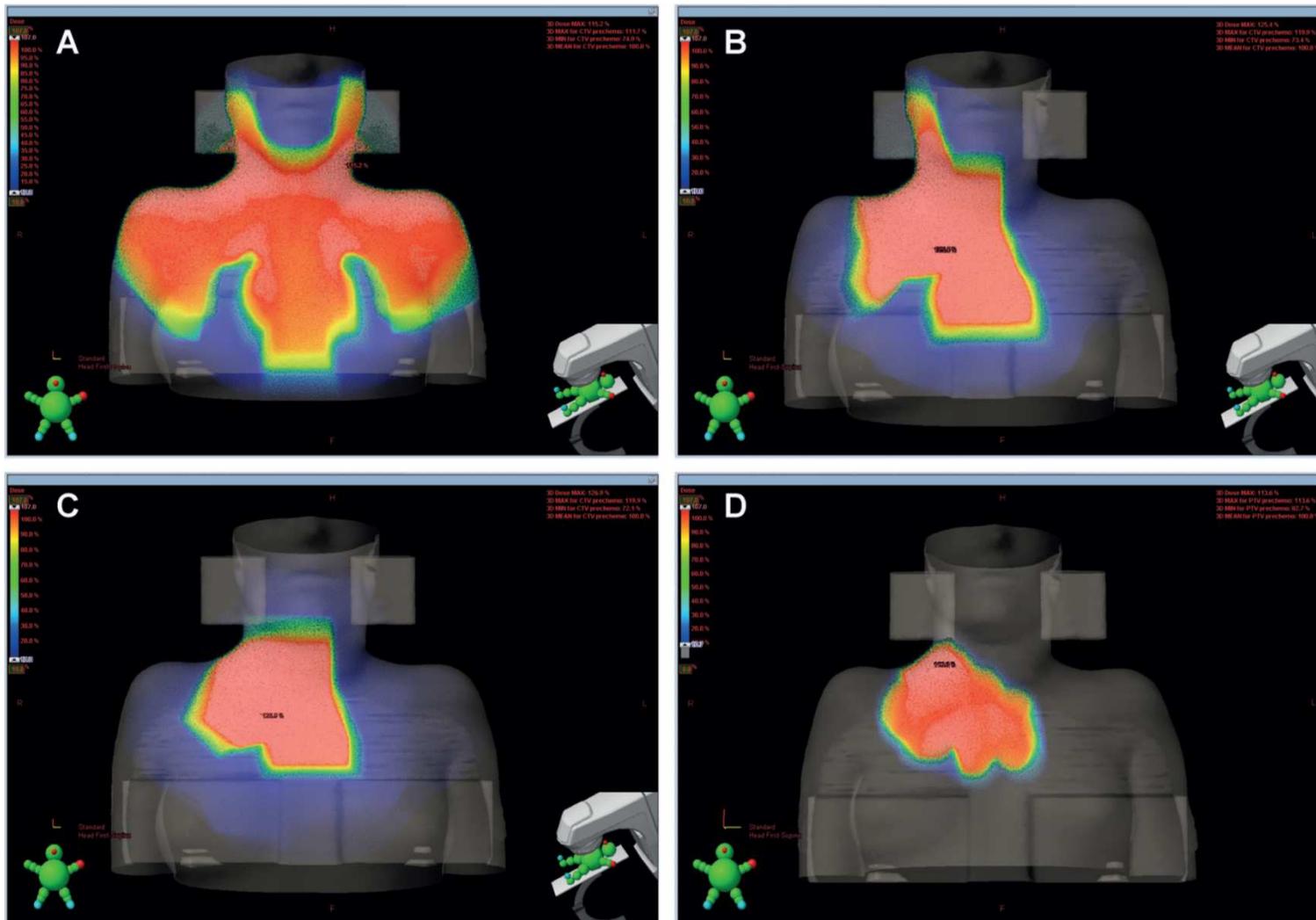
FIGURE 2 Radiation doses at SMN sites (solid SMNs only, not including those developing within 5 year latency period).

Tumores Secundarios

Factores de Riesgo

- Edad
- Sexo Femenino
- Tejido irradiado
 - Sensible a bajas dosis: Mama - Tiroides
 - Sensible a dosis intermedias: Tej. Linfático – Pulmón
 - Sensible a altas dosis: Hueso
- Dosis
- Volumen irradiado

Volumen Irrradiado



Volumen Irradiado

TABLE II. Risk Estimates of Radiation-s

	Field				<i>P</i> -value ^b
	INRT	mIFRT	IFRT	MF	
Estimated excess risk	Mean (95% CIs) ^a				
20 Gy					
Lung cancer ^c	2.2 (0.6–20.3)	2.6 (0.7–24.3)	3.0 (0.8–28)	3.9 (1.1–36.4)	0.001
Breast cancer ^c	2.3 (0.6–15.4)	3.5 (1.0–23.3)	4.0 (1.1–26.6)	8.7 (2.4–58.2)	0.02
Thyroid cancer ^c	1.6 (0.8–5.7)	2.3 (1.0–7.8)	2.3 (1.0–7.9)	2.3 (1.0–7.8)	NS
Cardiac morbidity ^d	0.1 (0.2–6.6)	1.2 (0.2–7.0)	1.4 (0.2–8.1)	2.0 (0.4–9.8)	<0.001
Cardiac mortality ^e	0.7 (0.5–1.0)	0.8 (0.5–1.1)	1.0 (0.7–1.3)	1.5 (1.0–2.0)	0.001
Life years lost	0.5 (0.3–2.3)	0.6 (0.3–2.9)	0.7 (0.4–3.3)	0.9 (0.5–4.5)	0.002
30 Gy					
Lung cancer ^c	3.4 (0.9–31.4)	4.1 (1.1–37.6)	4.7 (1.3–43.4)	6.0 (1.7–56)	0.001
Breast cancer ^c	3.6 (1.0–23.9)	5.4 (1.5–36.0)	6.1 (1.7–41.1)	13.4 (3.8–77.7)	0.03
Thyroid cancer ^c	1.3 (0.6–4.4)	1.4 (0.6–4.9)	1.4 (0.6–4.9)	1.4 (0.6–4.7)	NS
Cardiac morbidity ^d	2.0 (0.5–9.4)	2.2 (0.5–10.1)	2.9 (0.7–11.6)	4.6 (1.2–15.9)	NS
Cardiac mortality ^e	1.1 (0.7–1.5)	1.2 (0.8–1.7)	1.5 (1.0–2.1)	2.2 (1.5–3.0)	0.01
Life years lost	0.7 (0.4–3.6)	0.9 (0.4–4.3)	1 (0.5–4.9)	1.4 (0.7–6.5)	0.002

INRT, Involved Node Radiotherapy; mIFRT, Modified Involved Field Radiotherapy; IFRT, Involved Field Radiotherapy; MF, mantle field; CIs, confidence intervals; NS, not significant. ^a95% CIs are the mean of lower and upper CIs for the 10 patients, reflecting the uncertainties in the risk estimates. ^bperformed with repeated measures ANOVA with Greenhouse-Geisser correction for differences between treatment plans. ^cLifetime excess risk. ^d10-year excess risk. ^e25-year excess risk.

Tumores Secundarios

Factores de Riesgo

- Edad
- Sexo Femenino
- Tejido irradiado
 - Sensible a bajas dosis: Mama - Tiroides
 - Sensible a dosis intermedias: Tej. Linfático – Pulmón
 - Sensible a altas dosis: Hueso
- Dosis
- Volumen irradiado
- Asociación con Quimioterapia

Asociación con Quimioterapia

Riesgo Relativo tumor secundario

	RR
RT	2
QT	4.4
RT + QT	21.4

Efecto
Sinérgico ?

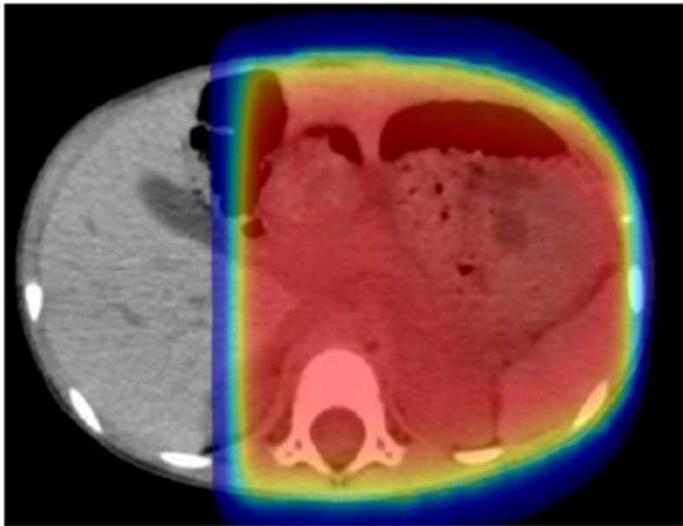
Tumores Secundarios

Factores de Riesgo

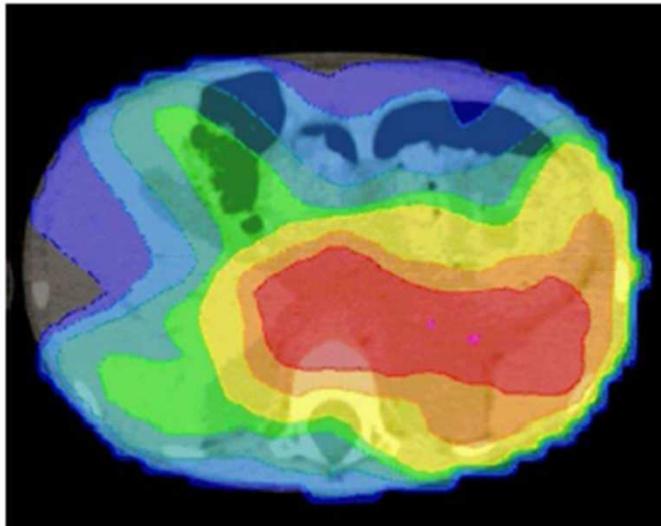
- Edad
- Sexo Femenino
- Tejido irradiado
 - Sensible a bajas dosis: Mama - Tiroides
 - Sensible a dosis intermedias: Tej. Linfático – Pulmón
 - Sensible a altas dosis: Hueso
- Dosis
- Volumen irradiado
- Asociación con Quimioterapia
- Técnica de Tratamiento

Técnica de Tratamiento

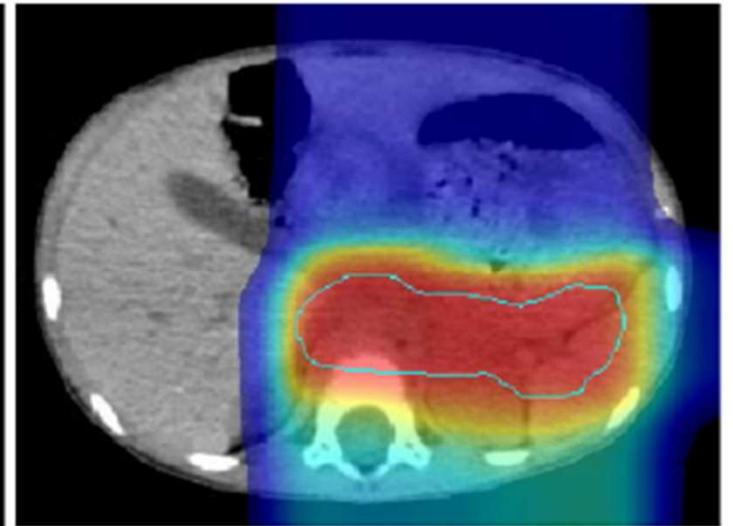
3D



IMRT



Protones



IMRT - Dosis periférica

Efecto de la IMRT y de la Energía (MV)

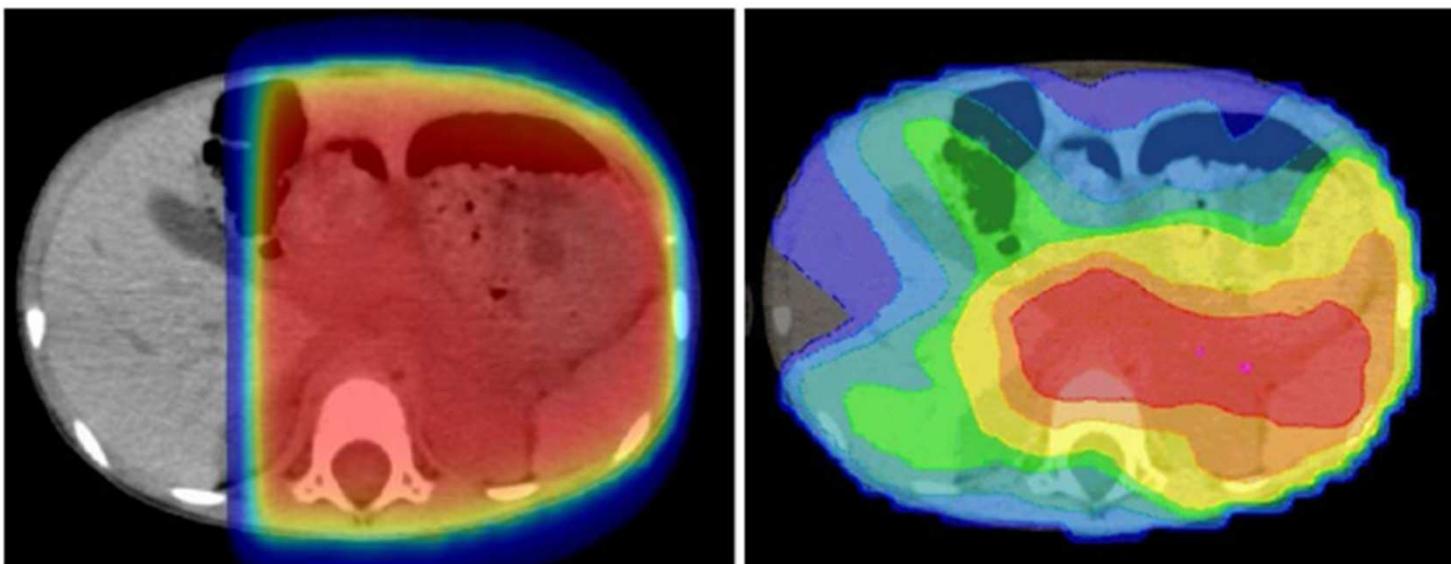


Table 3. The estimated total whole-body dose equivalent (mSv) from a total delivered dose of 70.00 Gy at isocenter

	6 MV		18 MV		25 MV	
	No wedges	Wedges	No wedges	Wedges	No wedges	Wedges
Conventional	67	134.	326.	488.	602.	903.
MLC Modulated	190	—	911.	—	1686.	—
Tomotherapy	543.	—	2637.	—	4876.	—

UMs – Eficiencia

	<u>CyC</u>
3D	197
IMRT con Filtros Comp.	277
IMRT con MLCs	400 - 1000
VMAT (Rapidarc)	300 - 600

Factor
Hall
Kry

UMs 3D → UMs IMRT
= 2 – 3
= 3,5 – 5

VMAT vs IMRT

UM

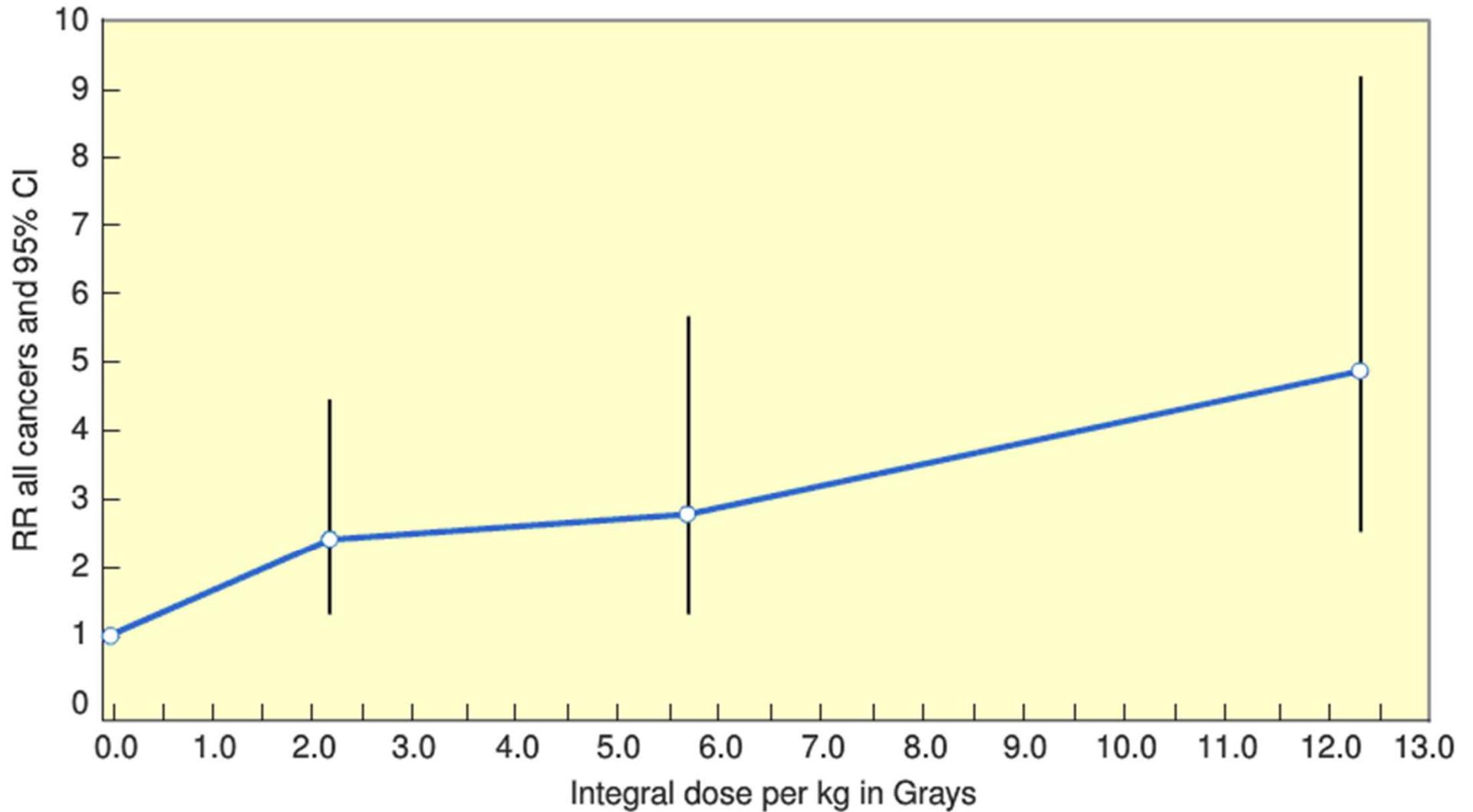
IMRT (5 campos)

1147 (+/- 107)

VMAT (2 arcos)

378 (+/- 46)

Dosis Integral



IMRT – que se logra ?

Mayor conformación

Altos gradientes de dosis

Mayor radioprotección en órganos determinados (optimizados)

A Costa de

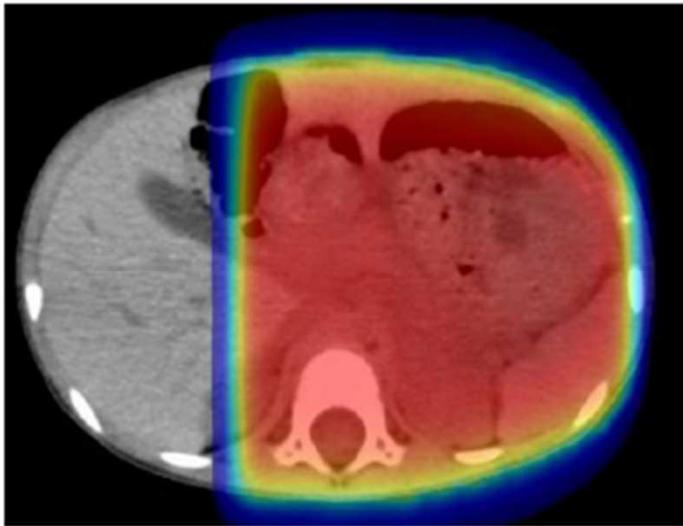
Mayor volumen de tejido sano irradiado a bajas dosis

Mas UMs / cGy

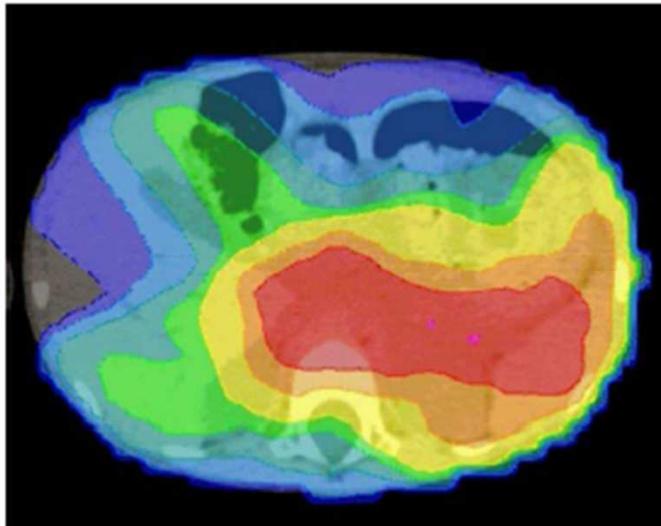
Mayor tiempo de tratamiento diario

Proton-terapia

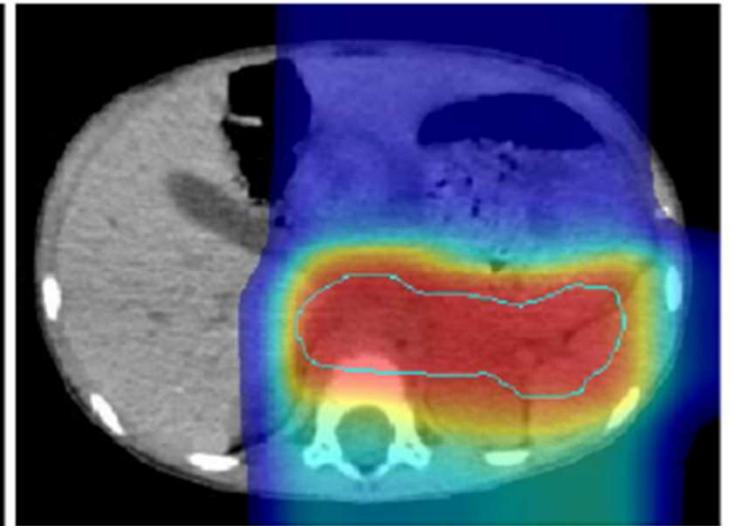
3D



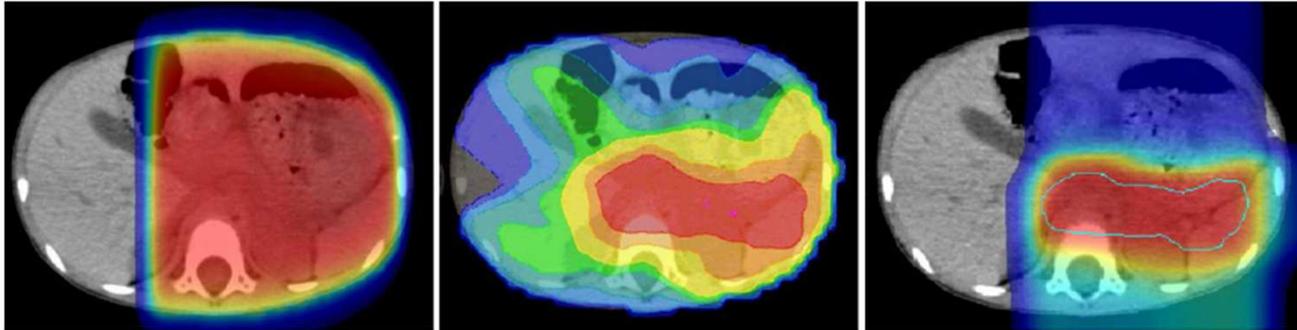
IMRT



Protones



Proton-terapia



Ventajas

Menor Volumen Irradiado

Menor Dosis Integral

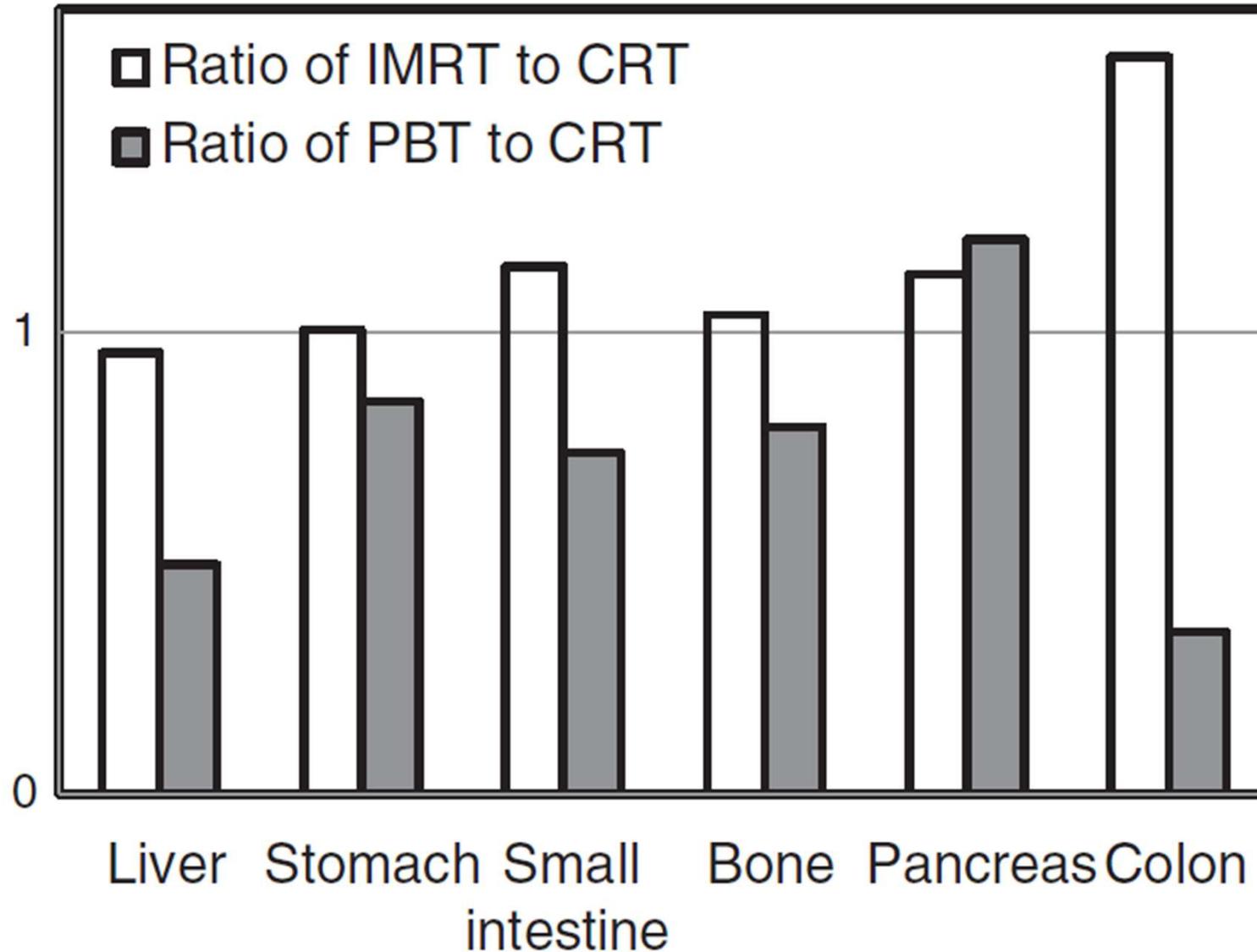
Desventajas

Neutrones Secundarios (x scatter pasivo)

Newhauser, et al: Nat Rev Cancer 2011;11:438–448

Brenner, et al: Radiother Oncol 2008;86:165–170

Tumores Secundarios



Protones vs. IMRT

Estudio Clinico

558 pac. Protones

558 pac. Fotonos (SEER Database)

Seguimiento Medio: 6.7 años

Tumor Secundario: 5.2% vs. 7.5% (p0.009)

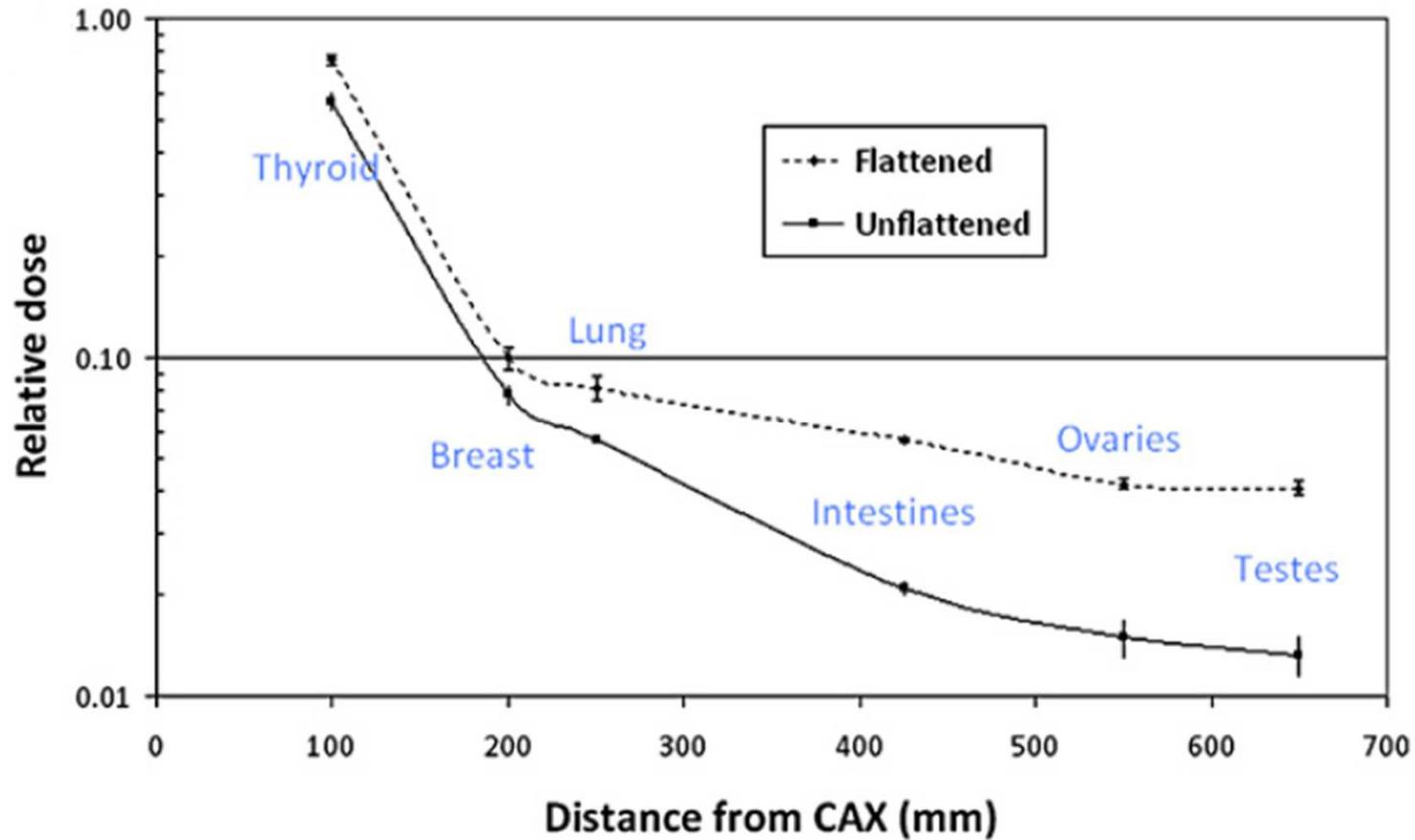
RR: 0.52

Conclusiones

- Radiación Secundaria
- Energía de Fotones
- IMRT - Protones
- Mas sensibilidad a menor edad
- Dosis – volumen

GRACIAS

Efecto del Filtro Aplanador



Nuevas Tecnologías....



ON-PTV

	Min dose	Mean dose	V95%
Tomotherapy	84%	97%	81% (range 50–96%)
3D-CRT	95%	100%	99% (range 95–100%)

