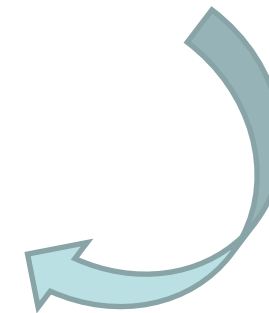
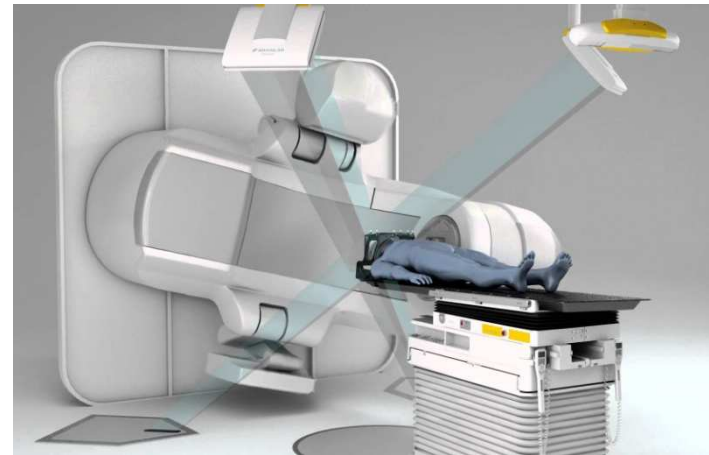
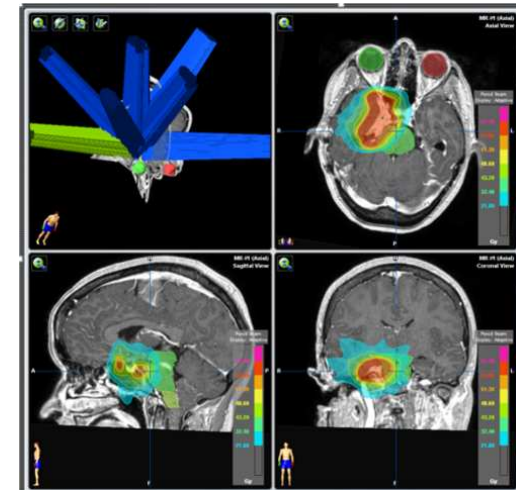
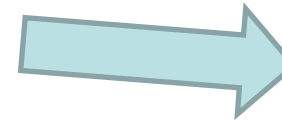


Estimación de márgenes en Radioterapia

11 de noviembre de 2016

Elisa Montes Rubio

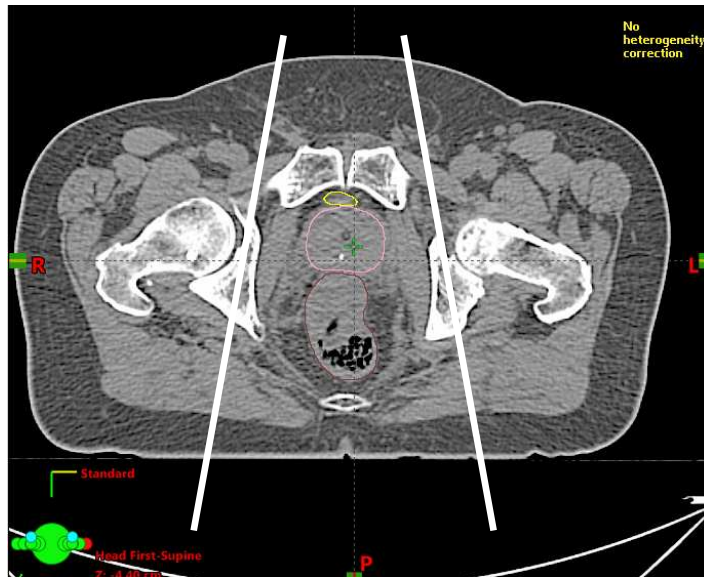
Proceso de un tratamiento en RT



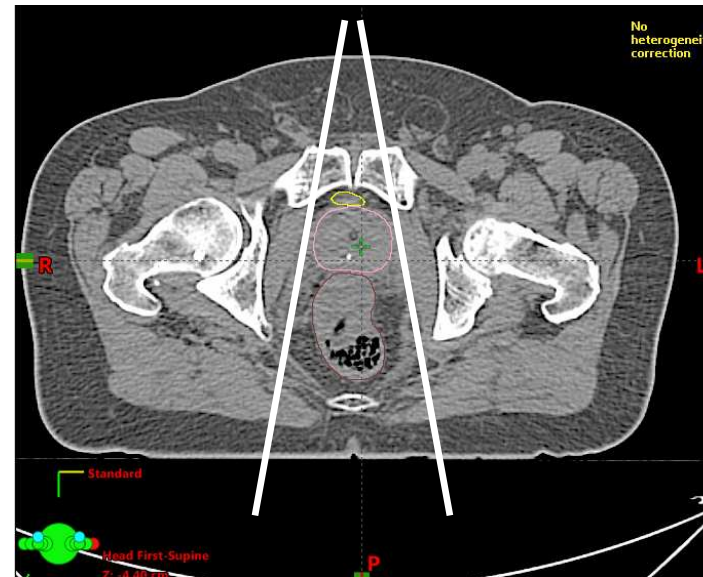
Algunas fuentes de incertidumbre

- El oncólogo radioterapeuta tiene prisa cuando delinea los volúmenes
- El paciente está nervioso el día del CT
- El paciente está incómodo durante el tto y se mueve
- El paciente respira

¿Cómo resolvemos el problema?



1. Usamos márgenes grandes con riesgo de irradiar zonas sanas



2. Usamos márgenes pequeños con riesgo de perder el target

3. Usamos radioterapia guiada por la imagen

Errores geométricos

- **Gross error:**

Error grande e inaceptable; No considerado en el margen.

Posibles causas:

- Localización anatómica, orientación o paciente incorrecto
- Tamaño, conformación u orientación de campo incorrecto
- Errores de transcripción
- Isocentro incorrecto...

Programa de garantía de calidad:

- Identificación del paciente huella dactilar, código de barras...
- Doble verificación de campos, UM...
- Simulación del tratamiento (luz de campo, SSD etc..)
- Protocolos claros y escritos

Errores geométricos

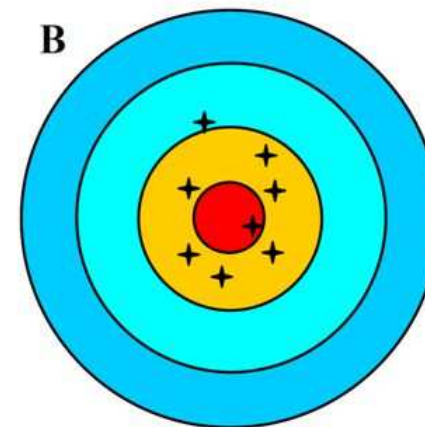
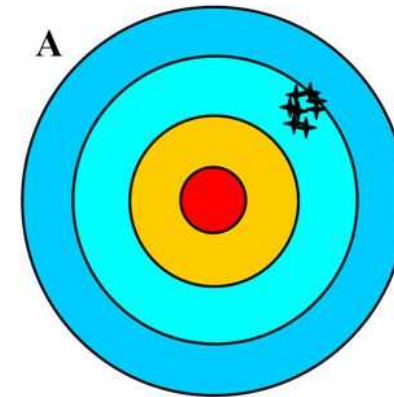
- **Error sistemático (Preparación):**

Misma dirección y magnitud

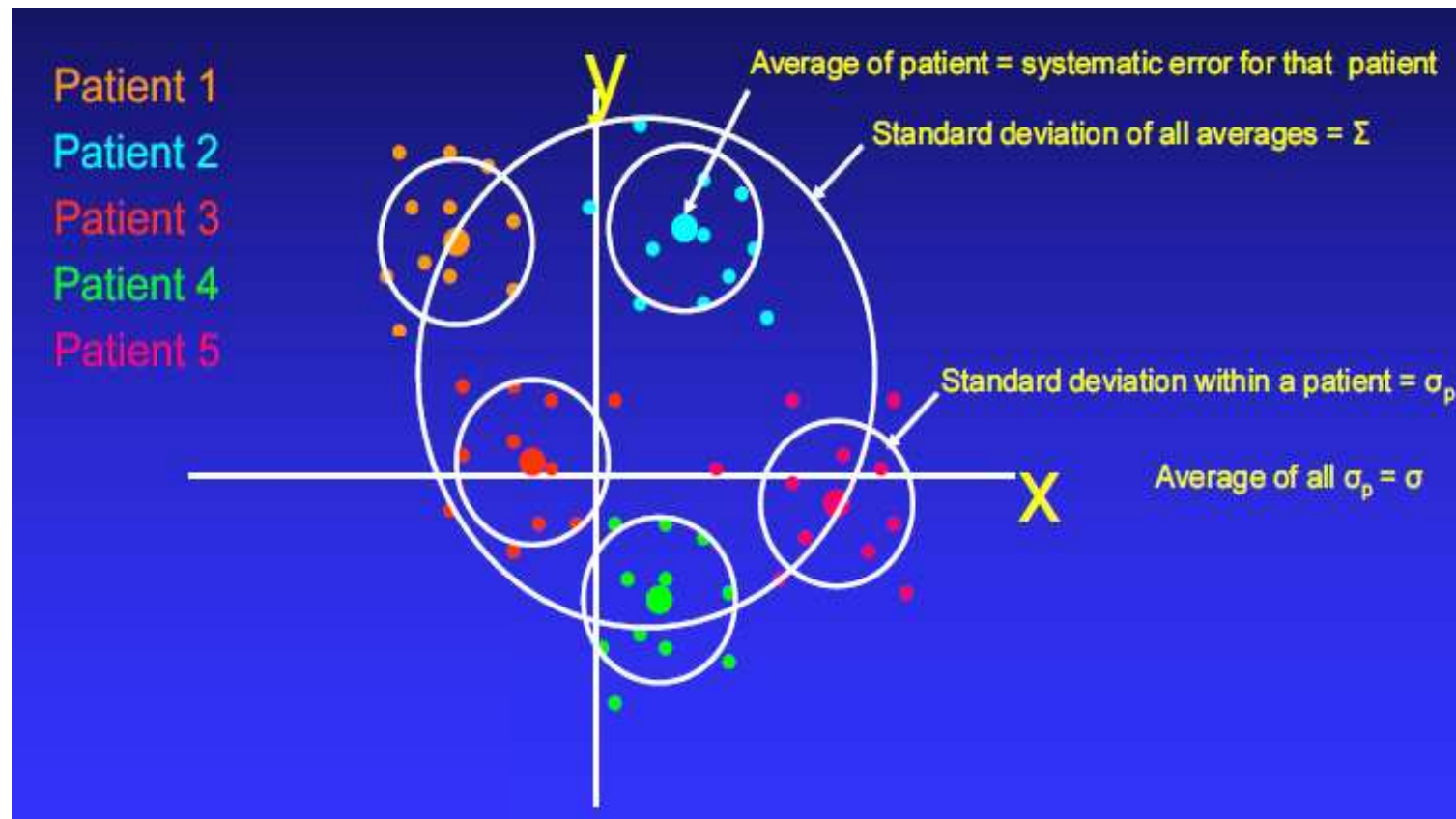
- Delineación del target
- “Phantom transfer” (transferencia de datos desde la localización inicial a través del TPS al acelerador: láser CT-linac, algoritmo, posición MLC...)
- Setup paciente (cambio peso, pérdida pelo...)
- Posición y forma del target
- Intrafracción (paciente o anatomía interna dentro de una fracción)

- **Error aleatorio (Ejecución):** Variable dirección y magnitud

- Setup paciente (entre fracciones)
- Posición y forma del target (entre fracciones)
- Intrafracción (paciente o anatomía interna dentro de una fracción)



Error Set-up



Cálculo errores Set-up e Intra-fracción

	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4	Paciente 5	Paciente 6	Paciente 7	Paciente 8	Paciente 9	Paciente 10	Paciente 11	
Fracción 1	-2	-1,31	-3,06	6,82	-2,39	-1,65	-3,59	-2,05	-2,28	-1,55	-1,56	INTRA-fracción -0,23 -0,51 0,05 -0,02 -0,18 mean 0,25 SD
Fracción 2	-2,29	-1,47	1,15	-1,34	-3,47	-2,81	-1,35	-2,35	-2,43	-1,03	-1,65	
Fracción 3	-1,98	-0,38	-4,17	6,9	-1,51	-2	-2,3	-1,63	-0,76	-1,26	-1,44	
Fracción 4	-2,53	-1,42	-1,46	3,38	-1,08	-0,74	-3,4	-1,7	-2,55	-2,11	-0,85	
Fracción 5	-2,42	-0,79	-2,32	0,04	-1,64	-1,46	-5	-1,97	-1,71		-1,51	
Fracción 6					-0,35	1,18	-3,01	-2,27			-1,09	
Fracción 7								-2,94			-1,99	
Fracción 8								-1,98			-1,15	
Fracción 9								-3,21			-1,45	
Fracción 10								-2,2			-1,6	
Fracción 11											-1,71	
Fracción 12											-2,26	
mean	-2,24	-1,07	-1,97	3,16	-1,74	-1,25	-3,11	-2,23	-1,95	-1,49	-1,52	Media = M
SD	0,25	0,47	2,01	3,79	1,08	1,37	1,24	0,50	0,74	0,47	0,38	SD = Σ
												RMS = σ

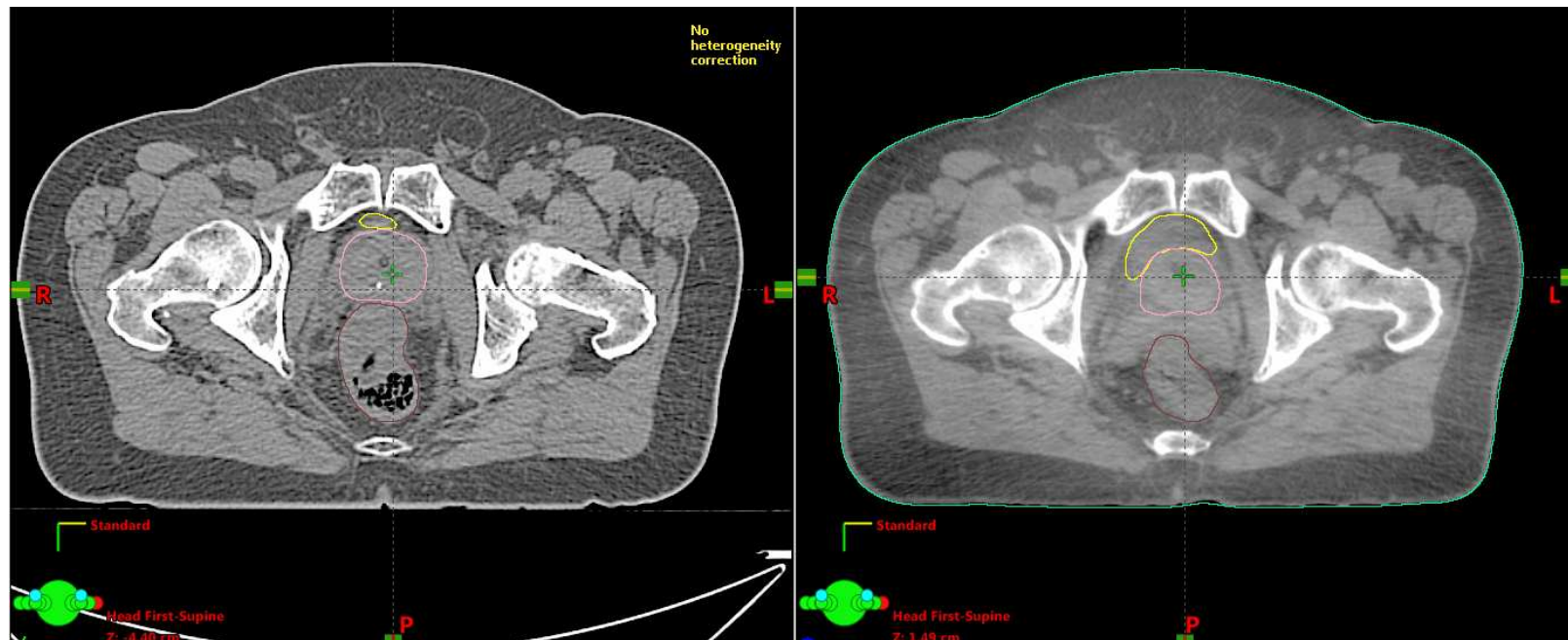
M error sistemático del grupo (equipamiento)

Σ Desviación estándar del error sistemático (preparación)

σ Desviación estándar del error aleatorio (ejecución)

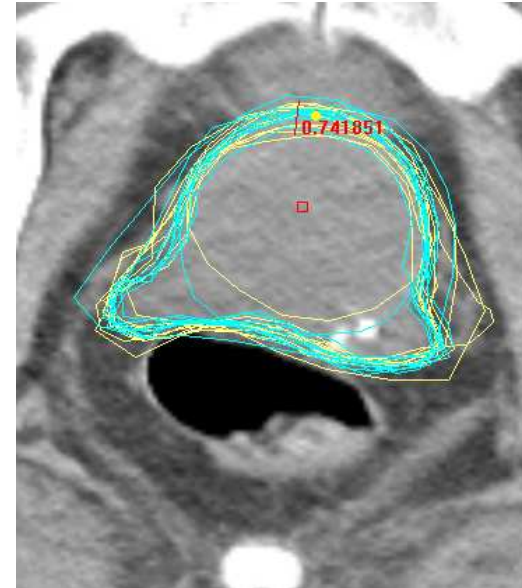
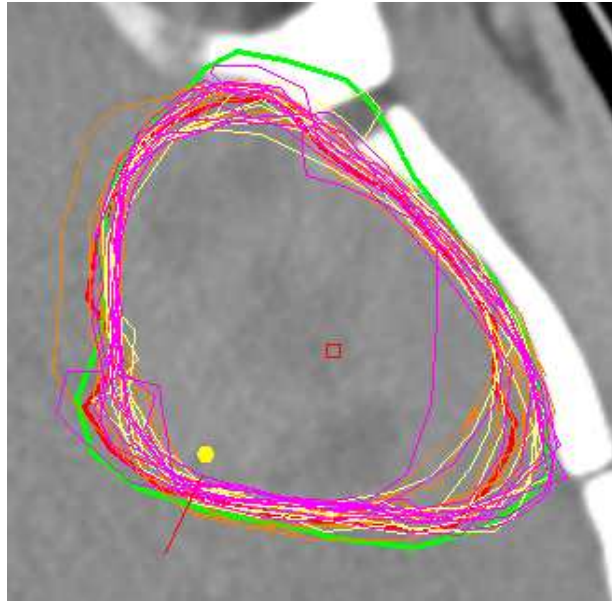
σ_f Desviación estándar del error intra-fracción

Error debido a la posición y forma del target



CT scan es una “foto” del movimiento del órgano

Error debido a la delineación de GTV/CTV



- Modalidades resolución limitada => Variaciones intra-observador
- Interpretación entre observadores => Variaciones inter-observador

Error debido a la delineación de GTV/CTV

Oehler et al. *Radiation Oncology* 2014, **9**:229
<http://www.ro-journal.com/content/9/1/229>



RESEARCH

Open Access

PTV margin definition in hypofractionated IGRT of localized prostate cancer using cone beam CT and orthogonal image pairs with fiducial markers

Christoph Oehler^{1,2†}, Stephanie Lang^{1†}, Peter Dimmerling¹, Christian Boesch¹, Stephan Kloeck¹, Alessandra Tini¹, Christoph Glanzmann¹, Yousef Najafi¹, Gabriela Studer¹ and Daniel R Zwahlen^{1,2*}

“The contouring uncertainty contributed most to the PTV margin compared with the intra-fractional and setup uncertainties.”

¿Cómo elegir el margen del PTV?

Garantiza que el **90%** de los pacientes afectados recibirán una dosis mínima en el CTV de al menos el **95%** de la dosis prescrita:

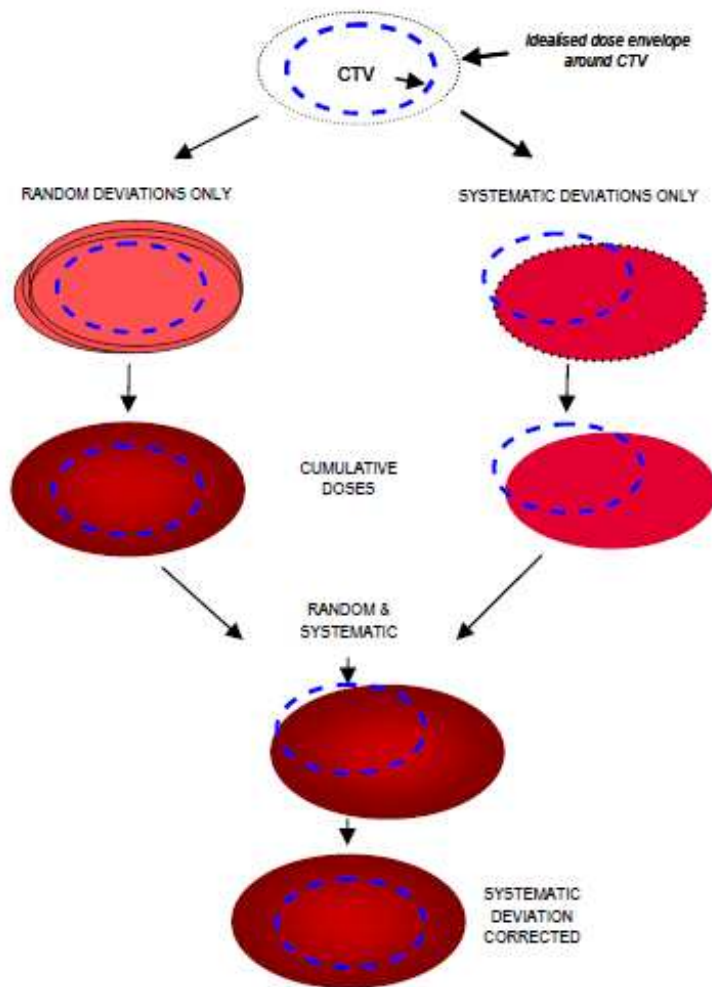
$$\text{Margen CTV-PTV} = 2.5 \Sigma + 0.7 \sigma \quad (\text{fórmula simplificada})$$

Σ = suma cuadrática de los errores sistemáticos

σ = suma cuadrática de los errores aleatorios

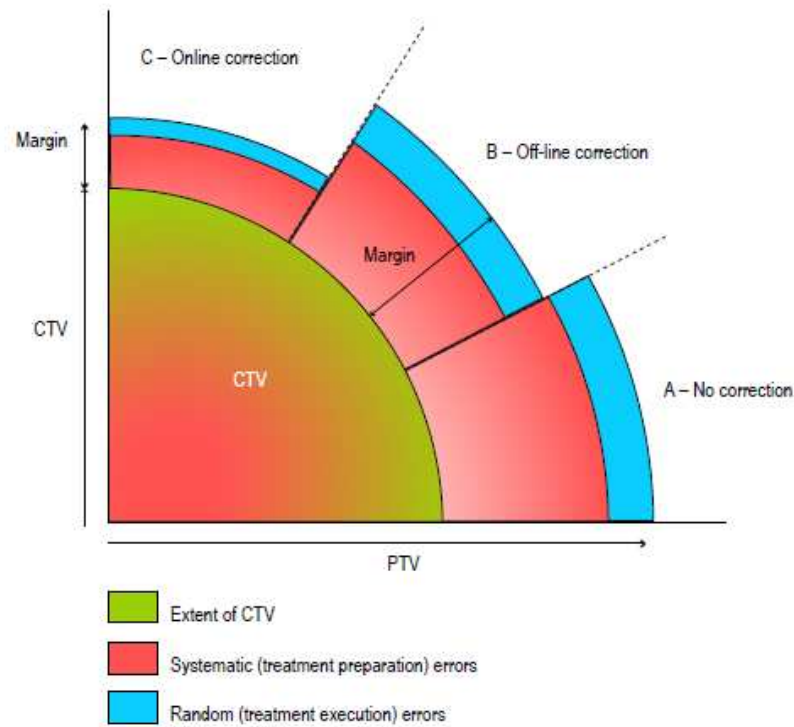
(van Herk et al, IJROBP 47: 1121-1135, 2000)

Efecto de los errores geométricos en la dosis del CTV



- **Errores aleatorios** causa un **esparcimiento** (blur) de la distribución de dosis
- **Errores sistemáticos** causan un **desplazamiento** (shift) desconocido de la distribución de dosis

IGRT: Efecto del protocolo en el margen



- **Protocolo Offline (SAL,NAL,e-NAL):**

- Registro de algunas sesiones y corrección en las siguientes
- Corrección del error sistemático de Setup

- **Protocolo Online:**

- Corrección diaria
- Corrección tanto errores sistemáticos como aleatorios de setup

Efecto del protocolo en el margen

RTEF en metástasis cerebrales (Lateral)

		SIN CORRECCIÓN	PROTOCOLO OFF-LINE	PROTOCOLO ON-LINE
delineación	Σ	0,13	0,13	0,13
	σ			
movimiento órgano	Σ	0,00	0,00	0,00
	σ	0,00	0,00	0,00
setup error	Σ	1,61	0,00	0,00
	σ	1,49	1,49	0,00
intra-fracción	Σ	0,32	0,32	0,32
	σ	0,28	0,28	0,28
Margen (mm)		5,2	1,9	1,1

Corrección vs No corrección

- Gran ventaja
- Tiempo de máquina

IGRT no corrige todo!!

- **Errores residuales**

Delineación del target (fusión, resolución espacial)

Movimiento intra-fracción (mv paciente y órganos)

- **Errores nuevos**

Observador dependiente

Sustituto adecuado para la posición del tumor

Calibración del sistema

Estudios sobre efectos clínicos



Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys., Vol. 77, No. 1, pp. 131–138, 2010
Copyright © 2010 Elsevier Inc.
Printed in the USA. All rights reserved
0360-3016/10/\$–see front matter

doi:10.1016/j.ijrobp.2009.04.040

CLINICAL INVESTIGATION

Prostate

RELATING DOSE OUTSIDE THE PROSTATE WITH FREEDOM FROM FAILURE IN THE DUTCH TRIAL 68 GY VS. 78 GY

MARNIX G. WITTE, PH.D.,* WILMA D. HEEMSBERGEN, PH.D.,* ROMÁN BOHOSLAVSKY, M.Sc.,*
FLORIS J. POS, M.D., PH.D.,* ABRAHIM AL-MAMGANI, M.D.,† JOOS V. LEBESQUE, M.D., PH.D.,*
AND MARCEL VAN HERK, PH.D.*

Incluso aunque los márgenes se calculen para cubrir las incertidumbres geométricas, también existe enfermedad microscópica que podría no ser conocida. Reducir los márgenes al introducir IGRT podría proporcionar peores resultados y debe hacerse con especial cuidado.

Conclusiones

- Existen diversas fuentes de errores sistemáticos y aleatorios durante el curso de un tratamiento; no olvidar la **delineación**.
- La contribución del error **sistemático es mayor** que la del aleatorio.
- IGRT permite reducir márgenes, pero **no elimina todos los errores** e introduce unos nuevos



¡Cuidado con la reducción de márgenes!



Generalitat de Catalunya
Departament de Salut



ICO
Institut Català d'Oncologia



Bellvitge
Hospital
Institut Català
de la Salut

www.iconcologia.net

Institut Català d'Oncologia

ICO l'Hospitalet

Hospital Duran i Reynals
Gran Via de l'Hospitalet, 199-203
08907 l'Hospitalet de Llobregat

ICO Badalona

Hospital Germans Trias i Pujol
Ctra. del Canyet s/n
08916 Badalona

ICO Girona

Hospital Doctor Trueta
Av. França s/n
17007 Girona