

# IMRT and IMAT

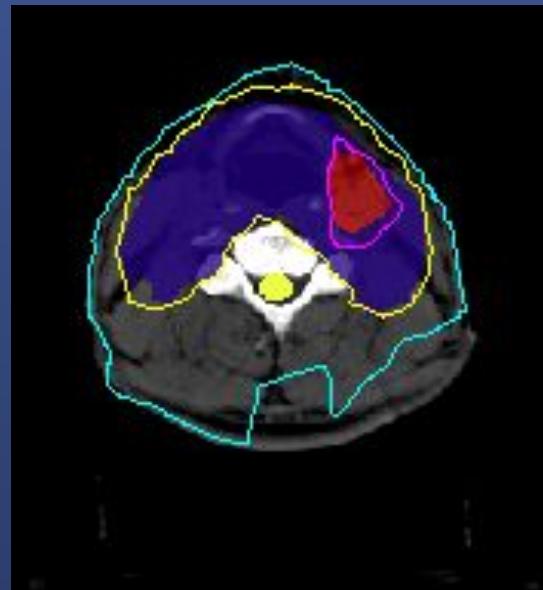
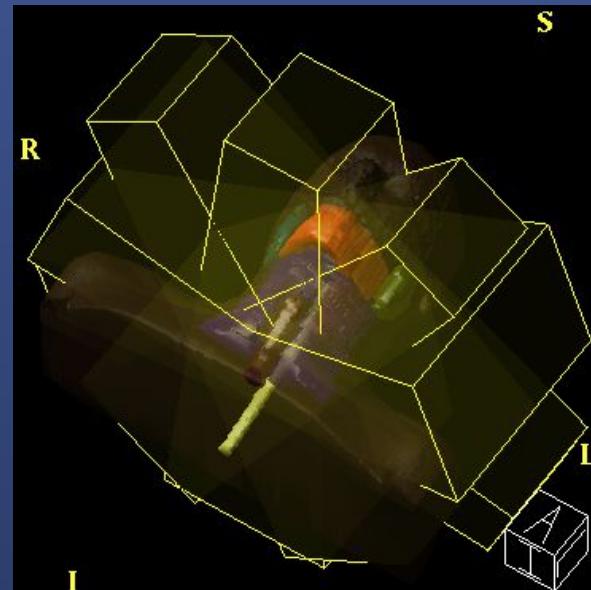
---



Tarek Hijal, MD  
McGill University Health Centre  
October 2019

# Definición de la IMRT

- Radioterapia de intensidad modulada
- “IMRT is based on the use of optimized non uniform radiation beam intensities incident on the patient” (NIH CWG, IJROBP, 2001)



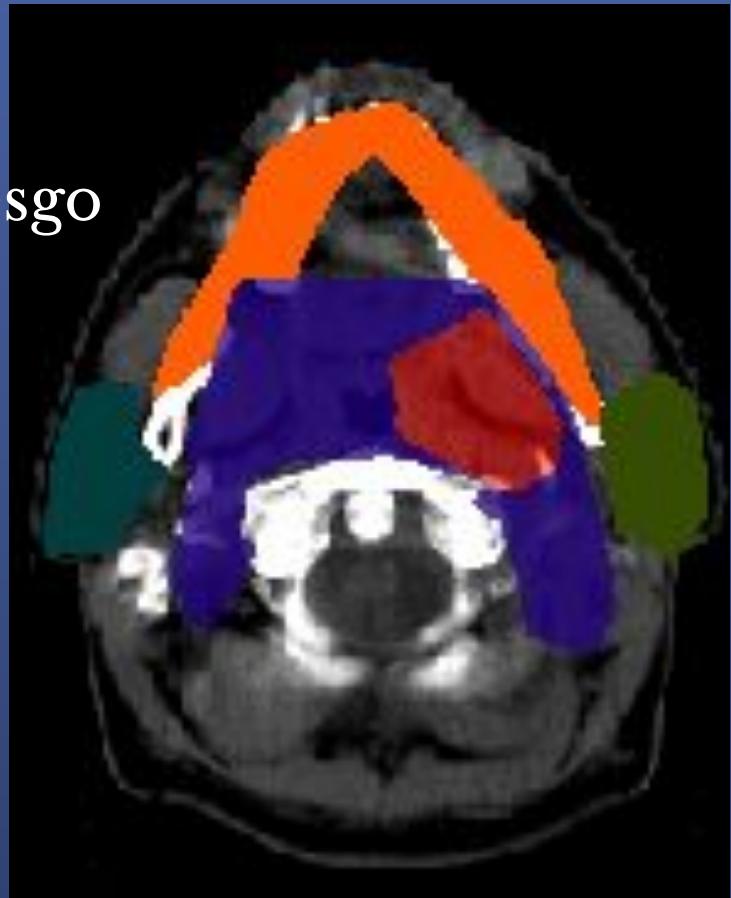
# Indicaciones para l'IMRT

- Clínicas

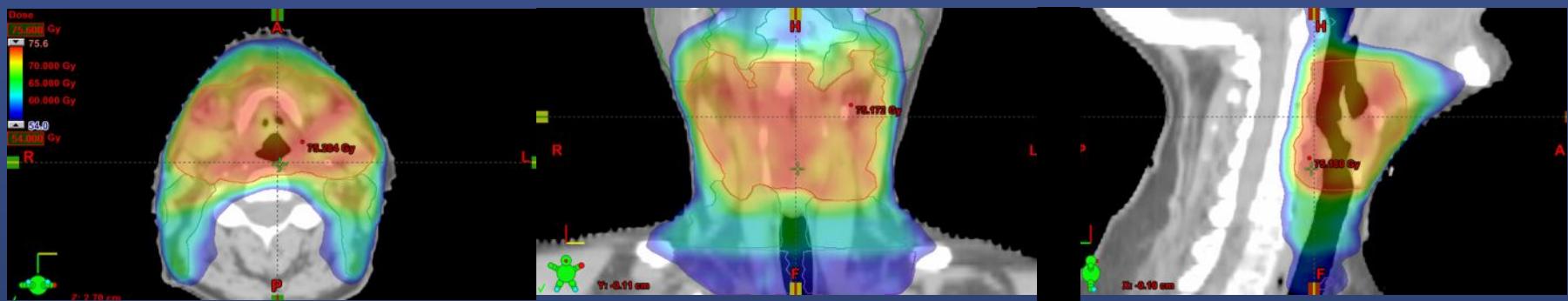
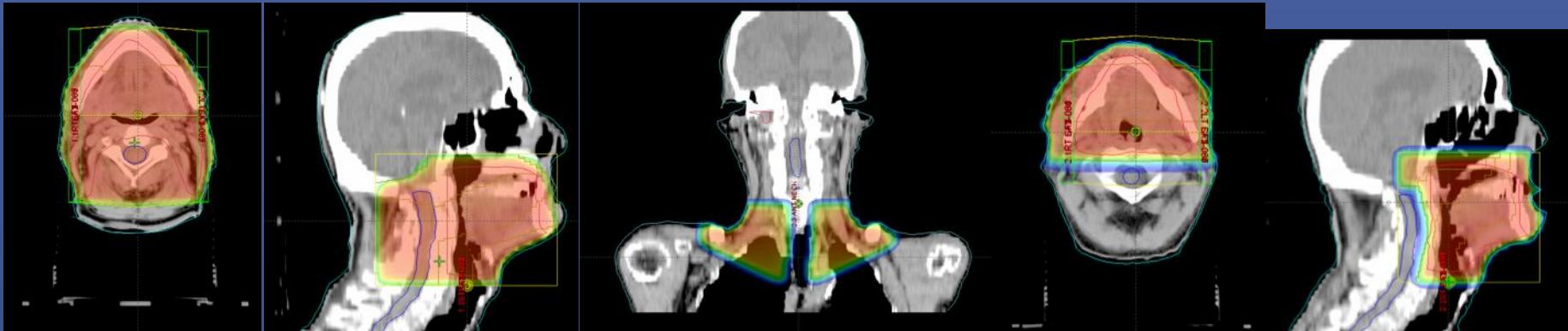
- Anatomía compleja
- Boosts simultáneos
- Protección de los órganos en riesgo

- Prácticas

- Punto de configuración único
- Menos planes de tratamiento
- Sin electrones (cabeza y cuello)



# Aspectos prácticos...



# Boost integrado simultáneo: Canal anal

**Prescription**

( % Vol) For PTV1 - 30GY 97.0 % will receive ..... **30.0 Gy**

Field Width: 2.5 cm - Jaws(1.0, 1.0) Pitch: 0.430 Calc Grid: Fine Batch Beamlets

**Tumor Constraints**

Name	Display	Color	Blocked	Use?	Importa...	Max Dose [...	Max Dose ...	DVH Vol ...	DVH Dose ...	Min Dose [...	Min Dose P...
PTV1 - 27GY	<input checked="" type="checkbox"/>	Blue	None	<input checked="" type="checkbox"/>	100	27.0	100	96.0	27.0	27.0	100
PTV1 - 30G	<input checked="" type="checkbox"/>	Red	None	<input checked="" type="checkbox"/>	200	30.0	300	97.0	30.0	30.0	500
PTV1 - 22.5G	<input type="checkbox"/>	Green	None	<input checked="" type="checkbox"/>	100	30.0	100	96.0	22.5	22.5	100
PTV4 - 26.2G	<input checked="" type="checkbox"/>	Magenta	None	<input checked="" type="checkbox"/>	100	26.2	100	96.0	26.2	26.2	100

**Sensitive Structure Constraints**

Name	Display	Color	Blocked	Use?	Importance	Max Dose [...	Max Dose ...	DVH Vol [%]	DVH Dose [...]	DVH Pt. Pen.
Ring	<input type="checkbox"/>	Purple	None	<input checked="" type="checkbox"/>	25	30.0	25	50.0	25.0	1
CTV 45	<input type="checkbox"/>	Light Green	None	<input type="checkbox"/>						
CTV 30	<input type="checkbox"/>	Orange	None	<input type="checkbox"/>						
BOWEL	<input type="checkbox"/>	Red	None	<input checked="" type="checkbox"/>	80	30.0	65	25.0	13.0	75

**Dose Display**

Isodose

33
30
27
25.2
22.5
18
15

**Density Image Viewer**

**Dose-Volume Histogram - Cumulative Mode Relative**

The histogram plots Relative Volume (% Normalized) on the Y-axis (0 to 100) against Dose (Gy) on the X-axis (0 to 35). Two curves are shown: a blue curve peaking at approximately 27 Gy and a red curve peaking at approximately 30 Gy.

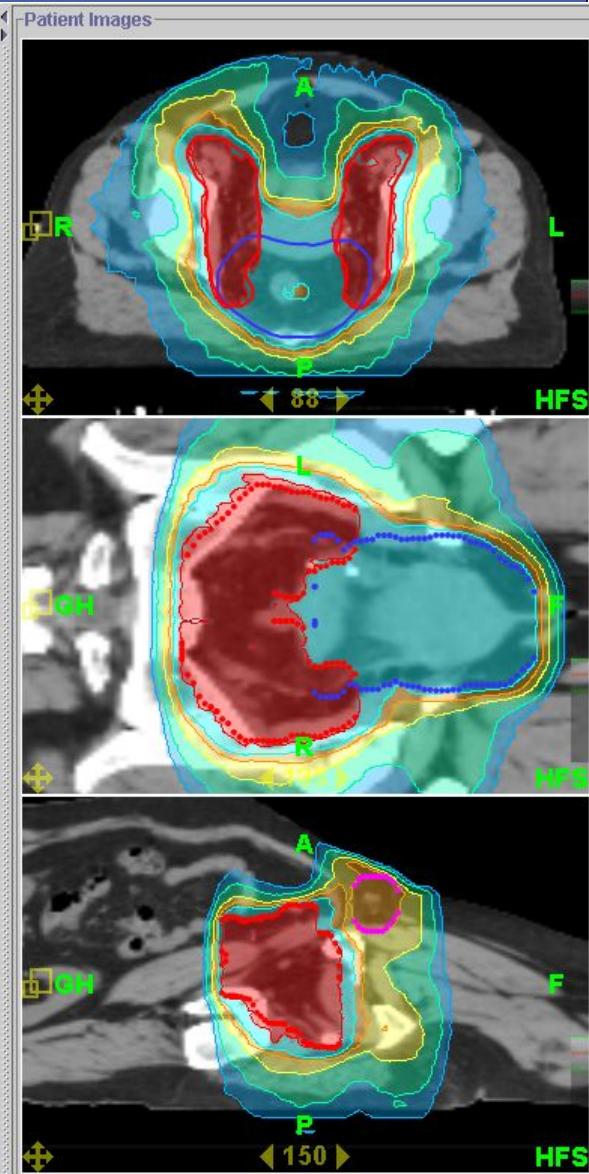
Optimize

Mode: Beamlet Modulation Factor: 2.300

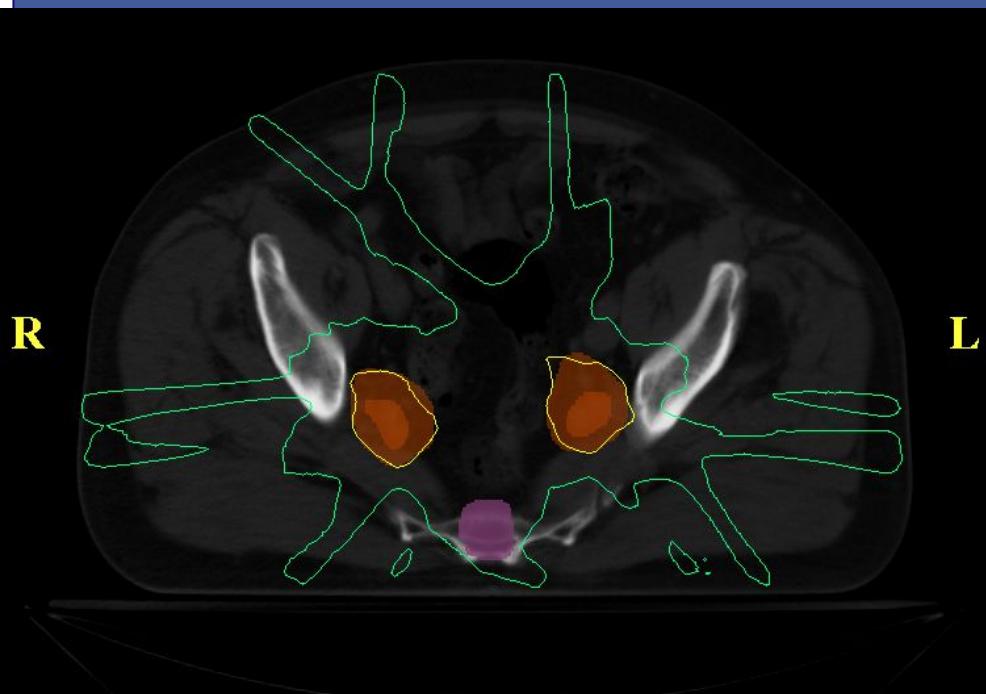
Initiate Full Dose after 20 iterations.

Buttons: Start, Pause, Resume, Get Full Dose, Cancel

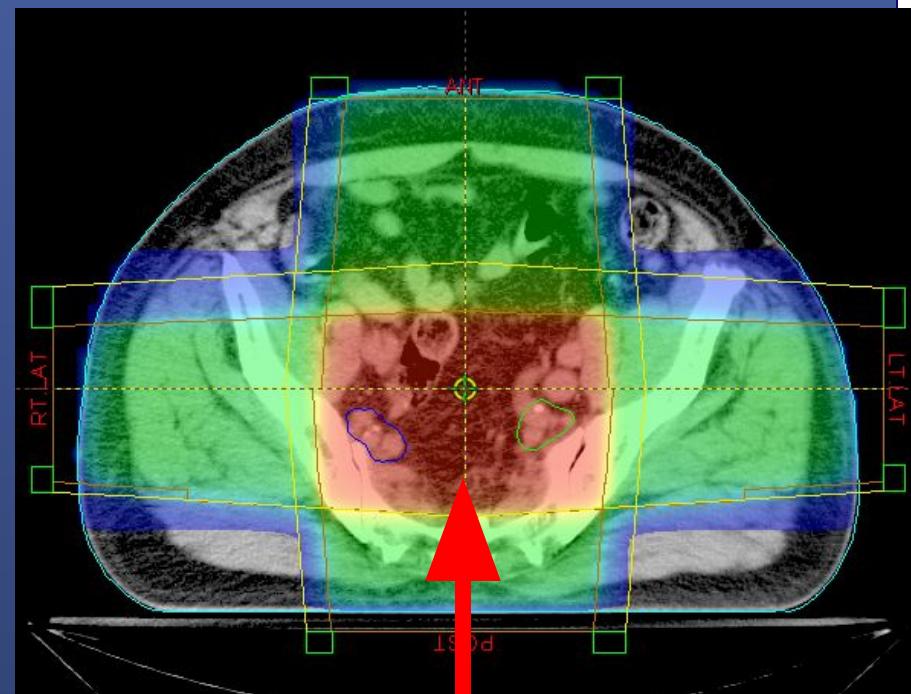
Controls: Vol Min < 0.0 > Vol Max < 0.0 > Gy Min < 0.0 > Gy Max < 35.0 >



# Próstata - irradiación ganglionar



25 54 70 75 Gy

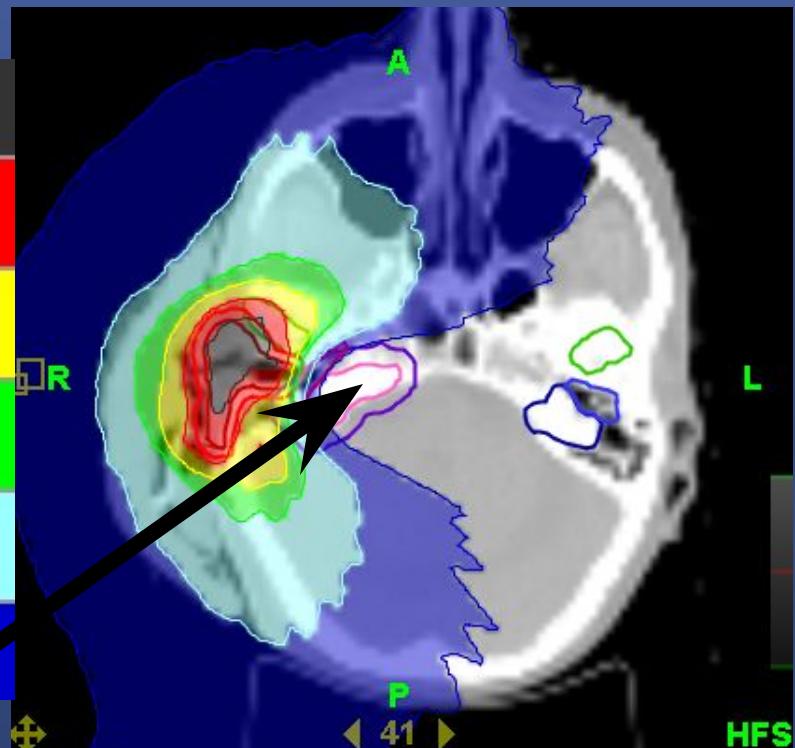


50 Gy

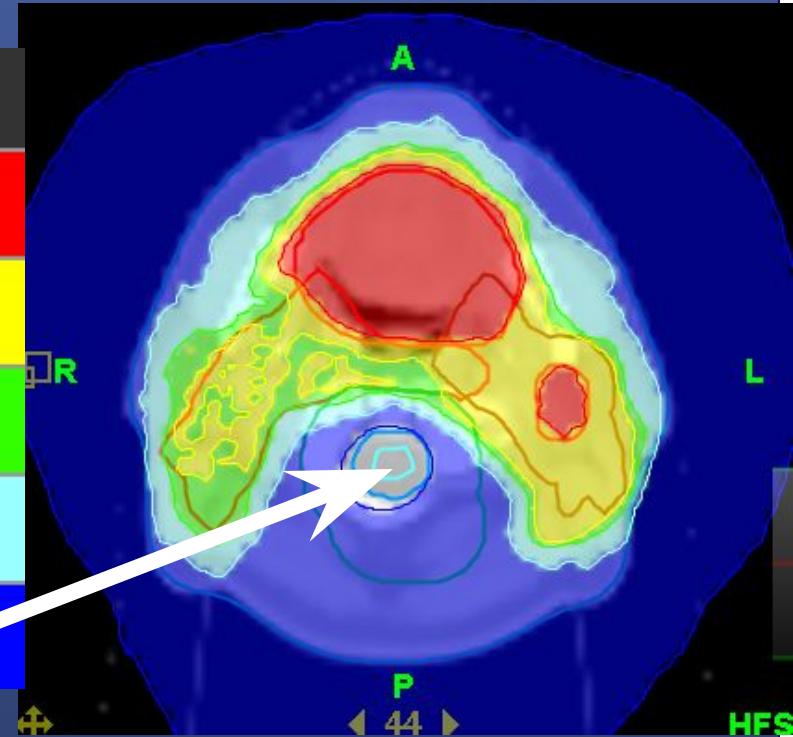
RTOG 94-13

# Protección de los órganos en riesgo

Nervio  
vestibulococlear



paciente con  
esclerosis múltiple



# Protección de los órganos en riesgo

**ROIs Optimization Fractionation Delivery QA Setup Delivery QA Analysis**

**Prescription**  
For PTV 96.0 % will receive ..... **66.0 Gy**

Field Width: 2.5 cm - Jaws(1.0, 1.0) Pitch: 0.300 Calc Grid: Normal Batch Beamlets

**Tumor Constraints**

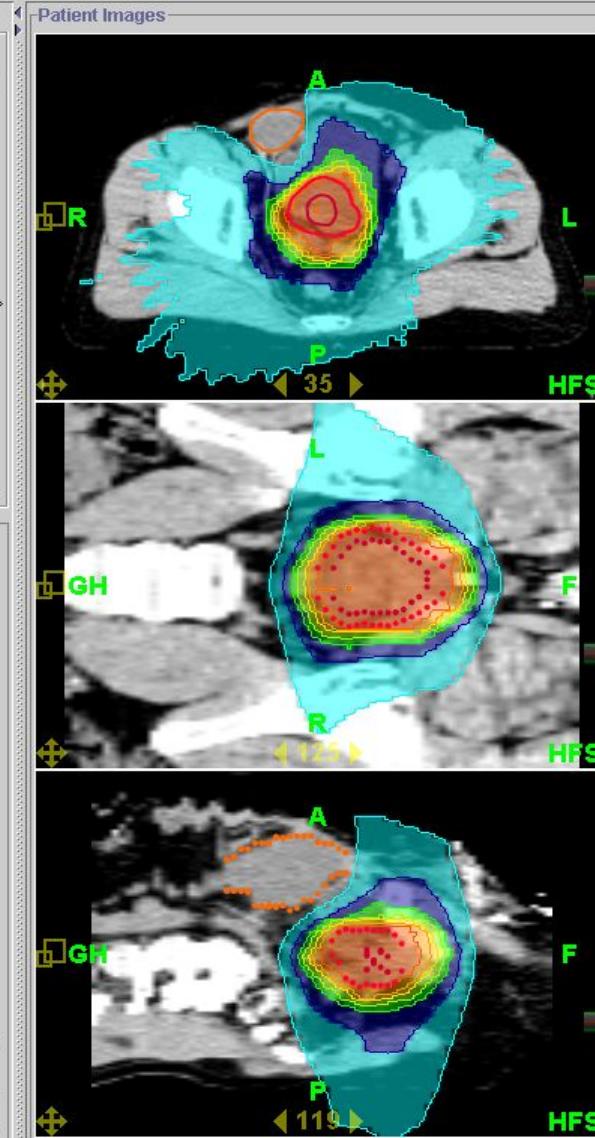
Name	Display	Color	Blocked	Use?	Importa...	Max Dose [...	Max Dose ...	DVH Vol [...	DVH Dose [...	Min Dose [...	Min Dose P...
PTV	<input checked="" type="checkbox"/>	None	<input checked="" type="checkbox"/>	100	66.0	100	96.0	66.0	66.0	100	100

**Sensitive Structure Constraints**

Name	Display	Color	Blocked	Use?	Importance	Max Dose [...	Max Dose ...	DVH Vol [%]	DVH Dose [...	DVH Pt. Pen.	
External	<input type="checkbox"/>	None	<input type="checkbox"/>								
Bladder	<input type="checkbox"/>	Yellow	None	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1.0	1	1.0	1.0	1	
Rectum	<input type="checkbox"/>	Dark Blue	None	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1.0	1	1.0	1.0	1	
Kidney	<input checked="" type="checkbox"/>	Orange	None	<input checked="" type="checkbox"/>	100	10.0	1000	5.0	5.0	100	

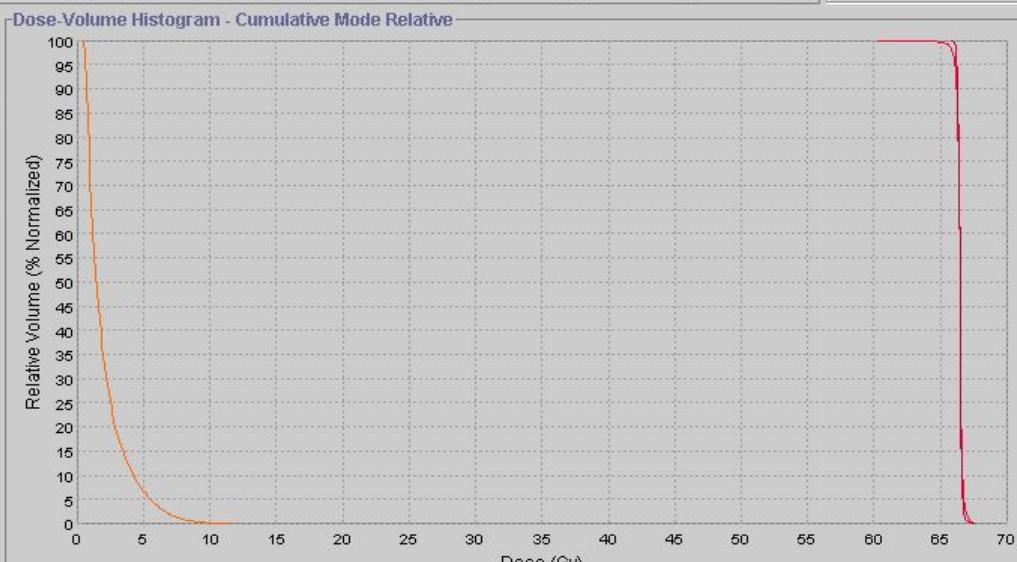
**Dose Display**  
 Isodose  
70.62  
66  
62.7  
59.4  
52.8  
46.2  
33  
15

**Patient Images**



**Density Image Viewer**

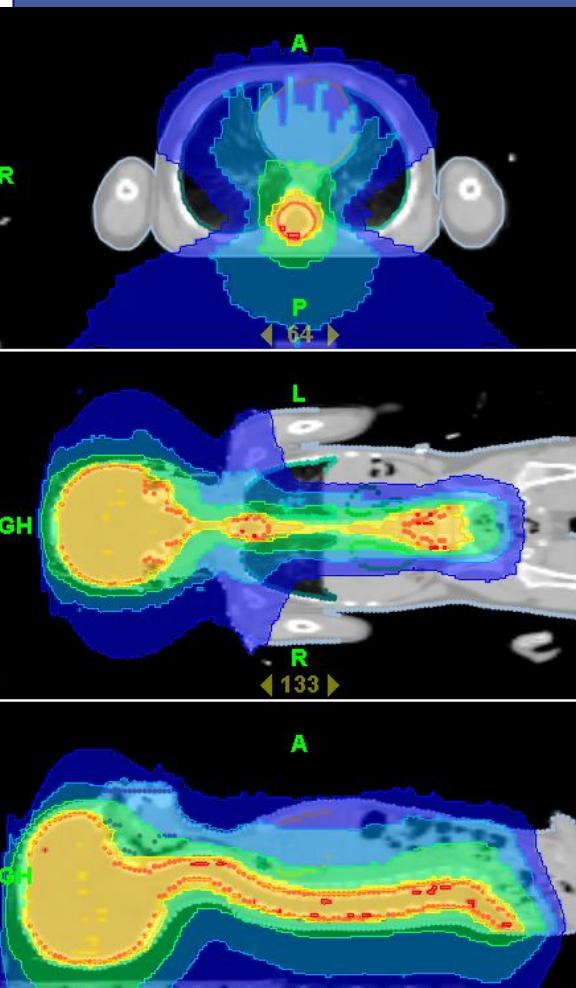
**Dose-Volume Histogram - Cumulative Mode Relative**



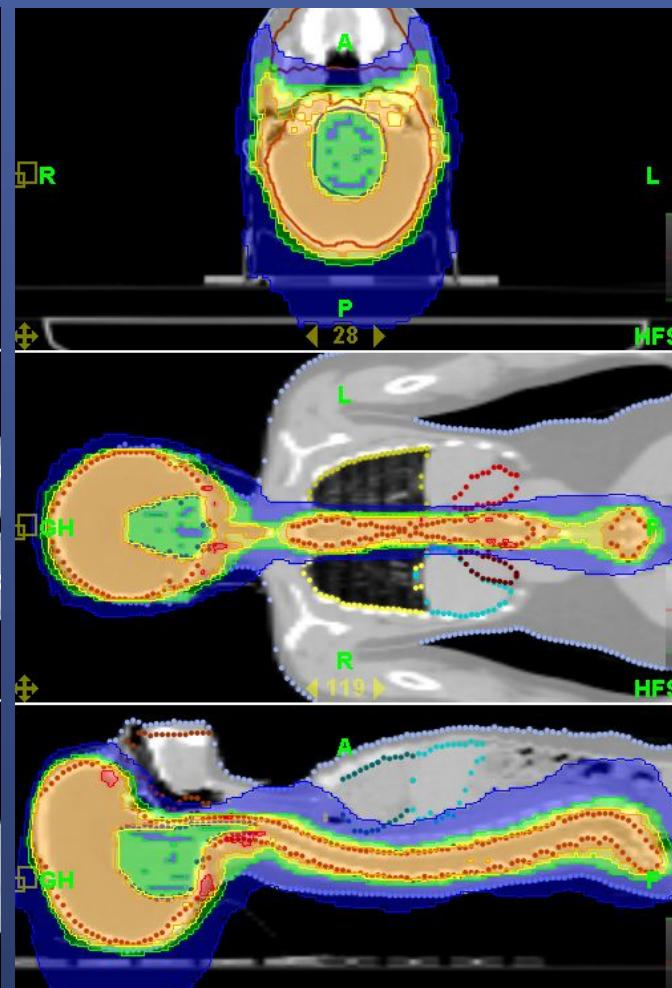
**Optimize**  
Mode: Beamlet  
Modulation Factor: 2.000  
 Initiate Full Dose after 20 iterations.  
**Buttons:** Start, Pause, Resume, Get Full Dose, Cancel  
**Input Fields:** Vol Min < 0.0 >, Vol Max < 0.0 >, Gy Min < 0.0 >, Gy Max < 70.0 >

# Radioterapia craneo-espinal

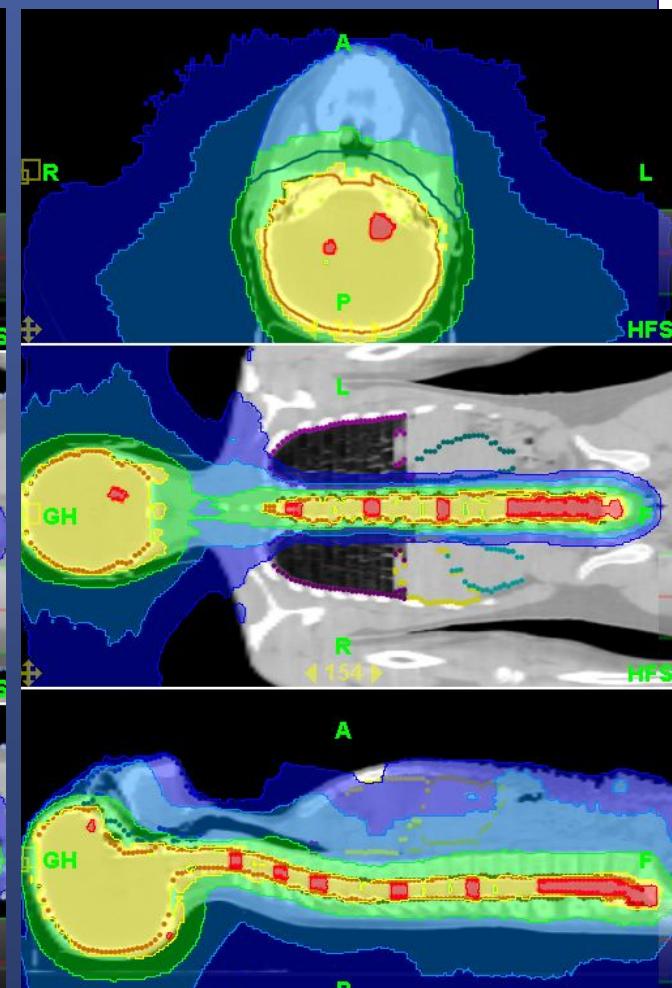
RT estándar



Menos dosis

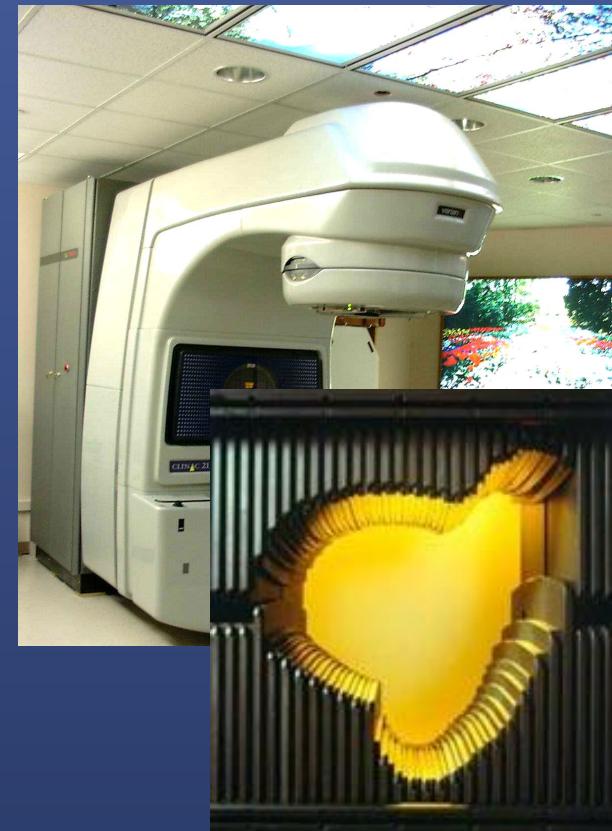
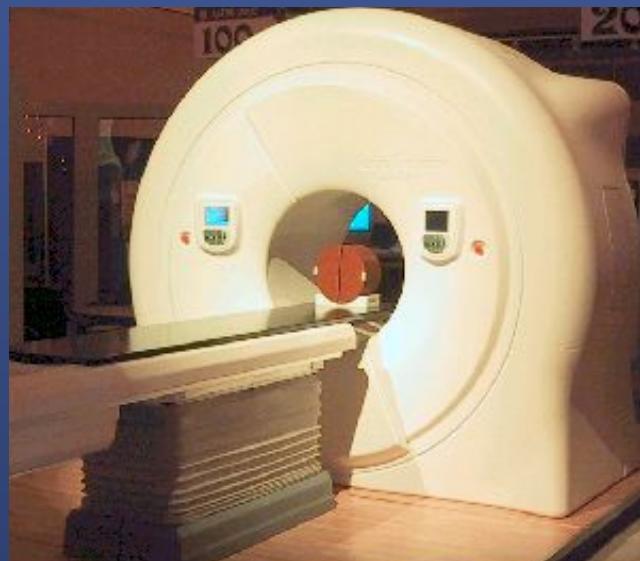


Boost

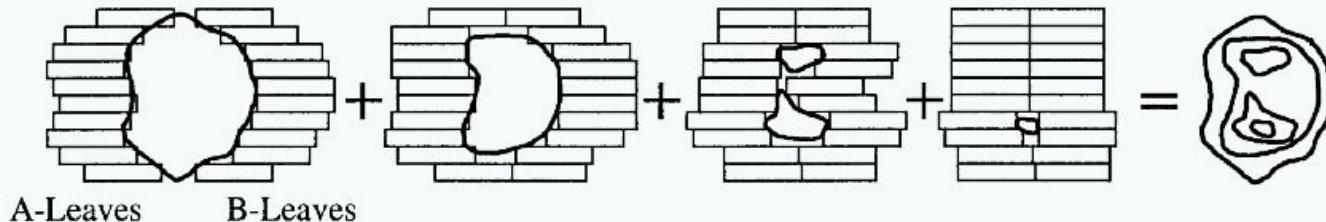


# ¿Qué se necesita para la IMRT?

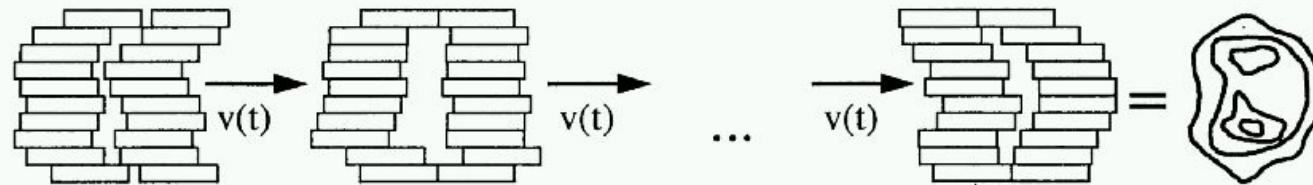
- Acelerador lineal con colimador multilámina
- Software especializado



(a)



(b)



Intensity modulation with a multi-leaf collimator using the static technique (a) and the dynamic technique (b).

- **MLC statico**

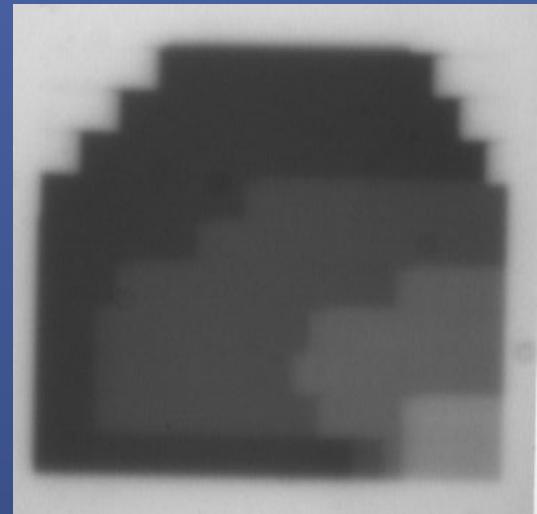
- Fácil de comprender
- Lento (5 minutos / campo)
- Muy duro mecánicamente con el MLC

- **MLC dinamico**

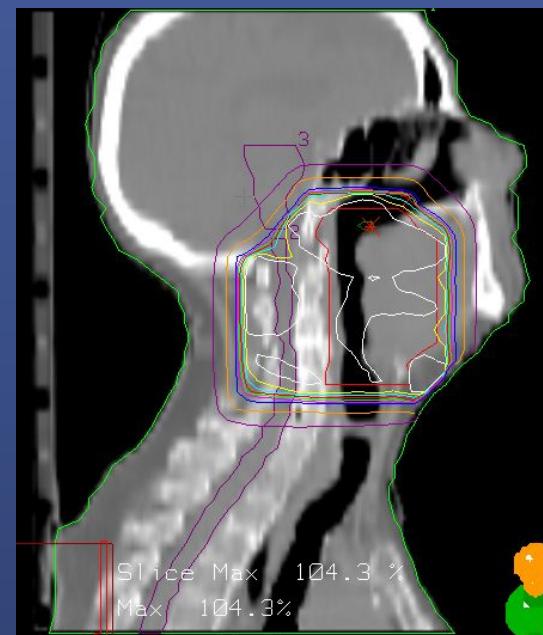
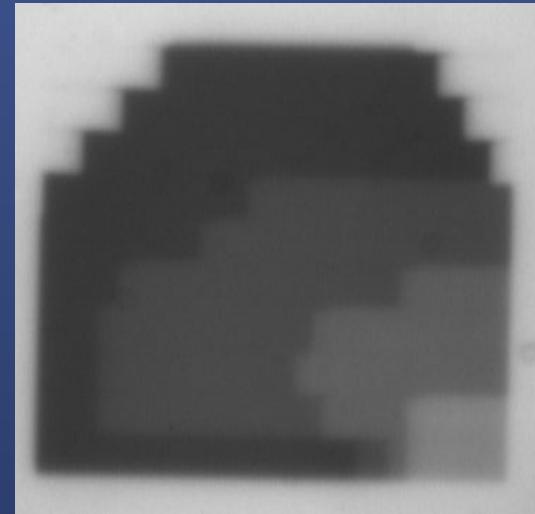
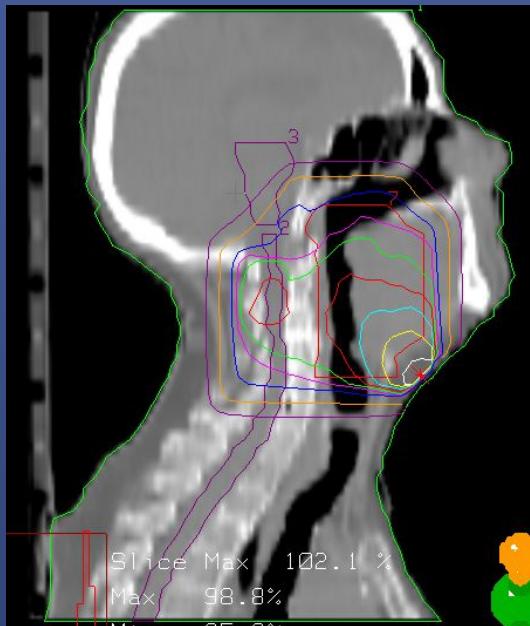
- No intuitivo
- Más rapido (1 min/campo)
- Más fácil mecánicamente con el MLC

# ¿Métodos de planificación para l'IMRT?

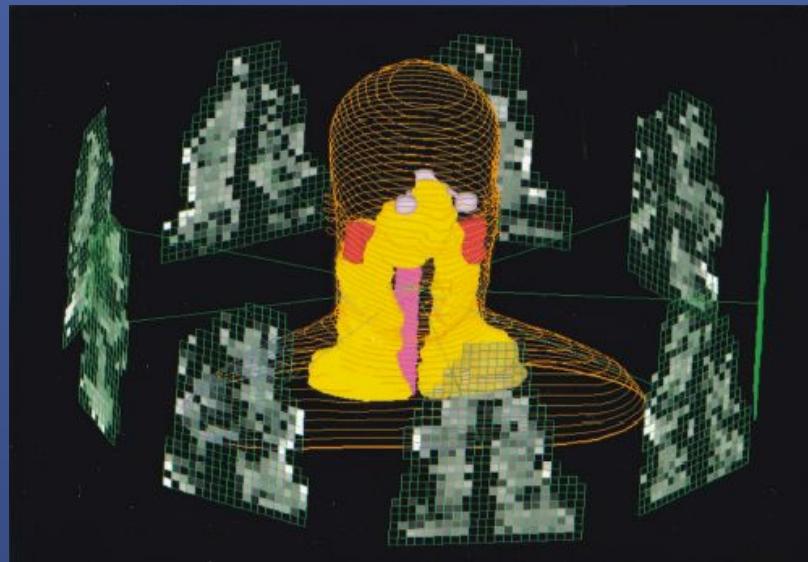
- IMRT con planificación forward
  - MLC statico
  - Planificación convencional
  - Pocos subcampos
  - Optimización manual
- IMRT con planificación inversa
  - MLC statico o dinamico
  - Planificación con sistema inverso
  - Subcampos multiplos
  - Optimización automatizada



# FORWARD planned IMRT



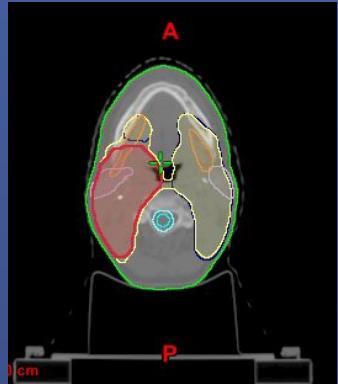
# IMRT con planificación inversa



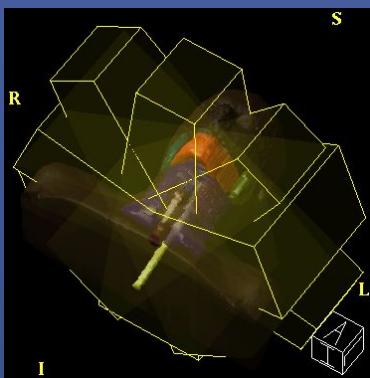
**“Treatment planning in which the clinical objectives are specified mathematically and a computer optimization algorithm is used to automatically determine beam parameters that will lead to the desired dose distribution.”**

# Proceso IMRT

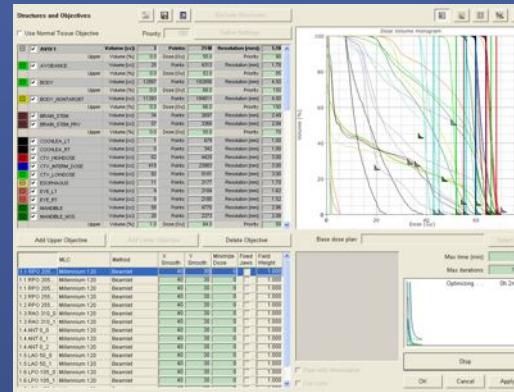
PATIENT DATA



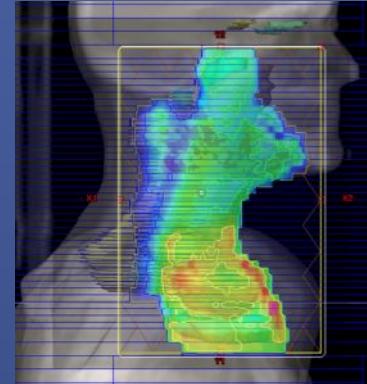
BEAM GEOMETRY



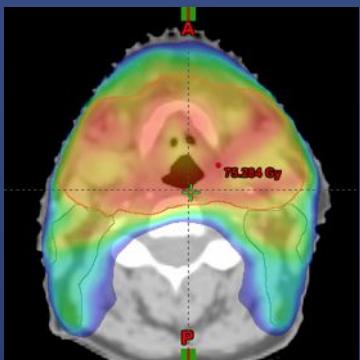
OPTIMIZATION



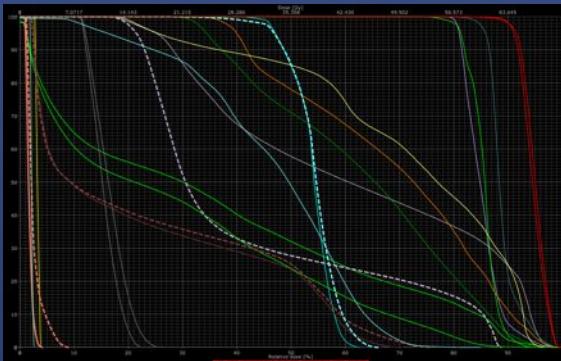
FLUENCE



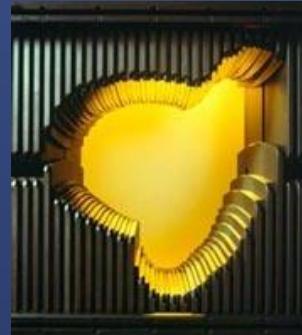
DOSE CALCULATION



PLAN EVALUATION



DELIVERY PREP



QA/TREATMENT



# Criterios de planificación “constraints”

Basados en dosis o en parámetros de dosis-volumen

Para órgano serial y paralelo

Pide un buen conocimiento de los índices de dosis-volumen (V's y D's)

Tener estándar ayuda



## RADIATION ONCOLOGIST ENT TREATMENT PLANNING - CONTOURING

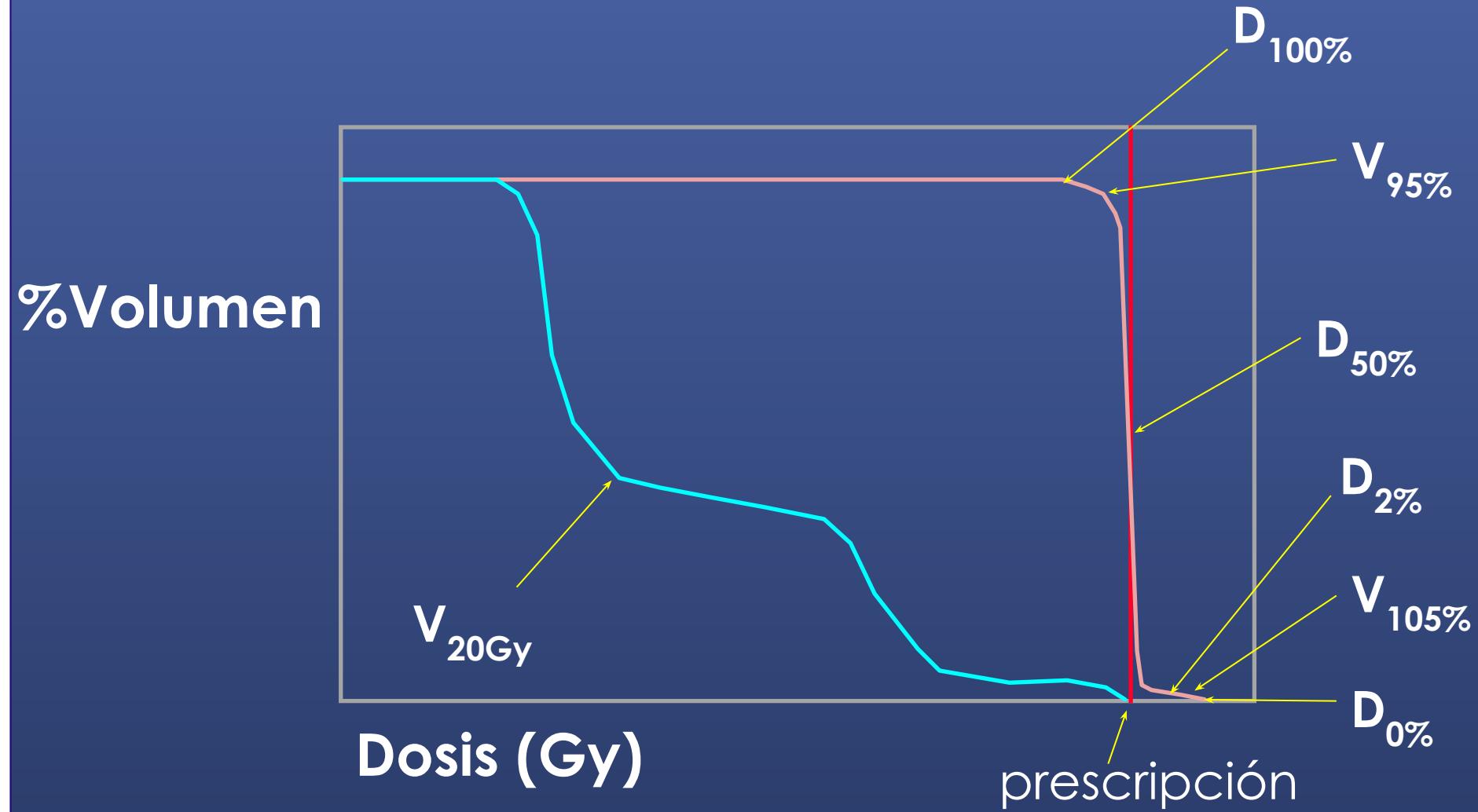
SIMPLE CALCULATION RX AT  MP OR  SSD  COMPLEX DISTRIBUTION

Target or Structure	Include	Dose Coverage or Constraint
PTV_HIGH_DOSE	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>70 Gy in 35 Fractions</b>
PTV_INTERM_DOSE	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>60 Gy in 35 Fractions</b>
PTV_LOW_DOSE	<input type="checkbox"/>	Gy in Fractions
BRAIN_STEM	<input type="checkbox"/>	<b>MAXIMUM DOSE &lt; 54 Gy</b>
BRAIN_STEM_PRV	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>MAXIMUM DOSE &lt; 57 Gy</b>
SPINAL_CORD	<input type="checkbox"/>	<b>MAXIMUM DOSE &lt; 45 Gy</b>
SPINAL_CORD_PRV	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>MAXIMUM DOSE &lt; 50 Gy</b>
OPTIC_CHIASM	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>MAXIMUM DOSE &lt; 50 Gy</b>
OPTIC_NERVE_RT	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>MAXIMUM DOSE &lt; 50 Gy</b>
OPTIC_NERVE_LT	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>MAXIMUM DOSE &lt; 50 Gy</b>
EYE_RT	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>MAXIMUM DOSE &lt; 45 Gy</b>
EYE_LT	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>MAXIMUM DOSE &lt; 45 Gy</b>
LENS_RT	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>MAXIMUM DOSE &lt; 10 Gy</b>
LENS_LT	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>MAXIMUM DOSE &lt; 10 Gy</b>
PAROTID_RT	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>MEAN DOSE &lt; 26 Gy</b>
PAROTID_LT	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>MEAN DOSE &lt; 26 Gy</b>
SUB_MAN_RT	<input type="checkbox"/>	
SUB_MAN_LT	<input type="checkbox"/>	
ORAL_CAVITY	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>MAXIMUM DOSE &lt; 50 Gy</b>
ESOPHAGUS	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>MEAN DOSE &lt; 45 Gy</b>
MANDIBLE	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>MAXIMUM DOSE &lt; 70 Gy</b>
COCHLEA_RT	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>MAXIMUM DOSE &lt; 30 Gy</b>
COCHLEA_LT	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>MAXIMUM DOSE &lt; 30 Gy</b>
BRAC_PLEX	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>MAXIMUM DOSE &lt; 60 Gy</b>
SUP_PHAR_CON	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>V65 &lt; 33%</b>
MID_PHAR_CON	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>V65 &lt; 75%</b>
LOW_PHAR_CON	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>V60 &lt; 12%</b>
	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	

## RADIATION ONCOLOGIST - PRESCRIPTION AND TECHNIQUE

Plan	Modified	NEW CT	Dose (Gy)	Fractions	ENERGY	Suggested Technique
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	70	35	<input checked="" type="checkbox"/> 6X <input type="checkbox"/> 18X <input type="checkbox"/> e <sup>-</sup>	MeV

# Interpretación de histogramas de dosis (DVH)



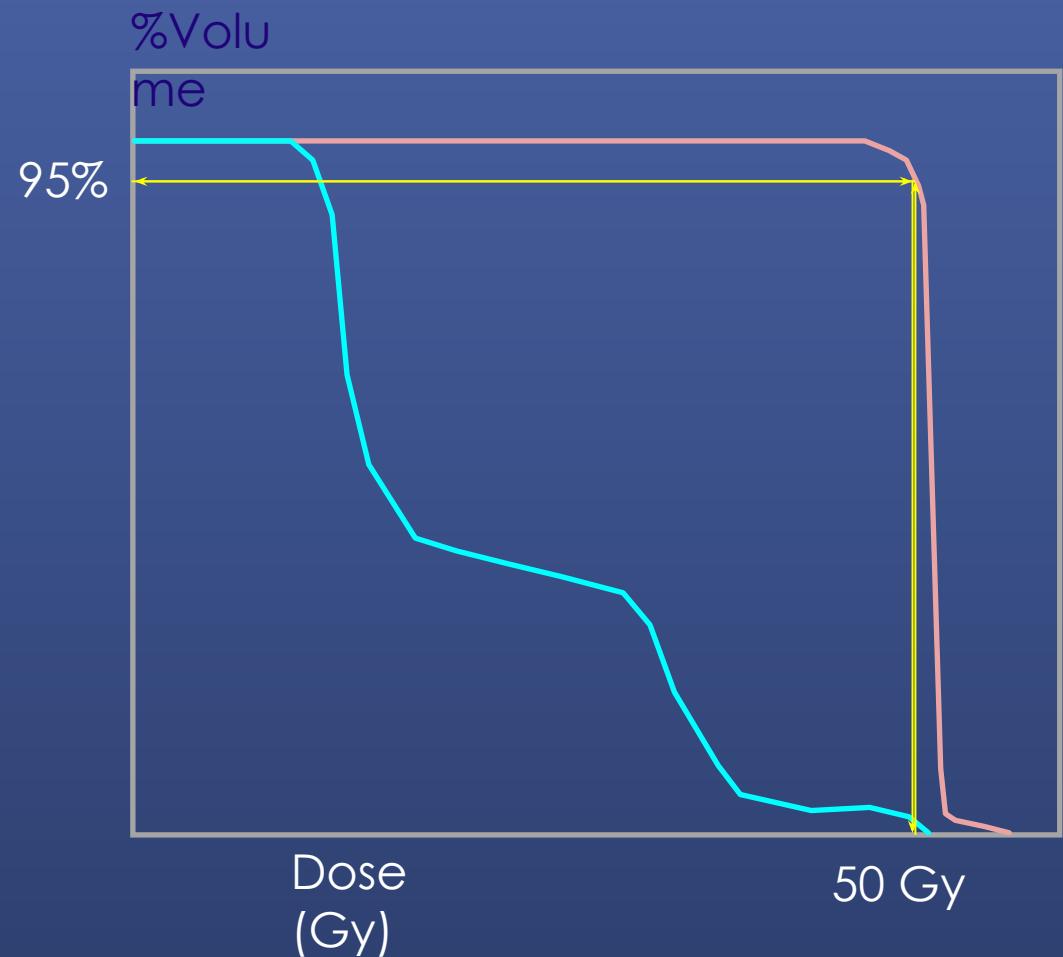
# Índices de Dose-Volume

$$V_{50\text{Gy}} = 95 \%$$

(Volume que recebe pelo menos 50 Gy é 95 %)

$$D_{95\%} = 50 \text{ Gy}$$

(Dose mínima que 95% de volume recebe é 50 Gy)



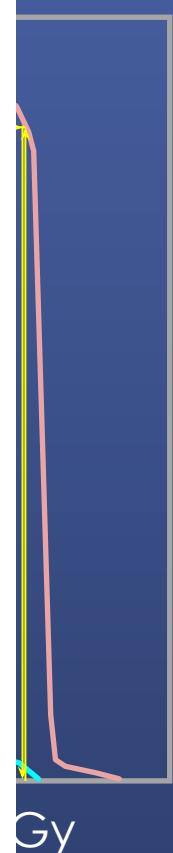
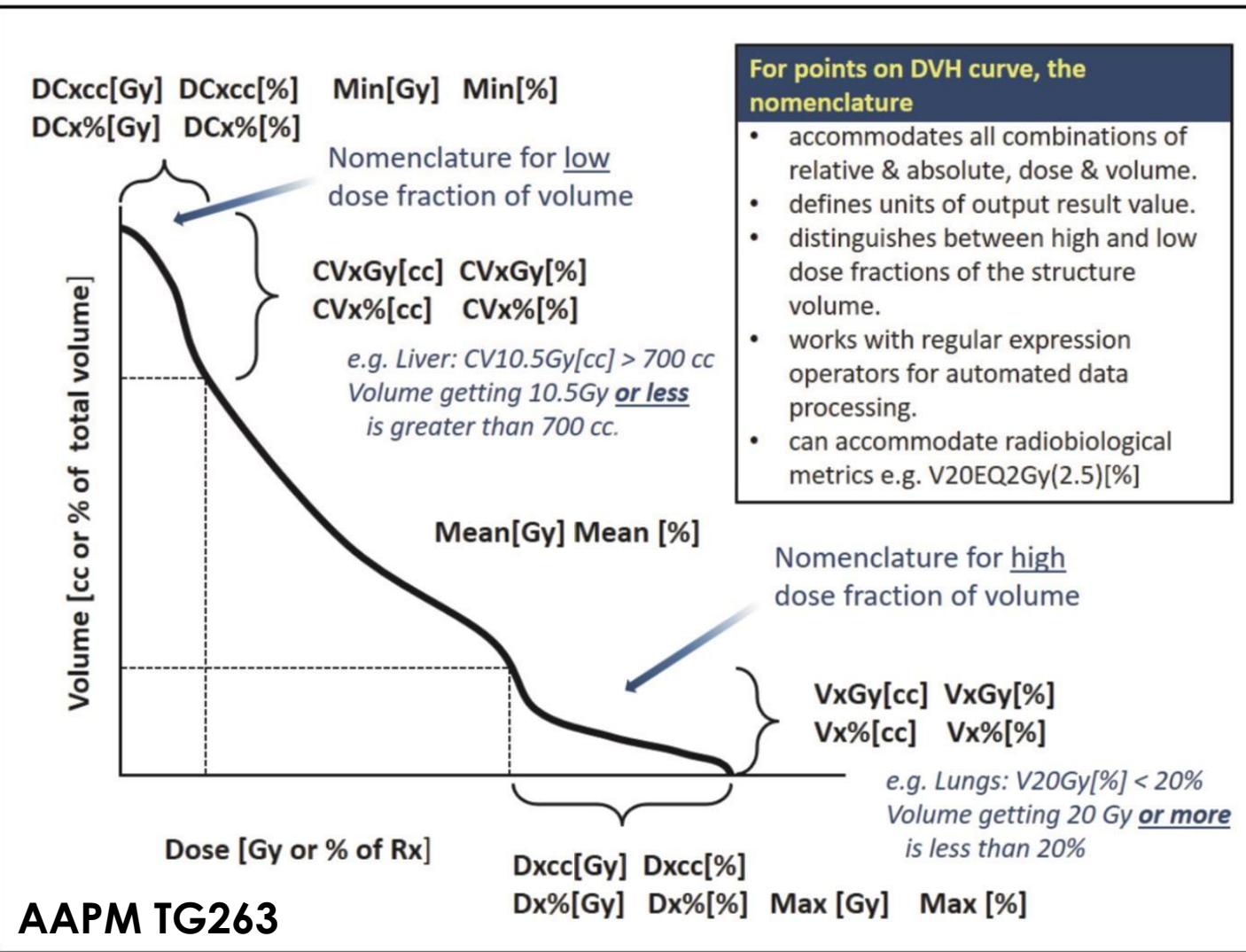
Boa compreensão de Vs e Ds é essencial para bem comunicar os objetivos do tratamento!!!

# Índices de Dose-Volume

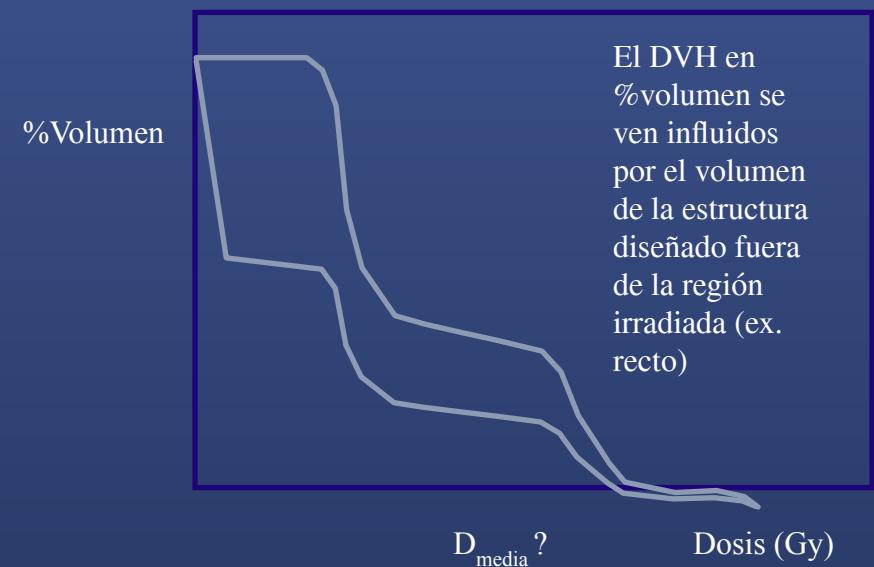
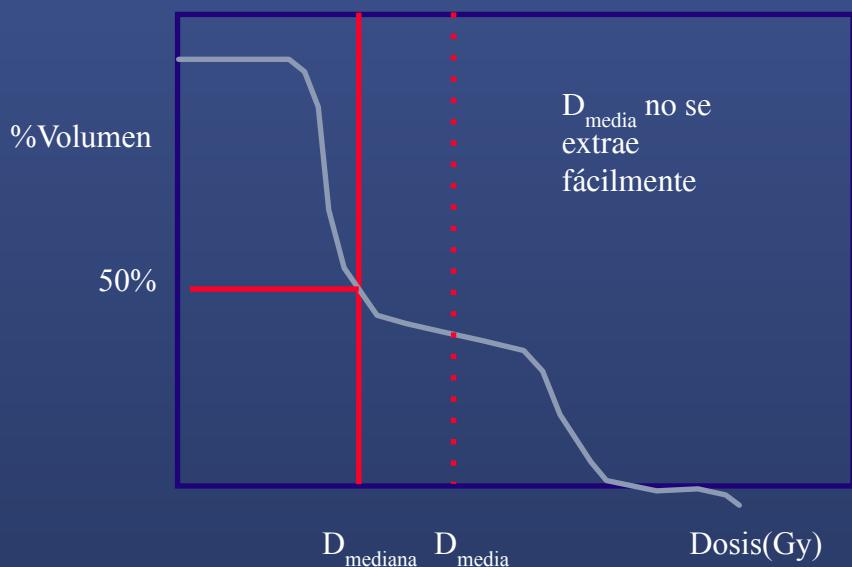
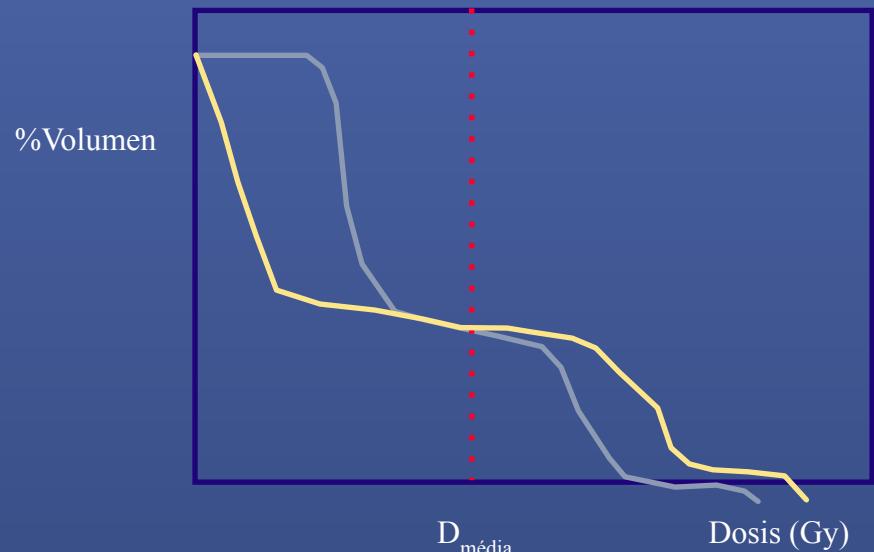
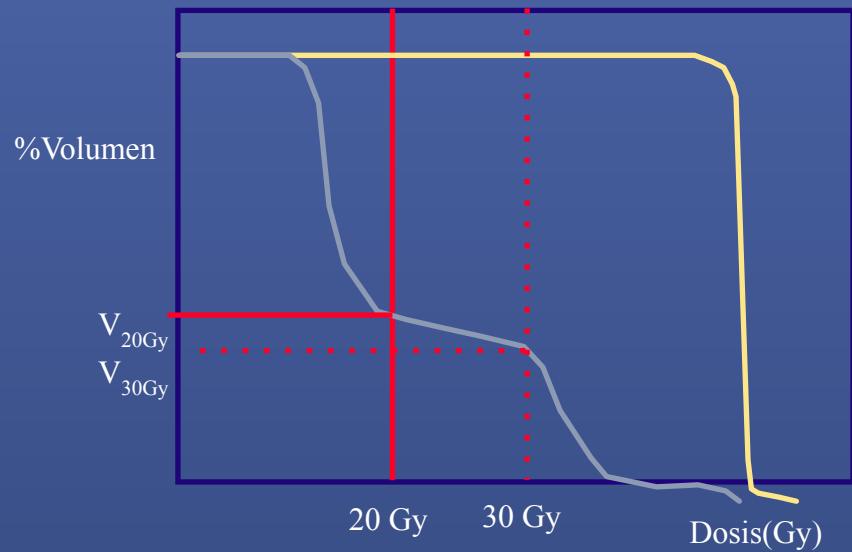
$V_{50}$   
(Volume  
pelo  
95 %)

$D_{95}$   
(Dose  
95%  
rece-

Boa  
com



# Análisis de DVH



# “Constraints” en la literatura

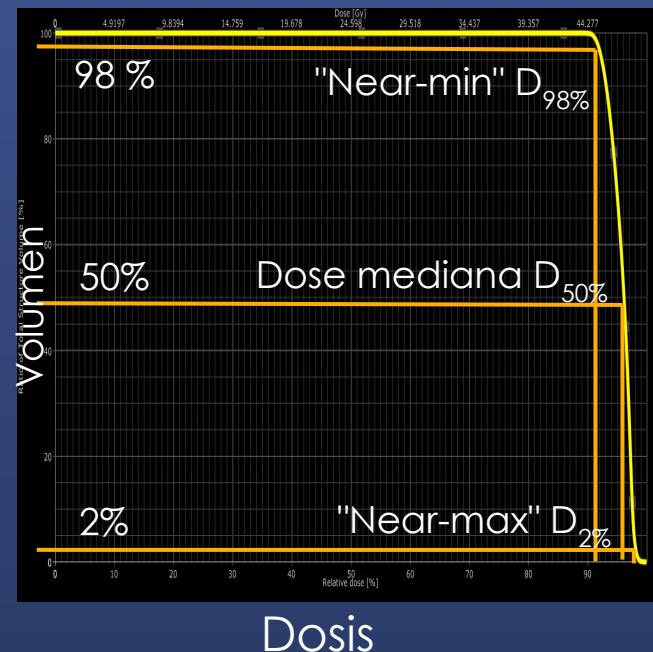
Brain	Whole organ	3D-CRT	Symptomatic necrosis	Dmax <60	<3	Data at 72 and 90 Gy, extrapolated from BED models
	Whole organ	3D-CRT	Symptomatic necrosis	Dmax = 72	5	
	Whole organ	3D-CRT	Symptomatic necrosis	Dmax = 90	10	
Rectum	Whole organ	3D-CRT	Grade $\geq$ 2 late rectal toxicity, Grade $\geq$ 3 late rectal toxicity	V50 <50%	<15 <10	Prostate cancer treatment
	Whole organ	3D-CRT	Grade $\geq$ 2 late rectal toxicity, Grade $\geq$ 3 late rectal toxicity	V60 <35%	<15 <10	
	Whole organ	3D-CRT	Grade $\geq$ 2 late rectal toxicity, Grade $\geq$ 3 late rectal toxicity	V65 <25%	<15 <10	
	Whole organ	3D-CRT	Grade $\geq$ 2 late rectal toxicity, Grade $\geq$ 3 late rectal toxicity	V70 <20%	<15 <10	
	Whole organ	3D-CRT	Grade $\geq$ 2 late rectal toxicity, Grade $\geq$ 3 late rectal toxicity	V75 <15%	<15 <10	
Bladder	Whole organ	3D-CRT	Grade $\geq$ 3 late RTOG	Dmax <65	<6	Bladder cancer treatment. Variations in bladder size/shape/ location during RT hamper ability to generate accurate data
	Whole organ	3D-CRT	Grade $\geq$ 3 late RTOG	V65 $\leq$ 50 % V70 $\leq$ 35 % V75 $\leq$ 25 % V80 $\leq$ 15 %		Prostate cancer treatment Based on current RTOG 0415 recommendation
Penile bulb	Whole organ	3D-CRT	Severe erectile dysfunction	Mean dose to 95% of gland <50	<35	
	Whole organ	3D-CRT	Severe erectile dysfunction	D90 <sup>  </sup> <50	<35	
	Whole organ	3D-CRT	Severe erectile dysfunction	D60-70 <70	<55	
Cochlea	Whole organ	3D-CRT	Sensory neural hearing loss	Mean dose $\leq$ 45	<30	Mean dose to cochlear, hearing at 4 kHz
	Whole organ	SRS (single fraction)	Sensory neural hearing loss	Prescription dose $\leq$ 14	<25	Serviceable hearing
Parotid	Bilateral whole parotid glands	3D-CRT	Long term parotid salivary function reduced to <25% of pre-RT level	Mean dose <25	<20	For combined parotid glands <sup>¶</sup>
	Unilateral whole parotid gland	3D-CRT	Long term parotid salivary function reduced to <25% of pre-RT level	Mean dose <20	<20	For single parotid gland. At least one parotid gland spared to <20 Gy <sup>¶</sup>

# Prescripción 3D (ICRU 50): Punto de referencia

- Clínicamente relevante y representante de la dosis
- Definido fácilmente y en una región sin gradiente de dosis
- Ej. En el centro del PTV o en el isocentro

# Prescripción IMRT (ICRU 83): DVH

- Los gradientes de dosis con IMRT hacen el uso de dosis puntuales un problema
- ICRU 83 recomienda usar  $D_{98\%}$ ,  $D_{50\%}$  y  $D_{2\%}$
- Realidad: La prescripción a un nivel de cobertura es el más común
  - Ej. 60Gy para cubrir 95% del PTV

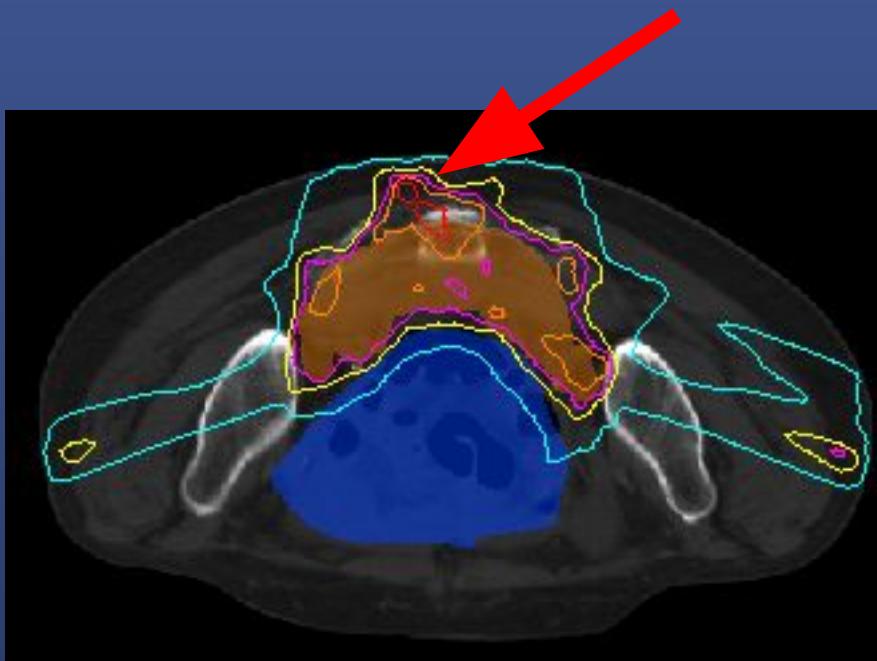


# **Mayor complejidad con la IMRT**

- **Planificación**
  - Concepto diferente
  - Requiere experiencia
  - Requiere una comprensión completa de las definiciones de volumen y las relaciones de dosis y volumen (DVH)
- **Tratamiento**
  - Tratamiento más largo
  - Muy duro mecánicamente con el MLC
- **Seguro de calidad**
  - Mas trabajo por la física
  - Vigilancia cuidadosa de la posición del paciente
    - Más películas
    - Más mediciones de SSD
    - Tratamiento más largo

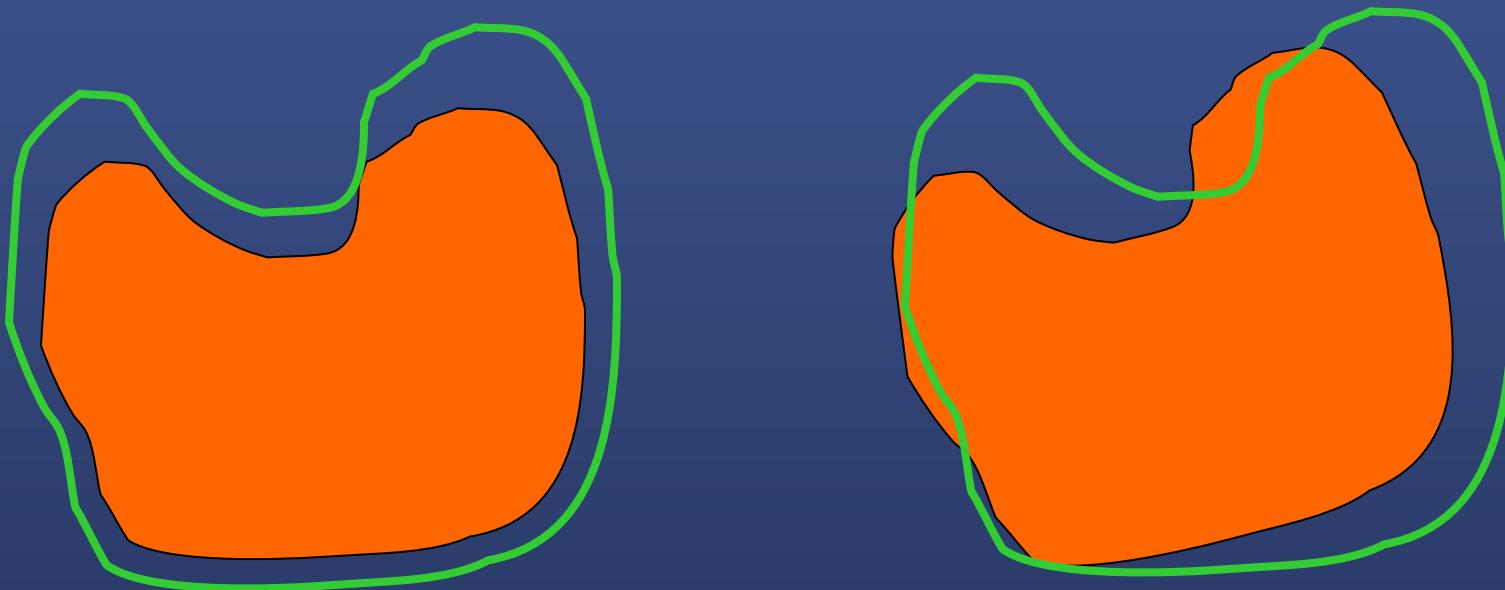
# Problemas con la IMRT?

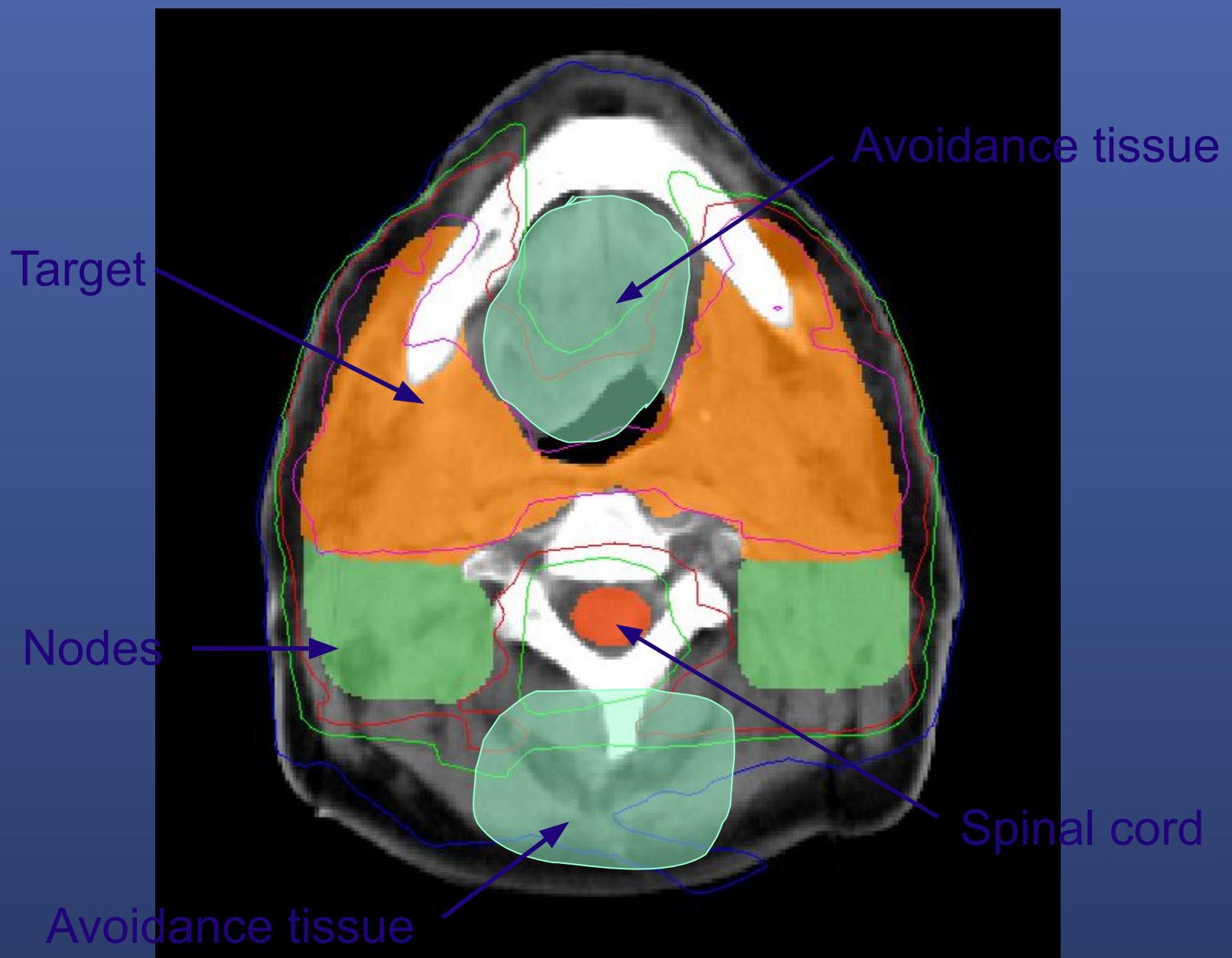
- La IMRT puede ser peor que los tratamientos convencionales.
  - El “dose dumping” puede colocar áreas de dosis altas fuera del PTV cuando las restricciones de dosis para regiones fuera del PTV no son, por diversas razones, no especificadas.



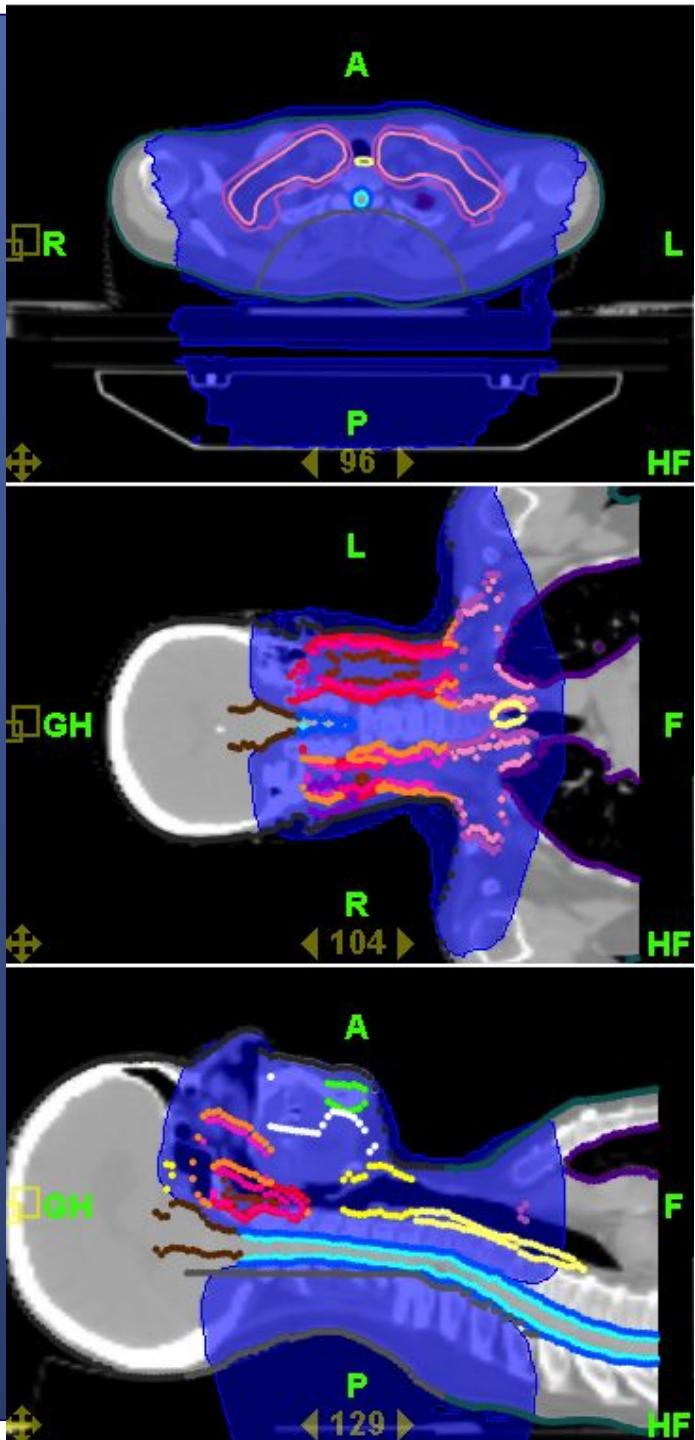
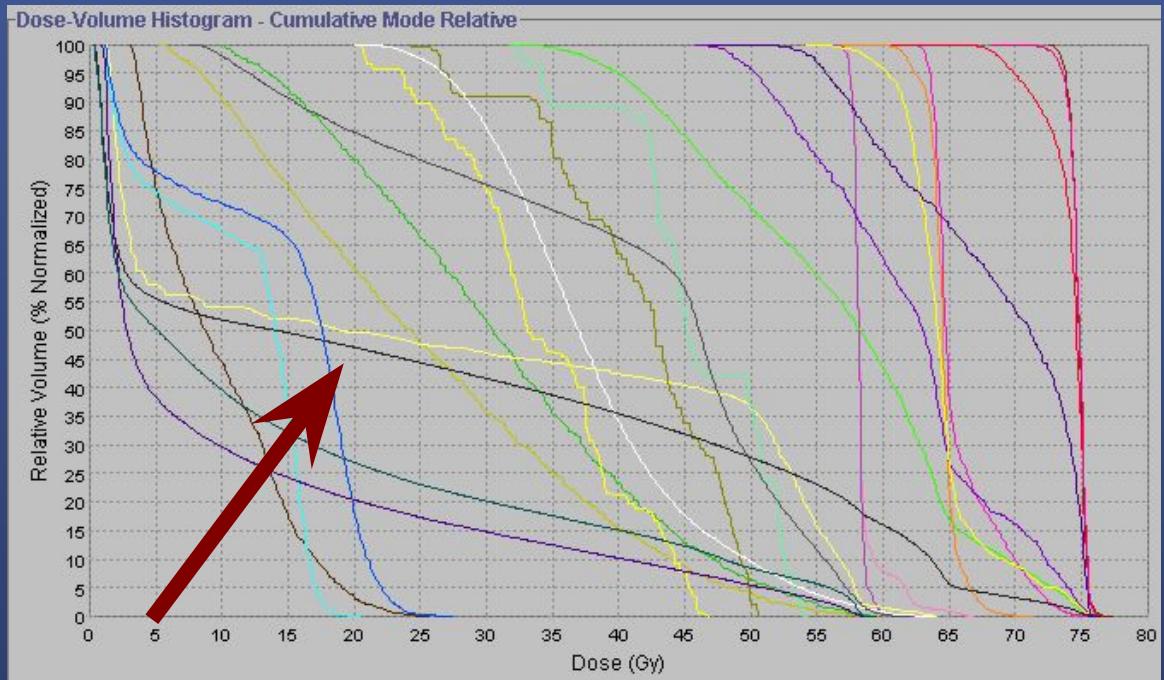
# Problemas con la IMRT?

- La IMRT puede ser peor que los tratamientos convencionales.
  - Los márgenes de error son pequeños.
  - Los volúmenes complejos de isodosis y los gradientes de dosis altas significan que los errores de configuración del paciente pueden provocar una falla geográfica del PTV o una sobredosis de estructuras críticas





# Problema con la dosis intermedia: Acquí 20 Gy



# **conformidad vs. homogeneidad**

- ¿Podemos aceptar puntos de acceso de hasta el 25%?
- ¿Quieres prescribir al 75% de isodosia?



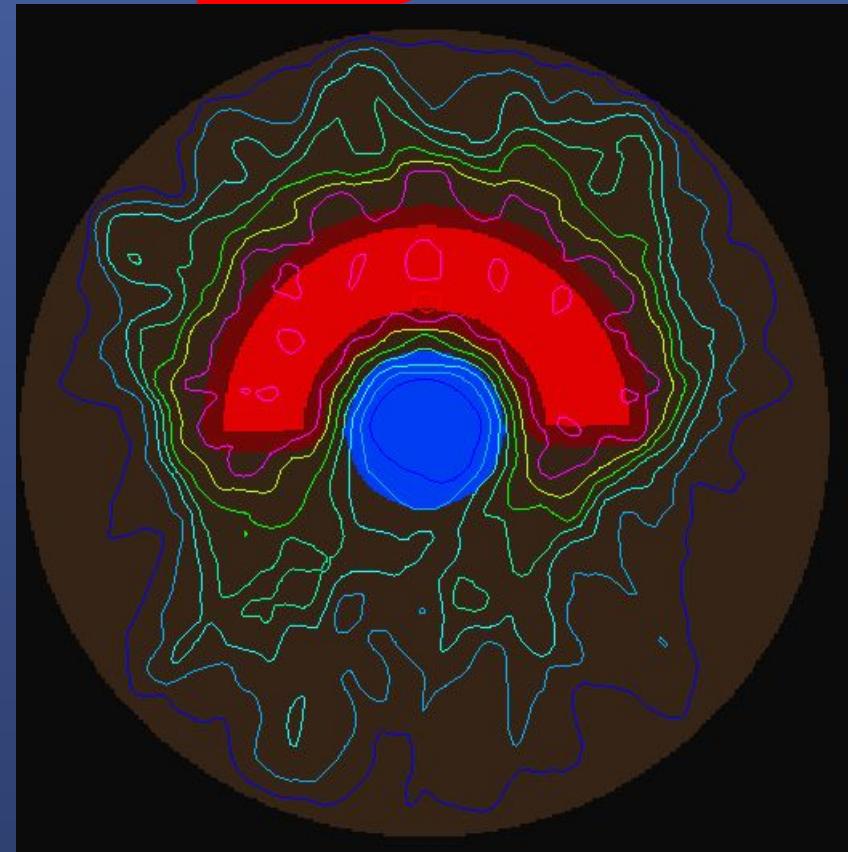
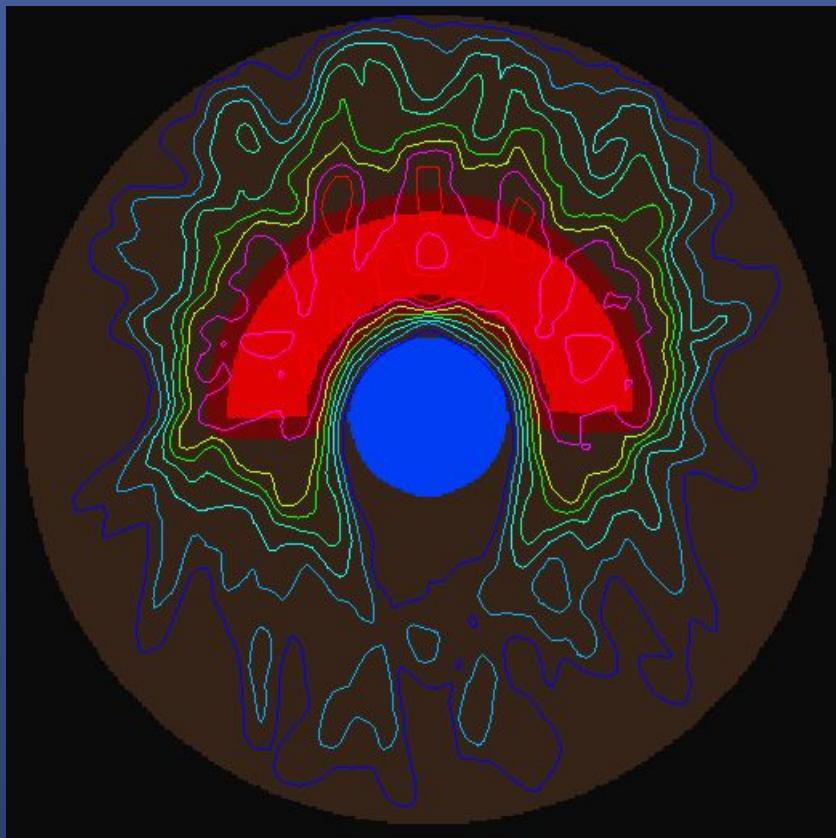
**Conformidad**

=

**Homogeneidad**



# Conformidad = Homogeneidad



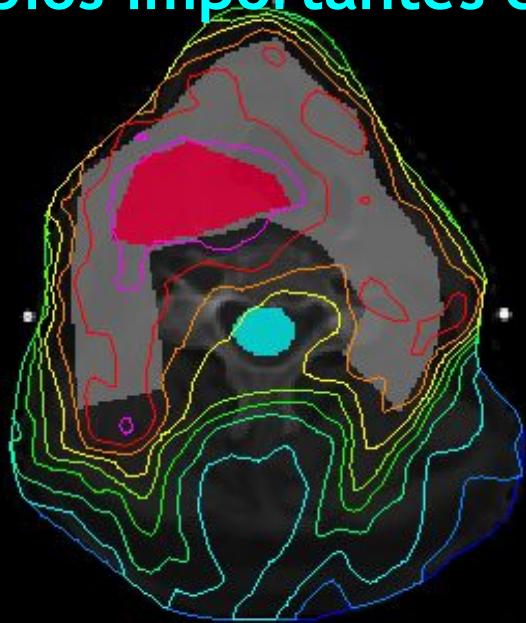
# Problemas con el tratamiento

- El tratamiento dinámico de IMRT no es eficiente
  - Gran cantidad de subcampos pequeños que administran la dosis.
  - La tasa de dosis está limitada por la velocidad del MLC
  - Resultado:
    - 5 veces más unidades monitoras (~ 1000 MU por tratamiento)
    - 5 veces más dispersión (puede tener implicaciones de radioprotección)
    - 5 veces dosis corporal (aumento del riesgo de cáncer secundario)

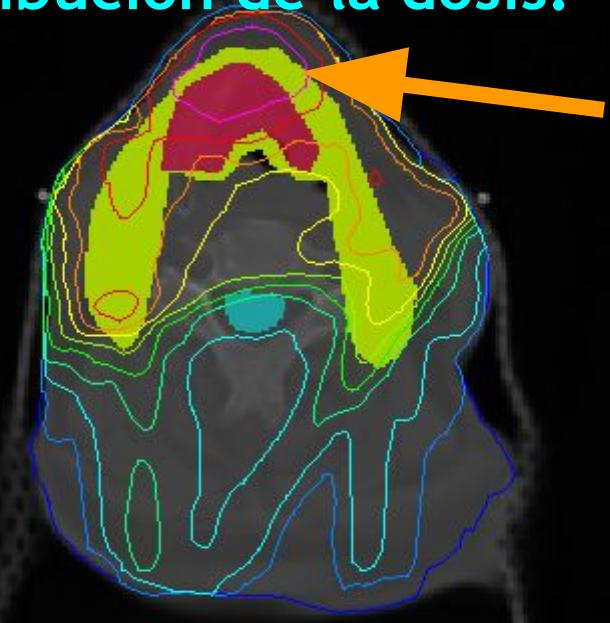
# **Las unidades monitoras altas pueden conducir a un aumento de la dosis corporal total del paciente**

- Radiation Induced Second Cancers: The Impact of 3D-CRT and IMRT. Eric J. Hall and Cheng-Shie Wuu. Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys. Vol 56, Number 1, pp 83-88, 2003
  - "Es probable que la IMRT casi duplique la incidencia de neoplasias malignas secundarias en comparación con la radioterapia convencional de aproximadamente 1% a 1.75% para los pacientes que sobreviven 10 años".

**Los cambios en la anatomía del paciente pueden causar cambios importantes en la distribución de la dosis.**



*Planning CT*

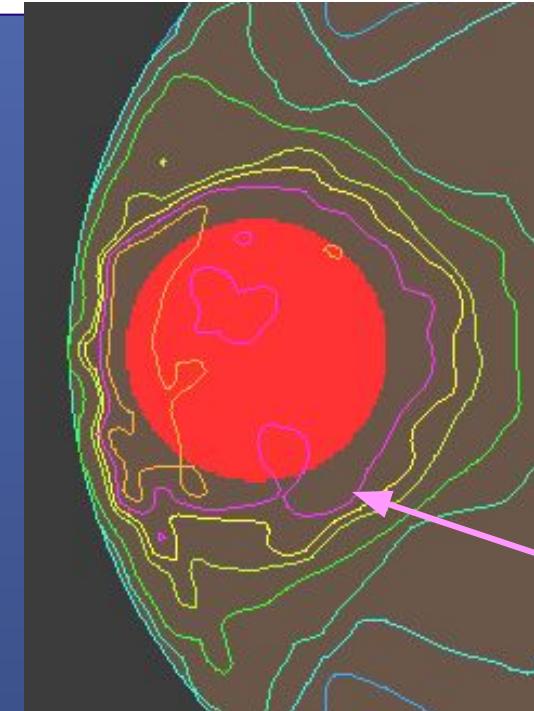


*3 weeks later*

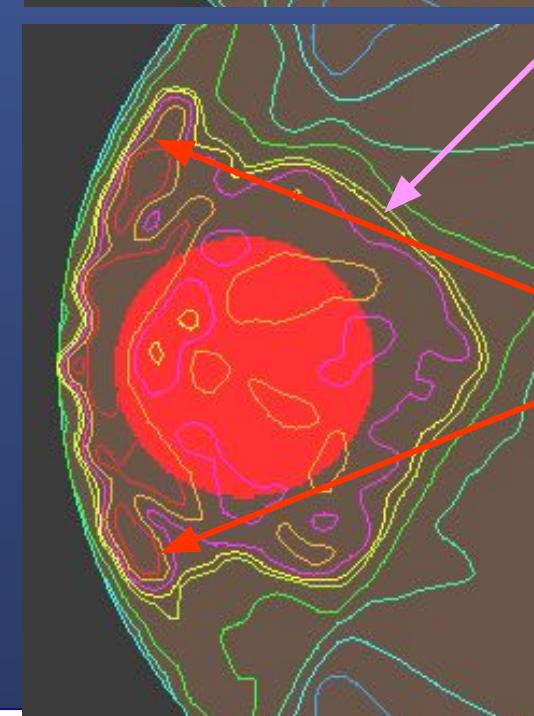
5 mm  
below



0 mm  
below



100%



110%



Paciente con reacción cutánea importante.  
(Xia, 2003)

# IMAT: RapidArc, TomoTherapy, VMAT



# ¿Qué es el IMAT?

- VMAT, formalmente conocido como arcoterapia intensidad modulada (IMAT), fue desarrollado por el Dr. Cedric Yu en 1995.
- Campos de intensidad modulada (los MLC se mueven durante el tratamiento)
- Tratamiento con el gantry en movimiento.
- Tratamiento durante todo el arco del gantry

**Intensity-modulated arc therapy with dynamic multileaf collimation:  
an alternative to tomotherapy**

C X Yu 1995 *Phys. Med. Biol.* **40** 1435-1449 doi:10.1088/0031-9155/40/9/004



# ¿Qué es el IMAT?

- Formas de IMAT disponibles comercialmente
  - Varian RapidArc (Eclipse)
  - Elekta VMAT (CMS)
  - Phillips SmartArc (Pinnacle)
- VMAT – Arcoterapia volumétrica de intensidad modulada



## Volumetric modulated arc therapy: IMRT in a single gantry arc

Karl Otto<sup>a)</sup>

*Vancouver Cancer Centre, BC Cancer Agency, Vancouver, British Columbia V5Z 4E6, Canada*

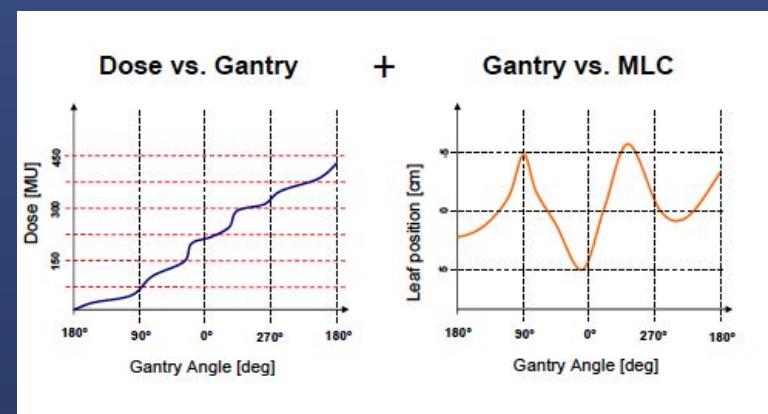
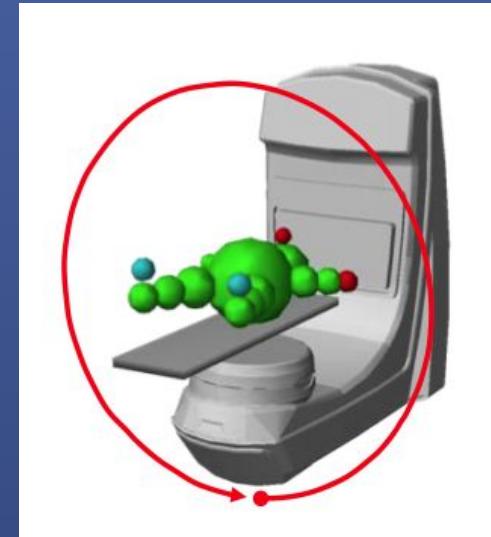
(Received 25 June 2007; revised 21 September 2007; accepted for publication 5 November 2007;  
published 26 December 2007)



# ¿Qué es RapidArc o VMAT?

Un avance en la optimización en la administración del tratamiento que permite cambiar tres cosas mientras el haz está encendido:

Ángulo y velocidad del MLC  
Tasa de dosis



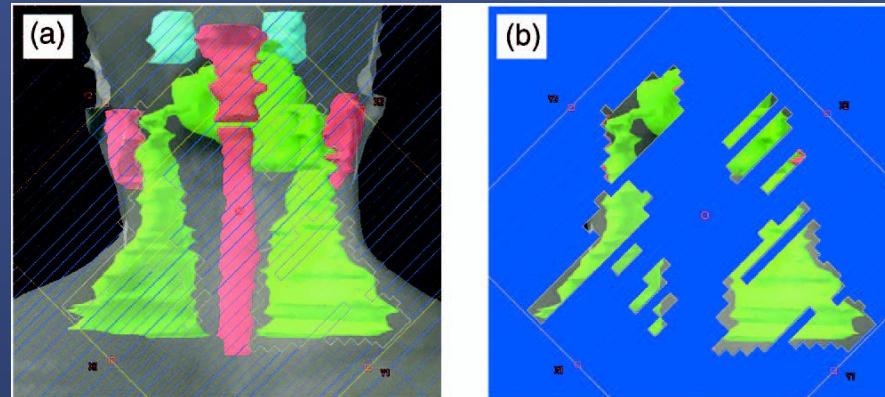
# ¿Dónde se desarrolló RapidArc?

- BC Cancer Agency (Karl Otto)
- Investigación parcialmente financiada por Varian
- Objetivos del proyecto :
  - Para crear una plataforma de optimización y tratamiento que sea
    - Eficiente en el tiempo
    - Capaz de producir distribuciones de dosis altamente conformes con rotaciones de 360 grados
    - Precisión mejorada



# ¿Por qué rotaciones?

- Más ángulos disponibles (no tiene que elegir los ángulos, aumenta la modulación)
- Eficiencia mejorada (sin arranques ni paradas)
- Otros sistemas (Tomoterapia) mostraron una dosimetría mejorada con más ángulos de haz



From Otto. Med  
Phys. 2008.



# Limitaciones del RapidArc

- Tiempo mínimo por 1 rotación – 65s
  - El objetivo es mantener la velocidad máxima uniforme del gantry
  - Es más fácil cambiar la tasa de dosis que la velocidad del gantry
- Tasa de dosis maxima – 600 mu/min
- Max dose/grad = 20MU/grad
- Min dose/grad = 0.1 MU/grad



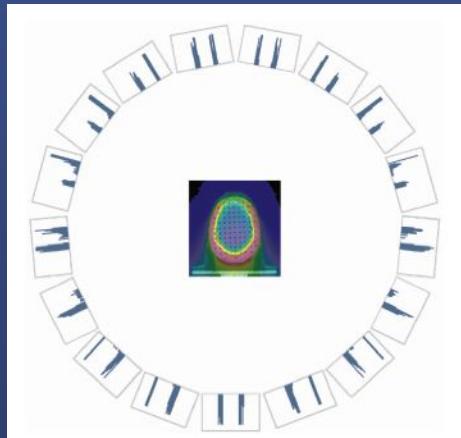
# ¿Cómo es diferente de Tomo?

- Tomotherapy –Slice Therapy (rebanada)
  - El paciente es tratado rebanada por rebanada mientras la mesa atraviesa el equipo
  - El tiempo de tratamiento depende de
    - Longitud del objetivo
    - Dosis por fracción
    - Distancia de movimiento de la mesa por rotación
    - Ancho de campo
  - Desarrollado para mejorar la dosimetría (no es eficiente)
- VMAT
  - Tamaño de campo limitado
  - El tiempo de tratamiento depende de
    - Dosis por fracción
  - Desarrollado para mejorar la eficiencia del tratamiento

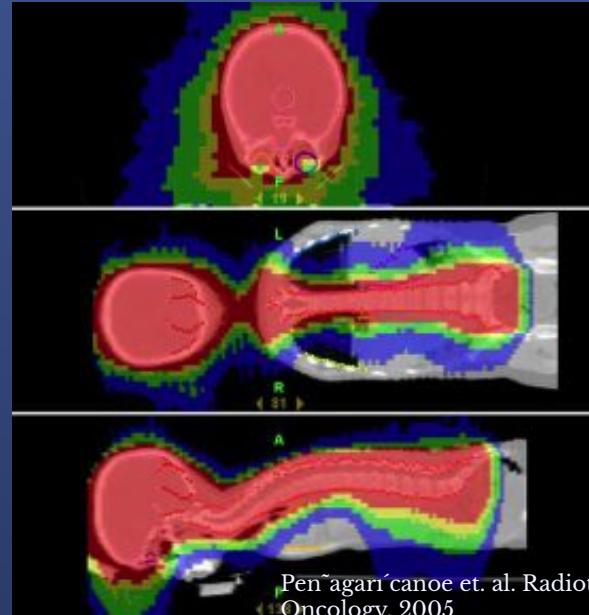


# ¿Cómo se compara VMAT con otras Tomo?

- Distribuciones de dosis de calidad similar
- Menor tiempo de planificación y tratamiento.
- Los objetivos muy complejos y los objetivos que exceden la longitud máxima del campo en RapidArc son más fáciles de planificar con tomoterapia



Hardcastle et. al. Med Phys. 2009



Pen'agari canoe et. al. Radiotherapy and Oncology. 2005



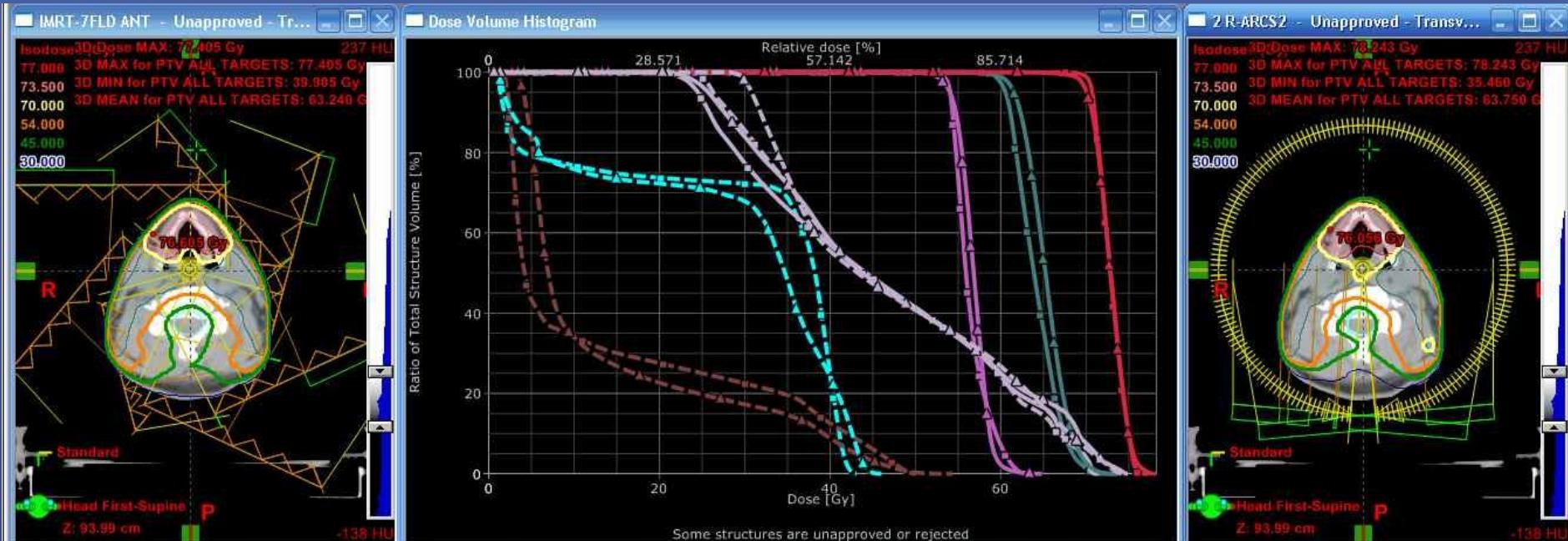
# ¿Cómo se compara VMAT con otras formas de IMRT?

- Muchos estudios realizados
- La calidad del plan es generalmente la misma que la IMRT y la Tomo
- Tiempo de tratamiento reducido sobre IMRT y muy reducido sobre la Tomo
- UM reducidas sobre otras formas de IMRT
- Los estudios NO concluyen que hay mejores distribuciones de dosis con VMAT comparado a otras formas de IMRT

# ¿Qué podemos tratar con VMAT?

- Casi todos los tumores:
  - Mama (Boost)
  - Próstata
  - Cabeza y cuello
  - Pulmón
  - Digestivo: Hígado, páncreas, recto, canal anal
  - Sistema nervioso central
  - Cánceres Ginecológicos
  - Sarcoma
  - Estómago y esófago

# VMAT vs. IMRT para cabeza y cuello



Static Field IMRT:  
1260 MU



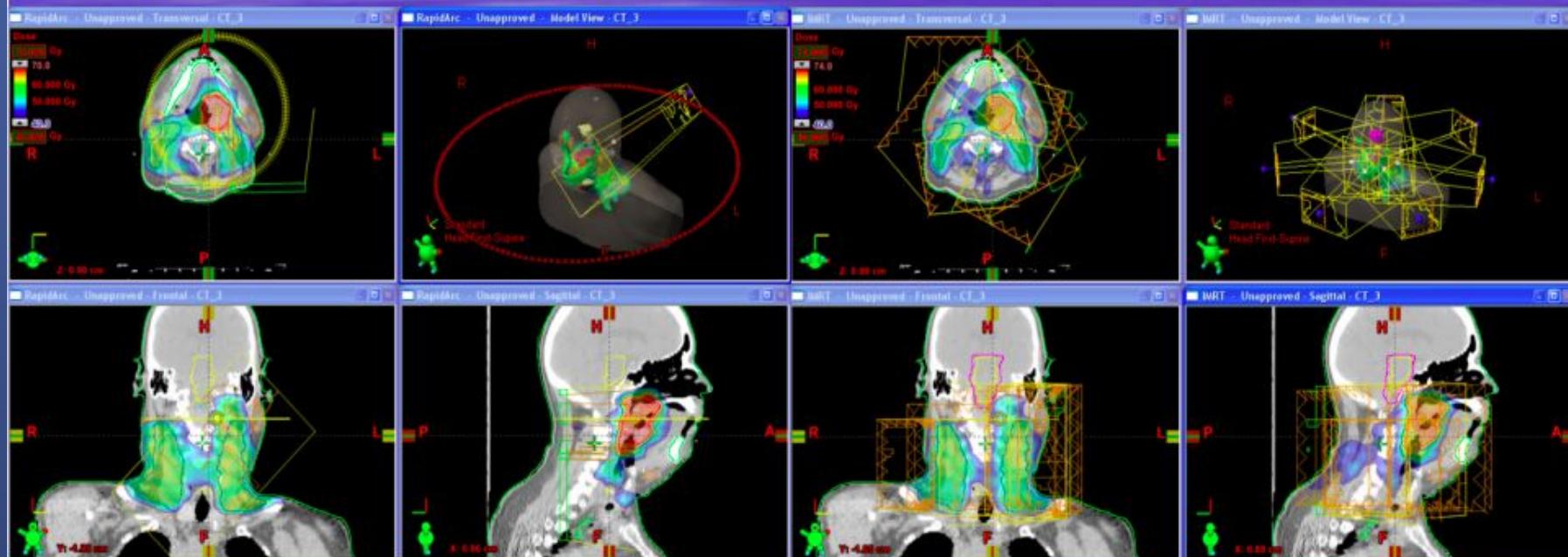
Planned at  
MUHC

Squares:  
Static Field  
Triangles:  
Rapidarc

RapidArc:  
588 MU



# RapidArc™ vs. “Conventional” IMRT



RapidArc  
Single-Arc plan

496 MU

Conventional  
7-field IMRT

1685 MU



Courtesy of Dave Mellenberg

## **PHYSICS CONTRIBUTION**

---

### **VOLUMETRIC-MODULATED ARC THERAPY FOR STEREOTACTIC BODY RADIOTHERAPY OF LUNG TUMORS: A COMPARISON WITH INTENSITY-MODULATED RADIOTHERAPY TECHNIQUES**

ANDREA HOLT, PH.D.,\* CORINE VAN VLIET-VROEGINDEWEIJ, PH.D.,\* ANTON MANS, PH.D.,\*  
JOSÉ S. BELDERBOS, M.D., PH.D.,\* AND EUGÈNE M. F. DAMEN, PH.D.\*

\*Department of Radiation Oncology, The Netherlands Cancer Institute–Antoni van Leeuwenhoek Hospital, Amsterdam, The Netherlands

- VMAT vs. IMRT para SBRT
- Dosimetría similar
- Tiempo de tratamiento reducido hasta en un 70% (promedio 23.7 a 6.6 min) con VMAT

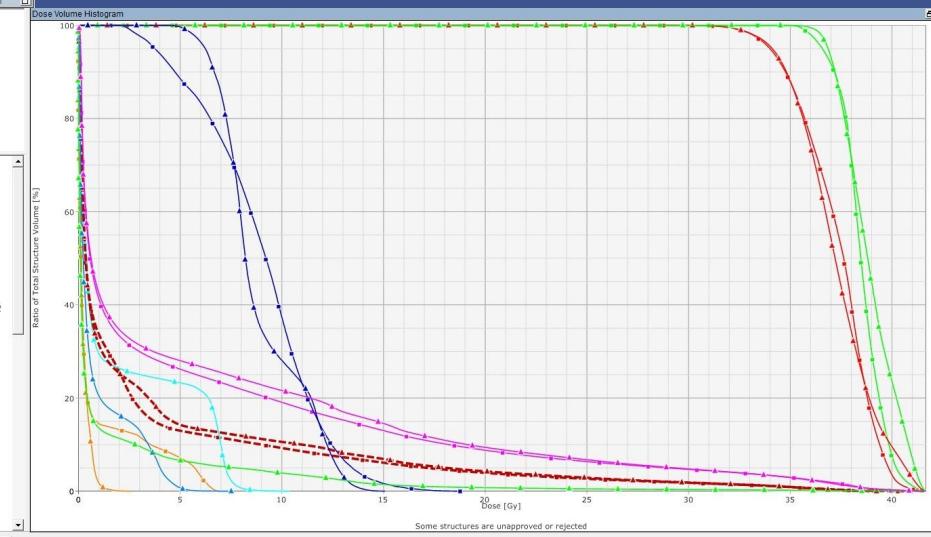
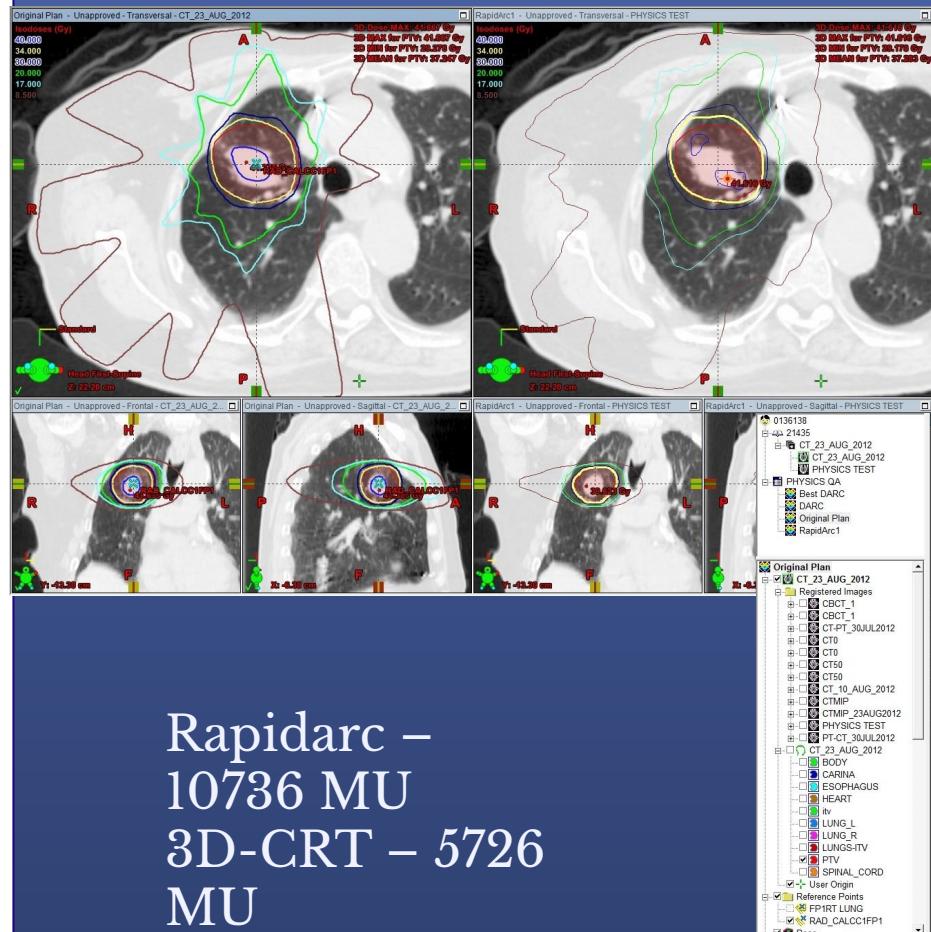
# The use of RapidArc volumetric-modulated arc therapy to deliver stereotactic radiosurgery and stereotactic body radiotherapy to intracranial and extracranial targets

Presented in part at the 51st Annual Meeting of the American Society for Therapeutic Radiology and Oncology (ASTRO), November 1–5, 2009, Chicago, IL.

Dante E. Roa, Ph.D.  , Daniel C. Schiffner, M.D., Juying Zhang, Ph.D., Salam N. Dietrich, C.M.D., Jeffrey V. Kuo, M.D., Jason Wong, M.D., Nilam S. Ramsinghani, M.D., Muthana S.A.L. Al-Ghazi, Ph.D.

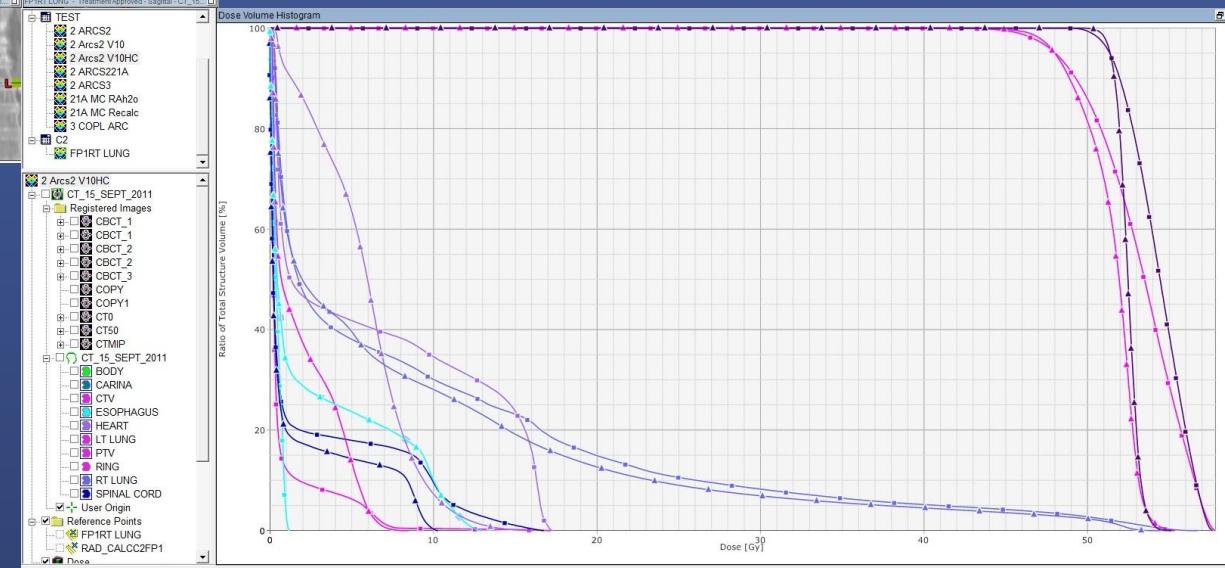
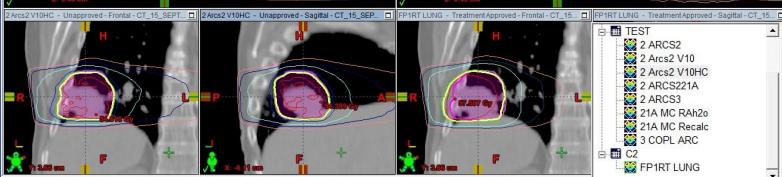
- VMAT vs. IMRT para SRS o SBRT
- La homogeneidad, la conformidad y la dosis a los órganos son similares
- Menos UM que IMRT
- Tiempo de entrega más rápido que IMRT

# Ejemplo: 34 Gy en 1 fracción



Dose Prescription		Dose Statistics												
View	DVH Line	Structure	Approval Status	Plan	Course	Volume [cm³]	Dose Cover [%]	Sampling Cover [%]	Min Dose [Gy]	Max Dose [Gy]	Mean Dose [Gy]			
✓	■	Unapproved	RapidArc1	PHYSICS QA	25.0	100.0	100.1	34.084	41.616	38.495	38.495	▼	▼	
✓	■	Approved	Original Plan	PHYSICS QA	25.0	100.0	100.1	34.087	41.667	38.893	38.893	▼	▼	
✓	▲	SPINAL_CORD	Unapproved	RapidArc1	PHYSICS QA	63.0	100.0	100.0	0.000	6.072	0.769	0.769	▼	▼
✓	▲	SPINAL_CORD	Approved	Original Plan	PHYSICS QA	63.0	100.0	100.0	0.000	2.620	0.227	0.227	▼	▼
✓	▲	PTV	Unapproved	RapidArc1	PHYSICS QA	62.4	100.0	100.1	29.178	41.616	37.293	37.293	▼	▼
✓	▲	PTV	Approved	Original Plan	PHYSICS QA	62.4	100.0	100.1	29.276	41.667	37.247	37.247	▼	▼
✓	■	LUNG_R	Unapproved	RapidArc1	PHYSICS QA	2044.3	100.0	100.0	0.026	41.616	5.211	5.211	▼	▼
✓	■	LUNG_R	Approved	Original Plan	PHYSICS QA	2044.3	100.0	100.0	0.008	41.667	5.583	5.583	▼	▼
✓	▲	LUNG_L	Approved	Original Plan	PHYSICS QA	1920.1	100.0	100.0	0.015	7.596	0.841	0.841	▼	▼
✓	■	LUNGS-ITV	Unapproved	RapidArc1	PHYSICS QA	3939.4	100.0	100.0	0.009	40.943	2.849	2.849	▼	▼
✓	■	LUNGS-ITV	Approved	Original Plan	PHYSICS QA	3939.4	100.0	100.0	0.008	39.348	3.060	3.060	▼	▼
✓	▲	ESOPHAGUS	Approved	Original Plan	PHYSICS QA	52.4	100.0	100.0	0.026	10.404	1.932	1.932	▼	▼

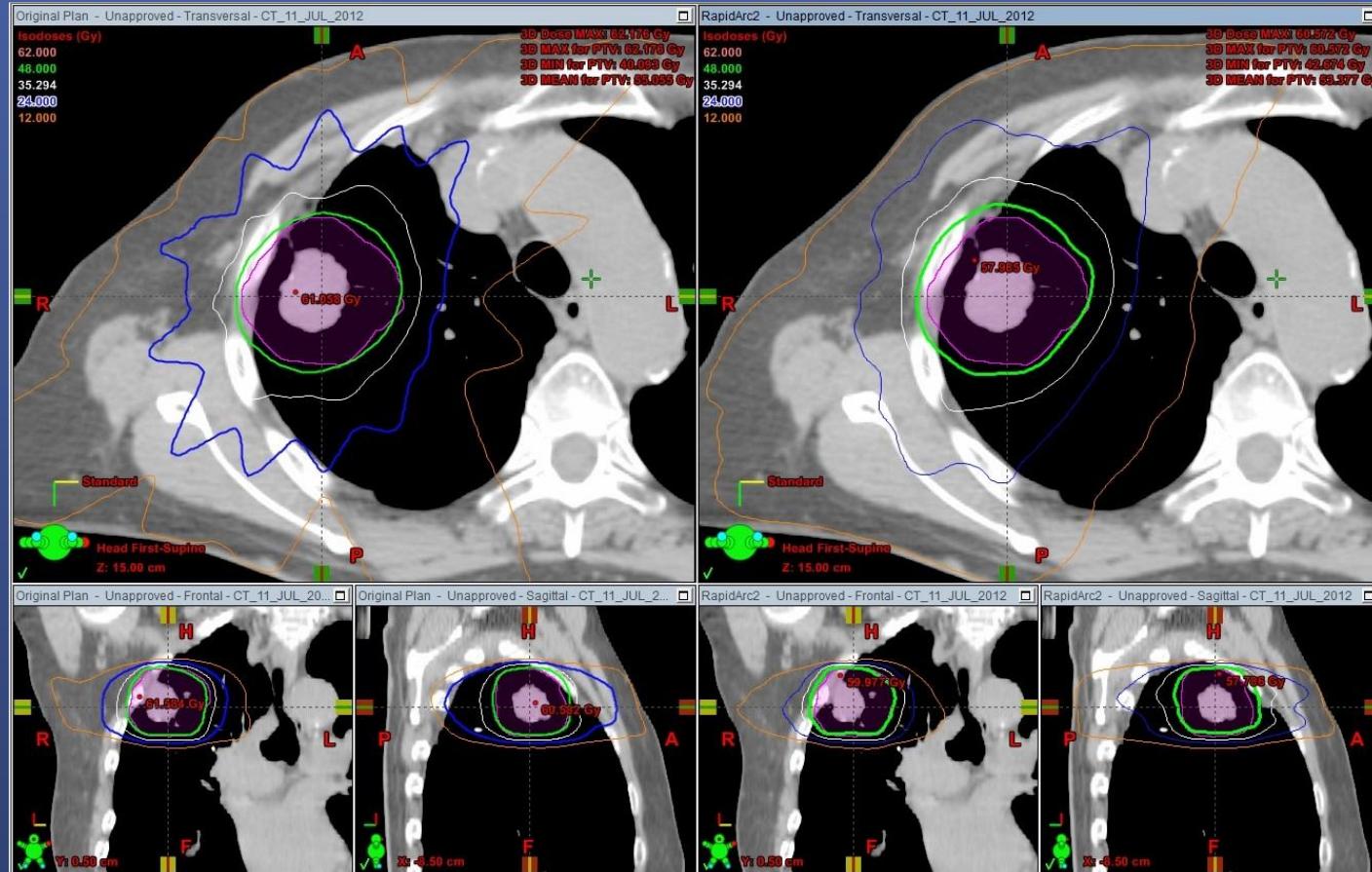
# Ejemplo: 48 Gy en 3 fracciones



View	DVH Line	Structure	Approval Status	Plan	Course	Volume [cm³]	Dose Statistics				
							Dose Cover[%]	Sampling Cover[%]	Min Dose [Gy]	Max Dose [Gy]	Mean Dose [Gy]
		SPINAL CORD	Approved	FP1RT LUNG	C2	27.7	100.0	99.8	0.000	16.777	2.144
		SPINAL CORD	Approved	2Arcs2 V10HC	TEST	27.7	100.0	99.8	0.000	10.291	1.519
		RT LUNG	Approved	FP1RT LUNG	C2	1390.0	100.0	100.0	0.188	56.781	8.805
		RT LUNG	Approved	2Arcs2 V10HC	TEST	1390.0	100.0	100.0	0.157	54.517	8.143
		PTV	Approved	FP1RT LUNG	C2	84.7	100.0	99.9	40.335	57.831	53.144
		PTV	Approved	2Arcs2 V10HC	TEST	84.7	100.0	99.9	41.703	55.417	51.461
		LT LUNG	Approved	FP1RT LUNG	C2	1062.9	100.0	100.0	0.097	17.199	0.813
		LT LUNG	Approved	2Arcs2 V10HC	TEST	1062.9	100.0	100.0	0.064	8.516	1.579
		HEART	Approved	FP1RT LUNG	C2	528.8	100.0	100.0	0.179	17.332	6.268
		HEART	Approved	2Arcs2 V10HC	TEST	528.8	100.0	100.0	0.248	16.080	5.729
		ESOPHAGUS	Approved	FP1RT LUNG	C2	24.6	100.0	100.0	0.035	1.198	0.431
		ESOPHAGUS	Approved	2Arcs2 V10HC	TEST	24.6	100.0	100.0	0.023	12.982	2.689
		CTV	Approved	FP1RT LUNG	C2	36.4	100.0	48.499	57.668	54.349	
		CTV	Approved	2Arcs2 V10HC	TEST	36.4	100.0	49.658	55.167	52.468	

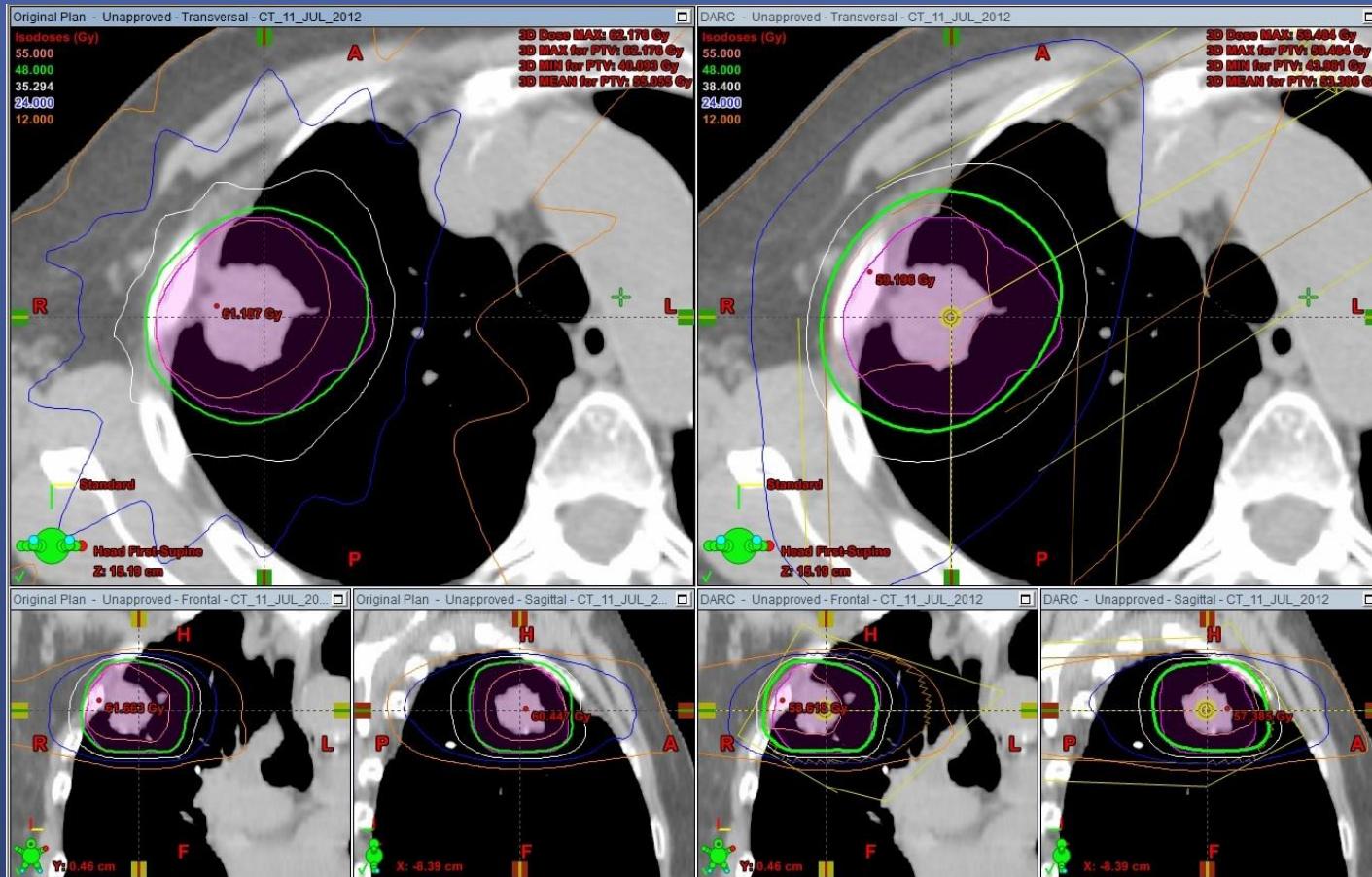
Rapidarc –  
4944 MU  
3D-CRT –  
2387 MU

# 3D-CRT vs. RapidARC

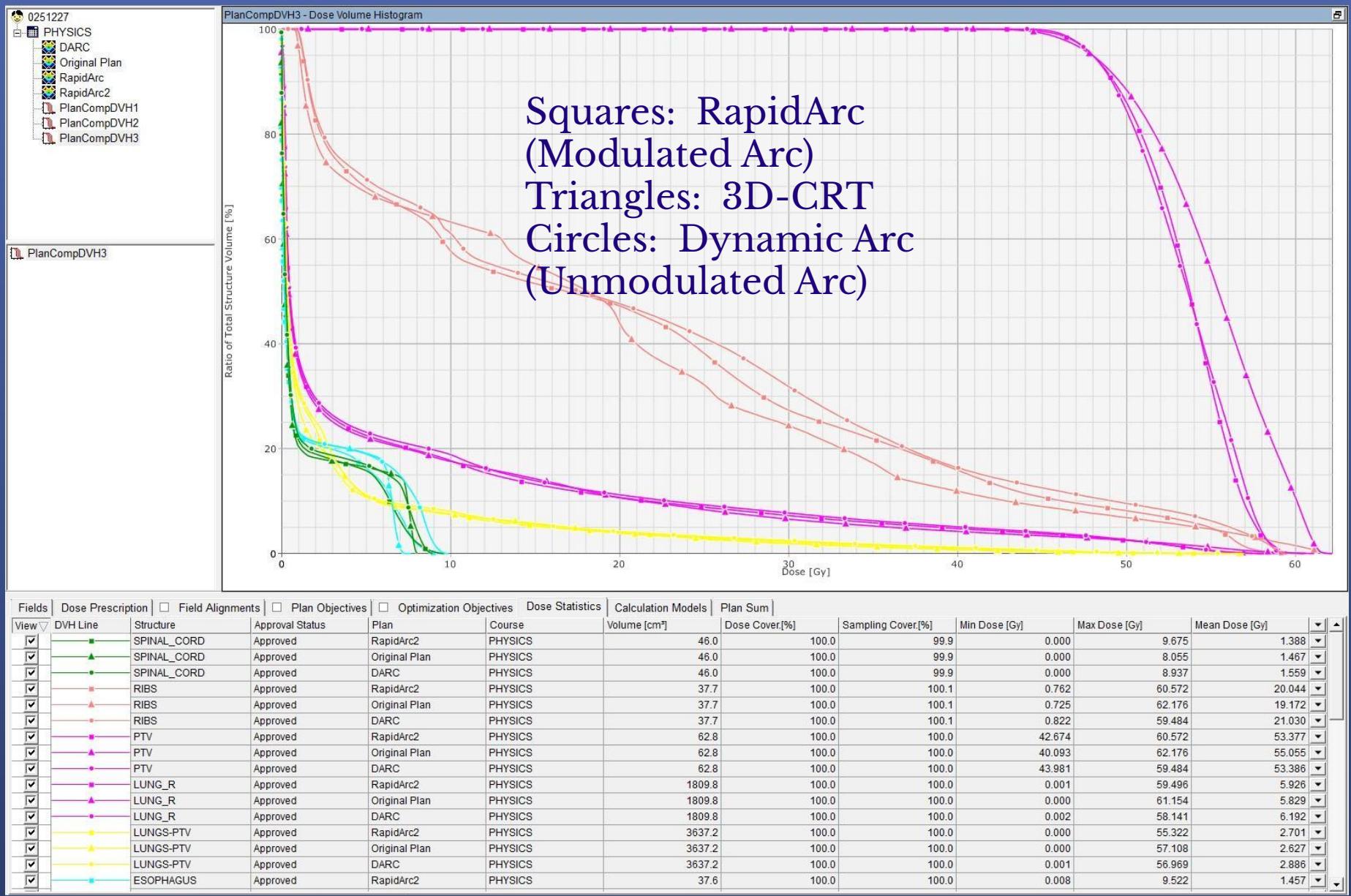


Rapidarc –  
3298 MU  
3D-CRT –  
2666 MU

# 3D-CRT vs. Dynamic Arc



Dynamic arc –  
2432MU  
3D-CRT – 2666  
MU



# Preguntas?

---

---

