

Diferentes tecnologías para IGRT. Control de calidad. Consideración en los planes de la radiación recibida por el uso de imágenes para simulación y control de posicionamiento de órganos (IGRT)

Edgardo Garrigó

Instituto de Radioterapia – Fundación Marie Curie, Córdoba

egarrigo@radioncologia-zunino.org



INSTITUTO DE RADIOTERAPIA
FUNDACIÓN MARIE CURIE

PROGRAMA DE EDUCACION CONTINUA
FUNDACION MARIE CURIE 2016-2017

**Curso de Actualización en
Protección Radiológica**

Radioterapia guiada por imágenes (IGRT)

Control de calidad & Dosis por imágenes

Radioterapia Adaptativa

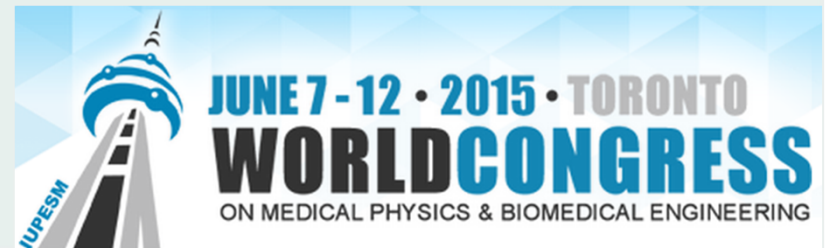
Daniel Venencia, PhD

Instituto de Radioterapia – Fundación Marie Curie, Córdoba, ARGENTINA

dvenencia@radioncologia-zunino.org



INSTITUTO DE RADIOTERAPIA
FUNDACIÓN MARIE CURIE



IGRT

Consiste en el uso de imágenes para guiar el tratamiento RT considerando incertidumbres de posicionamiento y cambios anatómicos

Características:

- Disponibilidad de equipos de alta calidad de imagen en la sala de tratamiento
- Capacidad de visualización del blanco o sustitutos (que infieran la localización del blanco)
- Protocolo de acción

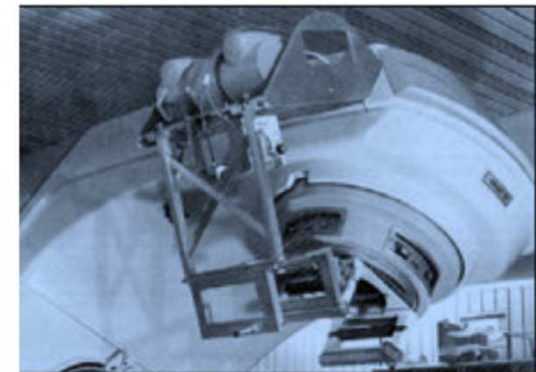
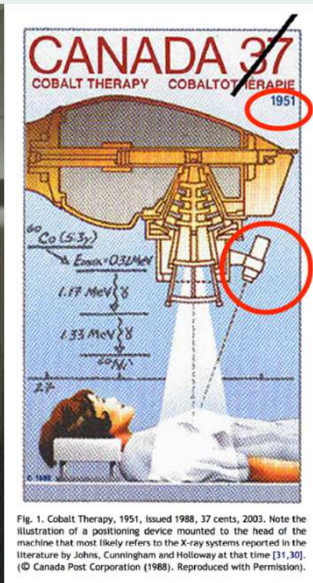
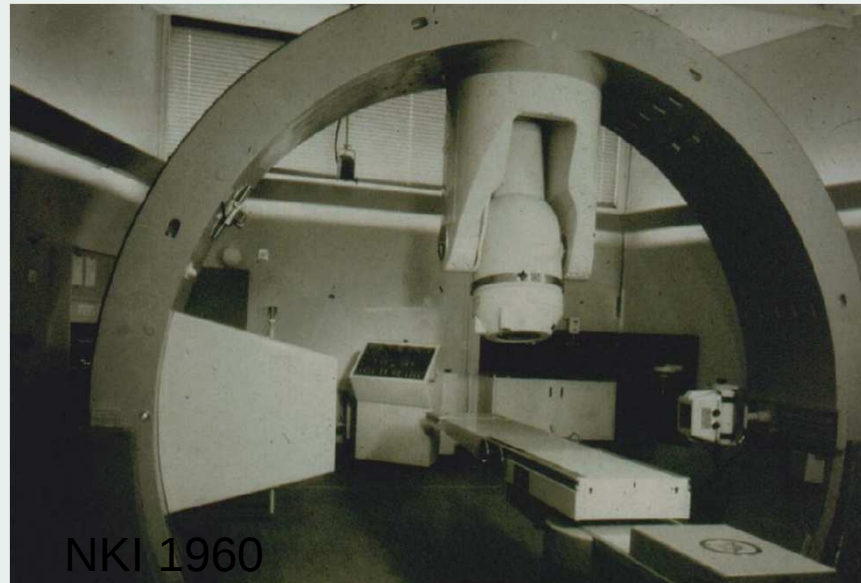


El uso de imágenes de rayos X de **kV** para verificación del posicionamiento del paciente no es nuevo!

Desde los 50'...

Porque no se adopto como un estándar en Radioterapia?

- Pobre calidad de imagen (tamaño de la fuente, baja sensibilidad de los films)
- Sistemas pioneros fueron en centros académicos que nunca alcanzaron la practica clínica
-

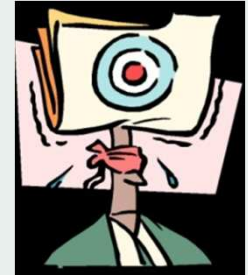


With a few exceptions: here, Biggs et al IJROBP 1985



INSTITUTO DE RADIOTERAPIA
FUNDACIÓN MARIE CURIE

IGRT



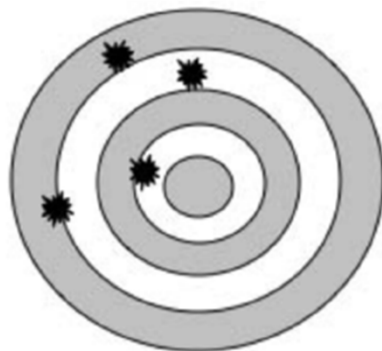
Consiste en el uso de imágenes para guiar el tratamiento RT considerando incertidumbres de posicionamiento y cambios anatómicos

- La entrega de distribuciones de dosis conformadas requiere un conocimiento **preciso** de la anatomía del paciente y su relación con el isocentro de tratamiento
- Radioterapia requiere un posicionamiento **exacto** para evitar efectos adversos o pérdida geográfica

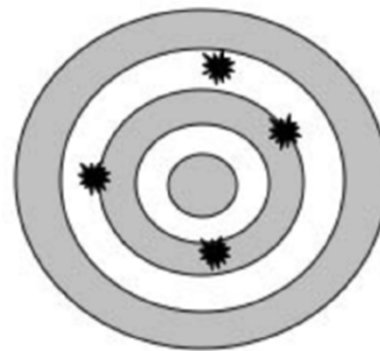
Precisión – Exactitud



Exactitud y Precisión



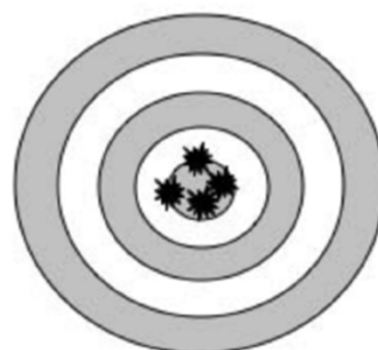
NO Exacto
NO Preciso



Exacto
NO Preciso

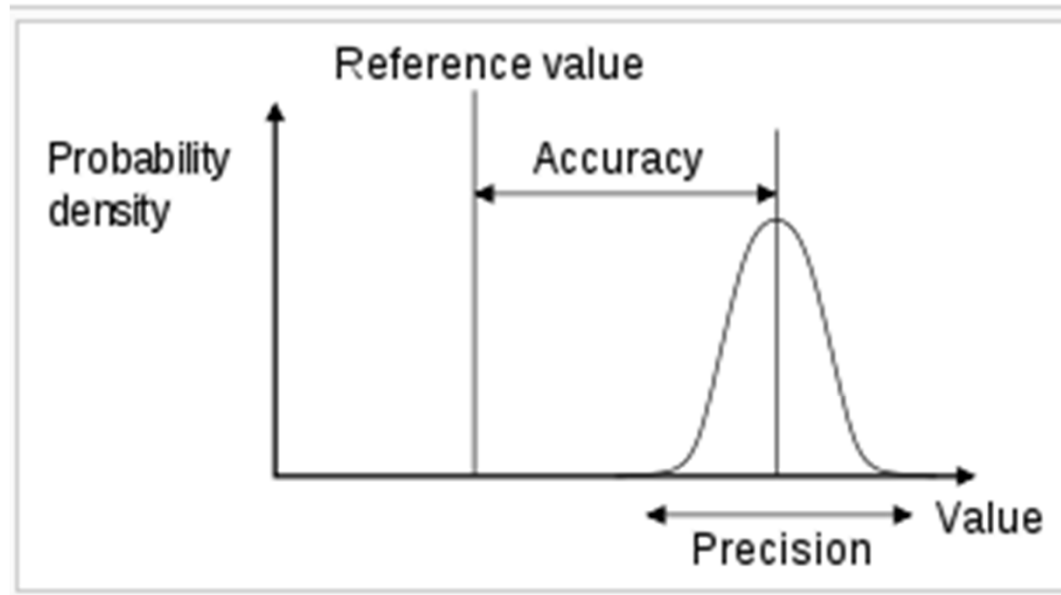


NO Exacto
Preciso



Exacto
Preciso

Exactitud y Precisión



Exactitud es la proximidad de una medida al valor verdadero

Precisión es la repetibilidad o reproducibilidad de una medida

Estrategias de IGRT

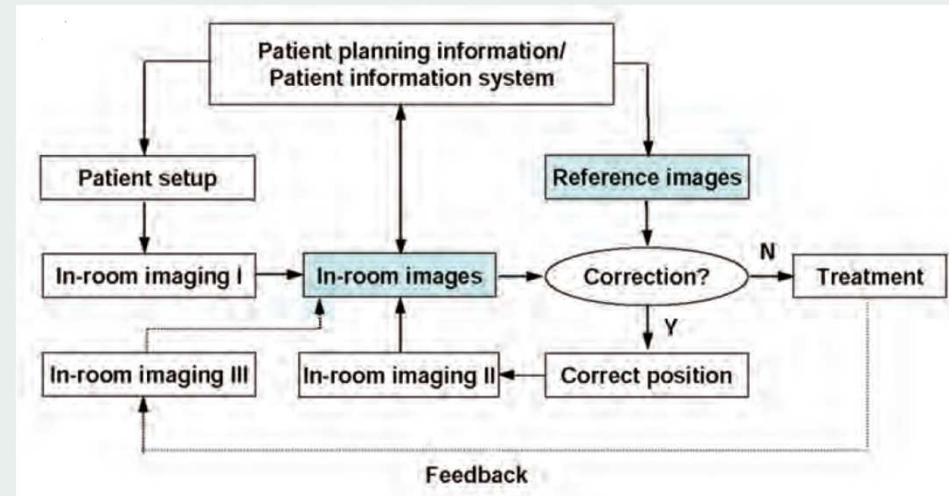


INSTITUTO DE RADIOTERAPIA
FUNDACIÓN MARIE CURIE

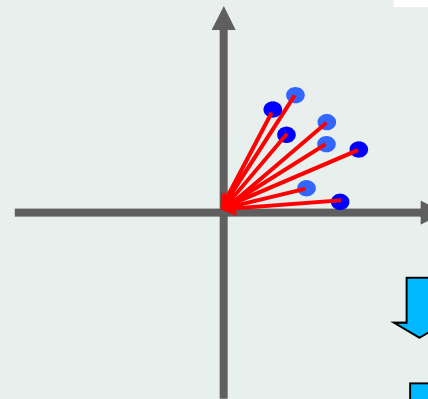
Estrategias de IGRT

On-line

- Basado en **Imágenes I** en la sala de tratamiento
- Siguen **Imágenes II** para confirmar los desplazamientos
- **Imágenes III** al finalizar el tratamiento para confirmar que la posición final del paciente



AAPM REPORT NO. 104



↓ Errores sistemáticos

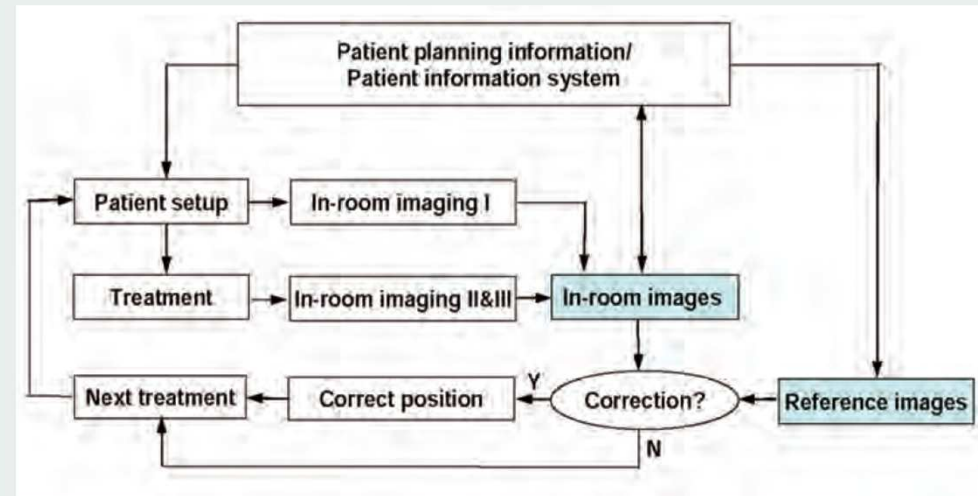
↓ Errores aleatorios



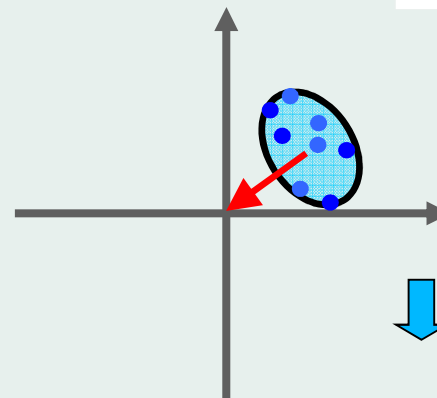
Estrategias de IGRT

Off-line

- **Imágenes** antes o después del tratamiento para capturar la posición del paciente
- Permite asistir a determinar correcciones si se descubre que la posición de tratamiento esta fuera de la tolerancia establecida



AAPM REPORT NO. 104



↓ Errores sistemáticos



INSTITUTO DE RADIOTERAPIA
FUNDACIÓN MARIE CURIE

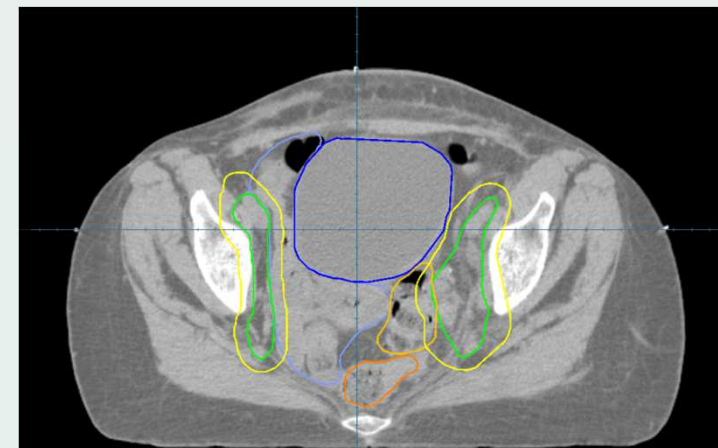
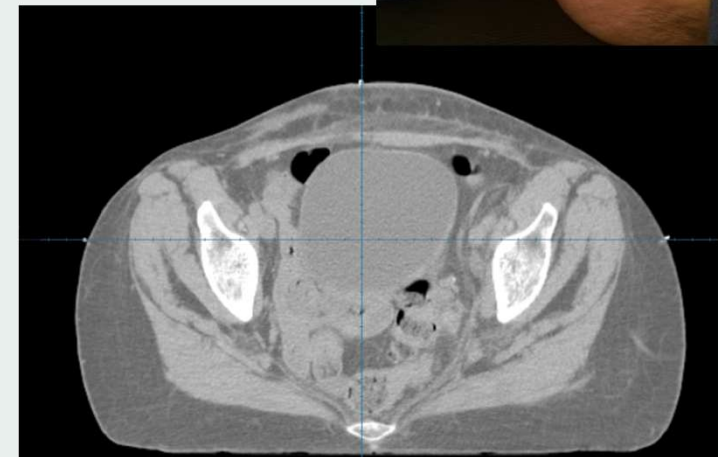
Posicionamiento tradicional en RT

- Paciente con marcas en piel (líneas y/o tatuajes) referidas a la TAC inicial de planificación
- Paciente es alineado a estas marcas cada día de tratamiento



Posicionamiento tradicional en RT

- Paciente con marcas en piel (líneas y/o tatuajes) referidas a la TAC inicial de planificación
- Paciente es alineado a estas marcas cada día de tratamiento
- **Marcas en TAC**
- **Contornos referidos a marcas en piel**



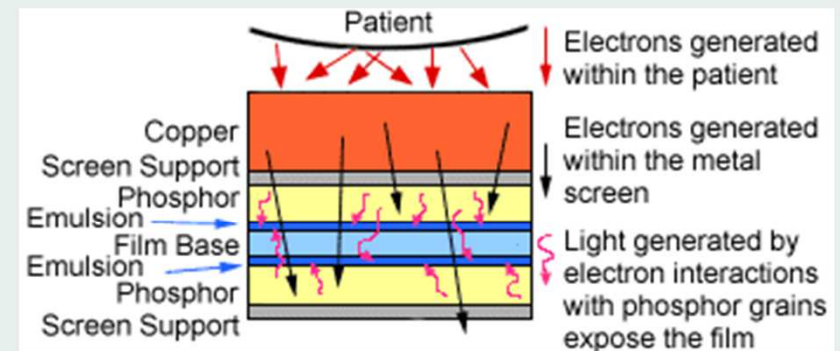
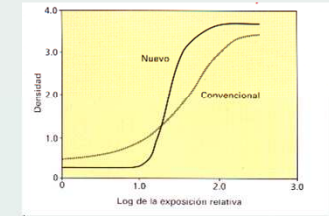
Posicionamiento tradicional en RT

- Paciente con marcas en piel (líneas y/o tatuajes) referidas a la TAC inicial de planificación
- Paciente es alineado a estas marcas cada día de tratamiento
- RX verificación - **PORTAL**

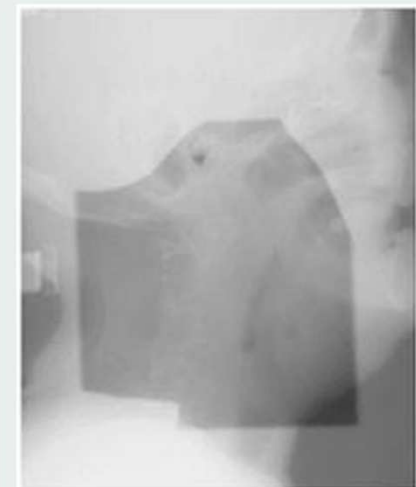


Posicionamiento tradicional en RT

- Paciente con marcas en piel (líneas y/o tatuajes) referidas a la TAC inicial de planificación
- Paciente es alineado a estas marcas cada día de tratamiento
- RX verificación - **PORTAL**



Conventional Film

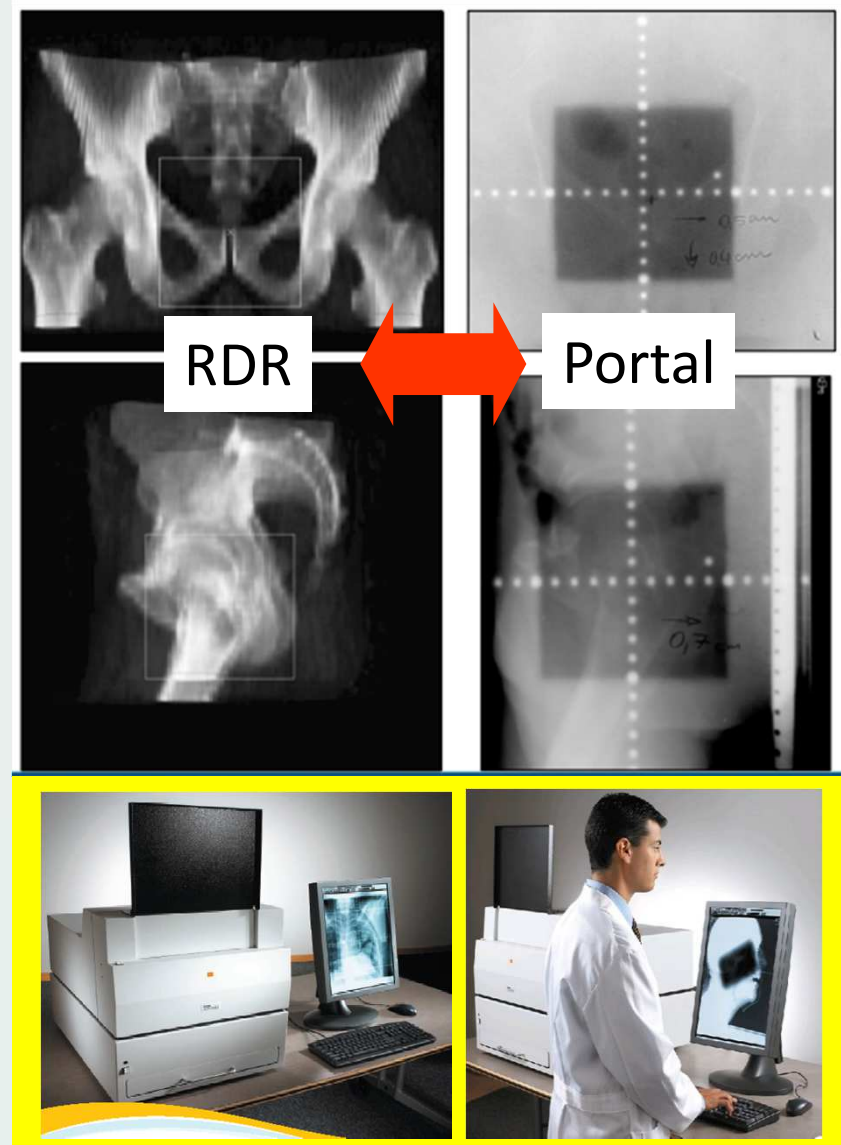


KODAK EC-L Film



Posicionamiento tradicional en RT

- Paciente con marcas en piel (líneas y/o tatuajes) referidas a la TAC inicial de planificación
- Paciente es alineado a estas marcas cada día de tratamiento
- RX verificación - **PORTAL**
- **CR** (computed radiography)



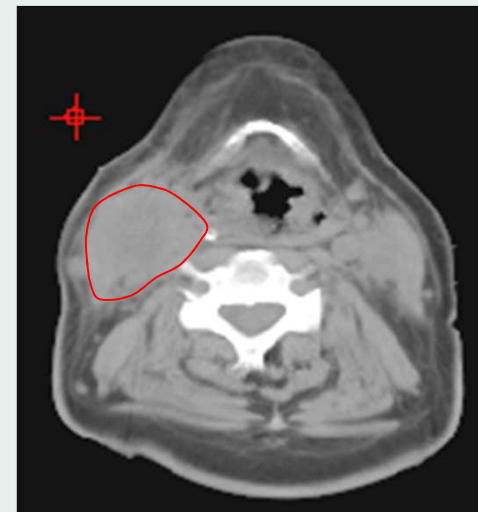
Posicionamiento tradicional en RT

- Marcas en TAC
- Contornos referidos a marcas en piel
- **NO es posible detectar cambios anatómicos durante el transcurso del tratamiento**

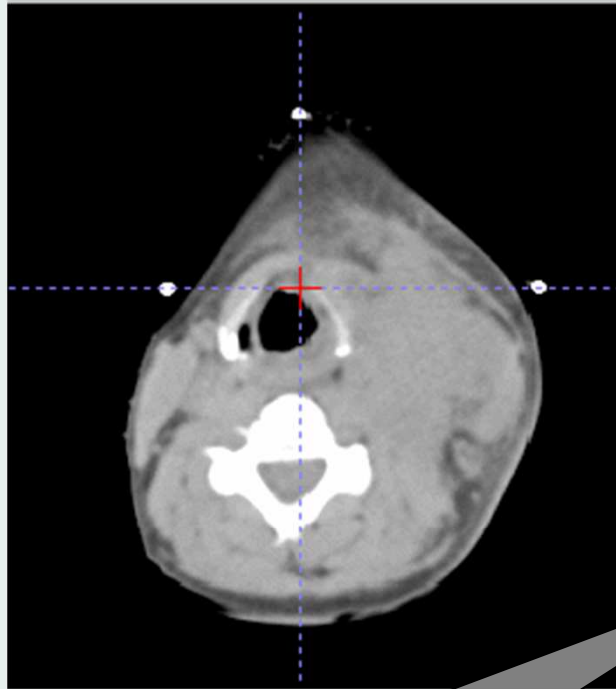
TAC planificación



TAC 3 semanas de tratamiento
RT



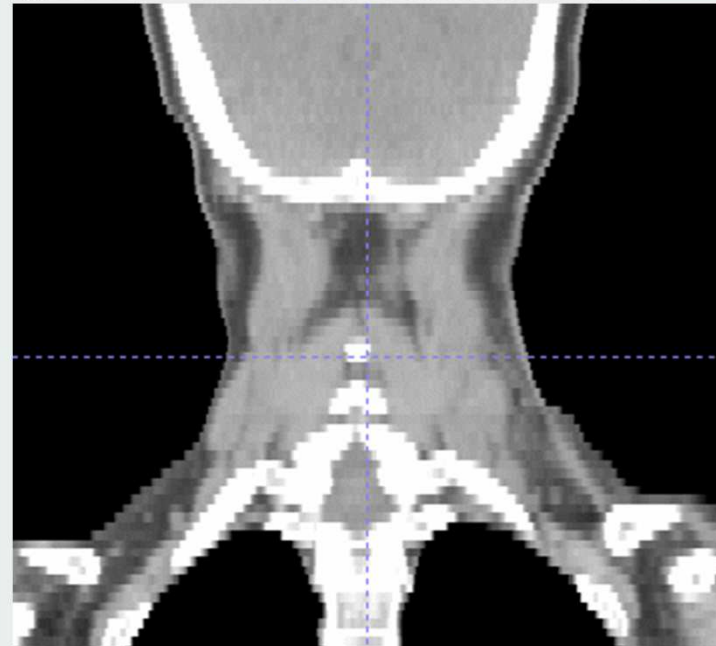
Incertezas de Setup en tratamiento de H&N



Dias transcurridos de RT

19 TAC adquiridas durante el curso del
tratamiento de H&N

Gentileza **Lei Dong**

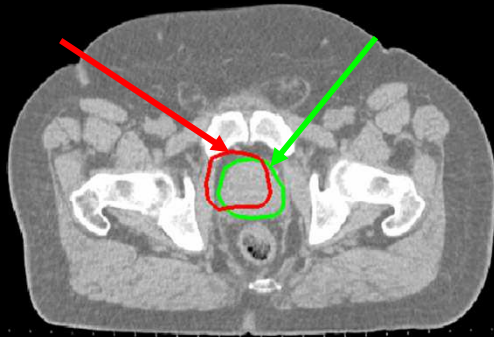


Próstata & Desplazamiento



INSTITUTO DE RADIOTERAPIA
FUNDACIÓN MARIE CURIE

Posicionamiento &
Marcas Piel



Posicionamiento &
Estructuras Oseas



Posicionamiento &
(Fiduciales & C. Beam)



Foskey, et al. 2005
Chandra et al, IJBOBP, 2004

Desplazamiento &
Deformación

Gentileza P. KUPELIAN

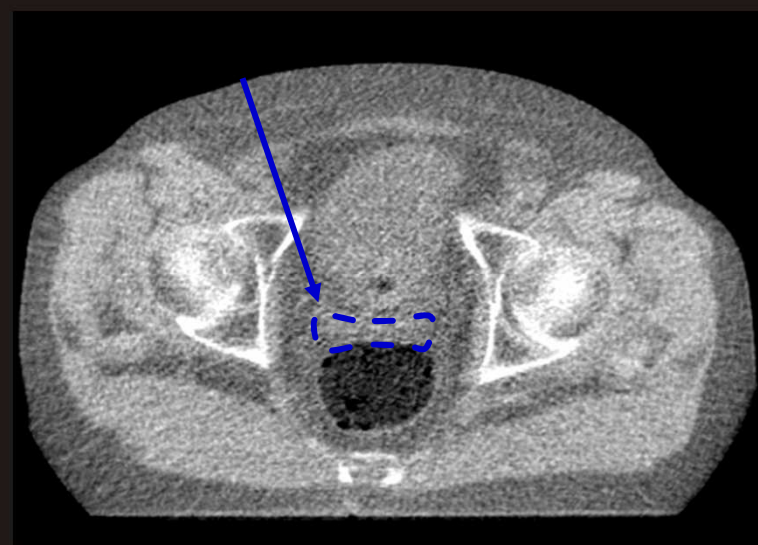
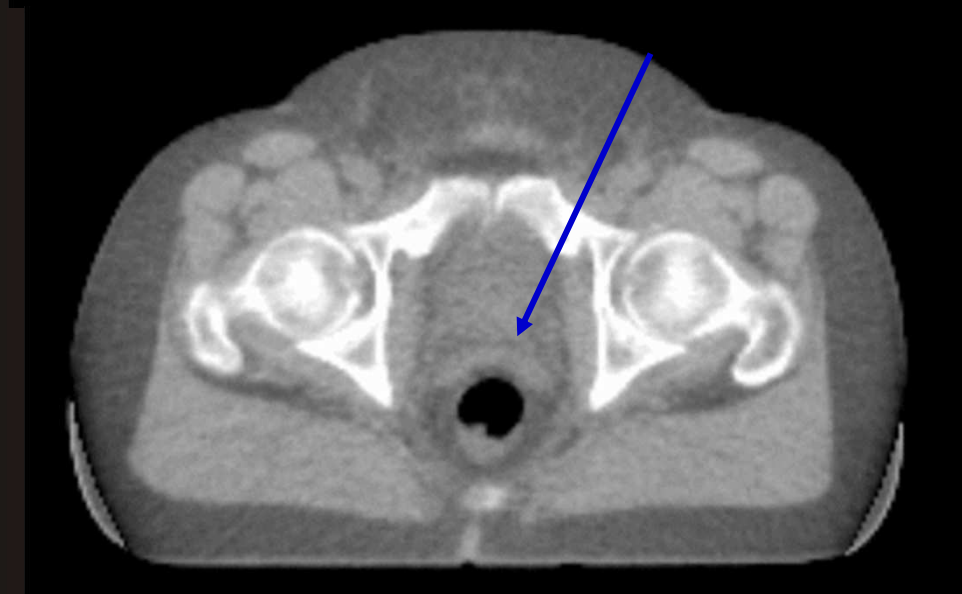
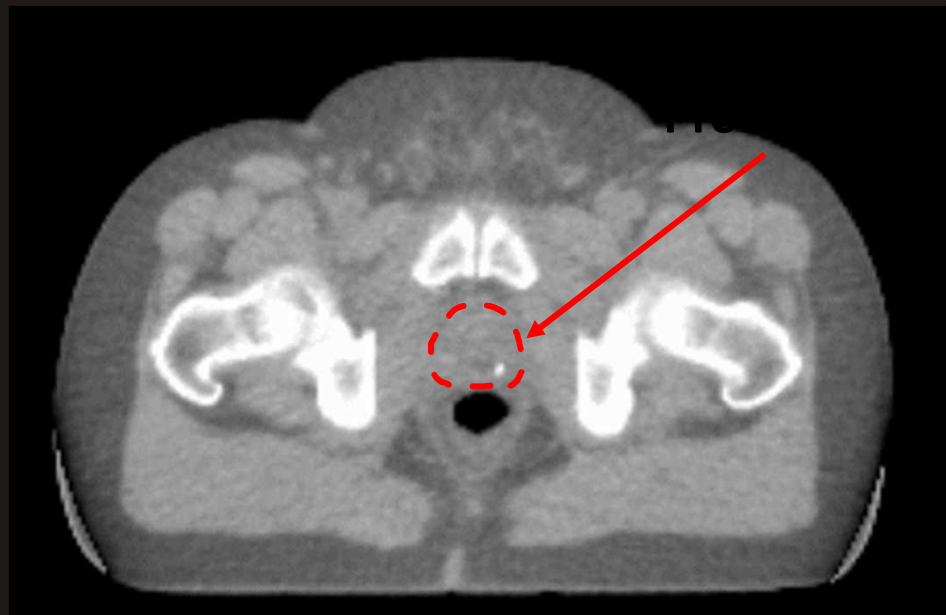
Inter-fracción
(día a día)

Intra-fracción
(durante RTE)

Variaciones anatómicas INTER-FRACCION: MVCTs Diario



INSTITUTO DE RADIOTERAPIA
FUNDACIÓN MARIE CURIE



Gentileza P. Kupelian

IGRT

- Entregar la dosis prescrita al volumen blanco
➡ **mayor repuesta**
- Reducir márgenes de PTV ajustado al GTV ó CTV
➡ **menor toxicidad**
- Herramienta para detectar cambios y realizar correcciones
- Uso adecuado de nuevas tecnologías de RT

- ☹ Mayor complejidad
- ☹ Dosis adicional
- ☹ Mayor carga de trabajo / Tiempo
- ☹ Infraestructura / Recursos



Tecnologías para IGRT



INSTITUTO DE RADIOTERAPIA
FUNDACIÓN MARIE CURIE

Tecnologías para IGRT

- Imagen portal electrónico MV (EPID)
- Rastreo óptico / video
- Imágenes radiográfica, fluoroscópica o estereoscópica de kV
- Fiduciales activos con rastreo por radiofrecuencia
- Ultrasonido con guía óptica
- TAC en sala de tratamiento
- kV Cone Beam CT (CBCT)
- MV Cone Beam CT
- MV CT
- Tecnologías combinadas
- Imágenes RNM



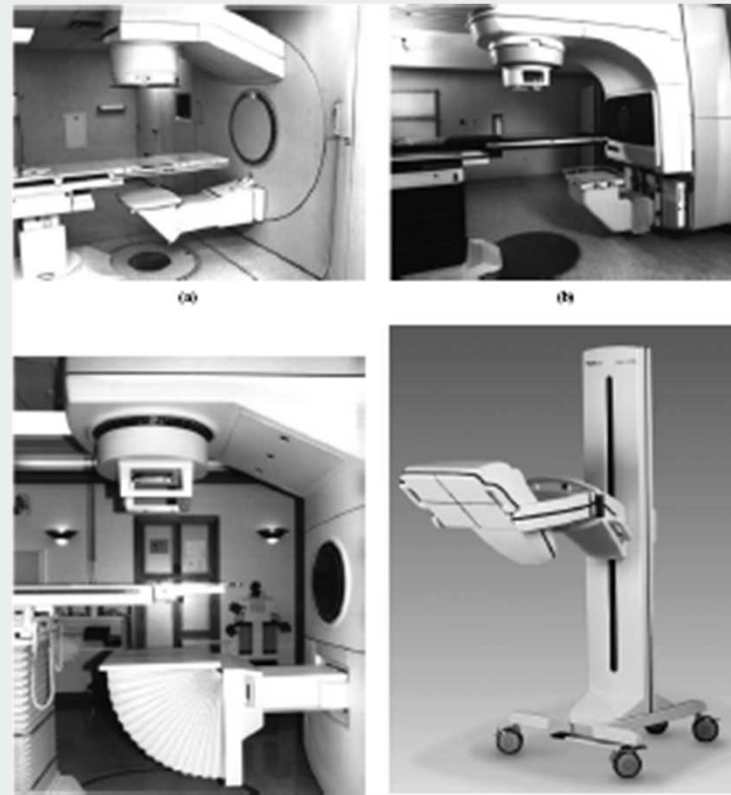
Tecnologías para IGRT

- **Imagen portal electrónico MV (EPID)**
 - Rastreo óptico / video
 - Imágenes radiográfica, fluoroscópica o estereoscópica de kV
 - Fiduciales activos con rastreo por radiofrecuencia
 - Ultrasonido con guía óptica
 - TAC en sala de tratamiento
 - kV Cone Beam CT (CBCT)
 - MV Cone Beam CT
 - MV CT
 - Tecnologías combinadas (Vero)
 - Imágenes RNM



Imagen portal electrónica (EPID)

- EPID basados en cámaras de TV
- EPID basados en cámaras de ionización
- EPID Silicio Amorfo



Electronic portal imaging devices: a review and historical perspective of contemporary technologies and research. Larry E Antonuk



Imagen portal electrónica (EPID)

- EPID basados en cámaras de TV

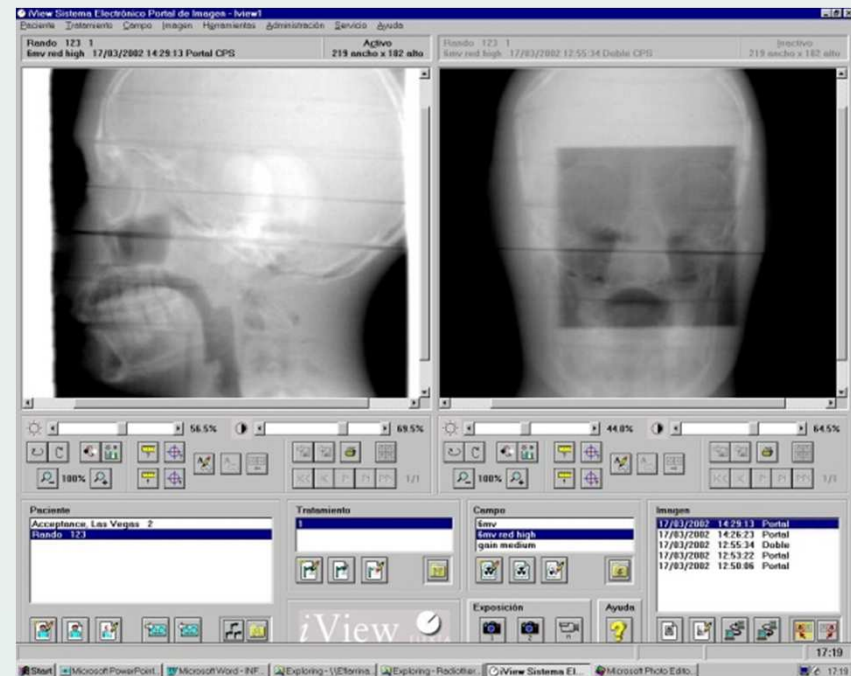
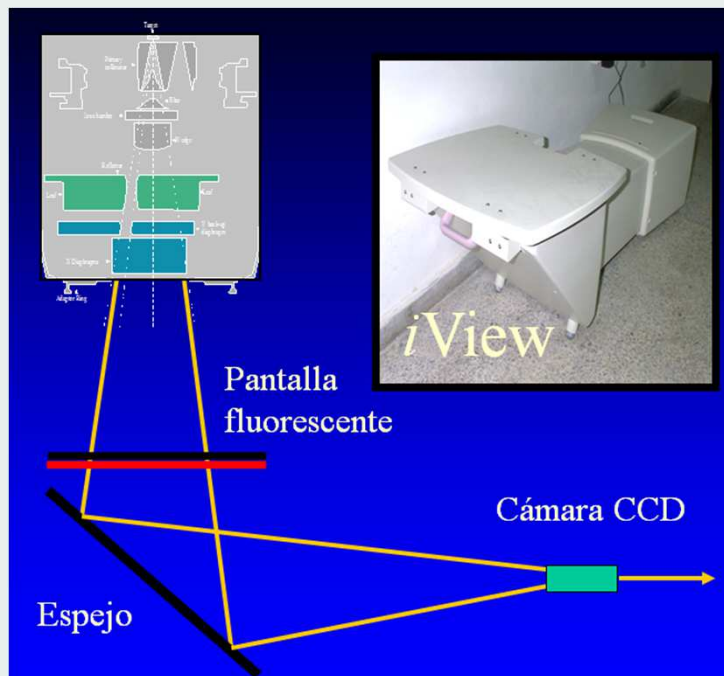


Imagen portal electrónica (EPID)

- EPID basados en cámaras de ionización

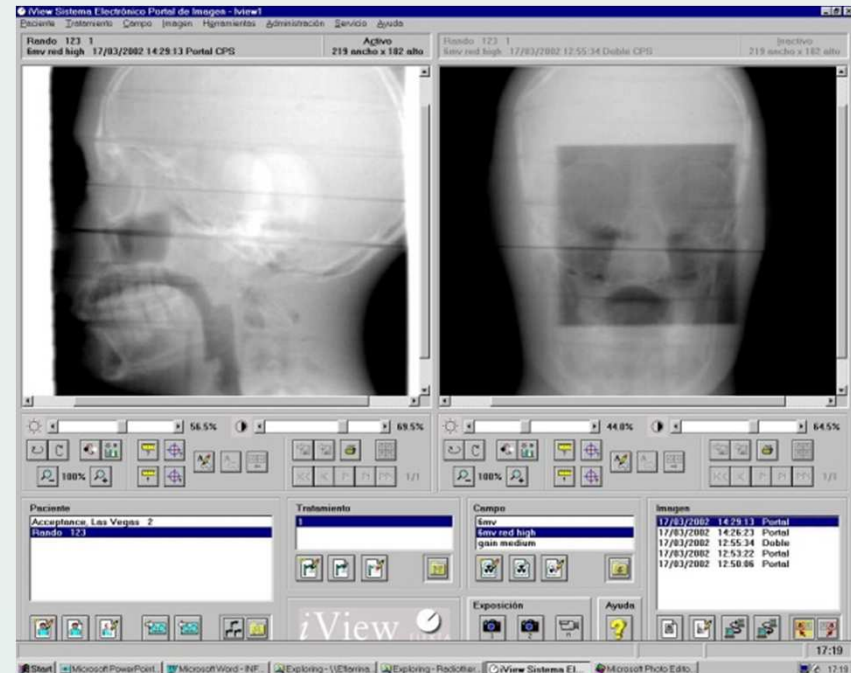
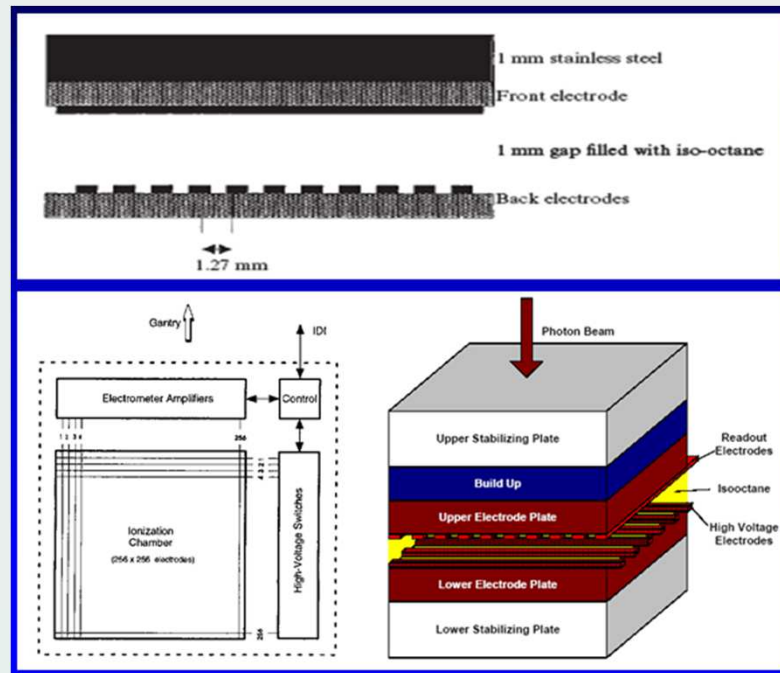
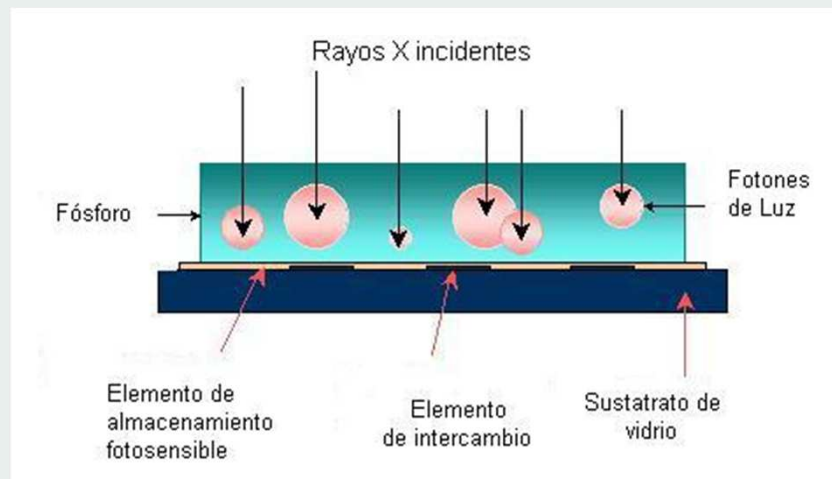


Imagen portal electrónica (EPID)

- EPID Silicio Amorfo



MV Detector Units

- DU2022 (aSi1000)
- 40cm (X axis) x 30cm (Y axis) active image area
- Full Resolution (pixel size = 0.39 mm)
 - 1024 x 768 pixels

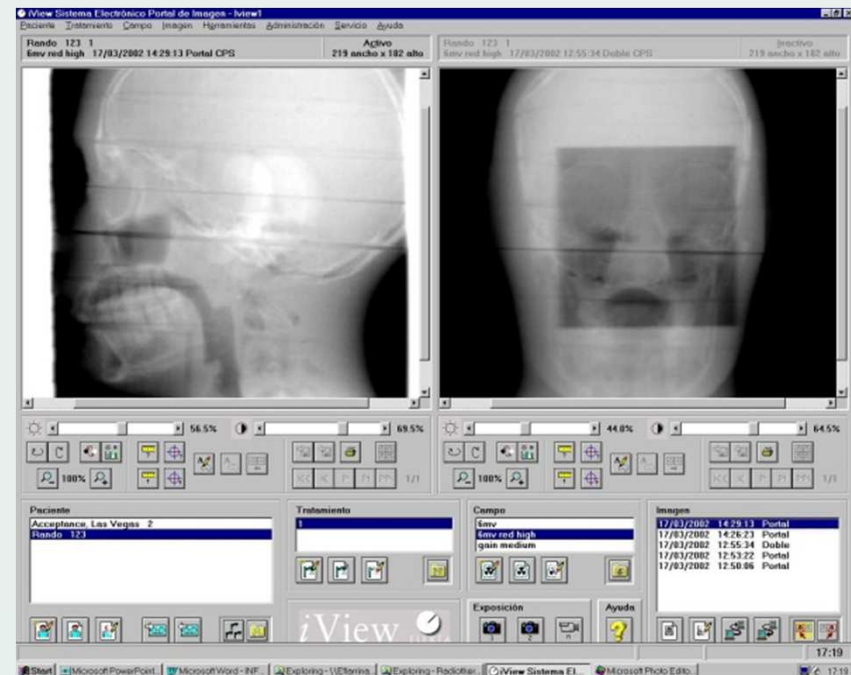
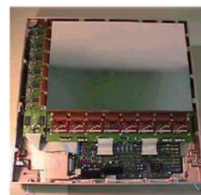
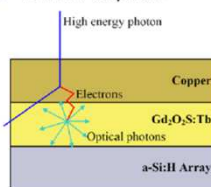


Imagen portal electrónica (EPID)

Clinical use of electronic portal imaging: Report of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group 58

Michael G. Herman^{a)}

Division of Radiation Oncology, Mayo Clinic, Rochester, Minnesota 5590

Med. Phys. 28 (5), May 2001



Varian Medical Systems - 40 Console version 10.2

Novato CA 94545 (C) 2013

14 Feb 2014

Clear Mode Up

Inactivate Field

Auto sequence mode

TUMOR 180E

Fraction: 17/30

IMRT Beam 1

IMRT Beam 2

IMRT Beam 3

IMRT Beam 4

IMRT Beam 5

IMRT Beam 6

IMRT Beam 7

IMRT Beam 8

2RX ANT - (planned)

2RX ANT

2RX LI - (planned)

2RX LI

Close Patient

Add Portal Image

Add Film

Create Field

Plan

Actual

Plan

Actual

Plan

Actual

Technique	Static	Static	Coll Rtn(deg)	0.0	0.0	MLC	
Energy (MV/MeV)	6X	6X	Field Y(cm)	19.0	19.0	Couch Vrt(cm)	-17.7
Dose Rate (MU/min)	300	300	Field X(cm)	19.0	19.0	Couch Lng(cm)	98.2
MU(MU)	5	5	Gantry Rtn(deg)	0.0	0.0	Couch Lat(cm)	+3.4
						Couch Rtn(deg)	0.0
Time(min)	0.01	0.10				SSD(cm)	
Tol. Table		T1				Imager Vrt(cm)	-50.0
EDW(deg)			Y1(cm)			Imager Lng(cm)	0.0
Accessory	NoAccy	NoAccy	Y2(cm)			Imager Lat(cm)	0.0
			X1(cm)				
			X2(cm)				

Show Setup Note...

Override

Acquire Actuals

Edit Plan

Undo Changes

Treatment Note

Help

Tools

Standby

AM

MLC

IMAGER

EXT

KEY

Start

Acquire an image

Verification Mode

Plan Tree

Image Gallery

Reference: 0.00deg ...

2RX ANT-11_6...

2RX ANT-11_1...

2RX ANT - (planned)

2RX ANT

2RX LI - (planned)

2RX LI

Acquire an image

Verification

2D Match

200D Match

Marker Match

Varian Medical Systems - 40 Console version 10.2

Novato CA 94545 (C) 2013

14 Feb 2014

Mode Up

Inactivate Field

Auto sequence mode

TUMOR 180E

Fraction: 17/30

IMRT Beam 1

IMRT Beam 2

IMRT Beam 3

IMRT Beam 4

IMRT Beam 5

IMRT Beam 6

IMRT Beam 7

IMRT Beam 8

2RX ANT - (planned)

2RX ANT

2RX LI - (planned)

2RX LI

Close Patient

Add Portal Image

Add Film

Create Field

Plan

Actual

Plan

Actual

Plan

Actual

Technique	Static	Static	Coll Rtn(deg)	0.0	0.0	MLC	
Energy (MV/MeV)	6X	6X	Field Y(cm)	19.0	19.0	Couch Vrt(cm)	-17.7
Dose Rate (MU/min)	300	300	Field X(cm)	19.0	19.0	Couch Lng(cm)	98.2
MU(MU)	5	5	Gantry Rtn(deg)	90.0	0.0	Couch Lat(cm)	+3.4
						Couch Rtn(deg)	0.0
Time(min)	0.01	0.10				SSD(cm)	
Tol. Table		T1				Imager Vrt(cm)	-50.0
EDW(deg)			Y1(cm)			Imager Lng(cm)	0.0
Accessory	NoAccy	NoAccy	Y2(cm)			Imager Lat(cm)	0.0
			X1(cm)				
			X2(cm)				

Show Setup Note...

Override

Acquire Actuals

Edit Plan

Undo Changes

Treatment Note

Help

Tools

Standby

MLC

AM

MLCWS IL

NO PLAN

EXT

RVP

PSN

MLC

Start

Acquire an image

Verification Mode

Plan Tree

Image Gallery

Reference: 90.00deg ...

2RX LI-12_6...

2RX LI-12_16...

2RX LI - (planned)

2RX LI

Acquire an image

Verification

2D Match

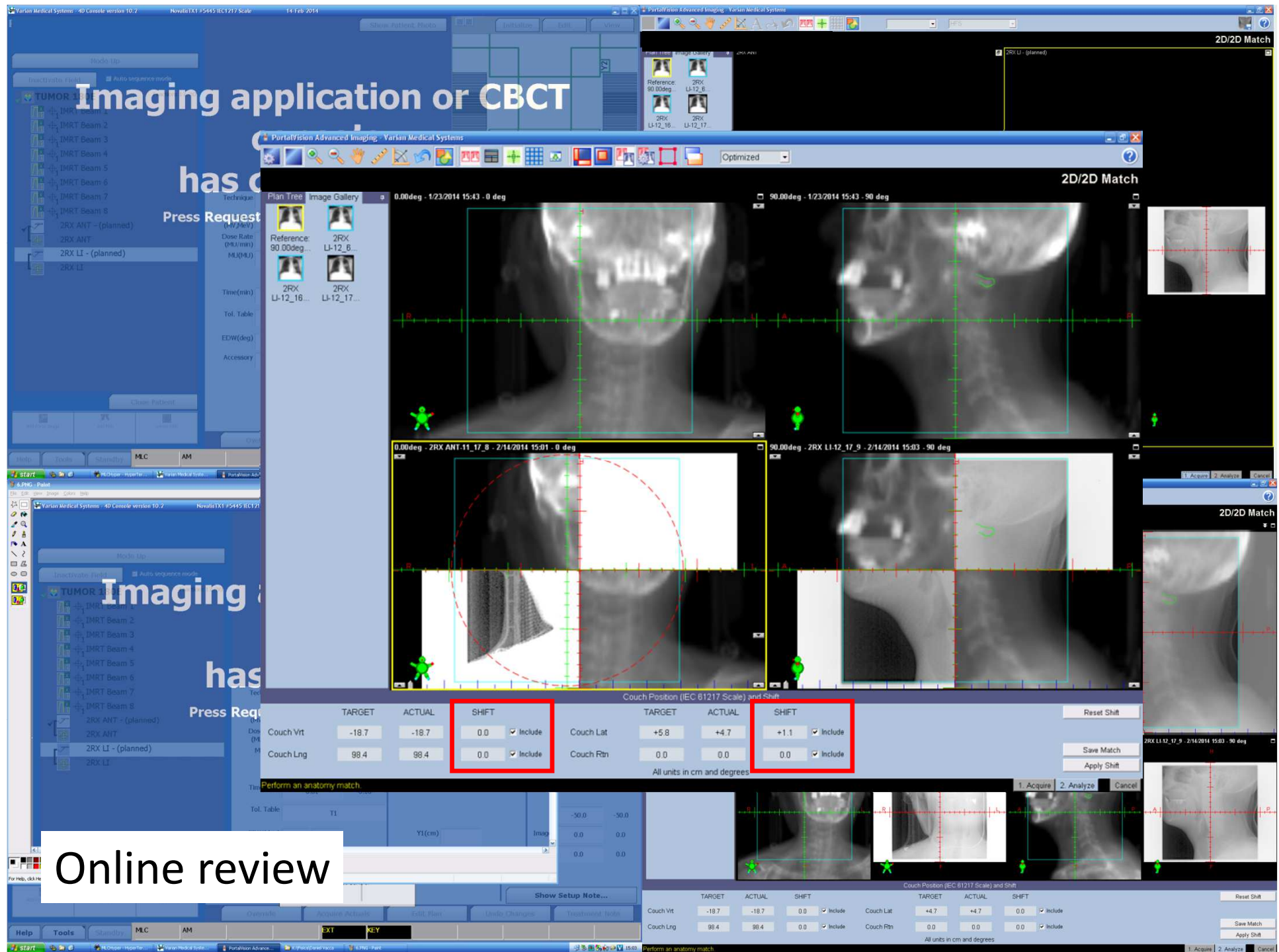
200D Match

Marker Match

Online review

has

Online review



Offline review

FUSION
basada en ROI

File Quick Links Edit View Insert Measure Matching Review Tools Help

Contrast PV high

0.00deg - RX LI-22_1_2 - 1/21/2014 14:39 - 90 deg

Field edge: Planned

0.00deg - 1/16/2014 18:30 - 0 deg

RX ANT-21_1_1 - 1/21/2014 14:38 - 0 deg

90.00deg - 1/16/2014 18:30 - 90 deg

RX LI-22_1_2 - 1/21/2014 14:39 - 90 deg

Field edge: Planned

R L H F

R L H F

A P H F

A P H F

Fri 1/17/2014 11:29	Mon 1/20/2014	Tue 1/21/2014 14:38	Wed 1/22/2014 18:28	Thu 1/23/2014 20:14	Fri 1/24/2014 08:00	Mon 1/27/2014 09:06	Tue 1/28/2014 07:58	Wed 1/29/2014 08:26	Thu 1/30/2014 07:53	Fri 1/31/2014 08:06	Mon 2/3/2014 08:28
*		*					*				⚠

⚠ 📋 👁 ⚠ ✓

◀ ▶

Offline review

FUSION
basada en ROI

File Quick Links Edit View Insert Measure Matching Review Tools Help

Contrast PV high

0.00deg - RX LI-22_1_2 - 1/21/2014 14:39 - 90 deg

Field edge: Planned

0.00deg - 1/16/2014 18:30 - 0 deg

RX ANT-21_1_1 - 1/21/2014 14:38 - 0 deg

90.00deg - 1/16/2014 18:30 - 90 deg

RX LI-22_1_2 - 1/21/2014 14:39 - 90 deg

Field edge: Planned

H R L F

H R L F

H R L F

H R L F

Fri 1/17/2014 11:29	Mon 1/20/2014	Tue 1/21/2014 14:38	Wed 1/22/2014 18:28	Thu 1/23/2014 20:14	Fri 1/24/2014 08:00	Mon 1/27/2014 09:06	Tue 1/28/2014 07:58	Wed 1/29/2014 08:26	Thu 1/30/2014 07:53	Fri 1/31/2014 08:06	Mon 2/3/2014 08:28
*		*					*				⚠

⚠ 📋 👁 ⚠ ✓

◀ ▶

anatomy match. Make sure that these regions reference and verification images.
Configure the automatic match.

Offline review

Change Request (Offline Matches)

Select Match Results for Change Request Calculation

Image Id	Plan Id	Source Rtn	Vrt [cm]	Lng [cm]	Lat [cm]	Rtn [deg]
☒ RX ANT-21_1_1 - RX ...	TUMOR	0 deg/90 deg	+0.3	+0.1	0.0	0.0

Select couch value calculation: ☐ Single Value ☒ Mean Value

☐ Use absolute couch values in patient alert

☒ Include IDs of selected images in patient alert

Change Request Values

Display date: Thursday, February 13, 2014

Calculated couch deltas:

Direction	Value	Unit
Vertical	+0.3	[cm]
Longitudinal	+0.1	[cm]
Lateral	0.0	[cm]
Rotation	0.0	[deg]

Couch delta to correct the patient:

Patient Alert:

Change Mode OK Cancel

Timeline: Fri 1/17/2014 11:29, Mon 1/20/2014, Tue 1/21/2014 14:38, Wed 1/22/2014 18:28, 20:14, 08:00, 09:06, 07:58, 08:26, 07:53, 08:06, 08:28

Tecnologías para IGRT

- Imagen portal electrónico MV (EPID)
- **Rastreo óptico / video**
- Imágenes radiográfica, fluoroscópica o estereoscópica de kV
- Fiduciales activos con rastreo por radiofrecuencia
- Ultrasonido con guía óptica
- TAC en sala de tratamiento
- kV Cone Beam CT (CBCT)
- MV Cone Beam CT
- MV CT
- Tecnologías combinadas (Vero)
- Imágenes RNM



Rastreo óptico

- Se utilizan fiduciales (esferas) con superficies reflectoras o emisoras
- Localización de las esferas relativa a la posición del isocentro
- Fiduciales son seguidos en tiempo real a través de una cámara (radiación infrarroja) que calcula in vivo la posición relativa

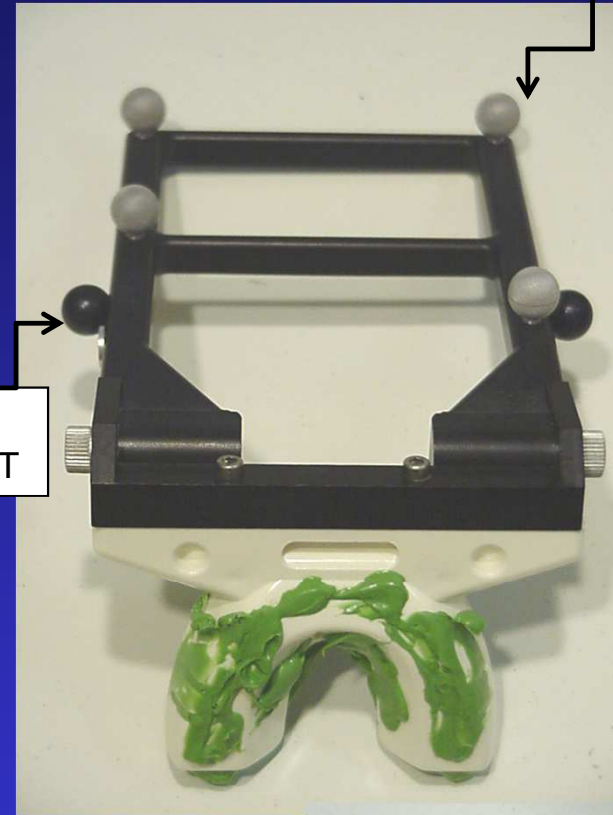


Componentes del sistema

- Impresión dental
- Reflectores infrarrojos
- Mascara / Marco

Esferas para
localización en CT

Esferas reflectantes
para localización en CT
y rastreo óptico



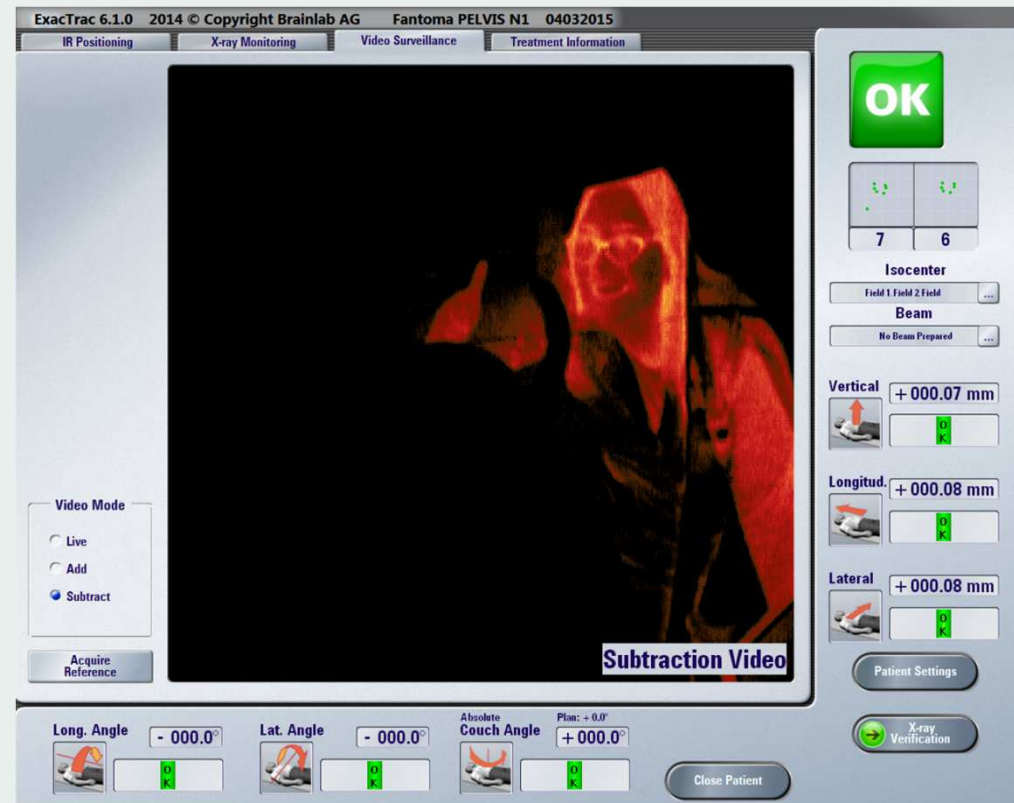
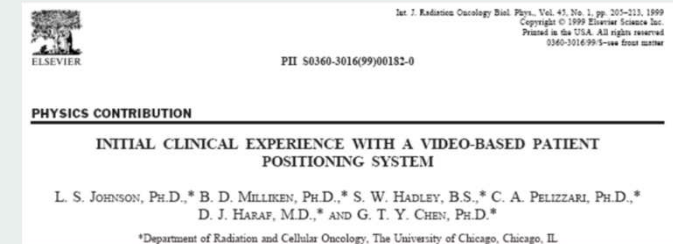
Tecnologías para IGRT

- Imagen portal electrónico MV (EPID)
- **Rastreo óptico / video**
- Imágenes radiográfica, fluoroscópica o estereoscópica de kV
- Fiduciales activos con rastreo por radiofrecuencia
- Ultrasonido con guía óptica
- TAC en sala de tratamiento
- kV Cone Beam CT (CBCT)
- MV Cone Beam CT
- MV CT
- Tecnologías combinadas (Vero)
- Imágenes RNM



Rastreo con video

- Imagen de video es adquirida como referencia
- Días subsecuentes se adquiere una imagen y se subtrae con la referencia
- Movimientos pueden ser corregidos
- No considera movimiento interno de órganos que no se reflejan externamente

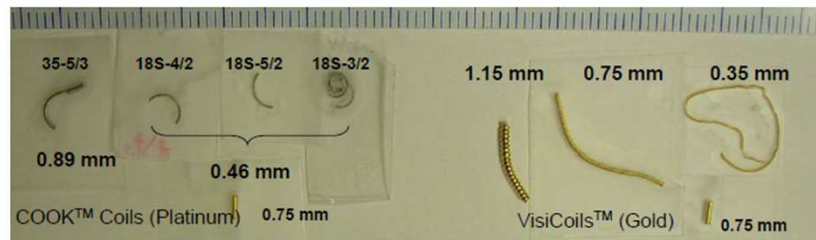


Tecnologías para IGRT

- Imagen portal electrónico MV (EPID)
- Rastreo óptico / video
- **Imágenes radiográfica, fluoroscópica o estereoscópica de kV**
- Fiduciales activos con rastreo por radiofrecuencia
- Ultrasonido con guía óptica
- TAC en sala de tratamiento
- kV Cone Beam CT (CBCT)
- MV Cone Beam CT
- MV CT
- Tecnologías combinadas (Vero)
- Imágenes RNM



Imágenes radiográfica, fluoroscópica o estereoscópica de kV



Luis Fong, Mayo Clinic

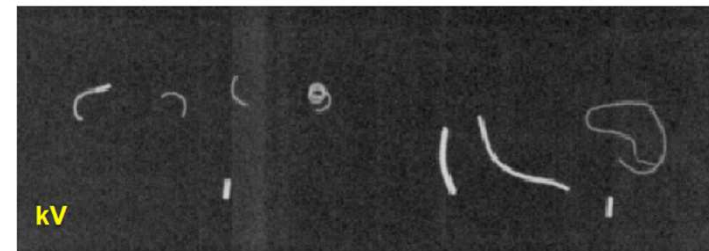
MV Image

6 MV
6 MU
400 MU/min



kV Image

75 kV
80 mA
40 ms

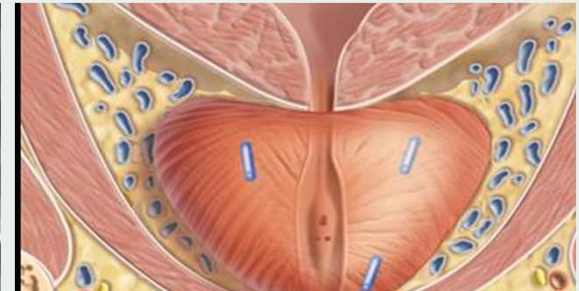
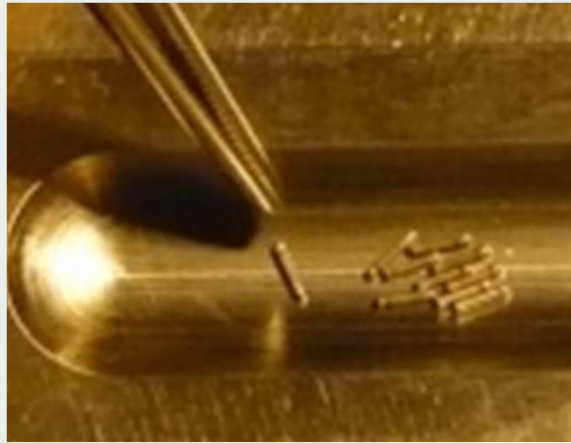


- Permite visualización anatómica de alto contraste y/o fiduciales



Implante de 4-5 marcadores fiduciales en próstata

Tiempo ½: 30 minutos

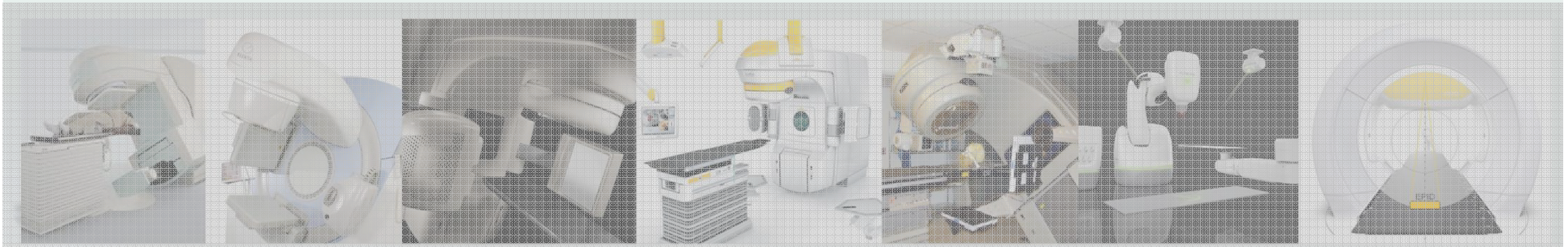


Tecnologías para IGRT

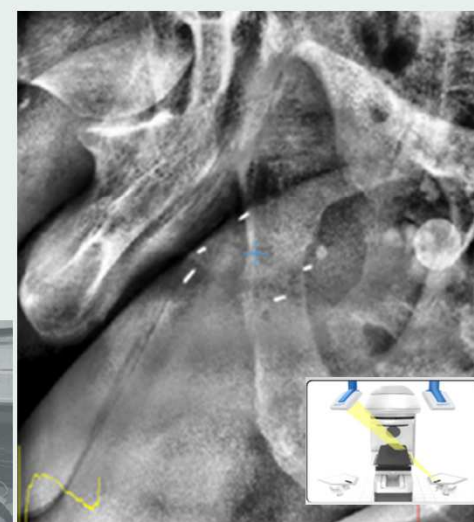
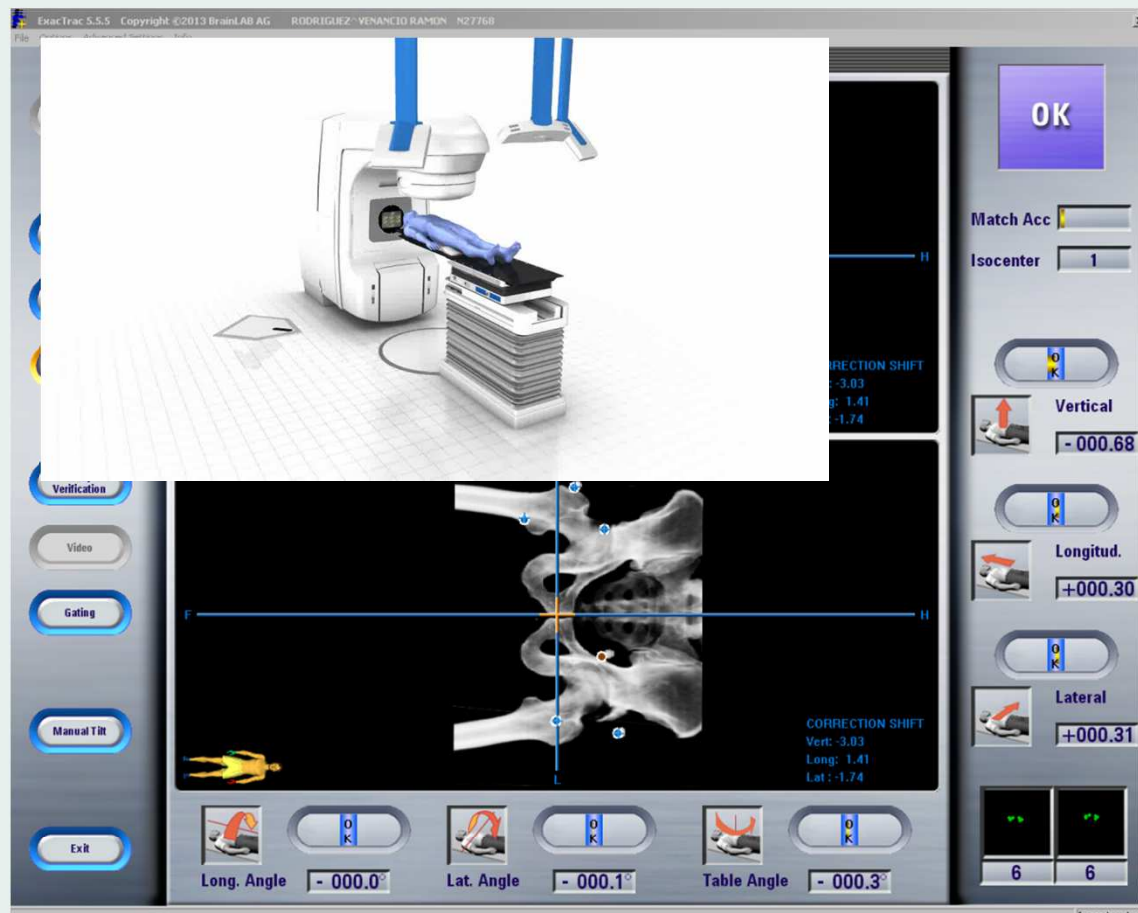
- Imagen portal electrónico MV (EPID)
- Rastreo óptico / video
- **Imágenes radiográfica, fluoroscópica o estereoscópica de kV**
- Fiduciales activos con rastreo por radiofrecuencia
- Ultrasonido con guía óptica
- TAC en sala de tratamiento
- kV Cone Beam CT (CBCT)
- MV Cone Beam CT
- MV CT
- Tecnologías combinadas (Vero)
- Imágenes RNM
- **ExacTrac**
- Cyberknife



- Imágenes radiográfica, fluoroscópica o estereoscópica de kV



- Imágenes radiográfica, fluoroscópica o estereoscópica de kV



INSTITUTO DE RADIOTERAPIA
FUNDACIÓN MARIE CURIE

Tecnologías para IGRT

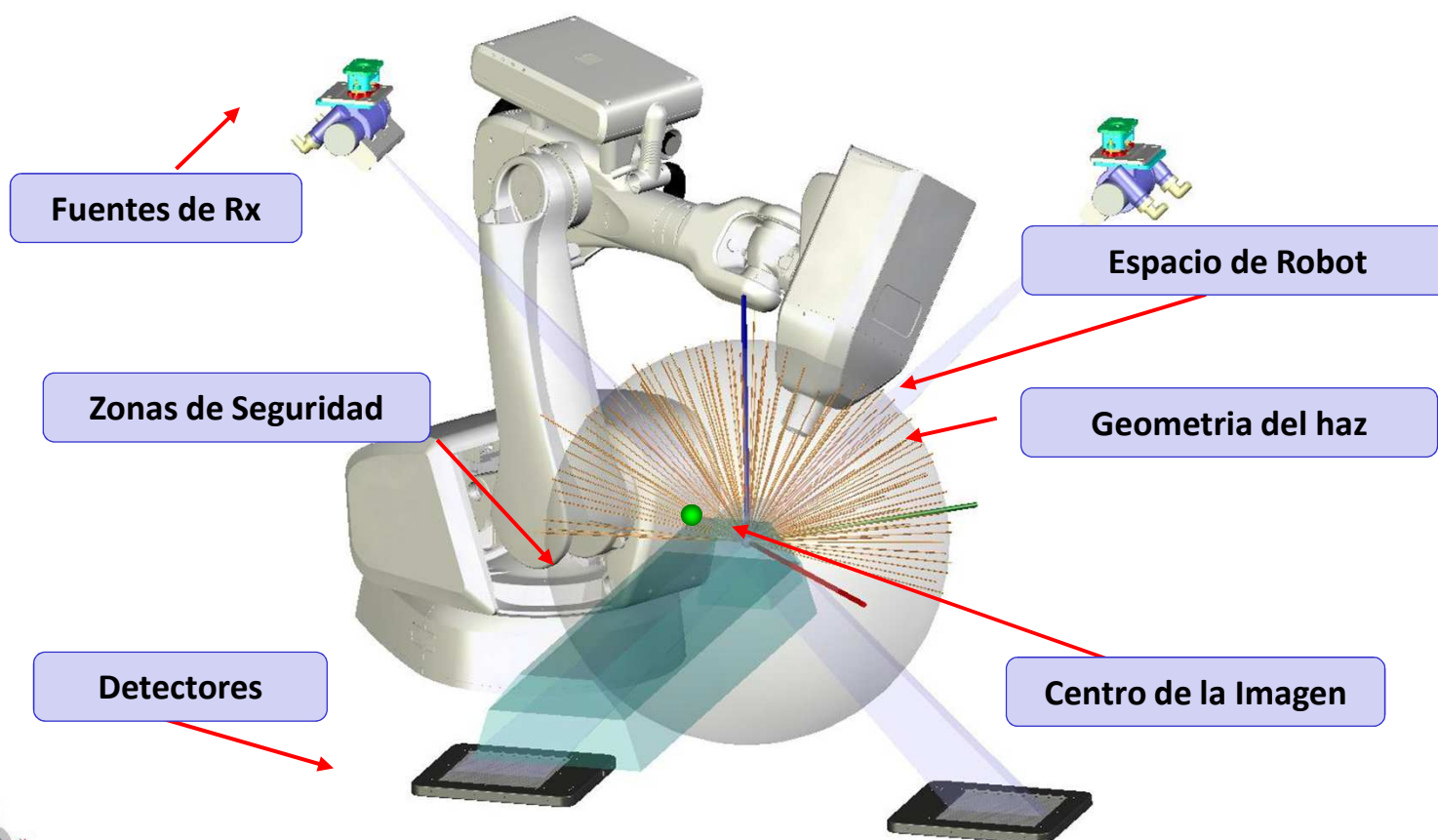
- Imagen portal electrónico MV (EPID)
- Rastreo óptico / video
- **Imágenes radiográfica, fluoroscópica o estereoscópica de kV**
- Fiduciales activos con rastreo por radiofrecuencia
- Ultrasonido con guía óptica
- TAC en sala de tratamiento
- kV Cone Beam CT (CBCT)
- MV Cone Beam CT
- MV CT
- Tecnologías combinadas (Vero)
- Imágenes RNM
- **ExacTrac**
- **Cyberknife**



Imágenes kV Cyberknife



Luis Carlos Medina
Bucaramanga, Colombia



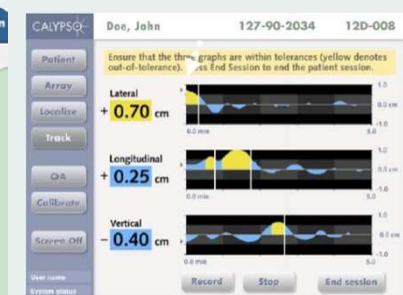
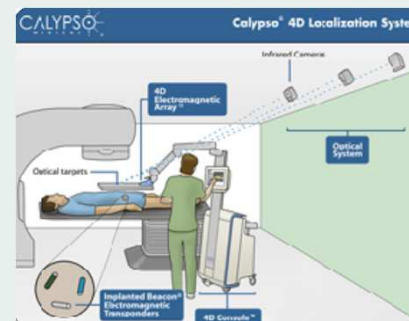
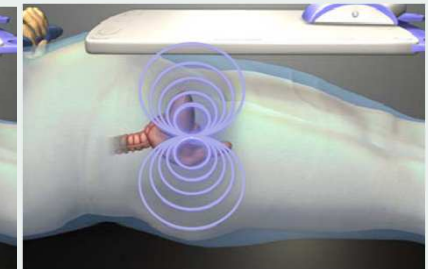
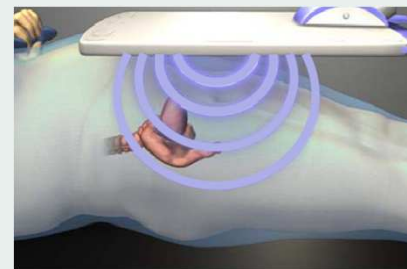
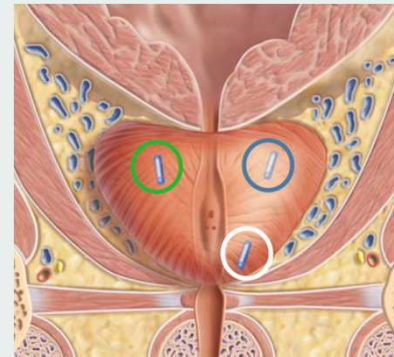
Tecnologías para IGRT

- Imagen portal electrónico MV (EPID)
- Rastreo óptico / video
- Imágenes radiográfica, fluoroscópica o estereoscópica de kV
- **Fiduciales activos con rastreo por radiofrecuencia**
- Ultrasonido con guía óptica
- TAC en sala de tratamiento
- kV Cone Beam CT (CBCT)
- MV Cone Beam CT
- MV CT
- Tecnologías combinadas (Vero)
- Imágenes RNM



Fiduciales activos con rastreo por radiofrecuencia

- Bobinas implantadas
- Identificadas en la TAC y se calcula posición relativa a la TAC
- En tratamiento se determina la posiciones por excitación con pulso electromagnético de las bobinas relativas al isocentro
- Posición en tiempo real
- Exactitud sub-milimétrica



Toufik Djemil, PhD
AAPM 2012



INSTITUTO DE RADIOTERAPIA
FUNDACIÓN MARIE CURIE

Tecnologías para IGRT

- Imagen portal electrónico MV (EPID)
- Rastreo óptico / video
- Imágenes radiográfica, fluoroscópica o estereoscópica de kV
- Fiduciales activos con rastreo por radiofrecuencia
- **Ultrasonido con guía óptica**
- TAC en sala de tratamiento
- kV Cone Beam CT (CBCT)
- MV Cone Beam CT
- MV CT
- Tecnologías combinadas (Vero)
- Imágenes RNM



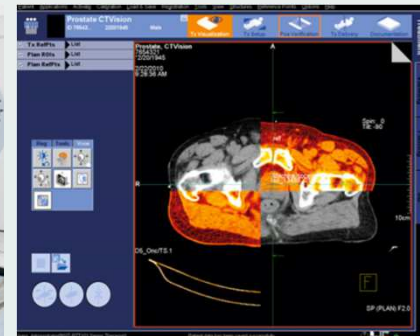
Tecnologías para IGRT

- Imagen portal electrónico MV (EPID)
- Rastreo óptico / video
- Imágenes radiográfica, fluoroscópica o estereoscópica de kV
- Fiduciales activos con rastreo por radiofrecuencia
- Ultrasonido con guía óptica
- **TAC en sala de tratamiento**
 - kV Cone Beam CT (CBCT)
 - MV Cone Beam CT
 - MV CT
 - Tecnologías combinadas (Vero)
 - Imágenes RNM



TAC en sala (CT en rieles)

- Procedimiento
 - Carga paciente para tratamiento
 - Se realiza inmovilización y posicionamiento
 - Se colocan marcas radiopacas
 - Se rota (o desplaza) la mesa de tratamiento (imagen)
 - Se realiza TAC y fusión con TAC de planificación
 - Se rota la mesa y se aplican desplazamientos calculados
 - Tratamiento



Tecnologías para IGRT

- Imagen portal electrónico MV (EPID)
- Rastreo óptico / video
- Imágenes radiográfica, fluoroscópica o estereoscópica de kV
- Fiduciales activos con rastreo por radiofrecuencia
- Ultrasonido con guía óptica
- TAC en sala de tratamiento
- **kV Cone Beam CT (kV-CBCT)**
- **MV Cone Beam CT**
- **MV CT**
- Tecnologías combinadas (Vero)
- Imágenes RNM



Tecnologías para IGRT

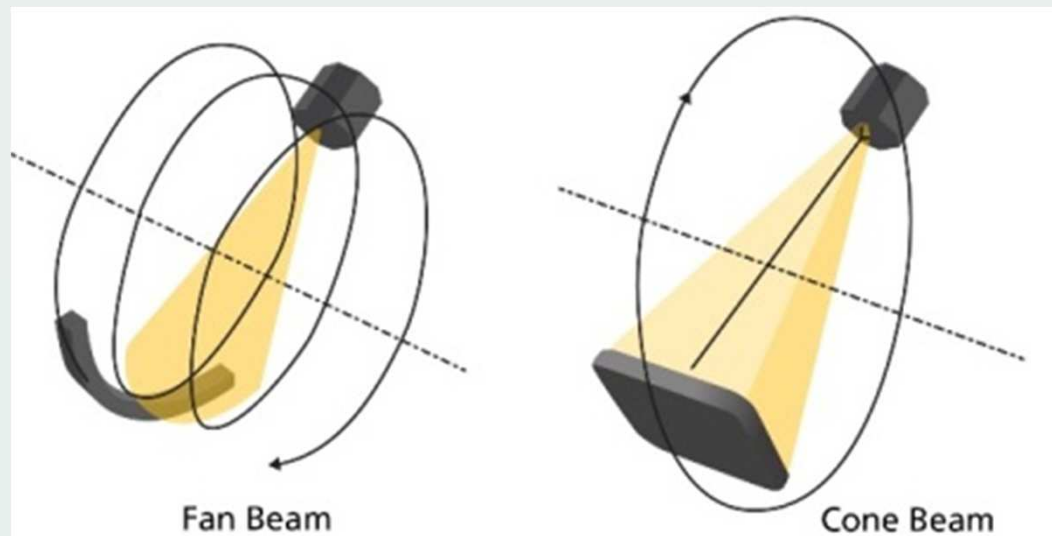
- Cone Beam vs. Fan Beam CT - kV

- **Fan Beam (Detector 1D)**

- Múltiples rotaciones gantry
 - Múltiples posiciones de mesa
 - Múltiples cortes

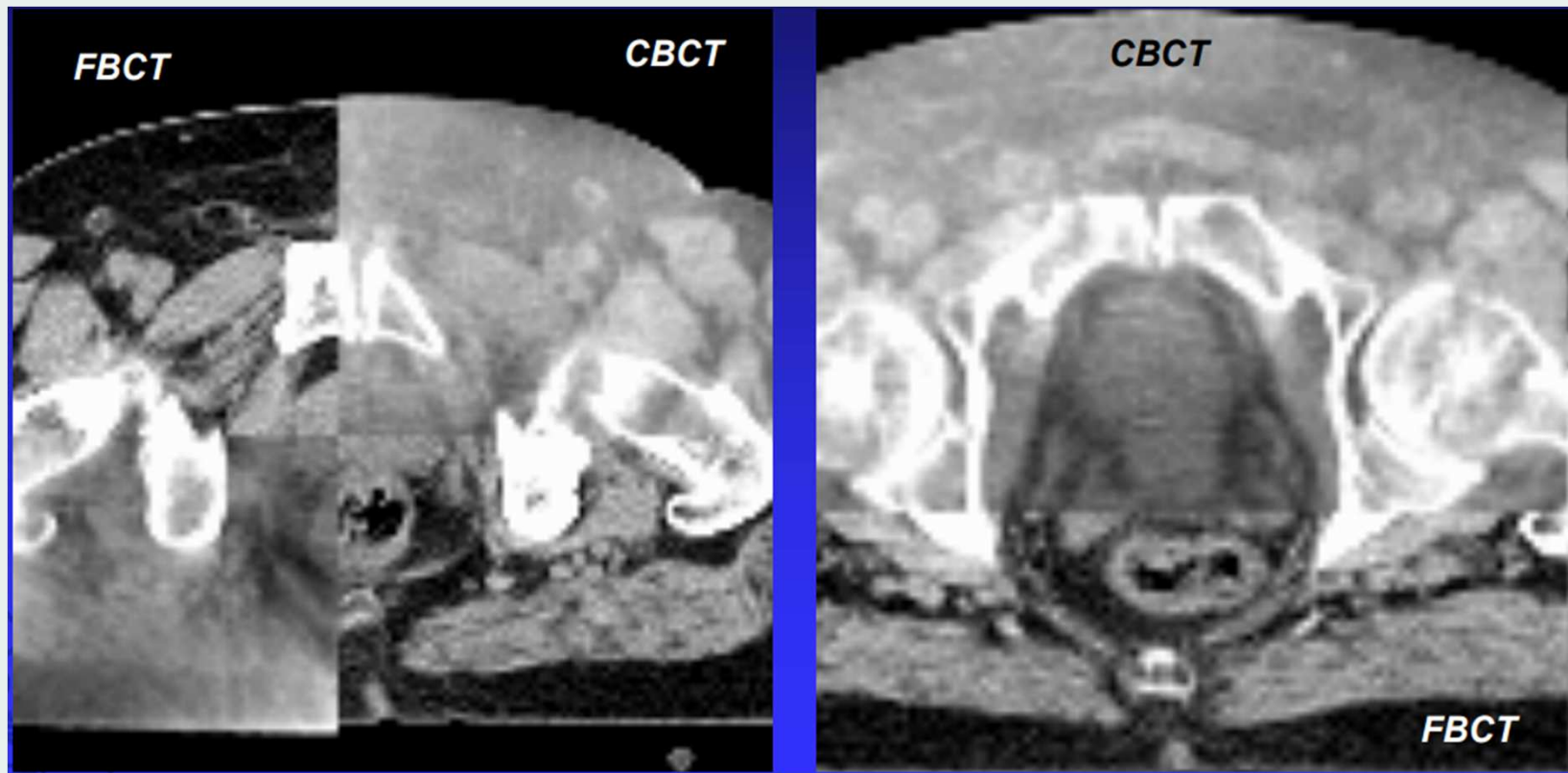
- **Cone Beam (Detector 2D)**

- Una rotación de gantry
 - Múltiples proyecciones
 - Sin movimiento de mesa
 - Adquisición 0.5 a 2min
 - No diagnostico



Tecnologías para IGRT

- Cone Beam vs. Fan Beam CT - kV



J.J. Sonke NKI, AAPM 2011



INSTITUTO DE RADIOTERAPIA
FUNDACIÓN MARIE CURIE

Tecnologías para IGRT

- Imagen portal electrónico MV (EPID)
- Rastreo óptico / video
- Imágenes radiográfica, fluoroscópica o estereoscópica de kV
- Fiduciales activos con rastreo por radiofrecuencia
- Ultrasonido con guía óptica
- TAC en sala de tratamiento
- **kV Cone Beam CT (kV-CBCT)**
- MV Cone Beam CT
- MV CT
- Tecnologías combinadas (Vero)
- Imágenes RNM



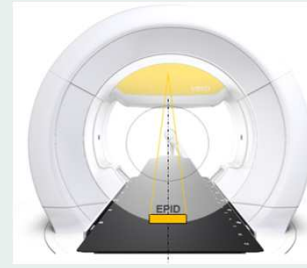
kV Cone Beam CT

- kV-CBCT
 - Equipos disponibles comercialmente

AAPM TG-179

TABLE I. Commercially available CT-based IGRT systems.

Make and model		Elekta XVI	Varian On-Board Imager	Siemens Arteis
Imaging configuration		kV-CBCT	kV-CBCT	MV-CBCT
Field of view		$50 \times 50 \times 25.6$	$45 \times 45 \times 17$	$40 \times 40 \times 27.4$
Correction method	Translation	Automatic couch motion	Automatic couch motion	Automatic couch motion
	Rotation	Optional	None	None
Geometric accuracy		Submillimeter	Submillimeter	Submillimeter
Dose (cGy)		0.1–3.5	0.2–2.0	3–10
Image acquisition and reconstruction time		2 min	1.5 min	1.5 min



Tecnologías para IGRT

- Imagen portal electrónico MV (EPID)
- Rastreo óptico / video
- Imágenes radiográfica, fluoroscópica o estereoscópica de kV
- Fiduciales activos con rastreo por radiofrecuencia
- Ultrasonido con guía óptica
- TAC en sala de tratamiento
- kV Cone Beam CT (kV-CBCT)
- **MV Cone Beam CT (MV CBCT)**
- MV CT
- Tecnologías combinadas (Vero)
- Imágenes RNM

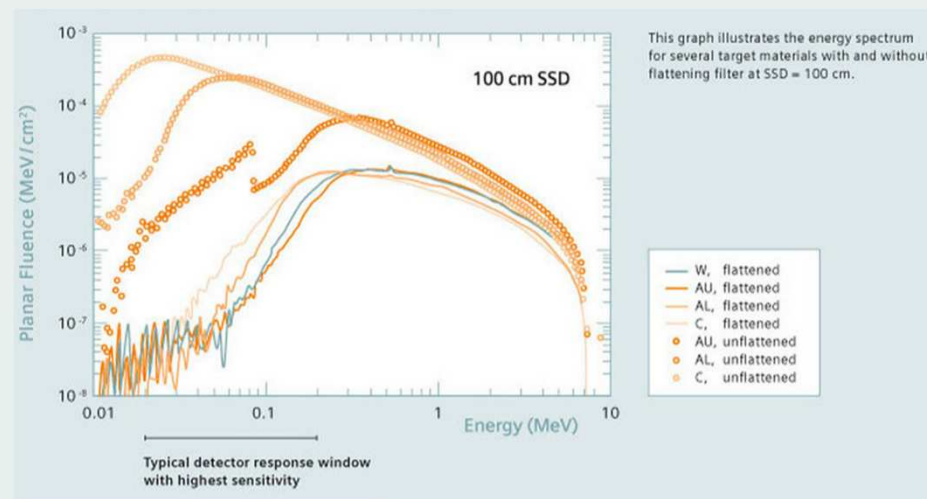


MV Cone Beam CT

Artiste - Siemens

- In-Line kView
- Haz para imagen ~4MV
- Sin filtro aplanador
- Blanco de carbono mueve el espectro de energía para el rango de los kV
- Disminuye la dosis

<http://www.healthcare.siemens.com/radiation-oncology/>



INSTITUTO DE RADIOTERAPIA
FUNDACIÓN MARIE CURIE

SIEMENS

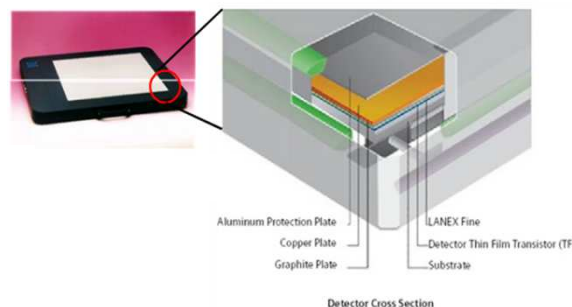
MV Cone Beam CT



Wellington Pimenta
Sao Pablo, Brazil

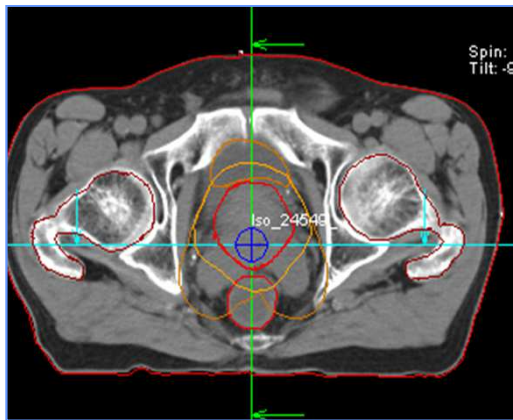
- Utiliza en haz de tratamiento (6MV)
- Isocentro de tratamiento = imagen
- Baja tasa de dosis (0.1 -0.01MU/deg)
- EPID a-Si optimizado para MV
- Adquisición media rotación 200 grados ~45s)
- ~ 2min reconstrucción matriz 256x256, 0.5mm
- FOV 27cm

Parameter	Specification
Total Pixel Number	1024 x 1024
Pitch	400 μ m
Total Area	40.96 x 40.96 cm ²
Scintillator	Lanex fast
Contrast to noise ratio (CNR)	600
Readout time	~ 145 ms
Spatial resolution at f50	0.41 lp/mm or higher

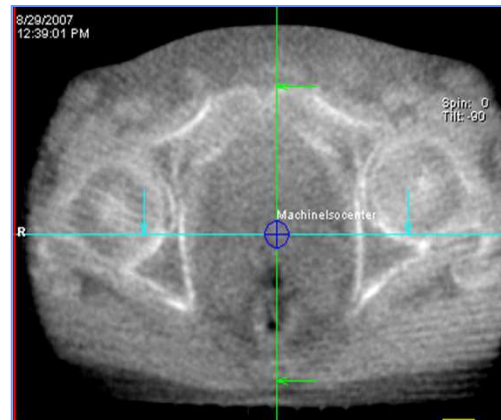


MV Cone Beam CT

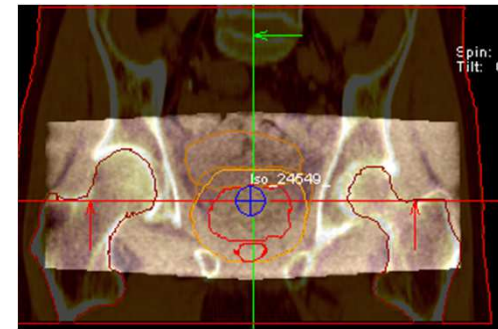
Alineación por marcas
Piel + lasers



CT: Planificación



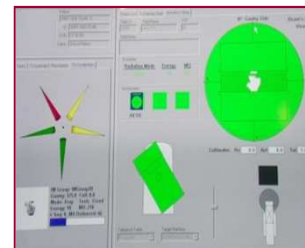
CB: Tratamiento



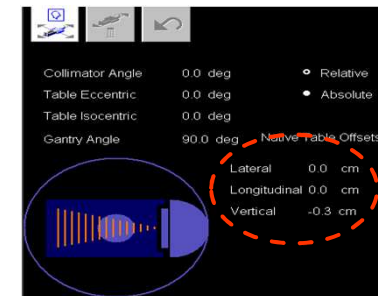
Fusión



PRIMUS



3D /IMRT



Ajuste de mesa

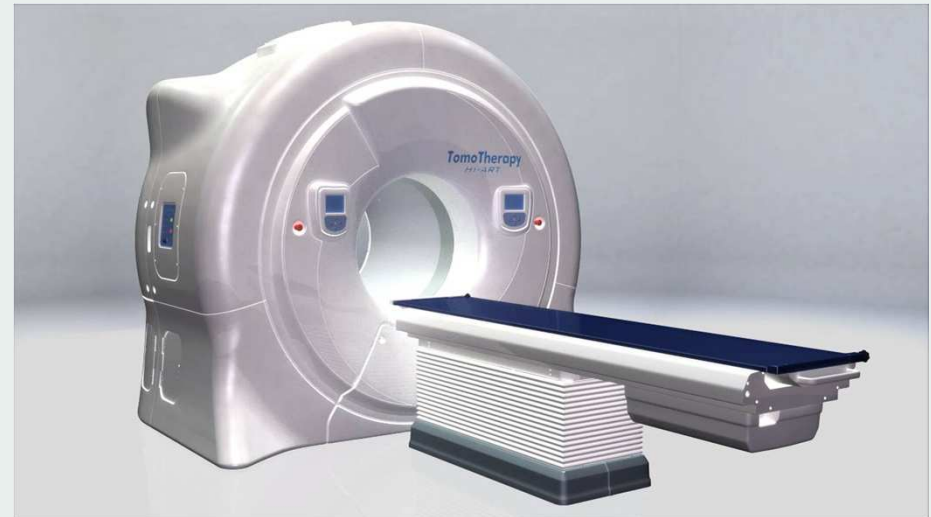
Tecnologías para IGRT

- Imagen portal electrónico MV (EPID)
- Rastreo óptico / video
- Imágenes radiográfica, fluoroscópica o estereoscópica de kV
- Fiduciales activos con rastreo por radiofrecuencia
- Ultrasonido con guía óptica
- TAC en sala de tratamiento
- kV Cone Beam CT (kV-CBCT)
- MV Cone Beam CT (MV CBCT)
- **MV CT - Tomotherapy**
- Tecnologías combinadas (Vero)
- Imágenes RNM



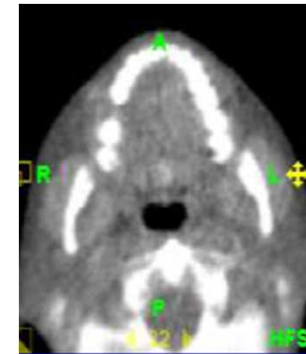
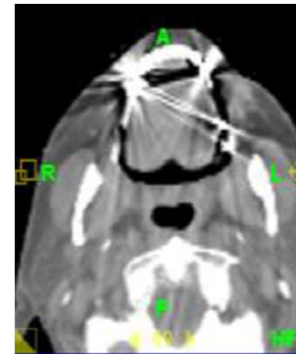
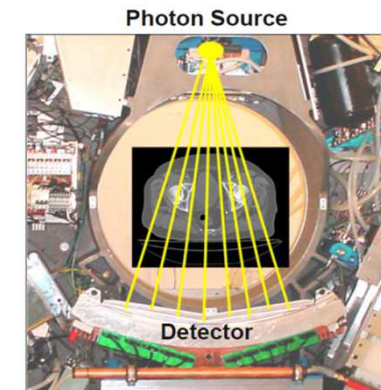
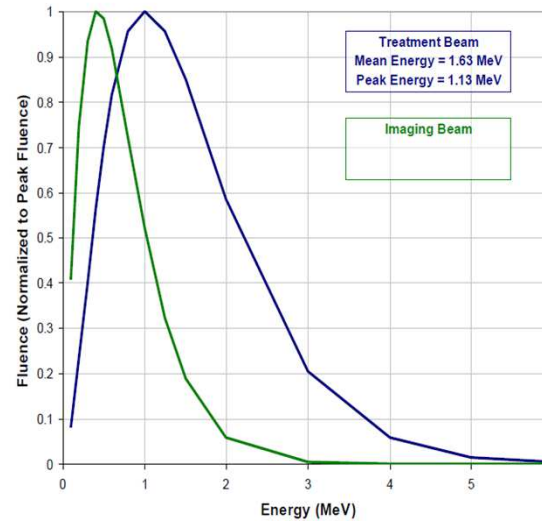
MV Fan Beam CT

- MLC binario
- Gantry anillo rotatorio
- Movimiento simultaneo
- Imagen con paciente en posición de tratamiento
- Fusión automática
- Menos susceptible a artefactos generados por materiales de alto Z



MV Fan Beam CT

- Imagen con haz de tratamiento con menor energía 3.5MV
- Detector convencionales de TAC
- > 700 canales de detección
- 800 adquisiciones por rotación
- FOV ~ 39cm
- Calibración por aire
- Calibración de endurecimiento



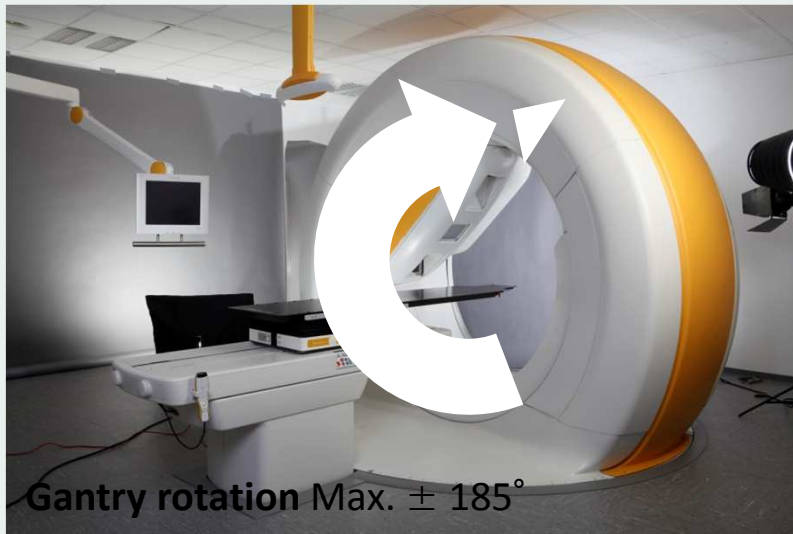
Tecnologías para IGRT

- Imagen portal electrónico MV (EPID)
- Rastreo óptico / video
- Imágenes radiográfica, fluoroscópica o estereoscópica de kV
- Fiduciales activos con rastreo por radiofrecuencia
- Ultrasonido con guía óptica
- TAC en sala de tratamiento
- kV Cone Beam CT (kV-CBCT)
- MV Cone Beam CT (MV CBCT)
- MV CT - Tomotherapy
- **Tecnologías combinadas Vero**
- Imágenes RNM



Vero (BrainLAB/MHI)

- X-ray dual simultaneo (para todo ángulo y tiempo), $\pm 45^\circ$ del haz
- EPID MV Fluoroscopia
- kV CBCT fuente única o doble (en progreso)
- Sistema infrarrojo (posicionamiento y seguimiento)



INSTITUTO DE RADIOTERAPIA
FUNDACIÓN MARIE CURIE

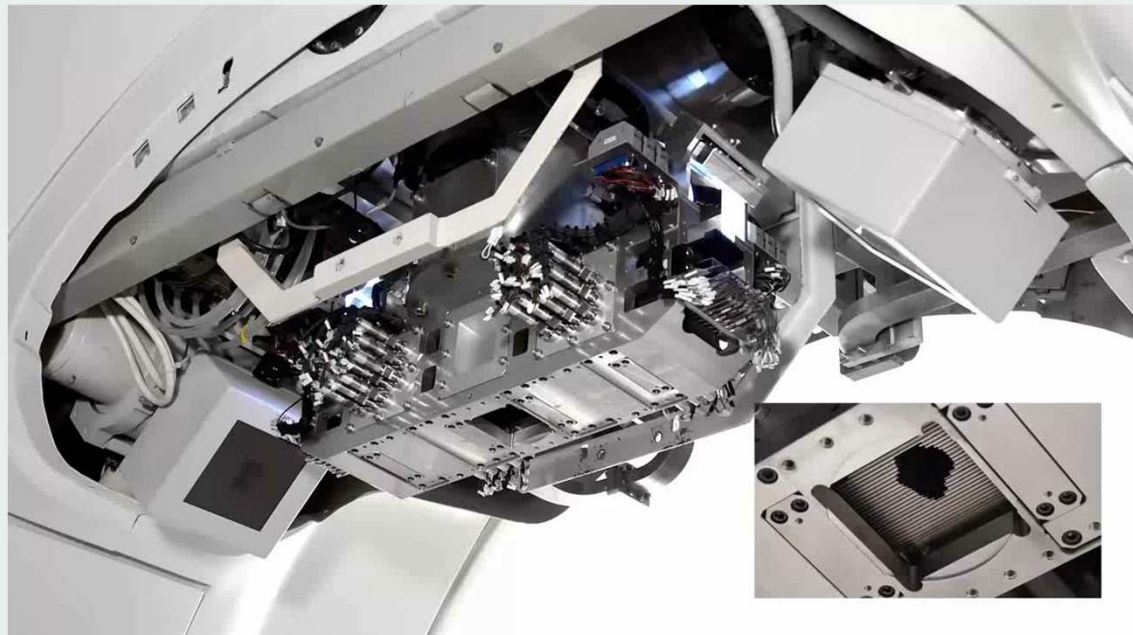
vero
SBRT UNLEASHED

Vero (BrainLAB/MHI)

- Movimiento Pan y Tilt en el haz de tratamiento

Distancia /ángulo del
isocentro
(plano x-y y plano y-z)
 $\pm 4,4 \text{ cm} / \pm 2,5^\circ \text{ rot}$

Exactitud de
posicionamiento del
sistema $\pm 0,1 \text{ mm}$



INSTITUTO DE RADIOTERAPIA
FUNDACIÓN MARIE CURIE

vero
SBRT **UNLEASHED**

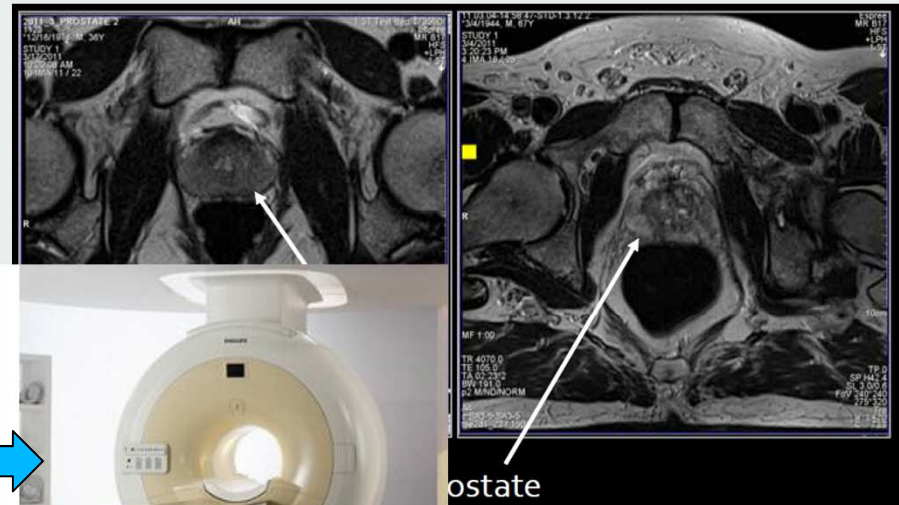
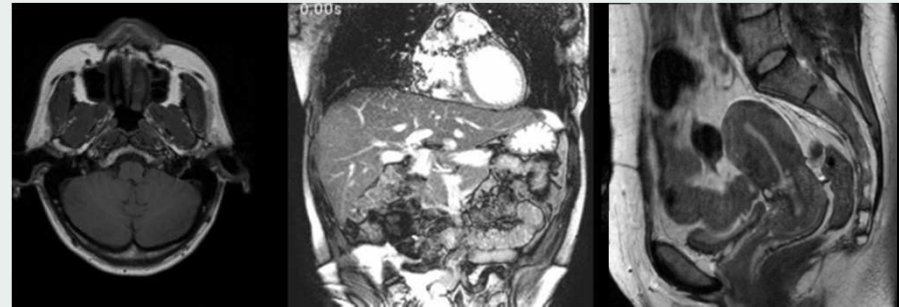
Tecnologías para IGRT

- Imagen portal electrónico MV (EPID)
- Rastreo óptico / video
- Imágenes radiográfica, fluoroscópica o estereoscópica de kV
- Fiduciales activos con rastreo por radiofrecuencia
- Ultrasonido con guía óptica
- TAC en sala de tratamiento
- kV Cone Beam CT (kV-CBCT)
- MV Cone Beam CT (MV CBCT)
- MV CT - Tomotherapy
- Tecnologías combinadas Vero
- **Imágenes RNM**



IGRT con RNM

- Visualización de tejidos blandos alto contraste
- NO hay dosis por imagen
- Imagen en tiempo real
- Imágenes funcionales y biológicas



MRI-Guided Radiation Therapy

D Jaffray¹*, S Mutic²*, B Fallone³*, B Raaymakers⁴*, (1) Princess Margaret Cancer Centre, Toronto, ON, (2) Washington University School of Medicine, Saint Louis, MO, (3) Cross Cancer Institute, Edmonton, AB, (4) UMC Utrecht, Utrecht, Utrecht



INSTITUTO DE RADIOTERAPIA
FUNDACIÓN MARIE CURIE



55th Annual Meeting & Exhibition • August 4 - 8, 2013 • Indianapolis, Indiana

IGRT con RNM

- **RNM sobre rieles (on rails)**
- Integración Acelerador/RNM
- Cobalto



Dosis por imágenes en IGRT



Dosis por imágenes en IGRT

The management of imaging dose during image-guided radiotherapy: Report of the AAPM Task Group 75

Martin J. Murphy

Department of Radiation Oncology, Virginia Commonwealth University, Richmond, Virginia 23298

- Filosofía de manejo de dosis en Imágenes diagnósticas **ALARA**
- IGRT entrega una dosis adicional a la del tratamiento
- Radioterapia actual existe una interacción entre incrementar el uso de imágenes y aumentar la conformidad terapéutica dosimétrica
 - => manejo de dosis es diferente que en diagnóstico
 - => conocimiento de la dosis es esencial



Dosis por imágenes en IGRT

Imágenes 2D

- **MV EPID - 1-2UM ~ 1-2cGy/campo** (dosis entrada)
 - Campos de setup: 2 campos ortogonales / Dosis salida ~ 50% dosis de entrada
 - Imágenes portales como parte del tratamiento no agregan dosis
 - Imágenes antes o después / Exposiciones dobles => Exposición de mayores áreas
 - EPID estándar - Menor dosis que utilizando RX (EDR2)
- **Haces kV con OBI ~ mGy/campo**
 - Campos de setup: 2 campos ortogonales
 - Dosis de kV alta caída con profundidad / Dosis salida ~ 5% de la dosis de entrada
- **Flouroscoopia kV**
 - OBI (Elekta o Varian) ~ 10mGy/min
 - C-arm 10 – 35mGy/min



Dosis por imágenes en IGRT

Imágenes 2D

- **Cyberknife**

- FOV 17x17cm²

TABLE I. Measured planar radiographic entrance dose levels per image for the CyberKnife image-guided radiosurgery system.

Site	kV	mA	ms	mAs	mGy
Cranium and C-spine	105–125	100	100	10	0.25
T-spine	120–125	100–150	100–125	10–20	0.25–0.50
L-spine	120–125	100–200	100–150	10–30	0.25–0.75
Sacrum	120–125	100–300	100–300	10–90	0.25–2.00
Synchrony	120–125	100–300	50–75	5–22.5	0.10–0.50

- **ExacTrac**

- FOV 13.5x13.5cm²



TABLE II. Measured planar radiographic entrance dose levels for the BrainLab Novalis image-guided radiosurgery system [from the Henry Ford Hospital (Ref. 27)].

Site	kV	mA	ms	mAs	mGy
Cranium and C-spine	120	125	100	12.5	0.335
Body	140	125	125	15	0.551



Dosis por imágenes en IGRT

- kV CBCT (Elekta)
 - Tomografía volumétrica estática (*Volumen View*)
 - Rotación 360grados – 650 proyecciones

$$CDBI_W = \frac{1}{3} CDBI_C + \frac{2}{3} CDBI_P$$

$$CDBI_{C/P} = \overline{M}_{C/P} N_{K,Q} k_{TP}$$

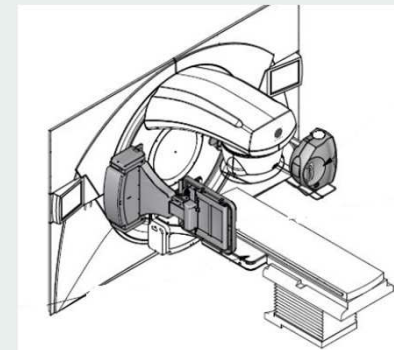
Table 3: Measured CBCT dose indexes for the static *VolumeView™* techniques described in table 1.

Technique	$CDBI_C$ [mGy]	$CDBI_P$ [mGy]	$CDBI_W$ [mGy]
Chest 20 1	37,8	40,8	39,8
Chest 20 2	19,9	21,9	21,2
Chest 20 3	8,9	10,1	9,7
Chest 20 4	18,5	19,6	19,2
Chest 20 5	9,7	10,5	10,2
Chest 20 6	4,6	5,1	4,9

CBDI: Cone beam CT Dose Index

Dosis típicas
15 – 80mGy

AAPM Task Group 75



Dosimetric commissioning of a CBCT system for IGRT purposes

Rodolfo Alfonso¹, Raúl Argota², Yudy Ascención¹, Dayana Castillo¹, Fernando García², Haydee Linares¹

¹ Department of Nuclear Engineering, Institute of Science and Applied Technology, Havana, Cuba

² Department of Radiotherapy, Institute of Oncology and Radiobiology, Havana, Cuba



INSTITUTO DE RADIOTERAPIA
FUNDACIÓN MARIE CURIE

Dosis por imágenes en IGRT

Modalidad	Dosis [cGy]	Equipos
Imágenes portales MV	1-2cGy/imagen	EPID
Imágenes portales kV	0.1cGy/imagen	OBI
Imágenes kV _II	0.01 – 0.2cGy	Cyberknife / ExacTrac
Fluoroscopia kV	0.1 – 0.4cGy/min	OBI / C-arm
FBCT kV	1.2 – 5cGy	TAC
4D FBCT kV	10 – 40cGy	TAC 4D
CBCT kV	1 – 8cGy	OBI Varian/Elekta , Artiste
CBCT MV	5 – 17cGy	MVision Siemens
FBCT MV	1 – 3cGy	Tomotherapy

Seminars in Radiation Oncology
22:50-61, 2012

Table 1 Added Dose and Time per Modality per Fraction in Pelvis IGRT^{44,158-161}

Modality	Dose at Midbody (cGy)	Time (min)*	Available Examples*
Ultrasound	0	2-3	BATCAM, Clarity
Plain kV†	0.1-0.6	0.1-3	Cyberknife, ExacTrac
Plain MV†	1-10	0.1-3	Various EPID and portal devices
kV CBCT‡	2-3	2-4	ARTISTE, OBI, XVI
MV CBCT	5-15	2-3	MVision
kV FBCT§	0.8-2.8	15	CTVision, EXaCT
MV FBCT	1.5-3	2-3	Tomotherapy



INSTITUTO DE RADIOTERAPIA
FUNDACIÓN MARIE CURIE

Conclusiones

- **IGRT**
 - Concepto
 - Tecnologías disponibles
 - Dosis



Gracias !



INSTITUTO DE RADIOTERAPIA
FUNDACIÓN MARIE CURIE