JORNADA DE IGRT. SARH (Granada. 18 diciembre 2010)

## Características del sistema de IGRT de Varian. Aplicación clínica, control de calidad, ventajas e inconvenientes (Experiencia del Hospital Ruber Internacional)





### Hospital Ruber Internacional



### Sistema de guiado por imagen OBI de Varian instalado en mayo 2010

## ÍNDICE

1- Descripción del Hardware: Equipo, MLC, sistema de imagen portal,

2- Particularidades y opciones que permite. Técnicas de guiado.

3- Aplicación clínica.

4- Control de Calidad.

1- Descripción del Hardware: Equipo, MLC, sistema de imagen portal, ....



# On-Board Imager: Sistema de imagen guiada de Varian (OBI)



Fuente de rayos X (kV)

## **COMPONENTES DE OBI**

- → Estación de trabajo (OBI/WS) del puesto de control.
- → 3 Brazos Exact Arm.
- → kVS (kiloVoltage Source).
- → kVD (kiloVoltage Detector).
- → Supervisor del OBI (SUPV) / Motion Control Nodes (MCN's).
- → Sistema de Gating.

## Puesto de control del acelerador



## **Multiplicity Software / [KVM] Switch**



- Instalado en la estación OBI (encender ésta primero).
- Se comparte teclado y ratón.
- Switch KVM manual.

### BRAZOS EXACT ARM

- 3 x **Exact** support arms:
- ( Arm = Shoulder / Elbow / Wrist / Hand assembly)



- **[KVS]** arm kV Source
- [**KVD**] arm kV Detector
- [**MVD**] arm MV Detector



## Control de los brazos:

- Se pueden mover solos o agrupados.
- Posicionamiento manual o automático.
- Control desde el mando de la sala o desde el puesto de control:
  - [AUTO] / [OUT] / [RETRACT]
  - [Pn] posiciones programables en el mando.



Hand Pendant

## **Control de los brazos:**

- OBI Pendant (en la sala):
  - Botón OBI
  - Botón MOVE
  - Botón AUTO GO o botón Pn.
  - Además mov. manuales
     VRT / LNG / LAT vía potenciómetros



# Retracción manual de los brazos (averías o emergencias)



[BMC] Back-Up Motion Control system

## kV Source

- · Sin luz de campo.
- Se pueden formar campos simétricos y asimétricos, pero no se puede rotar la fuente.
- Track Mode (on / off): ajusta el campo al tamaño del detector.
- 40-150 kV





## kV Source

- Los parámetros (kV, mA, ms) de la última sesión quedan guardados para su reutilización.
- (*¡¡necesario* script borrado frecuencia mensual!!).
- Hay que poner un filtro manualmente. La aplicación lo recuerda, pero no obliga.





## **kV** Detector

- Protegido por una carcasa de plástico.
- Detector de silicio amorfo con un área de imagen activa de 397 x 298 mm.



A. Detector active area B. Detector active area C. Detector D. Electronics E. Aluminum shield

## Ejemplo: Imagen lateral de mama con OBI (kV)



## **MV Imager** (PortalVision)

- Panel de a-Si (silicio amorfo)
- Sistema de adquisición de imagen [IAS]
   3
- Máxima resolución: 1024 x 768 píxeles
- Sólo necesita 1 UM (2 frames)
- Las imágenes de MV se ven y manejan, como las de kV, desde la aplicación OBI.



# Ejemplo: Imagen AP de mama con el EPID Portal Vision



## **OBI** Supervisor

- Situado en el Interconnected Panel (ICP), dentro de la sala de tratamiento.
- Controla el movimiento de brazos y colimadores de kV.
- Armario izquierdo del gantry.
- Alimentado a través del Clinac.
- Interlocks & Faults se muestran
   en la aplicación del OBI:



## **OBI** Supervisor (Secuencia de inicio)

El Supervisor requiere de un proceso de inicialización durante la secuencia de arranque, la cual ocurre en los siguientes casos:

- Tras parada de emergencia o apagón. Esto automáticamente proporcionará corriente al SUPV y comenzará la secuencia de arranque.
- Cuando se sube su diferencial en el ICP.
- Si se relanza el SUPV desde el botón "Reboot" de la aplicación "NodeService" (software).
   OBI Supervisor

Connections | Faults & Interlocks | Digital IOs | Axes values | Motion Requests | Trace Message

	Start Page 2007-12-11	09:35:33.205
upervisor Service web page from OBI w/s:	Version Information:	
http://172.20.20.65	CPU Board Motorola MVME3100-1152 - MPC8540	
<u>mup://1/2.20.20.65</u>	Bootloader 1.1.02	
	Supervisor 1.4.52	
	ICP FPGA 2.0.00	
	MV Detector 1.2.04	
	KV Detector 1.2.02	
	KV Source 1.2.02	
	Blade 1.1.13	
button!	Supervisor Control:	
	Set Clock Time:	
(NO SUELE	Year Month Day Hour Minute Second	
funcionar, al	SetClockTime	
menos hasta la		
	Undate Reatlander	
versión 1.4	upuale boolioader.	
	Undate Bootloader only if a	



## **OBI** Supervisor (Nota práctica)

Parte del proceso de inicialización incluye la descarga de software de la aplicación desde la OBI W/S, lo que implica que este ordenador tiene que estar encendido antes de que se encienda el SUPV.

El reinicio dura aprox. 1 min y se considera correcto cuando el *Fallo de conexión del Supervisor* se puede "limpiar" en el Ordenador del OBI y cuando el LED verde del ICP está parpadeando.



## OBI Supervisor. Notas prácticas sobre Interlocks

- Se visualizan con el "semáforo" de la aplicació
- La mayoría de estos IL desaparecerán pulsando el botón "Acknowledge all". Pero algunos requerirán alguna acción más por nuestra parte, por ejemplo:
  - ...si se muestra un IL de posición de un brazo, p. Ej. *kVD arm not level* o *MVD arm not at 0 position*, retraer parcialmente los brazos durante 1 segundo o 2 con los botones <Retract & Motion Enable> de la consola del OBI, y después completar el movimiento hasta la posición deseada con normalidad.
- OTRA NOTA PRÁCTICA: Cuando se coloquen los brazos desde la consola o desde el mando de la sala, <u>mantener pulsados los</u> <u>botones de "Movimiento permitido" durante aprox. 3 s</u> después de que los brazos aparentemente se hayan parado. Esto asegurará que todos los ejes de los brazos han alcanzado su posición final.

# **OBI** *Supervisor*. Notas prácticas sobre Interlocks (cont)

Sin embargo, en algunas circunstancias, los IL y fallos no desaparecerán y será necesario resetear el sub-sistema.

### **POSIBILIDADES:**

- Reset de Motion Control Nodes Usado en fallos de movimiento como de E-arms o blades.
- Reset del Supervisor Para fallos del SUPV.
- Reset del generador de rayos usado con fallos de r. X o del generador.
- Reset de la aplicación del OBI usado con IL relacionados con la aplicación.

### EN LA PRÁCTICA, Y SOBRE TODO CON VERSIONES PREVIAS A LA 1.5 DEL OBI:

- -Apagar el generador de rayos X.
- -Apagar el ordenador del OBI.
- -Apagar las dos palancas de conmutación de la cabina del ICP (sonará la alarma de colisión).
- -Encender el generador de rayos X.
- -Encender el ordenador del OBI y esperar a la ventana de inicio de sesión.
- -Encender los interruptores de la cabina del ICP y esperar a que se inicie el superv. (cuando esté, avisará el LED verde parpadeante).
- -Resetear el Clinac Touchguard.
- -Abrir la aplicación del OBI y reconocer todos los IL y fallos que aparezcan.





# OBI Supervisor. Consejos para el operador.

- NO intentar NUNCA mover un brazo a una posición preestablecida después de haberlo movido con el controlador de movimiento de Backup (Backup Motion Controller) o podría haber colisión. En cambio, mover primero el brazo a las posiciones OUT o RETRACT antes de ir a una posición extendida predeterminada.
- El brazo con la fuente de kV puede ocasionalmente sobrepasar el límite del motor durante su extensión o retracción (debido al peso del tubo de rayos). Este problema es más destacado en las posiciones cercanas a "las 12 en punto". Para reestablecer el movimiento, habrá que reconocer los interlocks en la aplicación del OBI.
- Si la unidad PaxScan se apaga, o se desconecta momentáneamente el cable de fibra óptica, reiniciar la unidad y dejar que se inicialice. (aprox. 1 min. como indicará un LED frontal).
- En raras ocasiones el ordenador del OBI se puede bloquear. Para remediarlo, cerrar la aplicación y abrir el administrador de tareas.
  Finalizar las tareas ACQBIN.exe y/o WSWorkstationMain.exe. Entonces abrir de nuevo la aplicación.
- No es posible mover los brazos del OBI cuando está activa la posibilidad de movimiento del Clinac

## Sistema de gating: Componentes principales

- Bloque con marcadores
- Cámara -
- Emisor de IR
- In-room Viewfinder -
- PC: RPM software
- BD compartida (.mdb <u>No</u> <u>ARIA</u>)
- CT Scanner interface box
- Guía acústica (y visual opcional)
- Clinac: Gating key switch

## Bloque con marcadores estándar

- · Dos círculos reflectantes (IR) de 5 mm de diámetro.
- Separados 3 cm.
- Soporte plástico no estéril.
- Sigue únicamente el movimiento vertical



## **Opcional: Bloque con 6 marcadores**

- El sistema sigue movimientos VRT, LAT & LNG
- Calibración de la cámara/procedimiento de comprobación
- Sólo a partir RPM v1.7





## Clinac / Gating Key Switch

- · Activa/ Desactiva la función de Beam Gating.
- 2 controles:
  - Gating key switch: Enable / Disable
  - Manual Beam Hold button



## **Clinac Software**

SO

- Es posible mover la mesa por control remoto en modo clínico para realizar las correcciones indicadas por el sistema OBI.
- · Zona de seguridad configurable (Arms in / out) desde el

General   Acquisition   Calibration   U	perating Limits    Loggi	ng	
Couch Position Restriction Limits 1450		Couch Position Restriction Limits 1500	
Table Limit Vert Min [mm]	-120.000	Table Limit Vert Min [mm]	-200.000
Table Limit Vert [mm]	-80.000	Table Limit Vert [mm]	-150.000
Table Limit Vert Max [mm]	40.000	Table Limit Vert Max [mm]	40.000
Table Limit Lat Max [mm]	50.000	Table Limit Lat Max [mm]	50.000
Table Limit Lat Min [mm]	0.000	Table Limit Lat Min [mm]	0.000
Table Limit Rtn [deg]	2.500	Table Limit Rtn [deg]	2.500
Couch Position Restriction Limit	s 1600	Couch Position Restriction Limit	s 1700
Table Limit Vert Min [mm]	-250.000	Table Limit Vert Min [mm]	-300.000
Table Limit Vert [mm]	-200.000	Table Limit Vert [mm]	-250.000
Table Limit Vert Max [mm]	40.000	Table Limit Vert Max [mm]	40.000
Table Limit Lat Max [mm]	50.000	Table Limit Lat Max [mm]	50.000
Table Limit Lat Min [mm]	0.000	Table Limit Lat Min [mm]	0.000
Table Limit Rtn (deg)	0.500	Table Limit Rtn (deg)	2 500

## MLC dinámico\_ Millennium 120

### Cada carro contiene:

- 40 Láminas centrales de 5 mm en el isocentro.
- 20 láminas exteriores de 10 mm en el iso.

#### All Millennium MLC's offer

#### Description

- Drive Independence: Each leaf and carriage drive is independently controlled
- Leaf Orientation: Leaf movement in the "X" direction (parallel with lower jaws)
- Leaf Interdigitation: Adjacent leaves from opposing banks can move past one another
- Maximum Leaf Retract Position: 20.1 cm (from beam centerline)
- Maximum Leaf Extend Position: -20.0 cm (over beam centerline)
- Maximum Distance Adjacent Leaves on Same Carriage: 15.0 cm
- Maximum Field Length "X" Direction: 40.0 cm
- Leaf Height: 60.0 mm
- Leaf End radius: 80.0 mm
- Leaf Tongue and Groove Offsets: 0.4 mm

#### Performance

#### Physics

- Coincidence Light Field vs. X-ray: 1 mm
- Penumbra 20-80% Leaf End: For a 10 x 10 cm field, 7 mm or less for x-ray energies < 10MV 8.5 mm or less for higher energies</li>
- Average Transmission Leaf: < 2.5</p>
- Maximum Interleaf Leakage: < 4.0</p>

#### Leaf Position Accuracy

- End Accuracy: 1.0 mm at isocenter
- End Repeatability: 0.5 mm at isocenter
- Side Accuracy: 1.0 mm at isocenter
- Side Repeatability: 0.5 mm at isocenter



## Tablero de la mesa mejorado



- Una única pieza de fibra de carbono.
- Sin partes metálicas
- Compatible con los accesorios de la EXACT

## Diagrama arquitectura de software de OBI



## Esquema de la red



## 2- Particularidades y opciones del sistema OBI. Técnicas de guiado.


### Posibilidades del OBI. Imágenes de kV.

- Radiografía digital:
  - Imágenes estáticas de kV
  - Rango: 40 150 kV y hasta 400 mA
  - Resolución estándar: 1024 x 768 pixels [Dual Gain]
  - Alta Resolución : 2048 x 1536 pixels [Single Gain]

# Posibilidades del OBI. Imágenes de kV.

# • CBCT (Cone Beam CT):

- Imágenes 3D generadas girando el gantry.
- · Se toman entre 650 y 700 imágenes de baja dosis.

#### **Dual Gain Readout:**

- Cada pixel hace dos lecturas: Alta y baja sensibilidad.
- El sistema selecciona la más conveniente basándose en niveles de saturación.
- Mejora en el Rango Dinámico (escala de grises)
- Mejora el contraste entre hueso y tejidos blandos

#### The dual-dose imaging technique: a way to enhance the dynamic range of X-ray detectors

Evangelos Matsinos and Wolfgang Kaissl

Varian Medical Systems Imaging Laboratory GmbH, Täfernstrasse 7, CH-5405 Baden-Dättwil, Switzerland

E-mail: evangelos.matsinos@varian.com and wolfgang.kaissl@varian.com

Abstract. We describe a method aiming at increasing the dynamic range of X-ray detectors. Two X-ray exposures of an object are acquired at different dose levels and constitute the only input data. The values of the parameters which are needed to process these images are determined from information contained in the images themselves; the values of two parameters are extracted from the input data. The two input images are finally merged in such a way as to create one image containing useful information in all its entirety. This selective use of parts of each image allows both the contour of the irradiated object to be visible and the high-attenuation areas to retain their image quality corresponding to the information contained in the high-dose image. The benefits of the method are demonstrated with an example involving a head phantom.

http://arxiv.org/PS\_cache/physics/pdf/0607/0607024v1.pdf

• Ejemplo:



# Técnicas de guiado

- 2D Match:
  - Única exposición kV / Única o doble exposición MV.

- 2D-2D Match Imágenes pareadas
  - kV-kV
  - MV-kV
  - MV-MV

# Técnicas de guiado

- 3D Match:
  - Cone Beam CT

• *Marker Match* (Fiduciales)

# Técnicas de guiado

- Fluoroscopia:
  - · Control automático de brillo [ABC].
  - · Muestra las imágenes en tiempo real.
  - Permanece la última imagen en el OBI.
  - Usada en verificación pre-tratamiento (Técnica Gating).

# OBI: Secuencia de Uso para las técnicas de guiado

- Crear Campos de Set-Up e imágenes de referencia (2D / 3D) en la BD.
- Definir estructuras anatómicas / marcadores
- Colocar al paciente
- Adquirir imágenes 2D ó 3D con el OBI / CBCT
- Analizar y registrar imágenes en el OBI
- Aplicar los desplazamientos
- Tratar (MV images during treatment)

# **OBI : Preparación de campos de guiado en** ARIA

- Eclipse/External Beam Plannir Course: 1
  - Planificar con normalidad
  - 2 x Setup Fields NOTA PRÁCTICA: Programamos un giro de G como el que queremos para la fuente de r. X, él solo le sumará 90°. P.Ej: LAT G=270° y ANT G=0°, como para MV.
  - 1 Setup Field **CBCT**
  - DRRs (Portal Vision)
  - Planning Approval

🖻 🎇 Plan: PELVIS

- 🗊 Dose Matrix: Dose
- 🚫 Setup Field: KV RT LAT
  - 🔟 DRR Image: KV RT LAT
- 🚫 Setup Field: KV ANT
  - 🖪 DRR Image: KV ANT



🚫 Setup Field: CBCT 🚫 Field: 1 ANT

- 🔄 🛅 DRR Image: 1 ANT
- S Field: 2 RPO
  - 🔚 🔣 DRR Image: 2 RPO

🔣 DRR Image: 3 LPO

No. Field: 3 LPO

# OBI : Preparación de campos de guiado en ARIA (cont)

# **RT Chart:**

- Introducir las coordenadas de la mesa (VRT / LNG / LAT), o <u>adquirirlas en la puesta.</u>
- Posición del detector: VRT 50 / LNG 0 / LAT 0
- Ordenar los campos
- Delinear estructuras anatómicas en las DRRs
- Programar las imágenes de cada sesión.
- Treatment Approval

**Citar en Time Planner**  $\rightarrow$  El plan aparece en la cola de tratamiento.

## Técnica 2D-2D match: ¿kV-kV o MV-kV?

kV-kV:

Menos dosis y mejor contraste.

Pero requiere rotar el gantry entre imágenes.

# Técnica 2D-2D : Ejemplo de imágenes pareadas kV-kV:



#### LA5 #3105 VAR IEC Scale 12/11/2008 kV-kV Ejemplo Initialize Hide Patient Photo Edit View ID1: =t=OBI-1.4-Training Clear Mode Up ID2: 📝 Auto sequence mode Next Field Fraction: 1/20 KV-KV PELVIS Date of birth: RT LAT KV ANT KV Radiation Oncologist: - ANT TRT - (planned) X1 ANT TRT X2 💓 2D ONLY Fraction: Plan Plan Actual Actual Plan Actual 1/20 ANT TRT - (planned) Coll Rtn MLC 0.0 0.0 ANT TRT Field Y Couch Vrt 10.0 9.4 9.5 S MV-KV PELVIS Fraction: Couch Lng 1/20 Field X 10.0 140.0 130.0 RT LAT KV Gantry Rtn Couch Lat 0.0 0.0 0.0 0.1 ANT MV - (planned) Source Angle Couch Rtn 270.0 270.0 0.0 359.9 ANT MV SSD ANT TRT Tol. Table OBI EDW Y1 Y2 Accessory NOACCY NOACCY X1 X2 Close Patient **N** Show Setup Note ... Override. Acquire Actuals Edit Plan Undo changes MLC EXT KEY AM Tools Standby Help

CLINICAL	International Inter		CLINAC	21EX - SN3206	Contraction of the second	12/0	2/08 15:40
MU 1 M	U 2	and the second	FIME	DOSE RA	TE		SYMMETRY
70	69	0.37	/ 0.38	0		+ T	0.0 +0.0 RN RDL
U TREATME	NT ENERG	Y MU	ORIG MU			TIME	ACCESSORY
		Press	MOTION EN to begin	ABLE and >> motions.	keys		
			TARGET P	OSITIONS			
COLL RTN	0.0	deg	COLL Y1	CM	COUCH	URT	Cm
FIELD Y	10.0	CM	COLL Y2	CM	COUCH	LNG	Cm
FIELD X	10.0	CM	COLL X1	CM	COUCH	LAT	Cm
GANTRY RI	N U.U	deg	CULL XZ	CM	CUUCH	NIN	aeg
COLL RTN	0.0	deg	COLL Y1	Cm	COUCH	VRT	10.2 cm
FIELD Y	10.0	CM	COLL Y2	CM	COUCH	LNG	110.1 cm
FIELD X	10.0	CM	COLL X1	CM	COUCH	LAT	999.4 cm
		lon	COLL X2	CM	COUCH	RTN	0.0 deg
GANTRY R	<b>FN</b> 0.0	aeg	COTT NE				

🍵 OBI - Varian Medical	Systems										
🙇 📶 🍳 🍳			🕂 🛃 🛃	None	• HF	S	• Sav	e Image		Maintenance	9
an an an an Albert ann an Anna an Anna ann an Anna an Anna an Anna an Anna an Anna Anna Anna Anna Anna Anna An Anna Anna	the count theory and		en de la Secolaria							Verification N	Vlode
RT LAT KV											
		~		-							
		1									
	I II	1141									
		7	در ا								
		-									
	Sec. 1	100									
1											
		<b>_</b>									
			(VAR_IEC Scale)	TADGET	ACTUAL	Anatomy	Polyic		KV Exposure		
Gantry Rtn			Blade X1		+7.0	Size	Normal	-i -imeu			
Source Rtn	270.0	270.0	Blade X2		+7.0	kV	105.0 ≑				
SAD	900.0	Retracted	Blade Y1	*	+7.0	mA	100.0 ≑	mAs	50.00	Anode 4.0 % H	HU
kV Imager Vrt	50.0	Retracted	Blade Y2		+7.0	ms	500.0 ≑			Housing 7.0 % F	HU
KV Imager Lat	0.0	Retracted	Track	Down	load Axes			ABC			
kV Imager Lng	0.0	Retracted		All units in cm	and degrees		-	-			
X-Ray Generator locke	d						C Ve	rification	2D Match 2D/2	D Match   Marker Match   3D/3I	D Match









😤 Varian Medical Systems - 4D Console version 8	LA5 #3105 VAR_IEC Scale	12/11/2008				
OBI TRAINING, 1.4		Show Patient	Photo	Initialize	Edit	View
Clear Mode Up						
Next Field						3,1
KV-KV PELVIS	I or CR	CT COI	ncol			J
						,
ANT KV						
ANT TRT - (planned)	as con	τοι πο				
MANT TRT Press	Request Contro	button to mo	ve focus	back to	X2	
2D ONLY Fraction:	4D Con	sole workspac	Actual		Plan	Actual
ANT TRT - (planned)		Coll Rtn	0.0 0.0	MLC		
ANT TRT		Field Y	10.0	Couch Vrt	94	9.5
WV-KV PELVIS		Field X	10.0	Couch Lng	140.0	120.0
RTLAT KV		Cantry Dtn	10:0	CouchLat	140.0	130.0
ANT MV - (planned)		Garay Ka	90,0 0.0	Courrent an	0.0	0,1
ANT MV		Source Angle	0.0 270.0	Couch Rth	0.0	359.9
ANT TRT				SSD		
	Tol, Table OB	I				
	EDW	Y1				
	Accessory	¥2				
	NOACCY	NOACCY				
Close Patient	Requ	uest Control				
And Performance And Annual Annua				Show	Setup Note.	
		overnde 🛛 Acqu	ure Actuals	Edit Plan	Undo cha	anges
Help Tools Standby MLC A	м	EXT IPSN K	EY			
			*	255 de -	de	



CLINICAL		CLINAC 21EX - SN320	6 12/0	2/08 15:56		
MU 1 MU 2 70 69	TIME 0.37 /	DOSE RA	ATE + T	SYMMETRY +0.0 +0.0 TRN RDL		
RU TREATMENT ENE	RGY MU ORI	G	TIME	ACCESSORY		
COLL RTN O. FIELD Y 10. FIELD X 10. GANTRY RTN 90.	Press MOT to T O deg C O cm C O cm C O deg C	TION ENABLE and >> begin motions. ARGET POSITIONS OLL Y1 cm OLL Y2 cm OLL X1 cm OLL X2 cm	keys COUCH VRT COUCH LNG COUCH LAT COUCH RTN	Cm Cm Cm deg		
COLL RTNO.FIELD Y10.FIELD X10.GANTRY RTNO.	0deg00cm00cm00deg0	COLL Y1cmCOLL Y2cmCOLL X1cmCOLL X2cm	COUCH VRT COUCH LNG COUCH LAT COUCH RTN	10.2 cm 110.1 cm 999.4 cm 0.0 deg		



















# **Técnica** *Markers Match* (fiduciales)

- Markers Match:
  - Cargar las imágenes de CT y las estructuras de la BD en la estación del OBI.
  - Adquirir imágenes LAT / ANT: p.ej. KV-KV
  - Los marcadores pueden haber sido pre-reconocidos en Eclipse o posteriormente en la aplicación del OBI.
  - Se proyectan las posiciones 3D de los marcadores en las imágenes 2D para calcular los desplazamientos.








#### **Técnica 3D: Cone Beam CT (CBCT)**

- **3D-3D** Match (comparación con el CT de planificación).
- Rotación del equipo de rayos X. Se adquieren proyecciones 2D (entre 650 y 700).
- Rotaciones completas o parciales (mín. 200°).
- Lo procesa la Reconstructor w/s
- (Se acelera el proceso si se toma un vol. pequeño)
- Hay 6 modos de adquisición programados.
- El usuario puede definir más.

### **Body Scan** Half-fan scan





#### Luces de señalización



#### Luz blanca en la fila superior:

Fila inferior:

Verde : libre acceso.

Blanco + verde: acelerador preparado.

Blanco + rojo: acelerador irradiando.

#### Luz roja en la fila superior:

Fila inferior:

Sólo luz roja : OBI irradiando.

Técnica RPM Gating

- Controla la señal <u>Beam On/Beam off</u> basándose en la respiración.
- · Verificación con fluoroscopía.
- Adquisición de gated kV or MV images.
- Tratamiento en Gating (sincronizado con la respiración)

# Técnica *Gating*: Normas para colocación del bloque.

- · Colocar el cubo en una posición reproducible.
- Evitar un 'tilt'.
- · La cámara tiene que ver todos los puntos.
- Influirá la luz ambiente.
- Cuidado con otras superficies reflectantes.



#### Técnica Gating: fundamentos

- El sistema escanea la imagen de la cámara para localizar los puntos reflectantes.
- Comprueba el tamaño, la forma y la separación de los puntos.
- El algoritmo de procesado de la señal analiza la respiración:
  - Periodo
  - Amplitud
  - Fase

#### Técnica Gating: funciones del software

- Observa y graba la respiración durante varios ciclos.
- Mide la periodicidad de la respiración. (La sensibilidad se ajusta con el valor del Filtro Predictivo; [0 -100 / Default = 20]).
- Inicio Automático / Manual de la grabación del ciclo respiratorio.







#### El ciclo respiratorio











#### **RPM Duty cicle**



#### **OBI:** Pre-Treatment Fluoroscopic Mode



En la imagen fluoroscópica se muestra la apertura del campo (aplicación OBI).

El color del MLC en pantalla sigue un código de colores:

**Rojo:** Beam hold Verde: Beam on!

#### 3- Pautas para la aplicación clínica.

- · Pautas generales para el guiado.
- · Pautas de guiado según patología.



#### Pautas generales para el guiado. Experiencia en el Hospital Ruber Internacional.

- Seguimiento mediante protocolo online en casos "problemáticos"
- Límites de acción (Online):
  - Traslaciones: 3 mm (2 mm para cabeza-cuello)
  - Rotaciones: 0,5°
- Resto de casos: Protocolo NAL (*No Action Level*) utilizando los datos de desplazamiento de los 3 primeros días.
- Transición a protocolo eNal/eNal<sub>avg</sub>.

(eNal: an extension of the NAL Setup correction protocol for effective use of weekly follow-up measurements. Hans C.J. De Boer and Ben J.M. Heijmen. Int J. Rad Oncol Biol Phys, Vol 67, n°5, pp. 1586-95, 2007)

#### Protocolo online

A estos pacientes se les realiza un CBCT (3D-3D *match*) diariamente. Los criterios de elección son:

Pacientes reirradiados.

•Pacientes con HDV de órganos críticos en el límite de tolerancia.

 Pacientes con el PTV adyacente a órganos de riesgo y presencia de gradientes de dosis considerables (ej: tronco, nervio óptico,...).

 Lechos de prostatectomía (verificación diaria de preparación de recto y vejiga).

•Pacientes que habiendo iniciado un protocolo *offline* presenten tendencias acusadas en el tiempo en los errores de posicionamiento.

#### **Dosis de un CBCT**

Información del fabricante (Varian)

Cálculos Montecarlo (*Med. Phys. 37, 6199 doi:10.1118/1.3512791*, diciembre 2010)

Monte Carlo calculation of imaging doses from diagnostic multidetector CT and kilovoltage cone-beam CT as part of prostate cancer treatment plans

Alping Ding and Jianwei Gu Nuclear Engineering and Engineering Physics Program, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, New York 12180

Alexei V. Trofimov Department of Radiation Oncology, Massachusetts General Hospital, Boston, Massachusetts 02114

X. George Xu<sup>a</sup> Nuclear Engineering and Engineering Physics Program, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, New York 12180

(Received 14 May 2010; revised 6 October 2010; accepted for publication 13 October 2010; published 10 November 2010)

## **Dosis CBCT: Información proporcionada por VARIAN**

Table 19 New CBCT Modes (OBI 1.4 and 1.5)

	Standard- Dose Head	Low- Dose Head	High- Quality Head	Pelvis	Pelvis spot light	Low- dose thorax	
X-Ray Voltage [kVp]	100	100	100	125	125	110	
X-Ray Current [mA]	20	10	80	80	80	20	
X-Ray Millisecond [ms]	20	20	25	13	25	20	
Gantry Rotation [deg]	200	200	200	360	200	360	
Number of projections	360	360	360	655	360	655	
Exposure (mAs)	145	72	720	680	720	262	
CTDI <sub>w</sub> (mGy / 100 mAs)	2.7	2,7	2.7	2.6	2.0	1.8	
Dose CTDI <sub>w</sub> mGy	3.9	2.0	19.4	17.7	14.4	4.7	
Fan type	Full fan	Full fan	Full fan	Half fan	Full fan	Half fan	
Bow-tie Filter	Full	Full	Full	Half	Half	Half	
Default Pixel Matrix	384 × 384	384 × 384	384 × 384	384 × 384	384 × 384	384 × 384	
Slice Thickness	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2,5	

<u>Ejemplo</u>: CBCT diario a paciente de próstata con 45 CBCT.

17.7 mGy x 45 CBCT ≈ 0.8 Gy

#### Cálculo MC (Aiping Ding, Jianwei Gu, and X. George Xu; Med Phys)

TABLE I. Imaging doses (assuming a total of 45 scans) from MDCT and kV CBCT at 250 mAs/scan.

	Mean do	se (per scan)	Mean dose (45 scans)			
Sensitive organ	MDCT (cGy)	kV CBCT (cGy)	MDCT (cGy)	kV CBCT (cGy)		
Rectum	1.74	1.71	78.4	76.7		
Prostate	1.41	1.41	63.5	63.5		
Bladder	1.83	1.73	82.4	77.9		
Left femoral head	4.05	3.14	182.3	141.3		

También, aproximadamente, 0.8 Gy (excepto en cabezas femorales) en concordancia con los datos suministrados por Varian.

#### Valoración de la dosis del proceso de guiado

#### Guiado con KV:

En general y, salvo el caso de la realización de múltiples CBCT en pacientes con "HDV en el límite", no se toma ninguna acción para tener en cuenta la dosis del guiado.

#### Guiado con

Evando es posible, se descuentan del campo de tratamiento las UM que se hayan empleado para el posicionamiento. En IMRT/RapidArc no es posible y el médico debe valorar, caso a caso, la corrección a aplicar (si se aplica alguna).

#### Protocolo offline: Pelvis

Pacientes con tratamientos de Pelvis, ginecológicos, rectos,...

 <u>Actualmente</u>, realización de CBCT en las 3 primeras sesiones y aplicación de protocolo NAL con los datos de desplazamientos / rotaciones obtenidos.

 Se pretende valorar la posibilidad de cambiar a protocolo eNal/eNal<sub>avg</sub>, añadiendo la realización de un CBCT cada 5 sesiones, después de las 3 primeras.

#### Protocolo offline: Próstata

 <u>Actualmente</u>, realización de CBCT en las 3 primeras sesiones y aplicación de protocolo NAL con los datos de desplazamientos / rotaciones obtenidos.

Se pretende valorar la posibilidad de cambiar a protocolo eNal/eNal<sub>avg</sub>, añadiendo la realización de 2 CBCT semanales (lunes-jueves o martes-viernes), después de las 3 primeras sesiones.

#### **Protocolo offline:** Cabeza-cuello

Distinguimos 2 tipos de pacientes:

 Pacientes sin variación significativa en el volumen del PTV a lo largo del tratamiento:

- Tumor Laringe.
- Pacientes operados con resección completa del tumor.

 Pacientes con variación significativa en el volumen del PTV a lo largo del tratamiento:

- Linfomas.
- Grandes masas

#### Protocolo offline: Cabeza-cuello

Pacientes **sin** variación temporal significativa en el volumen PTV

- 3 primeros días (2D-2D) Match + NAL (eNal/eNal<sub>avg</sub> en el futuro) para el caso de que no haya OAR en riesgo en el HDV.
- 3 primeros días (3D-3D) Match + NAL (eNal/eNal<sub>avg</sub> en el futuro), en el caso contrario.

#### **Protocolo offline:** Cabeza-cuello

Pacientes **con** variación temporal significativa en el volumen PTV

- En el caso de linfomas, se pretende pasar a un protocolo online, debido a la variación diaria del volumen del PTV (replanificación de la dosimetría a criterio del radioterapeuta)
- En el caso de tratamientos de grandes masas se realiza los 3 primeros días (3D-3D) Match + eNAL (CBCT cada 3 días). Si es necesario, se valora la replanificación.

#### Protocolo offline: Mediastino-pulmón

- 3 primeros días (2D-2D) Match + NAL (eNal/eNal<sub>avg</sub> en el futuro).
- Realización de placas kV (campo AP) + MV (campo lateral).
  Mejor compromiso entre calidad de imagen y rapidez.
- Gating (en proceso de aceptación en este momento).

#### **Protocolo** offline: Mama

- 3 primeros días (2D-2D) Match + NAL (eNal/eNal<sub>avg</sub> en el futuro).
- Realización de placas kV (campo AP) + kV (campo lateral).
- Gating (en proceso de aceptación en este momento).

### Sofware para análisis offline (integrado en red

Aria)



## Gráfica de desplazamientos y rotaciones aplicadas (protocolo *online*)



#### Posibilidad de exportar los resultados de las correcciones de cada sesión de tratamiento para análisis con aplicaciones externas

L sestation	table of Bule	udi i											. 30
Elle Edit Fo	ranet <u>View</u> Help												10000000
Online (Diffe	OBI Materence of	ch Resul final o	ts nline ma	tched pos	ition ar	nd initia	l couch	positi	ion) (s	cale: v	AR_IEC)		
Patier Patier	nt Name: nt ID: ZZ	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	oox, mm	mm									
User: Date:	usuario 24-Nov-2	2010 6:12	25 PM										
Object	: Туре: С	вст											
Vrt [cm]	Lng [cm]	Lat [cm]	Rtn [deg]	Date	Time								
0.2 0.3 -0.2 -0.1 -0.3 -0.2 -0.1 -0.3 -0.2 -0.2 -0.2 -0.2 -0.2 -0.2 -0.2 -0.1 -0.3 -0.2 -0.2 -0.2 -0.2 -0.1 -0.3 -0.2 -0.3 -0.1 -0	0.1 0.3 0.1 0.2 0.1 0.2 0.3 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1	0.1 -0.1 -0.5 -0.3 0.1 0.2 0.1 0.3 0.2 0.1 0.3 0.1 0.1 0.3 0.1	0 0 -0.1 0.5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	26-oct 27-oct 29-oct 03-Nov 05-Nov 08-Nov 11-Nov 15-Nov 16-Nov 17-Nov 19-Nov 22-Nov 23-Nov 24-Nov	2010 2010 2010 2010 2010 2010 2010 2010	12:53 09:05 09:17 09:16 09:24 09:24 09:39 09:42 09:39 09:47 09:33 09:28 09:28 09:28 09:36 09:37 09:37 09:44							
## Protocolo NAL integrado en red Aria (datos automáticamente actualizados)



## Protocolo NAL integrado en red Aria (datos automáticamente actualizados)



### 4- Control de calidad



### **QA: normas generales**

 No existe normativa al respecto. No hay recomendaciones ni guias para el control de calidad (QA) de OBI.

Ayudas para QA:

Pruebas de aceptación (procedimientos de Varian).

 Conocimiento del sistema y experiencia de los fallos que puede haber.

### Controles de OBI en el Hospital Rúber Internacional basados en artículo publicado por Sua Yoo et al.

### Med. Phys. 33, 4431 (2006)

#### A quality assurance program for the on-board imager®

Sua Yoo<sup>8)</sup> Department of Radiation Oncology, Duke University Medical Center, Durham, North Carolina 27710 Gwe-Ya Kim Department of Radiation Oncology, Stanford University School of Medicine, Stanford, California 94305 Rabih Hammoud Department of Radiation Oncology, Henry Ford Health System, Detroit, Michigan 48202

Eric Elder Department of Radiation Oncology, Emory University, Atlanta, Georgia 30322

Todd Pawlicki Department of Radiation Oncology, Stanford University School of Medicine, Stanford, California 94305

Huaiqun Guan Department of Radiation Oncology, Henry Ford Health System, Detroit, Michigan 48202

Timothy Fox Department of Radiation Oncology, Emory University, Atlanta, Georgia 30322

Gary Luxton Department of Radiation Oncology, Stanford University School of Medicine, Stanford, California 94305 Fang-Fang Yin

Department of Radiation Oncology, Duke University Medical Center, Durham, North Carolina 27710 Peter Munro

Varian Medical System, Palo Alto, California 94304

(Received 9 June 2006; revised 20 September 2006; accepted for publication 20 September 2006; published 31 October 2006)

 Varian Medical Systems suministra con la compra de OBI varios maniquís útiles para QA.

 Periodicidades de cada prueba aún no establecidas definitivamente. Poca experiencia aún.

### **CONTROLES OBI:** protocolo semanal/mensual

### 1. GEOMÉTRICOS:

- a) Posicionamiento del brazo.
- b) Comprobación del isocentro del OBI.
- c) Exactitud del proceso de colocación de pacientes.
- 2. CALIDAD IMAGEN RADIOGRÁFICA Y FLUOROSCÓPICA:
  - a) Sensibilidad contraste.
  - b) Resolución espacial.
- 3. CALIDAD DE IMAGEN CBCT:
  - a) Reproducibilidad HU.
  - b) Linealidad espacial.
  - c) Uniformidad.
  - d) Resolución de contraste.
  - e) Resolución espacial.

1.a) Posicionamiento del brazo

Periodicidad: Mensual

- Un fallo en este parámetro afectaría a la magnificación de la imagen.
- Comprobación de que tanto la fuente y el detector se colocan a la distancia deseada.
- Se comprueba una distancia de la fuente al isocentro (100 cm) y dos distancias para el detector (-50 y -30 cm).
- La tolerancia es de 0,2 cm en cualquier dirección.

1.b) Comprobación del isocentro de OBI

Periodicidad: semanal

 Los ejes de la fuente y el detector de kV deben de ser coincidentes (isocéntricos) con el eje de rotación del gantry y deben estar confinados en una esfera de radio ≤ 1,5 mm para cualquier giro del gantry.

Se emplea un cubo que posee una esfera opaca en su centro de 1 mm de radio.



### 1.b) Comprobación del isocentro del OBI (cont)



- Se coloca el cubo centrado con los láseres y retícula del colimador.
- Se mide la distancia del origen de la retícula de la aplicación OBI (pixel central del panel) y el centro de la bolita.
- Esta distancia debe ser menor de 1,5 mm.
- Se realiza este análisis en dos posiciones de gantry alternas (0°,90°,270°,180°).

1.c) Exactitud del proceso de colocación de pacientes Periodicidad: semanal

 Realización de procedimiento 2D-2D Match a un maniquí "marker cube". Las imágenes de referencia son 2 DRR's generadas en el planificador.

# 1-c) Exactitud del proceso de colocación de pacientes (cont)



El maniquí que empleamos contiene en su interior una marca fiducial central de 1 mm de diámetro y 4 fiduciales de 3 mm de largo y 1 mm de diámetro.

maniquí Este puede colocarse anclado a un soporte a la mesa en diferentes posiciones con desplazamientos conocidos respecto a una posición "centrada". Simulamos desplazamientos de 2 cm las direcciones en inferior. derecha V posterior.

### 1.c) Exactitud del proceso de colocación de pacientes



- Se realiza el registro de las imágenes y se comprueban los desplazamientos sugeridos.
- Se aplican estos desplazamientos y se comprueba la posición final del maniquí.

### Análisis/Matching/Desplazamiento 2D-2D



# Análisis *Matching* 2D-2D: estadística de resultados

Desplazamiento residual en cada dirección y total después de aplicar correcciones



### End To End Test

 Para verificar la exactitud en el posicionamiento teniendo en cuenta todos los pasos del procedimiento radioterápico (CT, Herramientas de contorneo, planificación, posicionamiento guiado con OBI).

Herramienta "adaptada" del sistema Cyberknife (Accuray).

- Realización de CT a maniquí de cabeza, con inserto cúbico que contiene una esfera de material ligeramente más denso.
- Planificación mediante RapidArc (2 arcos).
- Posicionamiento en máquina mediante guiado CBCT /2D-2D/ Markers.









### Proceso de matching (en la imagen comparación 3D-3D)





TOTAL TARGETING ERROR : (0,55±0,11)

mm (Isodosis de referencia: 90; 92,5;

### CALIDAD IMAGEN RADIOGRÁFICA Y FLUOROSCÓPICA

### Periodicidad: Mensual

Análisis de la calidad de las imágenes 2D obtenidas con el sistema OBI.

Se emplea un maniquí Leeds TOR 18FG, situado directamente sobre el detector. Se coloca un filtro de 1 mm de Cu a la salida del haz y un tamaño de campo de 14x14 cm.

Se posiciona de tal manera que los patrones de barras formen un ángulo de 45°.



### CALIDAD IMAGEN RADIOGRÁFICA Y FLUOROSCÓPICA

### 2.a) Resolución de contraste

- Para esta prueba el maniquí TOR 18 FG posee 18 círculos de 8 mm de diámetro con diferentes niveles de contraste.
- Se realiza la prueba para las dos técnicas de imagen 2D disponibles (radiográfica y fluoroscópica).
- La especificación de Varian indica que el sistema de imagen debe permitir discernir visualmente al menos hasta el círculo de contraste del 2,33% en fluoroscopía (círculo 12). En la aceptación se escoge la técnica mas favorable.
- Yoo et al., con una técnica de 70 kV, 32 mA, 6 ms en fluoroscopia o 75 kVp, 25 mA y 6 ms en radiografía recomiendan observar al menos hasta el círculo 11 ó 12.
- Aún así, es más importante observar la tendencia que el valor concreto.



Radiografía Técnica: 75 kVp 25mA 20ms

### CALIDAD IMAGEN RADIOGRÁFICA Y FLUOROSCÓPICA

# 2.b) Resolución espacial

- Para esta prueba el maniquí TOR 18 FG posee 21 patrones de barras con diferente espaciamiento entre ellos.
- Para decir que un grupo está resuelto debemos de ver todas las líneas que lo componen.
- Se realiza la prueba para las dos modalidades de imagen 2D disponibles.
- La especificación de Varian, sin 1 mm de Cu, es discernir al menos el patrón de 1,2887 lp/mm.
- Yoo et al., con una técnica de 50kV, 80 mA, 32 ms en fluoroscopia o 50 kVp, 80 mA y 120 ms en radiografía recomiendan observar al menos hasta el grupo de barras 11 (1,6 lp/mm).
- Aún así, es más importante observar la tendencia que el valor concreto.



Radiografía Técnica: 55 kVp 80mA 32ms

### **CALIDAD IMAGEN CBCT**

Periodicidad: Mensual

- Maniqui CATPHAN
- Se realizan dos CBCT con protocolos estándar:
  - Filtro half fan (Cabeza)
  - Filtro full fan (Pelvis)

### **Reproducibilidad HU**



	Poforonoia	Telemancia	Footbo	Head	Scan	Pelvis	
	Releicid		Гесна	Medida	Resultado	Medida	Resultado
Air	-1000	± 40		-996.9	PASS	-998.9	PASS
acrylic	120	± 40	04/11/2010	116	PASS	108.31	PASS
LDPE	-100	± 40		-106.4	PASS	-104.2	PASS

- Región del maniquí con círculos de diferentes densidades.
- Se mide el valor medio de HU en 3 de ellos.
- La tolerancia es de ±40 HU respecto a la referencia.

### **Linealidad Espacial**

Se verifica la distancia que existe entre los 4 círculos centrales (3 aire y uno de teflón) separados 50 mm. •



#### 

	Deferencia			Head Scan		Pelvis	
	mm	Tolerancia	Fecha	Medida mm	Resultado	Medida mm	Resultado
Distancia	50	1%	04/11/2010	49.9	PASS	49.7	PASS

### Uniformidad



	Foobo	Hea	d Scan	Pelvis	
	recita	Media	Diferencia	Media	Diferencia
ROI central		-3.66	*	16.13	*
ROI superior	04/44/2040	-18.13	-18.13	-5.67	-5.67
ROI derecha		-10.82	-10.82	-6.19	-6.19
ROI inferior	04/11/2010	-17.55	-17.55	-4.29	-4.29
ROI izquierdo		-11.85	-11.85	-4.29	-4.29
RESULTADO		PASS		PASS	

- Región del maniquí con inserto de densidad uniforme.
- Se mide el valor medio de HU en 5 posiciones de éste (central,superior, dcha, izda, inferior).
- Todos los valores deben estar entre ± 40 HU.
  - La máxima diferencia entre los ROI periféricos y el central debe ser de 40 HU.

### **Resolución de Contraste**



	Especificación Espec		Facha	Head Scan		Pelvis	
l	contraste	diámetro	recha	Medida	Resultado	Contraste	diámetro
	1%	15	04/11/2010		V	1.00%	4
	RESULTADO		04/11/2010	^		PASS	

- Región del maniquí con insertos de diferente contraste y tamaño.
- Hay 3 grupos (contraste 1%, 0,5% y 0,3%) de 9 círculos cuyo diámetros son 2,3,4,5,6,7,8,9 y 15 mm.
- Solo para protocolo pelvis, el de cabeza es de menor dosis.
- La especificación pide distinguir dentro del grupo de contraste del 1% el círculo de 15 mm; recomendable, hasta el de 7mm.

### **Resolución Espacial**



Región del maniquí con patrón de barras: 21 grupos ordenados de manera que el espaciamiento entre ellas va disminuyendo

Es necesario ver todas las líneas para decir que el grupo está resuelto

Especificación: resolver hasta el grupo 6 para pelvis y hasta el 4 para cabeza

Feebo	Head	Scan	Pelvis		
Fecha	Medida	Resultado	Contraste	Resultado	
04/11/2010	7	PASS	8	PASS	