

Jornada S.A.R.H.

Granada, 18 de diciembre de 2010

IGRT: Estado de helarte

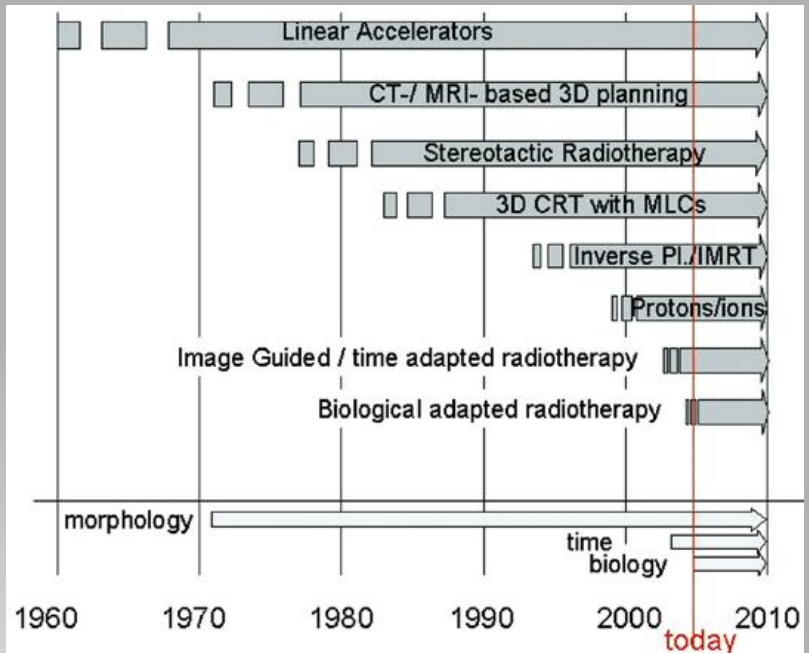
• Ideas básicas

TABLE II. ASTRO six point action plan.

ASTRO six point action plan
Creation of an anonymous national database for event reporting
Enhance and accelerate the ASTRO/ACR Practice Accreditation Program
Expand education and training programs to include intensive focus on quality and safety
Develop tools for cancer patients to use in discussions with radiation oncologists
Accelerate development of the IHE-RO (Integrated Health Enterprise—Radiation Oncology) program
Advocate for passage of the CARE (Consistency, Accountability, Responsibility, Excellence in Medical Imaging and Radiation Therapy) act

TABLE I. Composition of participants at Safety in Radiation Therapy: A Call to Action.

Who was there?
45% medical physicists
15% administrators
10.5% radiation oncologists
7% radiation therapists
2.5% dosimetrists
2.2% regulators
6.8% other
11% nonresponders



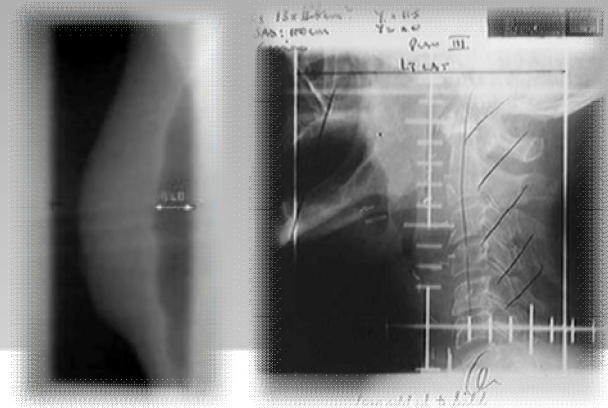
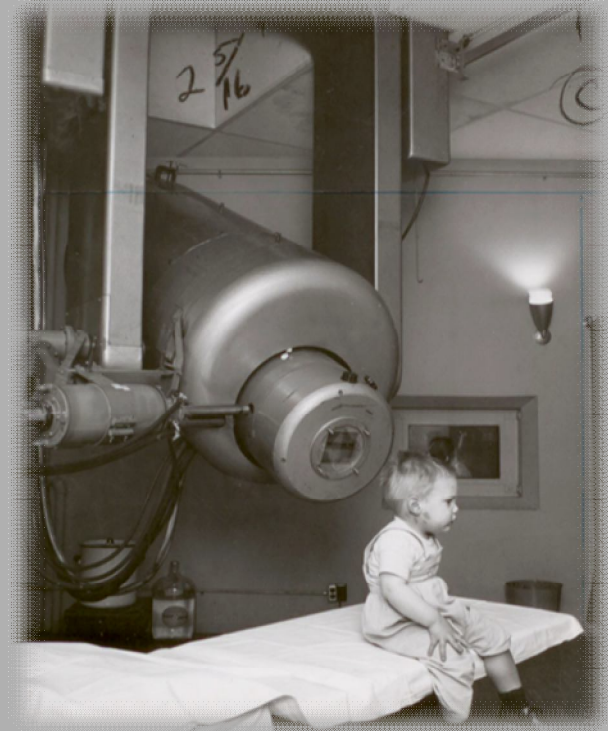
GUIÓN

¿que es IGRT?

- Cualquier uso de imágenes con el objetivo de aumentar la precisión en la administración de radioterapia.
 - En el diagnóstico (estadificación)
 - En la definición del CTV
 - En la colocación diaria del paciente
 - En el control del movimiento fisiológico

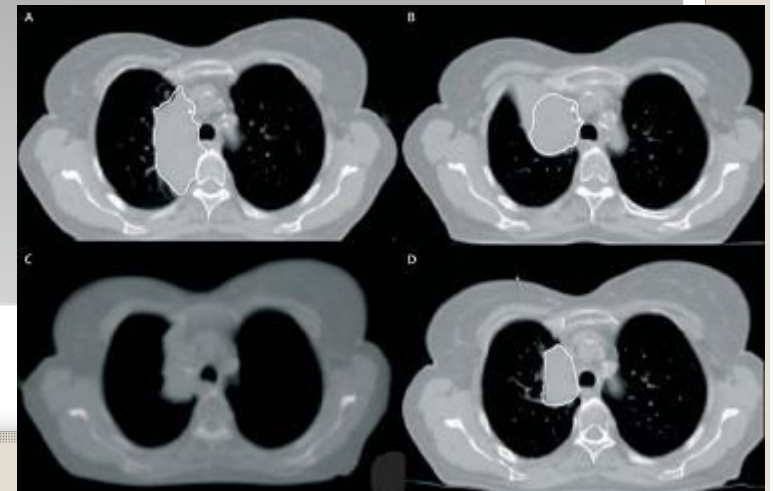
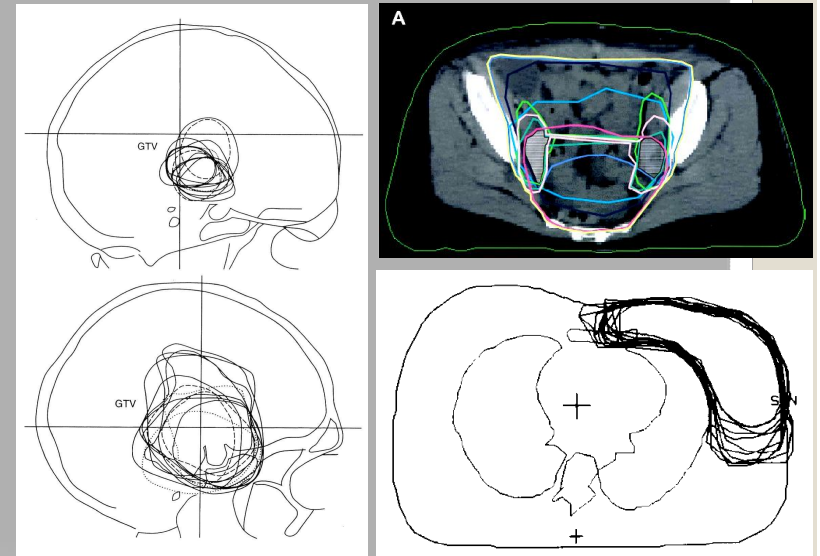
¿...que es IGRT?

- Debemos distinguir
 - Radioterapia *basada* en la imagen
 - Radioterapia *guiada* por imagen
- La sutileza consiste en el uso intensivo, simultáneo, incluso dinámico, de imágenes multimodales en IGRT frente al uso discreto, “accidental”, en IBRT...



Diagnóstico

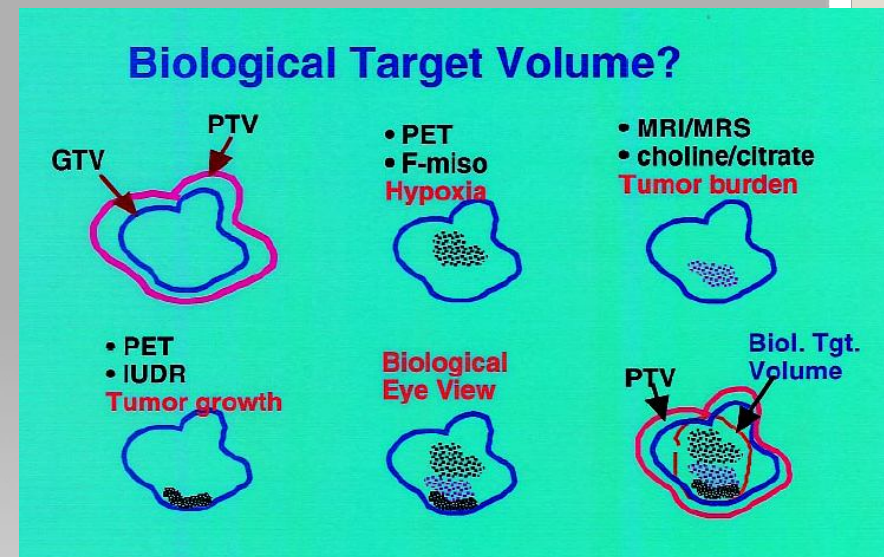
- La incertidumbre en la definición espacial y temporal del CTV y los tejidos sanos es el principal problema en la aplicación de la radioterapia
- Se han realizado experiencias de reproducibilidad en muchas localizaciones, incluso dentro de RCT's con protocolos bien definidos, en muchas patologías y localizaciones... con resultados poco satisfactorios



El “Biolumen” Tumor

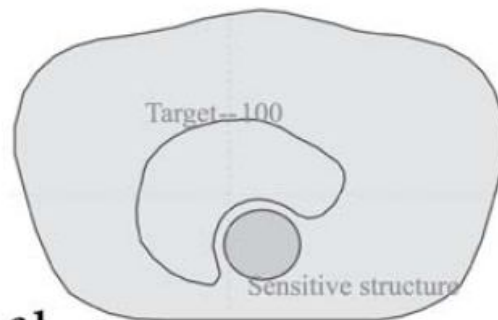
Hacia un modelo biológico y dinámico

- La localización con técnicas bioquímicas in vivo e imagen funcional (PET-MRSI) permitirá una definición más “biológica” de los volúmenes tumorales
 - Hipoxia
 - Hipersensibilidad
- La imagen multimodal y el corregistro nos permite aunar lo mejor de cada técnica

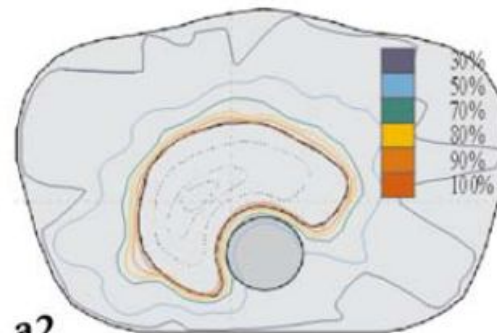


Se están desarrollando algoritmos capaces de optimizar un plan de tratamiento atendiendo a la “importancia” biológica derivada de estos métodos de diagnóstico

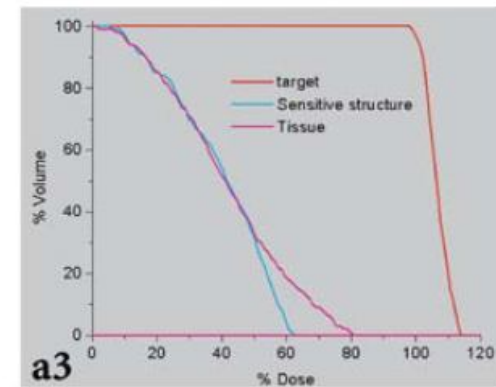
El "Biolumen" Tumor



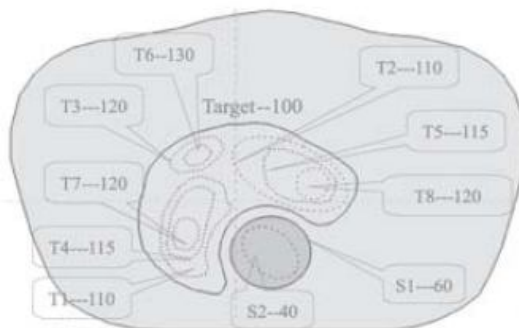
a1



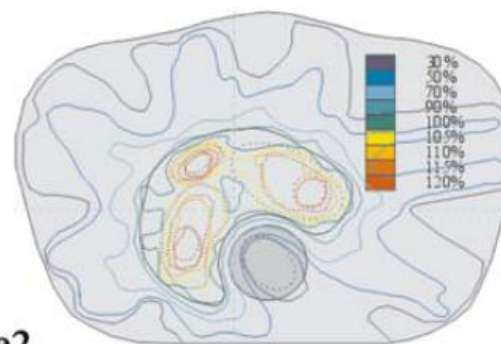
a2



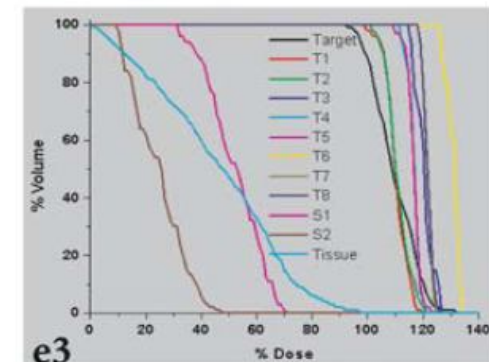
a3



e1



e2



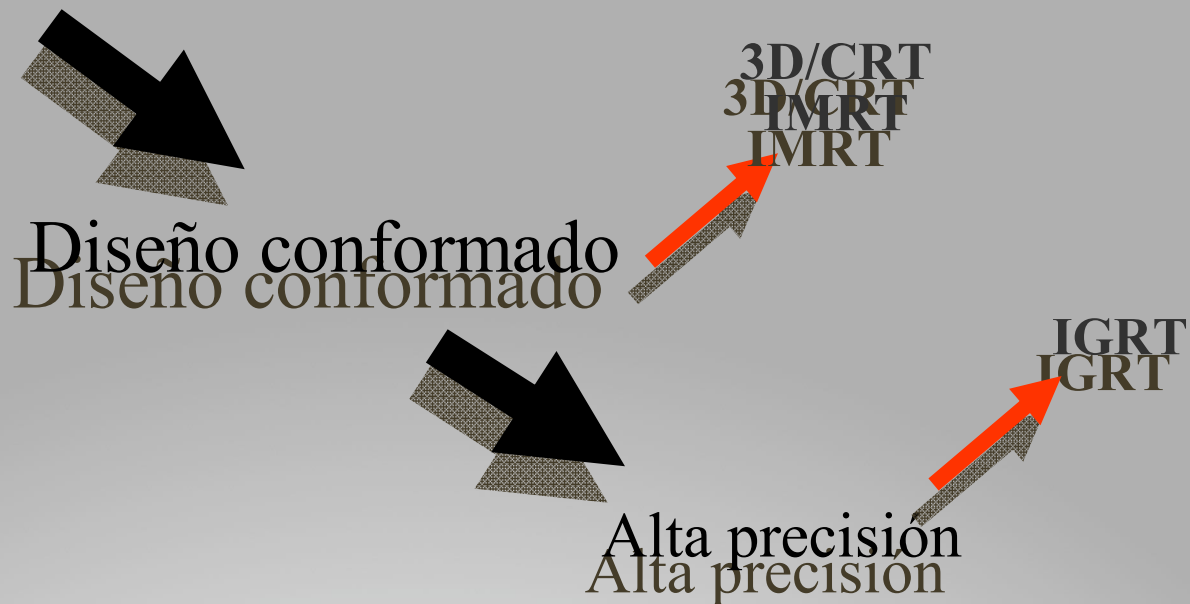
e3

El “Biolumen” Tumor

Type	Description	Examples	Model
Critical Element (CE)	The structure is composed of many FSUs and irreparable damage to any one will cause a complication	Spinal cord Nerves Peritoneum	Chain made up of many friable links
Critical Volume (CV)	Damage to a substantial fraction of the FSUs is necessary to cause a complication	Kidney Liver Lung	Rope made up of many strands which will hold until many are broken
Graded Response (GR)	Response occurs on a continuous scale	Skin Mucosa	Granular clump of “dosimeters”

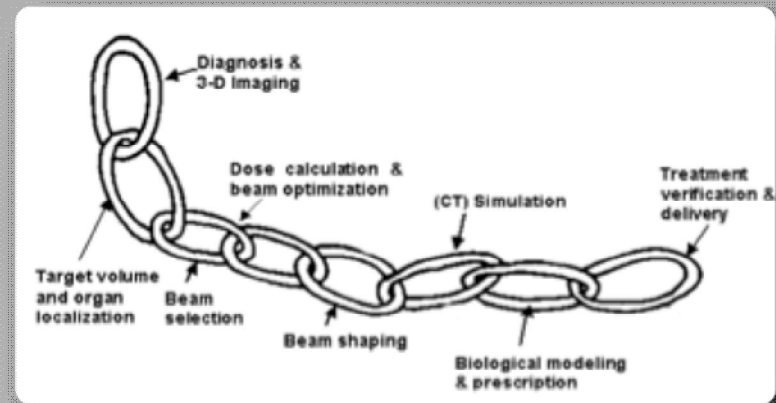
El objetivo de la radioterapia

Maximizar PCT
Minimizar PCTS



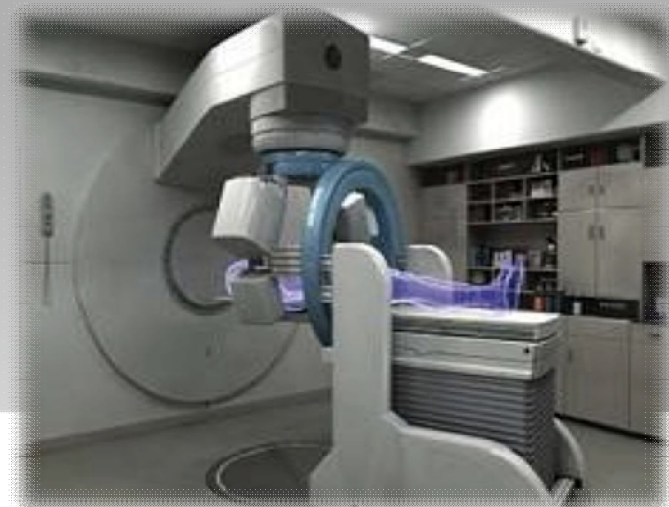
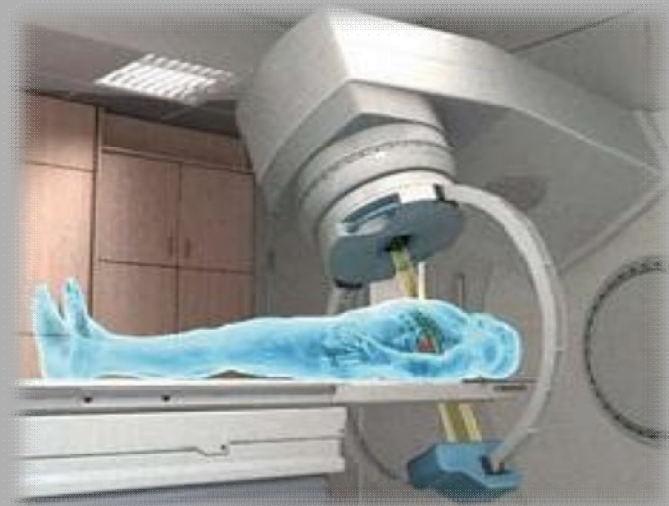
¿porqué IGRT?

- Porque el grado de conformación que somos capaces de alcanzar hoy en la planificación y el haz (IMRT) es inútil si no alcanzamos un grado de precisión similar en el resto de elementos que determinan la precisión integral del tratamiento



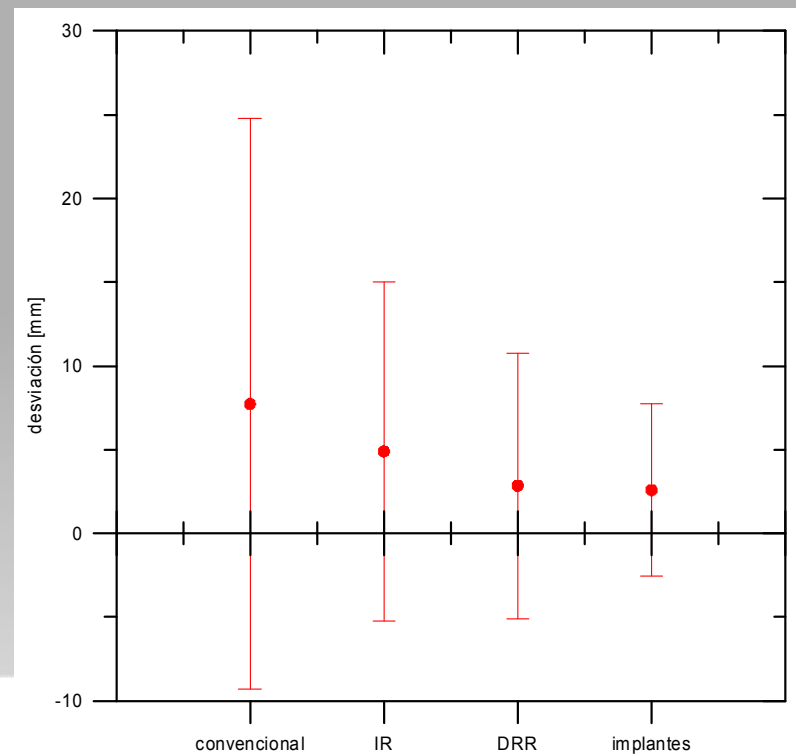
Reproducibilidad del posicionado

- La reproducción de las condiciones previstas para el tratamiento es uno de las fuentes de variabilidad que más atención ha recibido tradicionalmente
- Marcas externas y sistemas de alineación pasivos (láseres), soportes y fijaciones, imagen portal, indexación...
- En la actualidad todos los fabricantes ofrecen en su producto algún sistema de imagen incorporado
- Y siguen apareciendo novedades...CADA DÍA



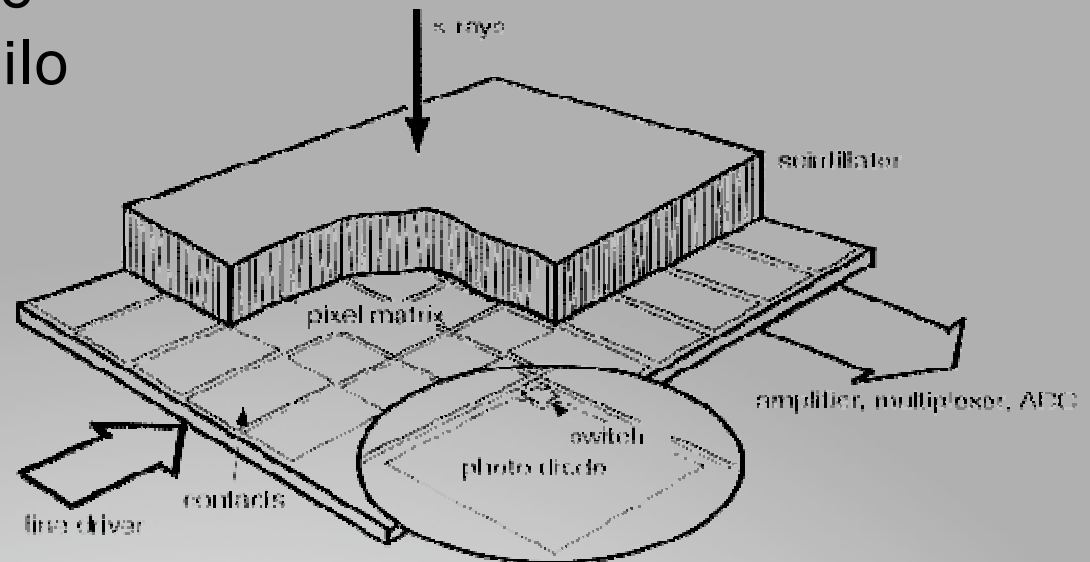
Reproducibilidad del posicionado

- La reproducción de las condiciones previstas para el tratamiento es uno de las fuentes de variabilidad que más atención ha recibido tradicionalmente
- Marcas externas y sistemas de alineación pasivos (láseres), soportes y fijaciones, imagen portal, indexación...
- En la actualidad todos los fabricantes ofrecen en su producto algún sistema de imagen incorporado
- Y siguen apareciendo novedades...CADA DÍA



El EPID

- Los sistemas EPID han permitido disponer de imagen en línea de los campos de tratamiento.
 - Sistemas de video
 - Ionización multihilo
 - Silicio amorfo



Furthermore, to fully utilize the volumetric data, a new paradigm with seamlessly integrated simulation, planning, verification, and delivery procedure is urgently needed. Until this is realized clinically, the volumetric imaging is nothing but an expensive extension of the already functional planar verification approach.



Medical Dosimetry, Vol. 31, No. 2, pp. 91-112, 2006
Copyright © 2006 American Association of Medical Dosimetrists
Printed in the USA. All rights reserved.
0958-3947/06/\$-see front matter

doi:10.1016/j.meddos.2005.12.004

OVERVIEW OF IMAGE-GUIDED RADIATION THERAPY

LEI XING, Ph.D., BRIAN THORNDYKE, Ph.D., EDUARD SCHREIBMANN, Ph.D.,
YONG YANG, Ph.D., TIAN-FANG LI, Ph.D., GWE-YA KIM, Ph.D., GARY LUXTON, Ph.D.,
and ALBERT KOONG, M.D.

Department of Radiation Oncology, Stanford University School of Medicine, Stanford, CA

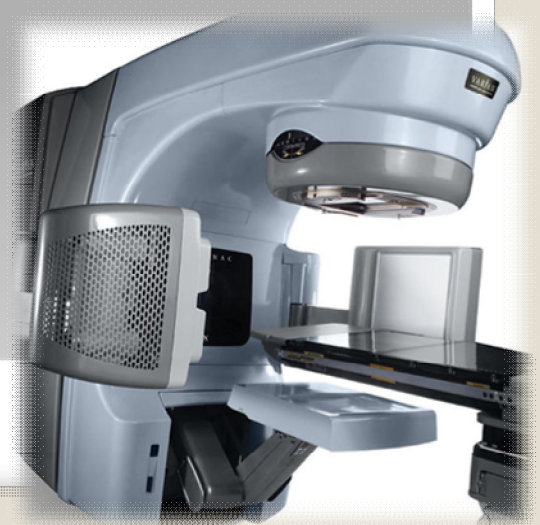
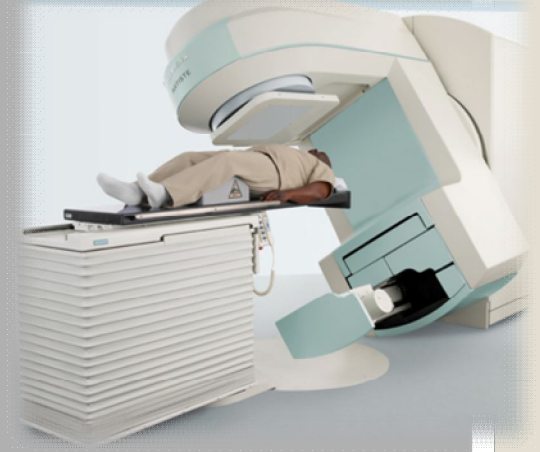
Alternativas comerciales

- Cone beam
 - kV / CBCT
 - MV / CBCT
- In room CT/MRI/US
- Sistemas ópticos
 - Marcadores
 - Superficie corporal
- Electromagnéticos
- Sistemas específicos
 - Ciberknyfe
 - Tomoterapia



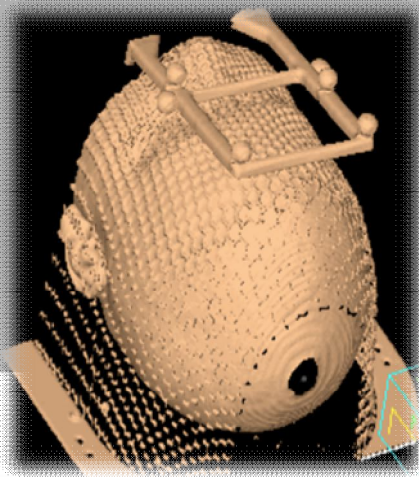
Cone Beam CT

- Un detector plano en la propia unidad permite reconstruir imágenes volumétricas a partir de un gran número de imágenes planas
- Sobre el volumen reconstruido (alto contraste de tejido blando, especialmente en kV) es posible localizar el isocentro actual y marcar el isocentro planificado. El propio sistema calcula los desplazamientos necesarios para corregir la posición. Algunos sistemas permiten correcciones de ángulo, generalmente necesarias
- En el caso kV, la correlación entre los sistemas de coordenadas es crítica.



Sistemas ópticos

- Mediante cámaras estereográficas se determina la posición de reflectores infrarrojos unidos rígidamente al paciente lo que permite ubicarlo en el sistema de referencia de la sala
- Otros sistemas obtienen una imagen de la superficie corporal y la comparan con la imagen proveniente de la planificación



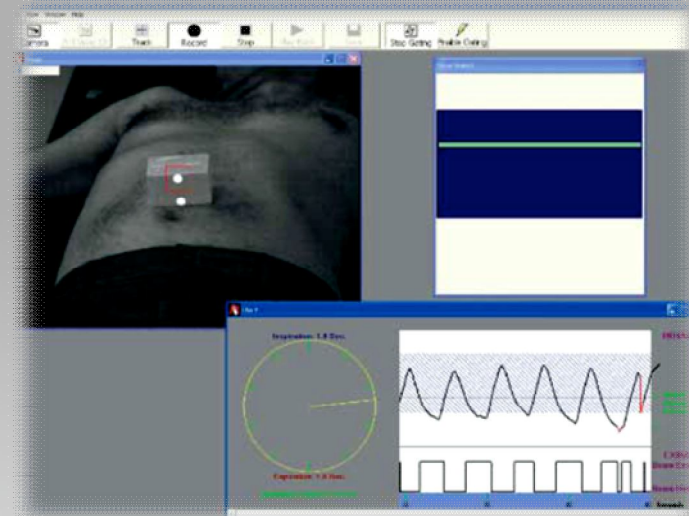
El movimiento fisiológico

- Los movimientos fisiológicos son muy importantes en tratamientos torácicos y abdominales
- El control del movimiento fisiológico implica acciones durante la definición del CTV y durante la irradiación
- La imagen 4D (CT, PET y RM) nos ayuda a conocer la variabilidad anatómica durante cada irradiación y a definir de forma precisa el margen de extensión CTV → PTV e incluso a reducirlo mediante terapia dinámica o sincronizada (triggering)



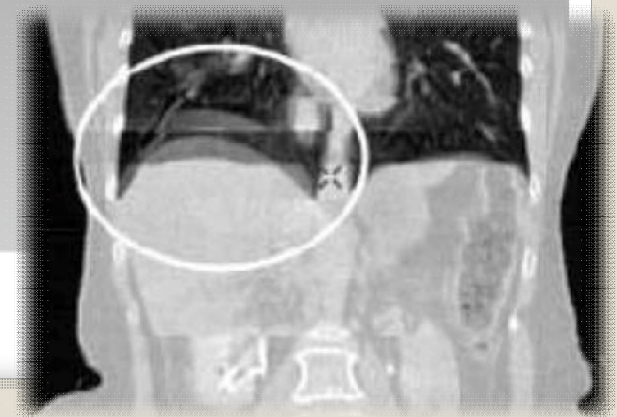
Sincronización respiratoria

- Existen muchos métodos
 - Espirometría
 - Medida mecánica de expansión
 - Sistemas ópticos
- Monitorización del ciclo y "gating"
- Al menos 10 etapas → equivalente a 10 exploraciones completas o más! (hasta 3000 cortes)
- Sistemas "inteligentes" para combinar información procedente de cada etapa permitirán reducir tiempo, ruido y dosis.



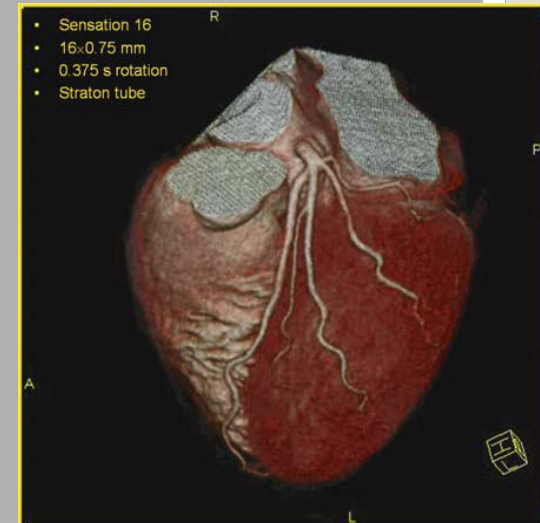
Sincronización respiratoria

- Los sistemas de sincronización son muy sensibles a irregularidades en el ciclo, las cuales pueden causar importantes artefactos
- Para evitarlas se puede recurrir al *control activo de la respiración* (respiración asistida o limitada)
- Algunos sistemas trabajan ignorando la fase y concentrándose directamente en la amplitud de la expansión torácica
- Pero la medida externa de amplitud puede no estar bien correlacionada (cambios de amplitud respecto al desplazamiento de tumores pulmonares y desfases en el movimiento abdominal inducido)
- La solución definitiva parece pasar por el desarrollo de modelos dinámicos que permitan proyectar la información de todas las secciones mejorando la calidad



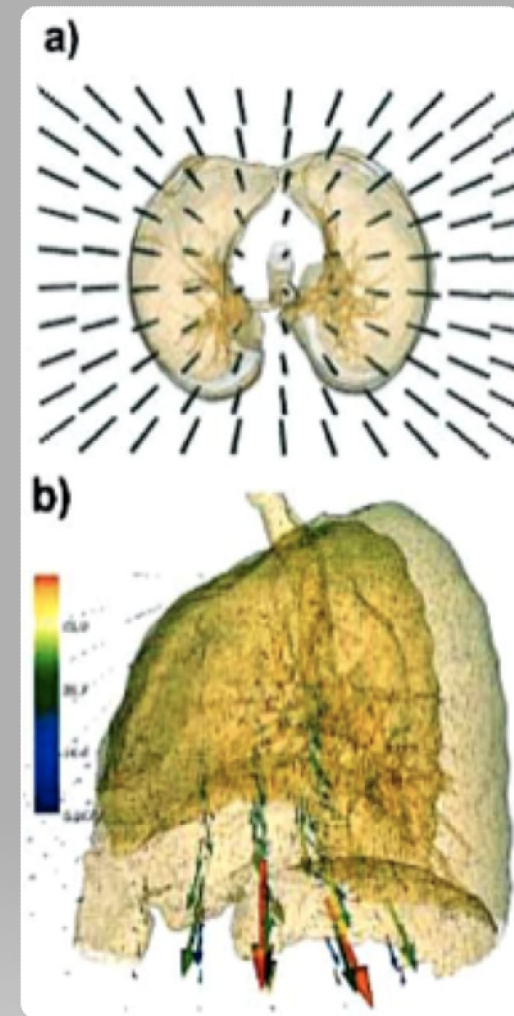
Modelos anatómicos dinámicos

- En los modelos anatómicos dinámicos cada vóxel, y su comportamiento dinámico, es identificado individualmente de forma que su posición, y por tanto la información "visual" asociada, es conocida.
- Esto permite asociar toda la señal detectada en ese vóxel móvil, con un vóxel único, evitando la problemática asociada a la captura 4D (baja señal y *recontorneado* de volúmenes)
- Además facilita el *matching* entre imágenes de referencia y diarias en la puesta en tratamiento
- Incluso permitirán la replanificación diaria automática y el *tracking* de órganos en irradiación



Modelos anatómicos dinámicos

- En los modelos anatómicos dinámicos cada vóxel, y su comportamiento dinámico, es identificado individualmente de forma que su posición, y por tanto la información “visual” asociada, es conocida.
- Esto permite asociar toda la señal detectada en ese vóxel móvil, con un vóxel único, evitando la problemática asociada a la captura 4D (baja señal y *recontorneado* de volúmenes)
- Además facilita el *matching* entre imágenes de referencia y diarias en la puesta en tratamiento
- Incluso permitirán la replanificación diaria automática y el *tracking* de órganos en irradiación



Y que?...

- La ventaja que podemos extraer de esa información 4D dependerá en gran medida de las posibilidades de nuestro planificador y nuestra unidad de irradiación
 - Márgenes PTV individualizados $\rightarrow 3.5$ RT
 - Respiración condicionada
 - Triggering (generalmente al fin de la expiración $\pm 15\%$)
 - Tracking por apertura MLC o por isocentro dinámico



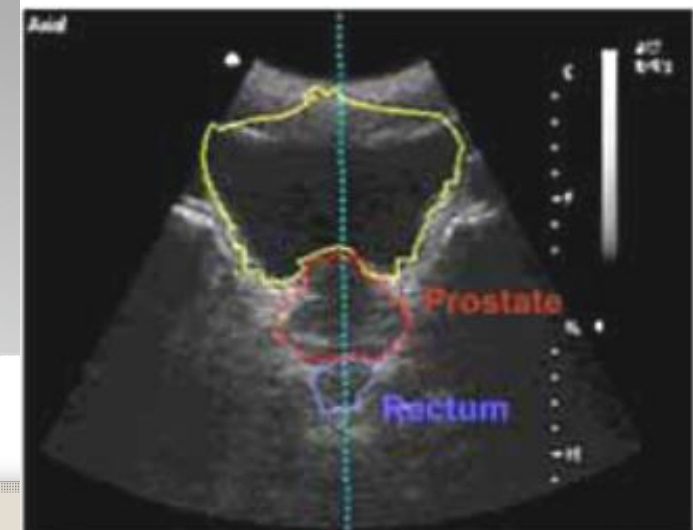
In room MRI

- Ventajas
 - Resolución espacial
- Inconvenientes
 - Interferencia con MW, requiere triggering
 - Deformación geométrica
 - No válido para cálculo de dosis



In room US

- Especialmente útil en algunas patologías en las que se utiliza con éxito (próstata)
- La calidad de imagen ha mejorado mucho pero sigue siendo pobre y en otras localizaciones no ha demostrado utilidad.



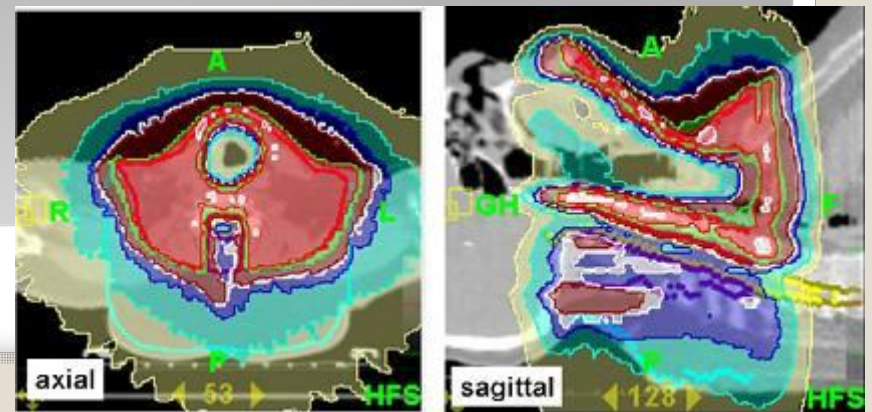
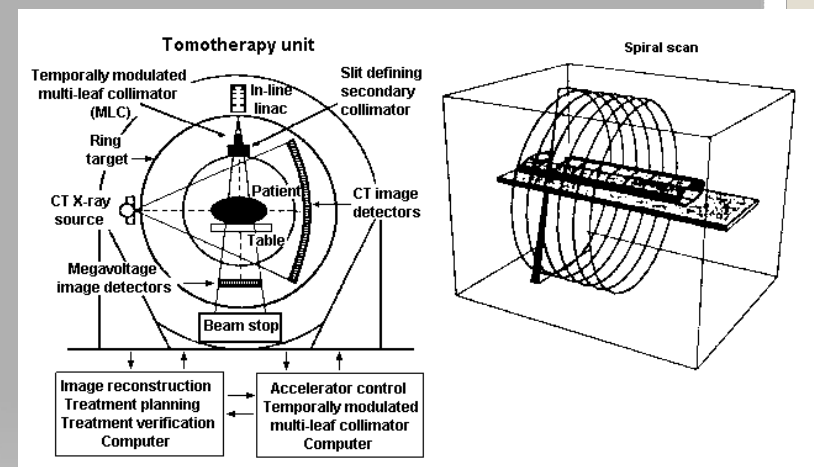
Ciber knife

- El sistema cuenta con visión RX estereoscópica planar fija en el espacio para localizar marcadores metálicos radioopacos implantados en el tumor.
- El sistema muestrea con frecuencia suficiente para "predecir" el movimiento de los marcadores
- Un brazo robótico recibe esa información y "sigue" la variación de posición detectada.
- Su colimación fija y su pequeño tamaño de campo, limitan mucho su aplicación



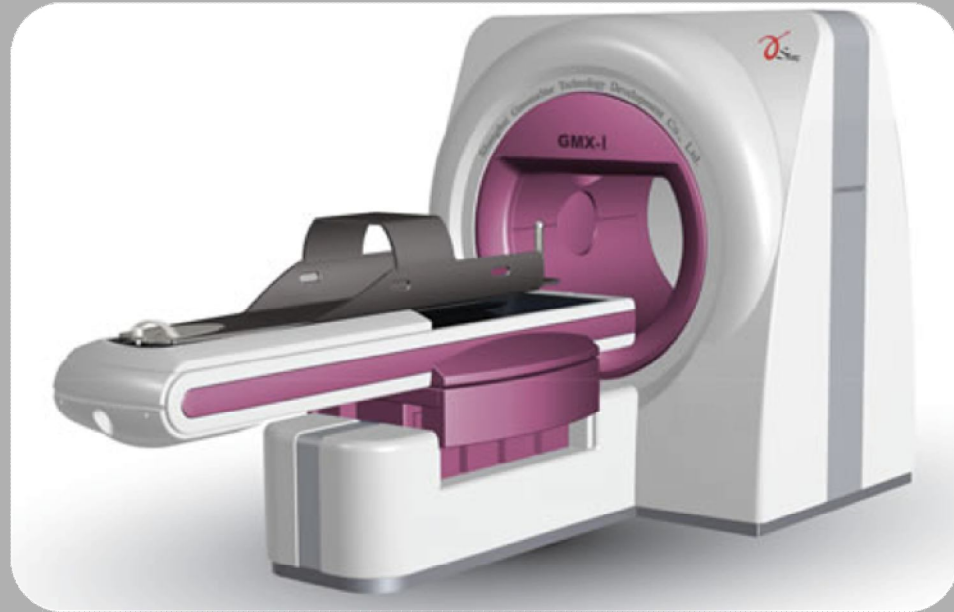
Tomoterapia

- El sistema integra en un solo equipo la unidad de irradiación y capacidad de imagen tomográfica de megavoltaje.
- Esto facilita la adquisición de imagen volumétrica de control antes y después de la irradiación.



La Tomogammaterapia...

- Aunque desde una perspectiva oriental, todo puede mejorarse y tanta sofisticación puede parecer innecesaria...



POINT/COUNTERPOINT

Suggestions for topics suitable for these Point/Counterpoint debates should be addressed to Colin G. Orton, Professor Emeritus, Wayne State University, Detroit: ortonc@comcast.net. Persons participating in Point/Counterpoint discussions are selected for their knowledge and communicative skill. Their positions for or against a proposition may or may not reflect their personal opinions or the positions of their employers.

Co-60 tomotherapy is the treatment modality of choice for developing countries in transition toward IMRT

Patrick F. Cadman, M.Sc.
Saskatoon Cancer Centre, Saskatoon, Saskatchewan S7N 4H4, Canada
(Tel: 306-655-2696, E-mail: pat.cadman@saskcancer.ca)

Bhudatt R. Paliwal, Ph.D.
Department of Human Oncology, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin 53792
(Tel: 608-263-8514, E-mail: paliwal@humonc.wisc.edu)

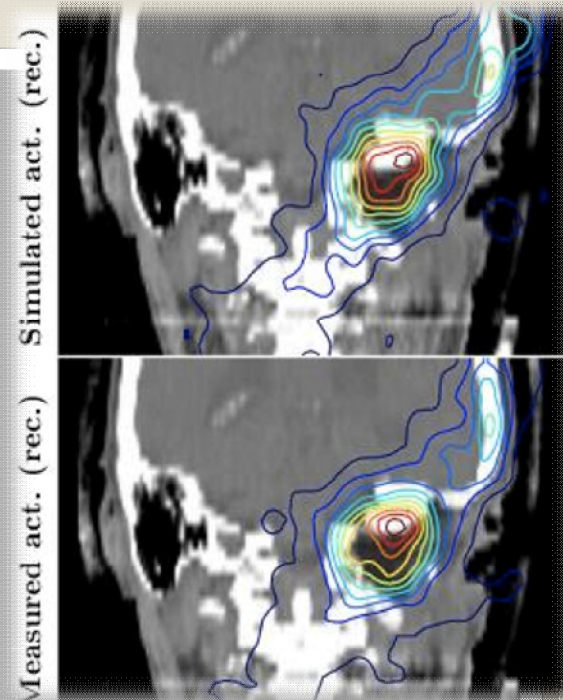
Colin G. Orton, Ph.D., Moderator

(Received 24 July 2010; accepted for publication 26 July 2010; published 8 November 2010)

[DOI: [10.1118/1.3481358](https://doi.org/10.1118/1.3481358)]

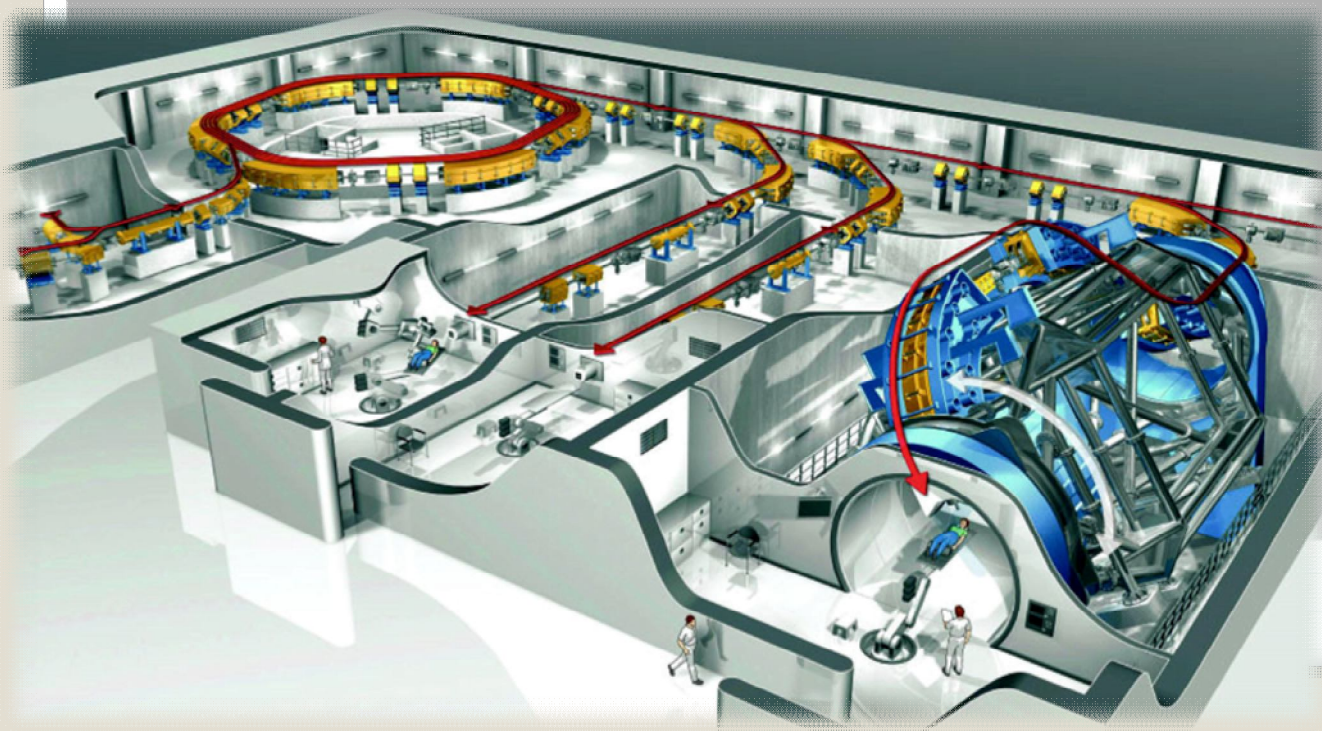
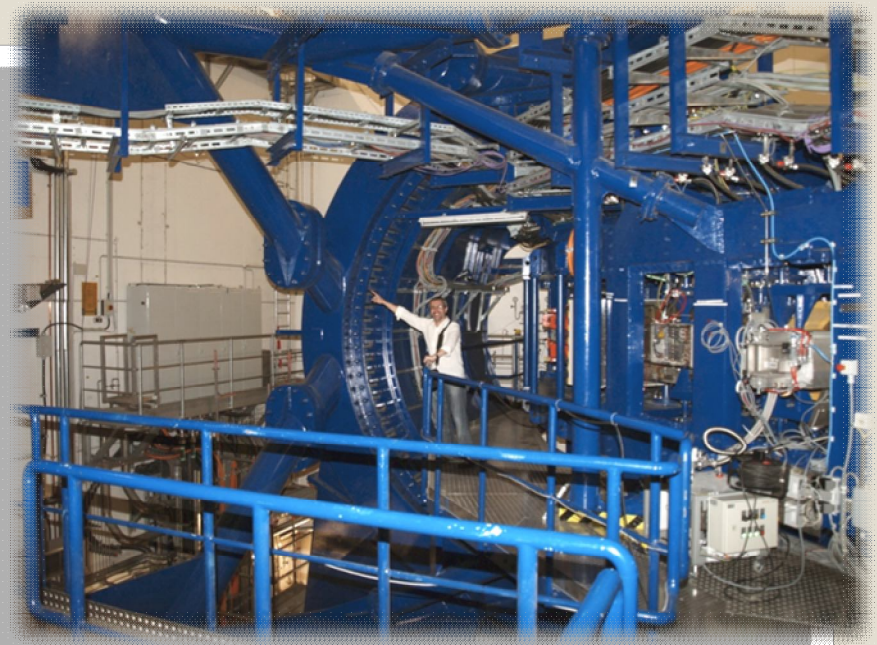
¿Y de qué hablaremos mañana...?

- Han empezado a desarrollarse sistemas de dosimetría in vivo basados en los detectores empleados para capturar imágenes de MV (planares y tomoterapia) que permitirán superponer sobre la imagen 3D en tratamiento, la distribución de dosis realmente administrada.
- También se está estudiando incluso la posibilidad de capturar en tiempo real información de la distribución interna de dosis mediante imágenes PET generadas a partir de la activación de algunos elementos en irradiación de haces de muy alta energía o partículas pesadas (iones)



EL HIT

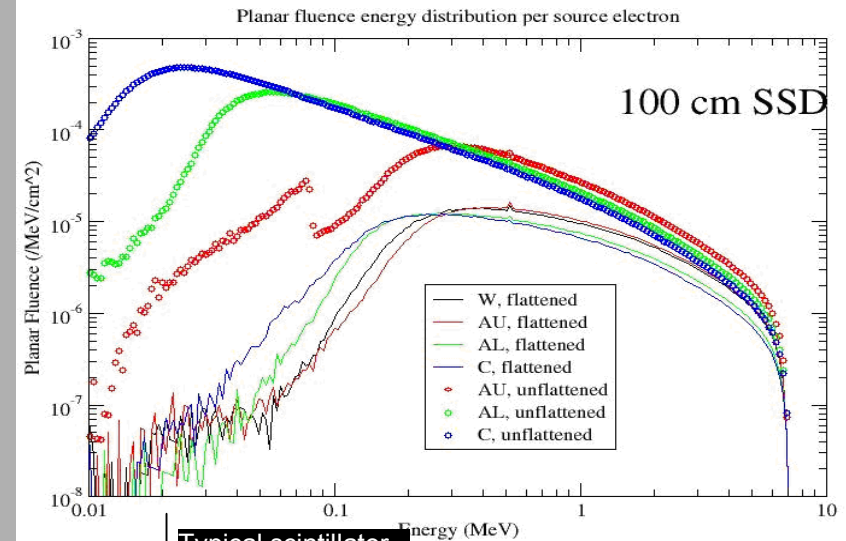
- El HIT es el primer centro de iones ligeros estrictamente clínico.



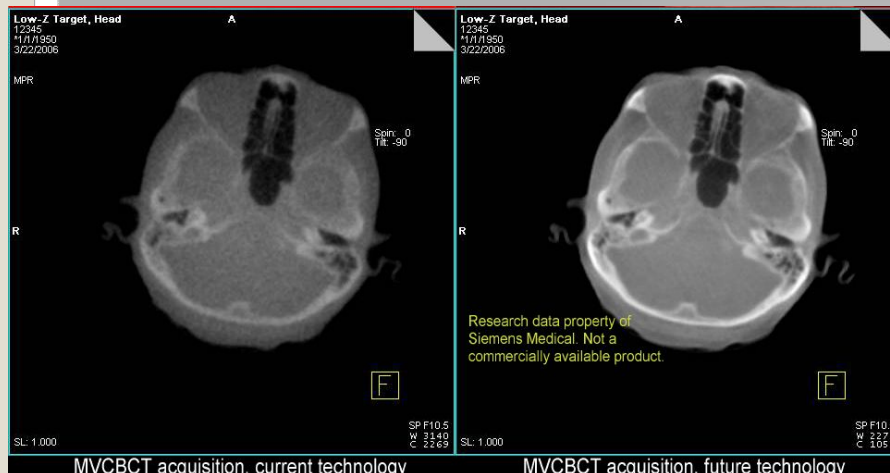
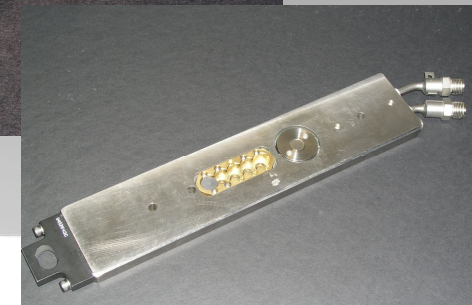
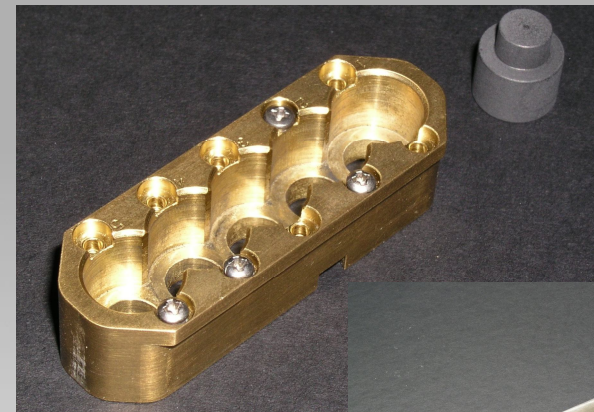
KV in beam

- Se están desarrollando sistemas de imagen de bajo voltaje "on line" basados en el uso del haz terapéutico no filtrado

Primus 6 MV, all photons, regardless of interaction region(s)



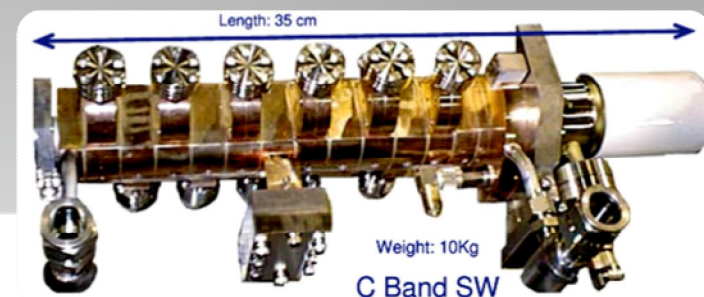
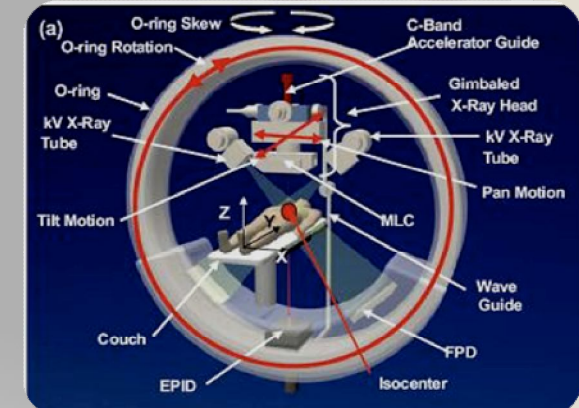
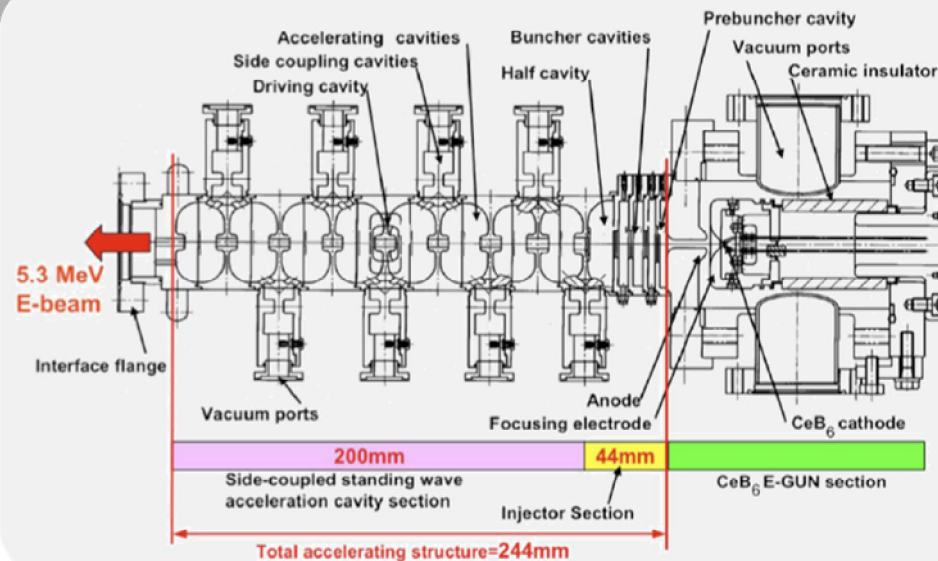
Typical scintillator response window



La actual vía de desarrollo consiste en la construcción de **mini aceleradores**.

NUEVOS DISEÑOS

- Se están construyendo aceleradores especiales que permiten un rápido movimiento excéntrico de la fuente
- Estos sistemas incorporan sistemas estereográficos de imagen para seguimiento en tiempo real del movimiento del blanco.



1º: Un símil... a modo de despedida

- Según la DGT, el fuerte incremento de la siniestralidad en motocicletas observado en los últimos años está asociado a la aparición de un nuevo tipo de conductor: Un adulto con recursos económicos que adquiere una motocicleta de gran cilindrada sin experiencia previa en vehículos de dos ruedas y menor potencia...



el número de motos de alta cilindrada es cada vez mayor y la tendencia es que a ellas accedan personas de más de 35 años que no han utilizado antes una motocicleta

2º: Un consejo... tengan una perspectiva crítica...



ELSEVIER

Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys., Vol. 48, No. 4, pp. 917-918, 2000
Copyright © 2000 Elsevier Science Inc.
Printed in the USA. All rights reserved
0360-3016/00/\$-see front matter

PII S0360-3016(00)00756-2

EDITORIAL

OVERPRICED TECHNOLOGY IN RADIATION ONCOLOGY

EDWARD C. HALPERIN, M.D.

Departments of Radiation Oncology and Pediatrics, Duke University Medical Center, Durham, NC

"Buy our equipment and we will organize a regional network of feeder hospitals to share in the profits of high technology radiotherapy and funnel patients to you. We will not sell our equipment to your nearby competitors and you will have a local monopoly. If you don't buy equipment from us, we will sell to one of your nearby competitors. We will give them the feeder network and you will be left to wither on the vine. Here's the price. What's it going to be pal? I haven't got all day."

en la práctica clínica, no hay
máquina que pueda sustituir
a las personas...

*"Las máquinas no crean fuerza; ellas sólo la
transforman, y todo aquél que espere otra
cosa, no comprende la ciencia de la mecánica"*

Galileo Galilei
1564-1642

