

RADIOTERAPIA: REVOLUCION EN LA MEDICINA

*Alberto Lachos Dávila¹, Yesenia Miranda Tunque²
y Luz Angelica Rojas Quispe³*

RESUMEN

Con el descubrimiento de los rayos X en 1895, la radiactividad en 1896 y posteriormente el Radium en 1898, se da inicio a la era de la radioterapia al descubrirse la aplicación clínica de los mismos en el tratamiento de distintas enfermedades, especialmente oncológicas.

La radioncología es uno de los pilares fundamentales en el tratamiento del cáncer, que continúa en constante progreso, el que va de la mano con la vertiginosa innovación de la tecnología en la adquisición de imágenes e ingeniería informática, pasando de los tratamientos en campos directos, a los tratamiento en dos dimensiones, posteriormente al tratamiento conformado en 3D con o sin modulación de intensidad, luego los tratamientos en 4D (conformado y tomando en cuenta el movimiento respiratorio y de órganos internos), hasta llegar a la radiocirugía.

Así mismo otras modalidades de tratamiento en radioterapia son la braquiterapia y la radioterapia intraoperatoria utilizando fuentes de irradiación colocadas muy cerca o en contacto con el área que se desea irradiar, protegiendo así los órganos vecinos y entregando la dosis de tratamiento en periodos muy cortos. El propósito de este artículo es hacer llegar información sobre el desarrollo de la radioterapia y sus modalidades de tratamiento a la comunidad médica.

ABSTRACT

With the discovery of X-rays in 1895, radioactivity in 1896 and subsequently in 1898 the Radium, it begins the era of radiation therapy with the discovered of its clinical application in the treatment of various diseases, especially oncological.

Radiation oncology is one of the cornerstones in the treatment of cancer, which continues in constant progress, which goes hand in hand with the dramatic technology innovation in imaging and computer engineering, from direct field treatments, to treatment in two dimensions, then the 3D conformal with or without intensity modulation, then the treatments in 4D (conformal and taking into account respiratory motion and internal organs), up to the radiosurgery treatment.

Likewise other treatment modalities are brachytherapy and intraoperative radiotherapy using radiation sources placed close to or in contact with the area to be irradiated, thus protecting neighboring organs and the treatment dose delivered in very short periods.

The purpose of this article is to describe innovations in radiation oncology and treatment modalities to the medical community.

1. Médico Asistente del Departamento de Radioterapia del Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas. Lima, Perú.

2. Médico Residente del 3er año del Departamento de Radioterapia del Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas.

3. Médico Residente del 2do año del Departamento de Radioterapia del Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas.

Recepción Octubre 2013. Aceptación Noviembre 2013.

INTRODUCCIÓN

Con el descubrimiento de los rayos X por Wilhelm Conrad Röntgen en 1895, la radioactividad por Bequerel en 1896, y el Radium por los esposos Marie y Pierre Curie en 1898, se inicia la aplicación clínica de las radiaciones ionizantes en el tratamiento de un paciente con cáncer de piel, iniciando la era de la radioterapia.

Hoy en día, más de un siglo después, la radioterapia se ha consolidado como un pilar fundamental en el tratamiento de las enfermedades oncológicas.

Los avances en la práctica de la radiooncología están en constante progreso, que van de acuerdo con la innovación vertiginosa de la tecnología en la adquisición de imágenes e ingeniería informática, por ello la radioterapia ha evolucionado desde los tratamientos en campos directos, pasando por el tratamiento en dos dimensiones, tratamiento tridimensional conformado con o sin modulación de intensidad, tratamientos en 4D (conformada y tomando en cuenta el movimiento respiratorio y de órganos internos), hasta la radiocirugía. Además del desarrollo tecnológico en el área de braquiterapia y la radioterapia intraoperatoria utilizando fuentes de irradiación que nos permiten realizar los tratamientos en periodos muy cortos.

RADIOTERAPIA EN 2D

En los inicios de la radioterapia, los tratamientos se realizaban previa planificación con ayuda de radiografías que tomaban en cuenta las estructuras óseas, que servían como única guía para la delimitación de los campos de tratamiento, luego las dosis prescritas eran calculadas de forma manual. (Fig.1) A fin de ase-

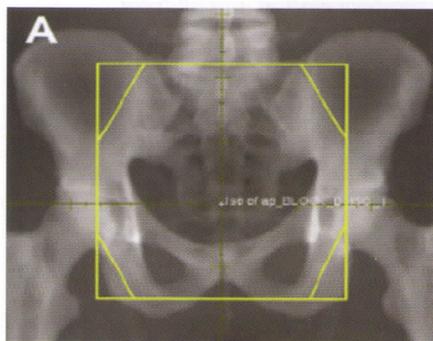


Figura N° 1

Representación de los campos de irradiación tradicionales (en 2D) para el tratamiento del cáncer rectal

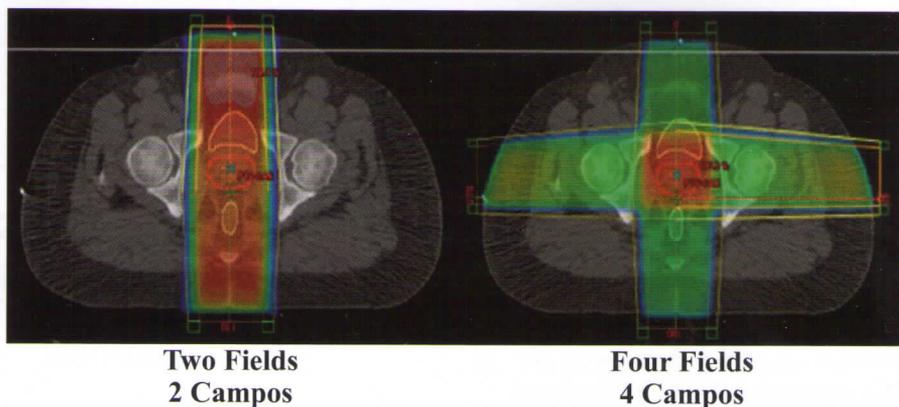


Figura N° 2

Tratamiento convencional en 2D (la zona roja que incluye los órganos a riesgo, recibe la misma dosis que el volumen tumoral), comparado con la terapia conformada tridimensional, donde la zona roja se limita al volumen tumoral.

gar la presencia del tumor y las áreas ganglionares de drenaje afectadas en el volumen irradiado, los radioterapeutas estaban obligados a recurrir a campos lo más grandes posibles, exponiendo al mismo tiempo a irradiar una proporción más importante de tejido sano.

RADIOTERAPIA CONFORMADA

Gracias a los avances en tecnología de adquisición de imágenes tales como la Tomografía Computarizada y Resonancia Magnética Nuclear que surgieron en los años 80, nace la radioterapia conformada, que permite una descripción tridimensional completa de la anatomía de cada paciente, localizando con precisión el área a tratar, reducir el tamaño de los campos, excluir los tejidos normales, determinar la dosis exacta recibida en cualquier punto en las tres dimensiones y disminuir los efectos secundarios asociados al tratamiento.

La radioterapia conformada permite la orientación precisa del blanco de tratamiento en la región anatómica elegida, permitiendo que las estructuras normales adyacentes reciban menos radiación. Esto consigue un doble beneficio: la reducción de la morbilidad prevista del tratamiento, y aumentar el beneficio terapéutico al permitir la escalamiento de dosis. Dado que, el control local para muchos tumores está en función de la dosis de radiación; el aumento de la dosis específica puede aspirar a mejorar las estadísticas actuales de supervivencia de muchos tipos de cáncer. (Fig.2 y 3)

En un estudio de tratamiento de cáncer de próstata del MD Anderson se

demonstró un mejor control de enfermedad en el tratamiento conformado en 3D de 72% comparado con el convencional de 53%.

IMRT

RADIOTERAPIA DE INTENSIDAD MODULADA

En la década de los 90, la comunidad de radioncólogos, obtuvo una nueva herramienta en precisión, la “radioterapia de intensidad modulada”, que utiliza imágenes generadas por ordenador y un software de planificación inversa de tratamiento, para entregar un haz de intensidad modulada que coincide con la forma del tumor. (Fig.4 y 5)

La radioterapia de intensidad modulada tiene ventajas adicionales. Actualmente tenemos a disposición nuevas variantes de la técnica IMRT, que son Rapid Arc, VMAT, realizando un tratamiento mucho más rápido en uno o varios arcos, variando la velocidad de rotación del gantry ó cabezal y la tasa de dosis mientras se realiza la rotación en arco realizando un tratamiento volumétrico. Esto permite mejorar la precisión en el tratamiento disminuyendo la posibilidad del movimiento intrafracción en la posición del paciente y de los órganos internos ya que cada sesión de radioterapia dura aproximadamente dos minutos contra 10 a 30 minutos de otras técnicas de IMRT - IGRT (radioterapia guiada por imágenes).

RADIOCIRUGÍA Y RADIOTERAPIA ESTEREOTÁXICA FRACCIONADA

La Radiocirugía es una técnica de radioterapia, consistente en irradiar en una sola

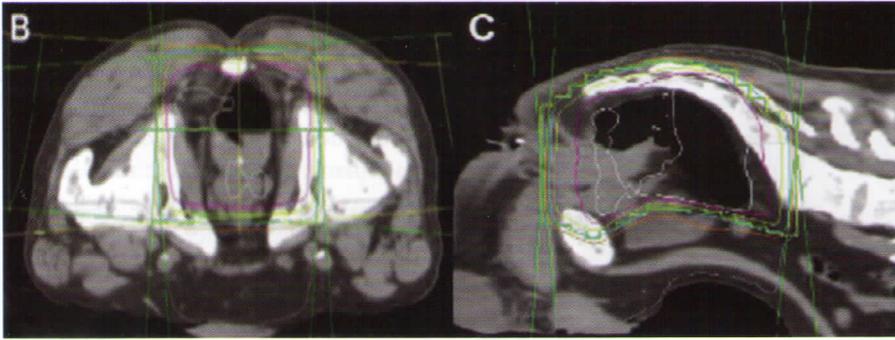


Figura N° 3

Imágenes del tratamiento moderno del cáncer rectal (se observan tomografías computarizadas que permiten la reconstrucción tridimensional de los órganos y los campos de tratamiento)

sesión, lesiones pequeñas de cualquier localización anatómica, mediante múltiples haces no coplanares, dirigidos desde diferentes puntos o arcos de tratamiento, haciendo intersección en la posición exacta del volumen blanco con precisión milimétrica y minimizando la dosis fuera del volumen a tratar. Su objetivo es producir la destrucción de poblaciones celulares para

detener el crecimiento o reducir el volumen de un tumor benigno o maligno, provocar cambios tisulares que conduzcan a la oclusión de los vasos en las malformaciones arteriovenosas y/o a la disminución de una alteración funcional determinada. (Fig.6)

Las fuentes de radiación que utiliza pueden ser : fotones en forma de rayos

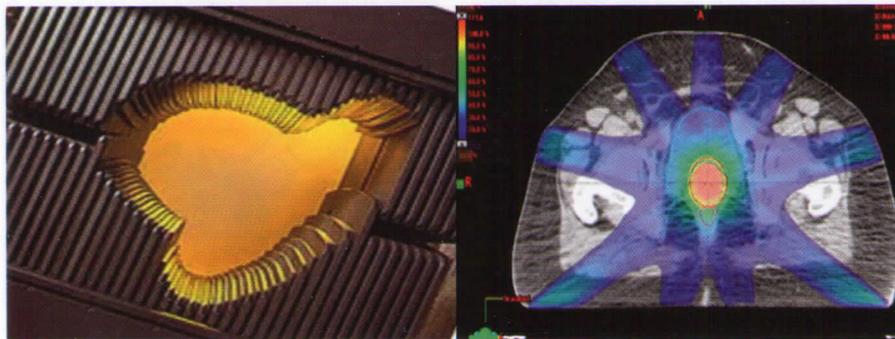


Figura N° 4

Mediante los colimadores multiláminas se logra modificar la forma y tamaño del campo para "esculpir el tumor" y así limitar la dosis que reciben los órganos a riesgo.

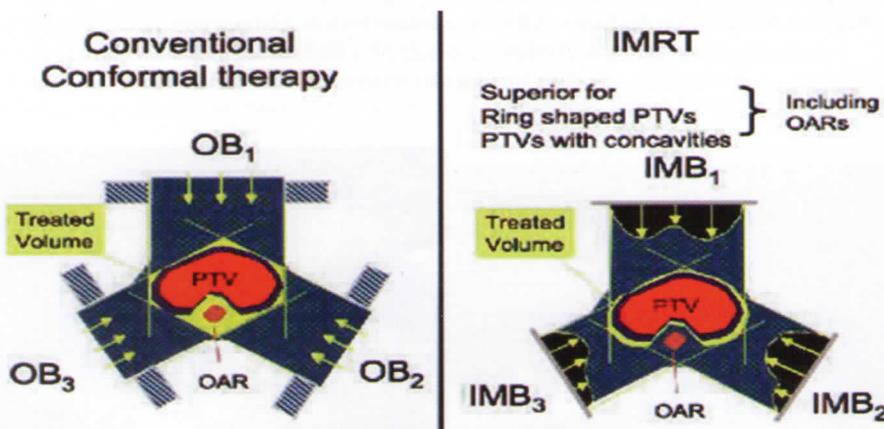


Figura N° 5

Este esquema nos permite observar las ventajas del IMRT, ya que en la Radioterapia conformada convencional es difícil proteger completamente el órgano a riesgo, mientras que en IMRT se esculpe la dosis delimitando exactamente el área a tratar y protegiendo los órganos a riesgo (OAR).

gamma (Gammaknife) o en forma de rayos X, producidos en un acelerador lineal (LINAC) o bien partículas pesadas, protones, producidas en un ciclotrón.

El concepto de radiocirugía tiene más de 50 años, Lars Leksell fue el primero en usarla en 1951 y construyó la primera máquina de radiocirugía, Gammaknife, en 1967, la cual sigue siendo usada para tratamiento de lesiones intracraneales.

Inicialmente se utilizó esta técnica para el tratamiento de tumores localizados en la cabeza por la facilidad de sujetarla y por la relativa quietud de sus órganos internos, pero desde 1990 se ha pretendido extender este procedimiento al resto del cuerpo, y en la actualidad se usa además en lesiones localizadas en columna (espinales y para-espinales), pulmón, la próstata, hígado, páncreas, entre otras. (Fig.7)

Existen diversas máquinas diseñadas para el tratamiento con Radiocirugía y Radioterapia Estereotáxica Fraccionada como Gammaknife, CyberKnife y aceleradores lineales acondicionados para tal propósito. La similitud entre todas ellas es la capacidad de entregar el tratamiento con precisión milimétrica. Los métodos para mantener esta exactitud son varios, incluyendo una exacta reproducción del posicionamiento del paciente y seguimiento cuidadoso de sus movimientos.

El desarrollo de la Radiocirugía, como consecuencia de ver ampliado su campo de aplicación a lesiones diferentes de las inicialmente abordadas, ha dado lugar a incorporar estrategias de tratamiento propias de la radioterapia, como la aplicación de los tratamientos de forma fraccionada, siendo la dosis de radiación distribuida en varias sesiones. Esta variante técnica de la Radiocirugía es conocida como Radioterapia Estereotáxica Fraccionada (RTEF), y no suele diferir más que en el ya mencionado fraccionamiento, en la utilización de dispositivos específicos de localización y posicionamiento reposicionables, también de alta precisión, de manera que pueden ser utilizados en las diferentes sesiones de que consta el tratamiento, y en que las lesiones pueden estar localizadas también extracranealmente. (Fig.8)

RADIOTERAPIA INTRAOPERATORIA

La radioterapia intraoperatoria (RTIO)

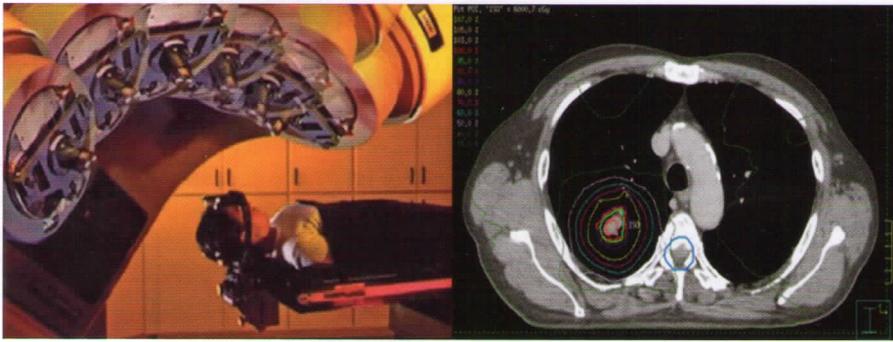


Figura N° 6

En esta imagen vemos como la alta precisión en la técnica de radiocirugía permite tratar pequeños tumores con dosis muy alta de radiación sin dañar tejido pulmonar sano, igualando las tasas de control del tumor con las obtenidas mediante cirugía.

nace empíricamente en 1915, cuando Finsterer irradia por primera vez a cielo abierto un cáncer gástrico. El interés en la RTIO se extiende rápidamente por Japón y otros lugares del mundo en el afán de lograr un método alternativo de incrementar el control local de ciertas neoplasias, ya que irradiando el tumor o el lecho tumoral expuesto directamente, se esperaba minimizar la dosis en los tejidos normales circundantes, a la vez que aumentar la dosis entregada al tumor, disminuyendo de este modo la tasa de recurrencia local.

Teniendo en cuenta que la dosis a entregar al tumor está principalmente limitada por la tolerancia de los tejidos sanos circundantes u órganos críticos interpuestos en el campo de radiación, la alternativa de exponer el área a tratar directamente en una cirugía permite:

- Retirar del campo de radiación los tejidos normales muy radiosensibles tales como pequeños vasos, estomago, intestino delgado.

- Determinar e irradiar de forma más precisa las áreas de alto riesgo, con un margen mínimo, pues es imposible el movimiento de un paciente bajo anestesia, y el campo puede ser visualizado directamente durante el procedimiento.

Inicialmente, la más importante indicación para la RTIO era el tratamiento de tumores profundos de la cavidad abdomi-

nal, a los que no podía entregárseles una dosis terapéutica con radioterapia externa sin dañar o comprometer seriamente las estructuras vecinas. Actualmente, el mayor uso de la RTIO es el de irradiación suplementaria del lecho tumoral y de las áreas ganglionares adyacentes en los casos en que el tumor primario puede ser resecado. Esencialmente se trata de una irradiación "única" del área donde se encuentra persistencia de enfermedad microscópica, y donde no puede realizarse una cirugía más radical. (Fig.9)

BRAQUITERAPIA

La radioterapia interna también se conoce como braquiterapia, término que significa terapia a corta distancia. Con este método, las fuentes de radiación se colocan dentro, cerca del área o en cavidades anatómicas que necesita tratamiento. La radiación solo se desplaza a una corta distancia de manera que hay menos riesgo de daño a los tejidos normales adyacentes.

Esta terapia es útil para tumores que necesitan una alta dosis de radiación o

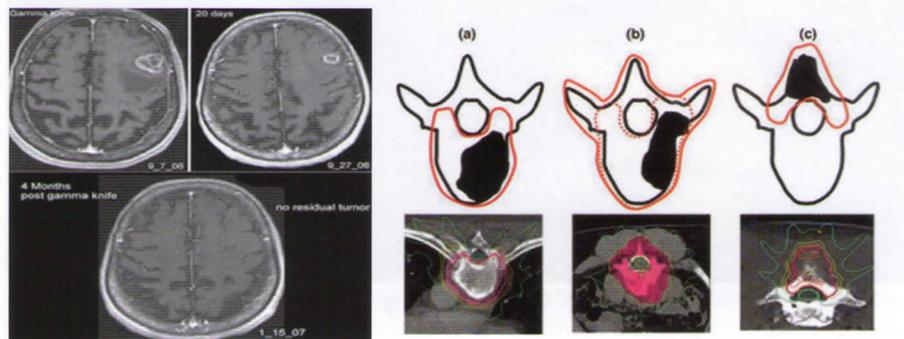


Figura N° 7

Tratamiento de metástasis cerebral con radiocirugía y su evolución en el tiempo hasta la completa desaparición del tumor. Así mismo tratamiento de lesiones tumorales en cuerpos vertebrales en contacto con la médula espinal, cuya dosis de tolerancia no permite el tratamiento con dosis tumorocidas en técnicas convencionales.

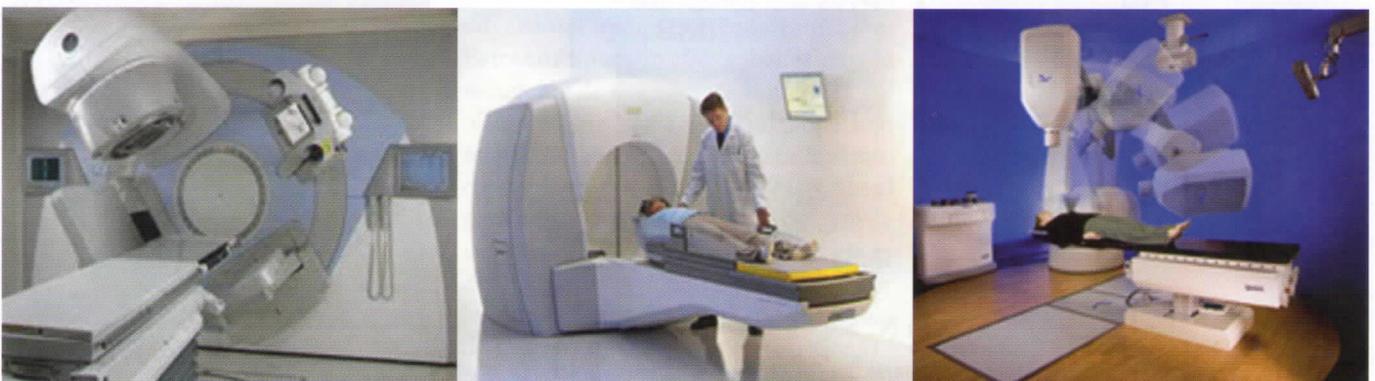


Figura N° 8

Acelerador lineal, Gammaknife y Cyberknife utilizados para realizar Radioterapia Estereotáxica Fraccionada y Radiocirugía.

que se encuentran cerca de tejidos normales que son afectados fácilmente por la radiación, se puede usar en un área pequeña en un periodo de tiempo breve.

Los principales tipos de braquiterapia son:

- Radiación intersticial: la fuente de radiación se coloca directamente en el tumor o junto a él usando pequeños gránulos, semillas, cables, tubos o recipientes.
- Radiación intracavitaria: se coloca un recipiente con material radioactivo en una cavidad del cuerpo, como el esófago, bronquios, el recto, el útero o la vagina.

La colocación puede ser permanente o temporal:

- La braquiterapia permanente usa pequeños recipientes, a menudo llamados gránulos o semillas, se colocan directamente dentro del tumor mediante agujas huecas y delgadas. Una vez en su lugar, los gránulos emiten radiación durante varias semanas o meses. Debido a su pequeño tamaño, su presencia causa pocas molestias y simplemente se dejan en ese lugar después de que se agota su actividad.
- La braquiterapia temporal puede administrarse en alta tasa de dosis o en baja tasa de dosis.
- La braquiterapia de alta tasa de dosis, por la alta actividad de las fuentes de radiación el tratamiento se realiza en minutos. Este proceso se puede repetir desde dos veces por día hasta una vez a la semana durante varias semanas.
- La braquiterapia de baja tasa de dosis,



Figura N° 9

Radioterapia Intraoperatoria. El procedimiento se realiza con el paciente bajo anestesia, el cirujano reseca la tumoración y en el lecho operatorio se procede a administrar la radiación en un quirófano especial recubierto con paredes plomadas para protección del personal de salud.

la fuente de radiación permanece en la cavidad o tejidos a tratar durante varios días. (Fig.10)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Halperin E., Wazer D., Perez C., Brady L. Perez and Brady's Principles and Practice of Radiation Oncology, Sixth Edition. Lippincott Williams & Wilkins. 2012.
2. Gunderson L., Tepper J. Clinical Radiation Oncology, Third Edition. Elsevier Saunders. 2012.
3. Lachos, A. Miranda, Y. Radioterapia adaptada a la respiración: Desarrollo tecnológico a propósito de un caso.
4. Rosember, Tepper. Present and future innovation in radiation oncology. Sur oncol clin N Am 22(2013)599-618.
5. Reddy B., Joseph B., Venugopal B. Recent advances in radiotherapy for the management of cancer. Apollo Medicine 2012 June, Volume 9, Number 2; pp. 111e114.
6. Andrews D., Bednarz G., Evans J., Downes B. A review of 3 current radiosurgery systems. Surgical Neurology 66 (2006) 559– 564.
7. López-Pedraza Gómez MJ, Calcerrada Díaz-Santos N, Blasco Amaro JA. Revisión sistemática de la eficacia y seguridad del Ciberknife: indicaciones y resultados en el tratamiento de lesiones intra y extra craneales. Plan de Calidad para el Sistema Nacional de Salud del Ministerio de Sanidad y Política Social. Unidad de Evaluación de Tecnologías Sanitarias, Agencia Laín Entralgo; 2009. Informes de Evaluación de Tecnologías Sanitarias: UETS 2007/3.

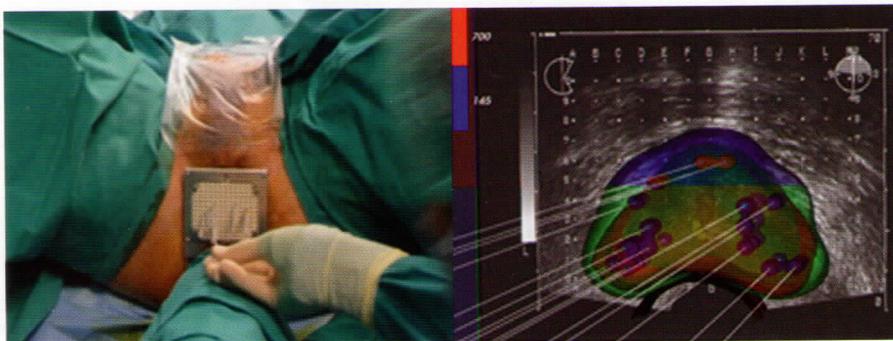


Figura N° 10

Braquiterapia de próstata. La colocación de agujas transperineal bajo anestesia general. Al lado podemos observar la alta conformación de la dosis prescrita limitada a la próstata.

CORRESPONDENCIA:
Dr. Alberto Lachos Dávila
alachosd1271@yahoo.com