

# RADIOTERAPIA GUIADA POR IMÁGENES

# LOCALIZACIÓN DEL TUMOR

El Dr. Bruno Sorcini, miembro del Karolinska Institute en Estocolmo, se prepara para iniciar un tratamiento utilizando el dispositivo On-Board Imager.

# La radioterapia guiada por imágenes (IGRT) Dynamic Targeting utiliza técnicas de captación de imágenes en tiempo real para ayudar a los médicos a localizar y enfocar los tumores en movimiento con una increíble precisión.

*En el Karolinska Institute, en Estocolmo, Suecia, Jan-Olov Carlsson descansa sobre una camilla de tratamiento, bajo un acelerador lineal de uso médico. Se prepara para recibir su dosis diaria de radiación para un cáncer de próstata diagnosticado a comienzos del 2004. Un sistema de rayos X montado sobre brazos robóticos se desliza y posiciona a ambos lados de su cuerpo, de inmediato gira alrededor del mismo y toma imágenes para señalar la ubicación exacta del tumor. En una sala de control, los médicos monitorean las computadoras que hacen coincidir las imágenes con el plan de tratamiento de Carlsson para detectar si el tumor se ha movido. Si lo ha hecho. En cosa de segundos, se calculan las coordenadas necesarias para alinear perfectamente el tumor de Carlsson con el haz de radiación. Seguidamente, los terapeutas de Carlsson oprimen un botón para ajustar la camilla y colocarlo en posición para el tratamiento.*

El Sr. Carlsson, de sesenta años de edad, es uno entre más de una docena de pacientes que hoy se encuentran en el Karolinska Institute, donde se utiliza el dispositivo On-Board Imager™ de Varian Medical Systems para administrar la terapia de radiación guiada por imágenes (IGRT). IGRT ayuda a los médicos a localizar y enfocar los tumores con una velocidad y precisión inigualables.

"La terapia IGRT es un considerable avance en precisión y mejora nuestra habilidad para aplicar más radiación de manera segura", afirma el Dr. Munther Ajlouni, Director de Oncología por Radiación del Henry Ford Health System, en Detroit, Michigan, quien adoptara tempranamente la terapia IGRT. Ajlouni y otros médicos esperan que la terapia IGRT se convierta en una poderosa arma para combatir numerosos tipos de cáncer.

"El dispositivo On-Board Imager se asegura de alcanzar el objetivo y evita invadir estructuras adyacentes", afirma el Dr. Timothy Fox, Director de Física Médica del Departamento de Oncología por Radiación de la Facultad de Medicina de Emory University, en Atlanta, Georgia.

Si la precisión aumenta según lo esperado, la radioterapia guiada por imágenes diarias de rayos X podría comenzar a utilizarse para tratar pequeños tumores metastásicos y lesiones que actualmente requieren cirugía o quimioterapia. "Creemos que la terapia IGRT nos permitirá combatir distintas etapas y tipos de tumores que nunca habíamos tratado antes", declara Fox.

En 2004, la tecnología On-Board Imager de Varian no sólo se instaló en Karolinska, Henry Ford y Emory, sino que también en el Hirslanden Klinik, en Aarau, Suiza; el M.D. Anderson Cancer Center en Houston, Texas; el Memorial Sloan-Kettering Cancer Center en Nueva York; el Piedmont Hospital en Atlanta, Georgia; el Stanford University Medical Center, en Palo Alto, California, y en otros importantes centros dedicados a la lucha contra el cáncer.

Los médicos en estos centros utilizan la nueva tecnología de Varian para ayudar a tratar los tumores cerebrales y de próstata, y también están planeando o comenzando a utilizarla para tratar tumores ginecológicos y cánceres del páncreas, de la cabeza y el cuello. Todas estas aplicaciones tienen la misma meta: enviar suficiente radiación al tumor para eliminarlo, a la vez de reducir la cantidad de tejido sano expuesto al haz de radiación.

## **¿POR QUÉ OPTAR POR EL SISTEMA INTEGRADO DE CAPTACIÓN DE IMÁGENES?**

La terapia de radiación normal en numerosos casos está limitada por cambios normales en la anatomía humana. Los tejidos y los órganos pueden fijarse alrededor de los huesos de distinta manera cada vez que un paciente descansa sobre la mesa de tratamiento. Los pacientes pueden subir o bajar de peso a lo largo de los 25 a 35 tratamientos diarios, lo que causa un cambio en la ubicación de los órganos. Los tumores se pueden desplazar varios centímetros cuando los pacientes respiran durante el tratamiento.

Los oncólogos han tenido que compensar los movimientos de los tumores con haces de radiación más largos, exponiendo así un volumen importante de tejido sano alrededor del tumor. Desafortunadamente, para evitar complicaciones en el tejido sano adyacente, las dosis de radiación han tenido que limitarse, a veces hasta un punto por debajo de la cantidad óptima necesaria para eliminar el tumor.

Al utilizar los procedimientos actuales, los médicos por lo general comprueban cada semana la ubicación del tumor, a menudo utilizando el haz para tratamiento de alta energía para así generar una imagen que se pueda utilizar para hacer los ajustes necesarios en los planes del tratamiento y para posicionar al paciente. Muchos médicos creen que la captación de imágenes y ajustes diarios contribuirán a tratamientos más precisos, especialmente si se pueden realizar utilizando haces de rayos X de baja energía para el diagnóstico, en vez de los haces de alta energía durante el tratamiento. Con el haz de tratamiento, afirma el Dr. Fox de Emory, "no se obtiene una imagen de diagnóstico de alta calidad".

El dispositivo On-Board Imager de Varian resuelve estos problemas al aplicar rayos X de baja energía (alrededor de una sextésima parte de la energía del haz de tratamiento) para proporcionar automáticamente imágenes de una calidad mucho más alta y rápida. En la actualidad, los médicos de Emory utilizan el dispositivo para delimitar la posición de los pacientes para más de 400 sesiones de tratamiento por radioterapia para cánceres de próstata, cerebrales y del sistema nervioso central.

## **UN DISPOSITIVO VERSÁTIL**

El dispositivo On-Board Imager produce imágenes radiográficas, fluoroscópicas y de TC de haz cónico, proporcionando fotografías, películas de rayos X de tumores en movimiento o imágenes tridimensionales que pueden ofrecer un excelente contraste entre los tumores y el tejido blando normal circundante. Los médicos pueden elegir la mejor técnica de captación de imágenes según las características de la enfermedad de cada paciente.

Hasta el momento, el dispositivo On-Board Imager se ha utilizado principalmente para mantener un registro de los cambios de posición

del tumor inmediatamente antes de las sesiones de tratamiento. Sin embargo, en el futuro inmediato, los médicos esperan poder registrar y ajustar el desplazamiento del tumor durante las sesiones de tratamiento, empleando la captación de imágenes fluoroscópicas junto con el sistema de control del movimiento respiratorio RPM™ (Real-Time Position Management) de Varian. El sistema de control de movimiento respiratorio registra el movimiento del tumor causado por la respiración y permite a los médicos activar haces en momentos óptimos durante los patrones de respiración normal de los pacientes. Debido a que la respiración puede mover los tumores hasta un máximo de dos a cuatro centímetros, el registro de este movimiento mediante la captación de imágenes fluoroscópicas y el sistema de control de movimiento respiratorio podrían reducir considerablemente el margen de tejido sano expuesto al haz de radiación. Esto podría resultar particularmente importante en los tratamientos del cáncer de mama o pulmón (véase el artículo en la página 9).

El dispositivo On-Board Imager se ha diseñado para la integración y sincronización con otros equipos y software de Varian, incluidos los sistemas de planificación de tratamiento y de administración de información, todo a través de una sola base de datos para comunicarse en tiempo real entre sí y con los dispositivos utilizados durante el tratamiento. Todo esto contribuye a automatizar y agilizar la captación de imágenes y el tratamiento, haciendo que todos los procesos del tratamiento IGRT sean más rápidos y prácticos.

El Dr. Ingemar Naslund, a cargo de la unidad de radioterapia en Karolinska, afirma que su institución incrementará el uso de los dispositivos On-Board Imager. "Las imágenes son de alta calidad y se pueden integrar automática y fácilmente al proceso de tratamiento, haciendo que el dispositivo On-Board Imager resulte muy práctico

para las ocupadas unidades de radioterapia", indica. Naslund es partidario del uso de la captación de imágenes fluoroscópicas para visualizar los marcadores de color dorado implantados en tumores sujetos al movimiento respiratorio.

Los médicos y los técnicos que utilizan el dispositivo On-Board Imager afirman que el tiempo adicional que lleva captar las imágenes de rayos X diariamente y hacer los cambios de posición no es considerable: tres a cinco minutos o menos en una sesión normal de tratamiento.

La mayor precisión que brinda el dispositivo On-Board Imager presenta la posibilidad de tratar tumores con dosis diarias más altas por períodos de tiempo más cortos utilizando el nuevo acelerador lineal Trilogy™ de Varian (véase el artículo en la página 10). "La terapia IGRT será especialmente importante para garantizar un tratamiento preciso, particularmente cuando aumentamos la dosis", afirma Fang-Fang Yin, médico y director de Física Médica en el Duke University Medical Center, Durham, Carolina del Norte. En el año 2004, Yin fue la persona clave en la implementación de la terapia IGRT en el Henry Ford Health System.

Tras recibir el quinto de 25 tratamientos de radiación programados, el paciente Jan-Olov Carlsson, con cáncer de próstata, afirmó que su experiencia en Karolinska no ha presentado ningún problema. "La habilidad de poder ajustar la posición antes de aplicar el haz de radiación es simplemente algo magnífico", declara Carlsson. "Mi esperanza es sufrir menos efectos secundarios. Estoy feliz de poder recibir mi tratamiento con la tecnología más moderna, especialmente cuando ello significa que la radiación debería alcanzar el tumor en el lugar exacto". ●

## CÓMO FUNCIONA EL DISPOSITIVO ON-BOARD IMAGER

**Tubo de rayos X**

**Brazos robóticos**

**Acelerador lineal**

**Detector de imágenes de panel plano**

**Monitor/Consola de control**




**El dispositivo On-Board Imager de Varian** para el acelerador lineal utiliza brazos robóticos que operan a lo largo de tres ejes móviles para ubicar un tubo de rayos X y el detector de imágenes de panel plano a lados opuestos del paciente. Los componentes de las imágenes se colocan con una precisión submilimétrica para obtener el mejor ángulo posible para reproducir la imagen.

**El tubo genera rayos X de baja dosis** con el fin de obtener imágenes de alta calidad. El detector de panel plano captura los rayos X y los convierte electrónicamente en imágenes de tiempo real y de alta calidad que aparecen en forma instantánea en un monitor. Para localizar la posición de un tumor con precisión, se requieren imágenes desde dos o más ángulos.

**El software de Varian compara las imágenes en tiempo real** del dispositivo On-Board Imager con las imágenes de referencia para determinar si el paciente debe moverse para alinear el tumor con el haz de tratamiento. Los pacientes se vuelven a ubicar automáticamente con sólo presionar un botón en la consola de control. Todo el proceso lleva entre tres y cinco minutos.

**El dispositivo On-Board Imager puede** producir imágenes radiográficas (fotos), fluoroscópicas (en movimiento) o imágenes de TC (3D) de haz cónico para proporcionar vistas óptimas del tumor.

A photograph showing two women in a professional setting. On the left, Karen Metz, a breast cancer survivor, is shown in profile, wearing a dark top. On the right, Dr. Francine Halberg, MD, is smiling and gesturing with her hand, wearing a white lab coat. The background is a blurred indoor space.

**Karen Metz**, sobreviviente de cáncer de mama, y su doctora **Francine Halberg, MD**, en el Marin Cancer Institute.

## CONTROL DEL MOVIMIENTO RESPIRATORIO: TRATAMIENTO DE OBJETIVOS EN MOVIMIENTO

**El cáncer al pulmón sigue siendo el tipo de cáncer con la mayor tasa de mortalidad.** La tasa de supervivencia de cinco años es de menos de un 15% y se ha mantenido casi sin variación en los últimos 30 años, según el Instituto Nacional del Cáncer de los Estados Unidos. Sin embargo, la nueva tecnología de “control del movimiento respiratorio” (RPM por sus siglas en inglés) de Varian, ofrece a los pacientes y a los médicos la esperanza de tratamientos más agresivos y exitosos.

El control del movimiento respiratorio permite seguir la posición de los tumores que se mueven hasta 4 centímetros cuando el paciente respira. El sistema RPM™ de Varian, utilizado en la actualidad en más de 300 centros oncológicos en todo el mundo, emplea una cámara infrarroja y un marcador especial ubicado en el diafragma del paciente. La respiración se puede monitorear a la vez que se toman imágenes de tomografía computarizada (TC) para planificar el tratamiento y durante las sesiones de tratamiento. De esta forma los médicos pueden elegir el momento más adecuado en el ciclo respiratorio del paciente para activar el haz. Como resultado, el margen del tratamiento alrededor del tumor se puede reducir de manera significativa y la dosis total se puede aumentar sin temor a dañar el tejido normal circundante.

“Por lo general, los márgenes que empleamos van de 3 a 5 centímetros alrededor del tumor para garantizar que la cobertura sea adecuada”, señala el Dr. Anthony Berson, presidente del Departamento de Oncología por Radiación del centro oncológico St. Vincent de Nueva York. Con el control del

movimiento respiratorio, el margen se ha reducido a entre un 1 y un 2 centímetros. “Este es un aumento notable”.

Y al mismo tiempo, la dosis total se puede aumentar. “Nuestro objetivo inicial es aumentar la dosis de 10 a 20 por ciento”, señala Berson. “Aún es muy temprano como para poder indicar cuáles serán los resultados a largo plazo; sin embargo, esperamos que al aumentar la dosis podremos controlar los tumores con una mayor eficacia”.

En el Marin Cancer Institute de Greenbrae, California, la Dra. Francine Halberg, ha utilizado la tecnología de control del movimiento respiratorio para tratar cáncer de mama izquierda. Para este tipo de cáncer, la localización precisa del tumor ayuda a evitar irradiar tejido del corazón y prevenir los consecuentes efectos. Los protocolos de esta técnica para el cáncer de pulmón “permiten aplicar el tratamiento en el momento en que se produce la exhalación máxima del paciente” indica Halberg. “Se trata de un punto muy estable y muy uniforme en relación con otras partes del ciclo respiratorio. Sin embargo, para el tratamiento del cáncer de mama, utilizamos el momento de la inhalación máxima, ya que

es en ese instante que el pecho se separa más del corazón”.

Halberg ha tratado a más de 24 pacientes con cáncer de mama con la técnica de control del movimiento respiratorio después de haberseles extraído el tumor mediante una tumorectomía. “El riesgo de reaparición es sumamente bajo después de aplicar la terapia de radiación a la mama” añade.

En el centro St. Vincent, más de 300 pacientes se han tratado con la terapia de control del movimiento respiratorio en los últimos tres años. Además de aplicar esta técnica a casos de cáncer al pulmón, Berson y su equipo la han utilizado para tratar cánceres abdominales, como tumores al páncreas, al estómago y al hígado, los cuales también se mueven cuando el paciente respira. Es estos casos, indica Berson, el amplio campo de radiación de las técnicas tradicionales, junto con la quimioterapia, dan como resultado altas tasas de complicaciones. “En ese caso” agrega, “todo lo que se pueda hacer para reducirlo, disminuirá las complicaciones”.

Los aumentos significativos posibles con la técnica de control del movimiento respiratorio se pueden lograr de manera fácil sin alterar el trabajo dentro de la clínica. “El personal de este hospital comunitario está siempre muy ocupado” indica Berson. “Vemos a muchos pacientes cada día. Es algo normal en nuestra jornada diaria”. ●