

El software de radioterapia guiada por imágenes puede comparar las imágenes anatómicas de los pacientes en el momento del tratamiento con imágenes que se han utilizado para el diagnóstico y para planificar el tratamiento. Si la posición del paciente varía ligeramente, el software puede calcular cómo desplazar al paciente para alinear ambas imágenes.

IGRT Dynamic Targeting: ¿QUÉ TRAE EL FUTURO?

Si usted efectúa una búsqueda en la Web de la expresión en inglés "What's next?" (¿Qué trae el futuro?) obtendrá un resultado de más de 600,000 coincidencias. Si busca en Amazon.com verá que esta pregunta da título a más de 300 libros. Esta es una pregunta especialmente sugerente en cuanto a los avances tecnológicos, donde la curiosidad humana coincide con un fuerte deseo de tomar algo que ya es bueno... y mejorarlo. En el esfuerzo del tratamiento del cáncer entre la vida y la muerte, el campo de la radiación oncológica ha presenciado uno de los cambios tecnológicos más trascendentales de la historia, la radioterapia por intensidad modulada, o IMRT, que es una técnica diseñada para entregar cada vez una mayor cantidad de dosis curativas de rayos X a las células tumorales sin afectar a las células sanas. Incluso mientras la tecnología IMRT SmartBeam™ de Varian se establecía como el estándar dorado en oncología por radiación, ya se formulaba la pregunta "¿Qué trae el futuro?". En Varian Medical Systems tenemos la respuesta: radioterapia guiada por imágenes (IGRT) Dynamic Targeting™.



El sistema Trilogy para aplicaciones estereotácticas y de radioterapia guiada por imágenes contará con un accesorio integrado para la adquisición de imágenes.

EL FUTURO ESTÁ EN MOVIMIENTO

Las técnicas de radioterapia de alta resolución como IMRT permite a los médicos efectuar la planificación y proporcionar dosis de radiación que se adaptan precisamente a los contornos tridimensionales de un tumor. Sin embargo, los tumores no son objetos fijos ajenos al cambio ya que varían entre y durante los tratamientos diarios. Si existe certeza de algo es que los tumores están sujetos a cambios de posición debido a variaciones diarias que son inevitables en cuanto al posicionamiento de los pacientes durante el tratamiento. Incluso si el paciente se coloca en exactamente la misma posición para sus tratamientos diarios, algunos tumores pueden cambiar de dos a tres centímetros durante una terapia de seis a ocho semanas. Además, los procesos fisiológicos normales como la respiración, pueden causar que ciertos órganos y tumores varíen significativamente durante la sesión diaria de tratamiento.

En un mundo ideal, todas las terapias de rayos X se podrían dirigir a las células tumorales y no a las células sanas. En el mundo real, para enfrentar las incertidumbres que presenta la posición y el movimiento de un tumor, los doctores tratan un margen de tejido normal sano alrededor del tumor. Esto asegura que no haya parte del cáncer que no reciba tratamiento o una dosificación menor. Sin embargo, los médicos podrían reducir este margen de tejido sano tratado si contaran con una manera de ver y ajustar los cambios en la posición del tumor durante el tratamiento.

"La radioterapia guiada por imágenes tendrá una gran importancia en proporcionarnos una tecnología de tratamiento que sea suficientemente exacta de modo que nos permita lograr márgenes más precisos alrededor de los tumores, lo que se traducirá en volúmenes más limitados, donde no resultarán afectados los tejidos que no son objeto último del tratamiento", afirma el Dr. Jean Bourhis, encargado del departamento de oncología de radiación del Instituto Gustave-Roussy en Villejuif, Francia, un reconocido experto en el tratamiento de cánceres de cabeza y cuello.

Sumado a esto, la radioterapia guiada por imágenes "considera el movimiento de órganos tales como los pulmones, el corazón y los intestinos", señala el Dr. Richard Hoppe, director del departamento de oncología de radiación de la universidad de Stanford. "Al permitirnos efectuar un seguimiento de los movimientos de órganos críticos, esta

nueva técnica nos facilita el uso seguro de dosis más altas, lo que a su vez debería mejorar nuestra capacidad de control tumoral".

En la Escuela de medicina de la universidad Tohoku en Japón, el Dr. Yoshihiro Takai ha estado investigando las formas de utilizar la fluoroscopia de rayos X para visualizar diariamente el objetivo y efectuar ajustes al posicionamiento. "Los errores de posicionamiento de los pacientes y el movimiento de los órganos interfieren con la precisión de la radioterapia", indica el Dr. Takai. "El objetivo esencial de reducir el margen del tratamiento sólo se puede lograr con mejores técnicas de posicionamiento de los pacientes".

En un editorial reciente para la revista Centerline de Varian, el Dr. James Cox, director de la división de oncología de radiación del Centro de cáncer M.D. Anderson de la Universidad de Texas, escribió que la evolución de la radioterapia guiada por imágenes ampliaría el espectro de los tumores que pueden ser tratados por radioterapia. "Tendremos la capacidad para visualizar y tratar por primera vez pequeñas lesiones elusivas del hígado y de otros tejidos metastáticos, mejorando así, potencialmente, los resultados para los pacientes".

¿QUÉ ES LA IGRT DYNAMIC TARGETING?

"Estamos en el inicio de la implementación de una verdadera terapia guiada por imágenes", indica el Dr. Cox. "A medida que comprendemos el movimiento de los tumores, nos damos cuenta de la imposibilidad de colocar a los pacientes sólo basándonos en marcadores, lunares o tatuajes en la anatomía externa. Coincidiendo con el hecho de que los tratamientos son más de conformación y que intentamos confinar el área de altas dosis a la zona donde se encuentra el tumor, debemos ser más diligentes a la hora de conocer con exactitud el lugar donde se encuentra el tumor, cada día".

La tecnología IGRT Dynamic Targeting aborda este desafío clínico. Es un enfoque que utiliza dispositivos de posicionamiento del paciente y herramientas de adquisición de imágenes para dirigir el tratamiento a los tumores de forma más precisa. La IGRT Dynamic Targeting ayuda a los médicos de dos maneras importantes. Por una parte les permite manejar pequeños cambios de posicionamiento de los pacientes que invariablemente surgen cuando un paciente regresa y es colocado para su tratamiento diario, durante el curso de varias semanas. Junto con esto, proporciona a los médicos maneras de

Terapia de radiación estereotáctica: Aumentando las capacidades

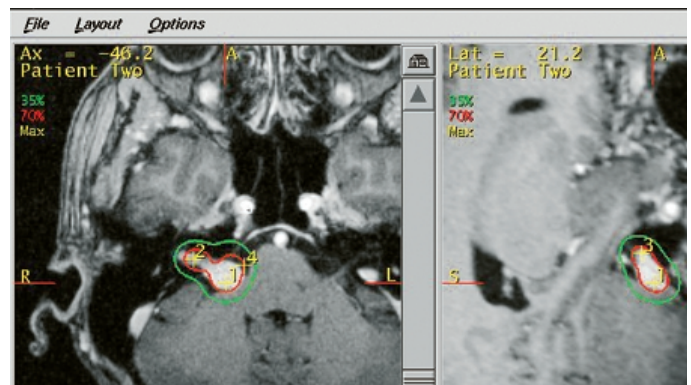
Las modernas tecnologías de radioterapia guiada por imágenes (IGRT) están optimizando la precisión de identificación de tumores, incluso para tumores en movimiento o que cambian durante el curso del tratamiento. Como resultado, los médicos pueden reducir la duración del tratamiento de algunos pacientes. Los tratamientos convencionales y la IMRT generalmente se administran durante un período de seis a ocho semanas. Mediante la IGRT, los médicos pueden tratar ciertos tumores en poco menos de una semana. Este programa acelerado se conoce como "radioterapia estereotáctica" o "radiocirugía estereotáctica".

Hasta ahora, estos métodos estereotácticos han sido utilizados principalmente por neurocirujanos para tratar cáncer cerebral que requiere el

uso de dispositivos para objetivos especiales. Ahora, Varian trae esta capacidad a la radioterapia general.

Durante el año 2003, la compañía desarrolló el primer sistema de radioterapia guiada por imágenes del mundo, optimizado tanto para métodos convencionales como estereotácticos en el tratamiento del cáncer. El versátil sistema Trilogy™, con hardware y software IGRT incorporados, está diseñado para administrar radioterapia de conformación tridimensional, IMRT, radiocirugía estereotáctica, radioterapia estereotáctica fraccionada y radiocirugía de intensidad modulada.

"Hemos diseñado el primer sistema clínico viable y práctico para administrar todas las formas de radioterapia de haces externos", señala Timothy Guertin, Presidente de Oncology Systems Business de Varian.



"La meta de Varian es permitir a los radiólogos administrar toda la gama de tratamientos, en una sola máquina en una sola sala". ■

Un plan de tratamiento para el tratamiento estereotáctico de un tumor intracraneal.

"Tendremos la capacidad para visualizar y tratar por primera vez pequeñas lesiones elusivas del hígado y de otros tejidos metastáticos, mejorando así, potencialmente, los resultados para los pacientes".

Dr. James Cox



considerar el movimiento de los tumores durante la planificación del tratamiento, la simulación y, lo que es más importante, durante el tratamiento de radioterapia.

"La radioterapia guiada por imágenes Dynamic Targeting proporciona a los médicos una manera de ver la ubicación exacta de un tumor y cómo se mueve, cada día, justo antes del tratamiento e incluso durante el tratamiento", afirma Calvin Huntzinger, M.S., gerente de producto de la iniciativa IGRT Dynamic Targeting de Varian. "Sin lugar a dudas que esto hará posible que los médicos utilicen la radioterapia para tratar tumores que antes no se podían tratar".

"Las herramientas con que actualmente cuenta Varian para la IGRT Dynamic Targeting incluyen la mesa de tratamiento Exact™ con Indexed Immobilization™ para el posicionamiento de los pacientes, el simulador Acuity™, el sistema electrónico de adquisición de imágenes digitales PortalVision™ y el sistema de control del movimiento respiratorio RPM™", señala Huntzinger. "Cada una de estas herramientas ha sido diseñada para ayudar a los profesionales de la salud en la planificación y la compensación del movimiento de los tumores y los cambios diarios en las posiciones de éstos".

IGRT Y RADIOTERAPIA ESTEREOTÁCTICA: ACORTANDO EL CURSO DEL TRATAMIENTO

Puesto que la IGRT Dynamic Targeting mejora la precisión, aumenta asimismo la posibilidad de reducción las 30 o 40 sesiones de tratamiento diario o "fracciones" que son normalmente necesarias para proporcionar una dosis total de radiación. Gracias a la optimización tecnológica tanto en la irradiación como en la adquisición de imágenes, es posible tratar algunas lesiones pequeñas en una sola sesión mediante la "radiocirugía estereotáctica". Otras lesiones se pueden tratar en tres a cinco sesiones utilizando la "radioterapia estereotáctica". Los médicos están de acuerdo en que las posibilidades son enormes. Según el Dr. Hoppe, un método de IGRT que permita a los médicos aplicar dosis de radiación más altas sobre un número menor de fracciones "podría significar una mejor respuesta del tumor a dosis individuales y una mayor comodidad para el paciente gracias a la reducción del número de sesiones de tratamiento".

El Dr. Cox y sus colegas han estado trabajando con un sistema de localización EXaCT™ que combina un escáner de TC de GE Medical Systems con un acelerador lineal médico Clinac® de Varian Medical Systems, para investigar algunas de las posibilidades creadas por IGRT.

"Hemos desarrollado un programa para el tratamiento estereotáctico a de tumores de la columna vertebral", señala. "Hemos utilizado una cantidad bien pequeña de fracciones para tratar tumores en la columna vertebral. Tenemos que atacar al tumor con precisión, sin tocar la columna vertebral que apenas se encuentra a milímetros". Si bien los tumores de la columna no son propensos al movimiento, las incertidumbres en el posicionamiento de los pacientes han afectado a este tipo de tratamiento en el pasado. "Nunca antes

habíamos exigido este nivel de precisión de nuestros procedimientos de posicionamiento de los pacientes, pero ahora debemos hacerlo. En estos casos, somos capaces de adquirir imágenes antes de cada sesión de tratamiento y, normalmente, movemos el paciente unos cuantos milímetros antes de cada tratamiento".

CONTROL DE MOVIMIENTO RESPIRATORIO: COMPENSACIÓN DEL MOVIMIENTO DE LA RESPIRACIÓN

Una tecnología de IGRT Dynamic Targeting muy importante es el sistema de control del movimiento respiratorio de RPM™ (Real-Time Position Management) de Varian. Gracias a este sistema, los médicos pueden seleccionar el momento óptimo en el ciclo respiratorio del paciente para adquirir la imagen y tratar un tumor.

El Dr. Anthony M. Berson, director del departamento de oncología de radiación del St. Vincent's Comprehensive Cancer Center en Nueva York, fue uno de los pioneros en la adopción del sistema de control del movimiento respiratorio RPM para el tratamiento de cáncer pulmonar.

Según el Dr. Berson, los tumores que afectan los lóbulos medio o inferior de los pulmones son los más propensos a moverse con la respiración de los pacientes, como resultado del movimiento ascendente y descendente del diafragma. El control del movimiento respiratorio le permitió tratar estos tumores activando y desactivando el haz de tratamiento a medida que el tumor quedaba dentro y fuera del rango de alcance.

"Probablemente hemos tratado entre 200 y 300 pacientes utilizando la técnica de control de movimiento respiratorio", precisa. "Ello nos ha permitido reducir el volumen del pulmón bajo tratamiento, lo que a su vez nos ha ayudado a tratar a algunos pacientes más enfermos cuya función pulmonar era deficiente. Uno no desea tocar la pequeña porción normal de pulmón que les queda y el control de movimiento respiratorio nos ayuda a evitar el pulmón sano. Asimismo, hemos podido tratar tumores pulmonares a una radiación de mayores dosis ya que minimizamos la cantidad de tejido pulmonar sano expuesto al haz".

Inicialmente el Dr. Berson se concentró en el tratamiento de pacientes con cáncer pulmonar de etapas avanzadas con metástasis, personas que sufrían de la enfermedad avanzada y cuyas posibilidades de curación eran poco probables, pero a quienes se podía ofrecer cierto alivio y una mejor calidad de vida. Sin embargo, los médicos que referían los pacientes comenzaron a enviar pacientes con cáncer pulmonar en etapas tempranas al Dr. Berson para un tratamiento curativo utilizando el control de movimiento respiratorio.

"Estos eran el tipo de casos que a menudo se tratan con cirugía, pero por un motivo u otro, algunos pacientes no resultaban buenos candidatos para cirugía. Podemos eliminar estos tumores pequeños en etapas tempranas de manera muy precisa utilizando la radioterapia con control de movimiento respiratorio", indica el Dr. Berson. "Los pacientes mostraron una muy buena tolerancia al tratamiento. Hemos logrado proporcionar el tratamiento de cáncer

"El objetivo esencial de reducir el margen del tratamiento sólo se puede lograr con mejores técnicas de posicionamiento de los pacientes".

Dr. Yoshihiro Takai



"Podemos eliminar estos tumores pequeños en etapas tempranas de manera muy precisa utilizando la radioterapia con control de movimiento respiratorio".

Dr. Anthony Berson



pulmonar de manera exacta con un alto nivel de comodidad y con confianza en el proceso".

OTRAS TECNOLOGÍAS DE IGRT DYNAMIC TARGETING

Las herramientas de IGRT Dynamic Targeting de Varian incluyen el sistema Acuity para simulación, planificación de tratamiento y verificación, que permite a los médicos trabajar con estrategias de posicionamiento de los pacientes así como estudiar el movimiento del tumor mucho antes de tratar al paciente con el acelerador lineal. El accesorio de adquisición de imágenes digitales PortalVision™ de Varian para el acelerador lineal Clinac es otra herramienta de IGRT Dynamic Targeting importante, que se utiliza para verificar que un paciente se haya colocado de manera correcta, que la zona de tratamiento esté alineada antes del inicio de la sesión de tratamiento y también para confirmar que las dosis de rayos X sean administradas de manera exacta durante el tratamiento. Junto con esto, una nueva opción de dosimetría portal indica a los médicos si la dosis entregada coincide con el patrón de distribución de dosis previsto.

Gracias al sistema Acuity, el control de movimiento respiratorio RPM y PortalVision, Varian se encuentra en el camino correcto para solucionar las dificultades de planificación, posicionamiento de pacientes, compensación por movimiento del tumor y verificación. No obstante estos avances, la evolución de la radioterapia guiada por imágenes continúa. "Mientras mayor precisión logramos, más invitamos a que surjan nuevas dificultades", señala el Dr. Cox, de M. D. Anderson. "Actualmente estamos en un punto en que no sólo necesitamos imágenes, sino además imágenes en tiempo real".

Como respuesta a esto, un próximo e importante paso es el de dotar al acelerador lineal con un nuevo sistema integrado de adquisición de imágenes de rayos X que proporcione a los doctores una vista del tumor y de la anatomía a su alrededor justo antes e incluso durante el tratamiento. Naturalmente, Varian se encuentra en camino de ofrecer dicho sistema a los centros de salud.

INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO: ADQUISICIÓN DE IMÁGENES INTEGRADA

Mediante la adaptación de componentes originalmente desarrollados para el sistema de simulación Acuity™ (y que ya forman parte de éste), Varian tiene considerado dotar a los aceleradores lineales Clinac y Trilogy con un sistema integrado especial de adquisición de imágenes de rayos X de bajas dosis. Similar al sistema Acuity, este dispositivo de adquisición de imágenes integrado incorporará un tubo especial de rayos X y un detector de imágenes de rayos X de panel plano de alta velocidad hecho de silicona amorfa instalado en un par de brazos robóticos. En este sistema, un haz de baja energía proporcionará imágenes de alta resolución que se podrán adquirir con un mínimo de dosis aplicada al paciente. Se incorporará un software altamente especializado para manejar estas imágenes y compararlas con las imágenes de referencia provenientes de las etapas de diagnóstico y simulación de

modo que los ajustes mínimos necesarios en la posición de los pacientes sean realizados automáticamente.

El nuevo sistema integrado de adquisición de imágenes de Varian funcionará en varios modos de adquisición de imágenes para que los médicos puedan utilizarlo de diferentes formas:

Un modo radiográfico, que utilizará rayos X estándar de diagnóstico para ver la anatomía ósea en la zona del tumor o marcadores que se han colocado en el tumor o en su proximidad. Este modo de adquisición de imágenes resulta útil durante las revisiones diarias y los ajustes realizados en el posicionamiento de los pacientes.

Un modo fluoroscópico, que convertirá las secuencias rápidas de rayos X en imágenes en movimiento "en vivo", permitiendo así a los médicos verificar la exactitud del posicionamiento del paciente e implementar planes de tratamiento que contemplen el movimiento del tumor y el control del movimiento respiratorio.

Un modo de "TC de haz cónico", que arrojará imágenes tridimensionales de los volúmenes objetivo con tejido blando. Esto resultará de utilidad en situaciones en que los tejidos blandos se vean mejor de forma directa, como es en el caso del cáncer de próstata o metástasis hepática.

"Además de brindar a los médicos diferentes tipos de imágenes útiles, un sistema integrado de adquisición de imágenes ideal se incorporaría al resto del proceso de radioterapia de modo que las imágenes obtenidas se puedan comparar inmediatamente, en línea, con las imágenes provenientes de otras etapas del proceso de tratamiento", señala Huntzinger. "Esto permitirá realizar ajustes y correcciones inmediatos a los planes o al posicionamiento del paciente". Este producto necesita obtener la autorización 510(k) de la FDA (Administración de drogas y alimentos de los Estados Unidos).

¿QUÉ TRAE EL FUTURO?

Agregar la capacidad de adquisición de imágenes al acelerador lineal es sólo un elemento en la estrategia global de Varian. "El objetivo de nuestra iniciativa IGRT Dynamic Targeting es proporcionar todas las herramientas necesarias para compensar por todas las formas de movimiento de tumor", señala Timothy Guertin, Presidente de la Unidad de sistemas de oncología de Varian. "Nuestro compromiso es ofrecer a los departamentos de oncología por radiación un conjunto amplio de productos relacionados e integrados que vinculen de manera automática todas las etapas involucradas en la planificación y entrega de radioterapia guiada por imágenes".

Huntzinger agrega: "La IGRT Dynamic Targeting entregará a los equipos de oncología por radiación una capacidad sin precedentes para el seguimiento dinámico, así como una capacidad de posicionamiento de pacientes óptima y verificación de tratamiento como nunca antes. Con la capacidad adicional de poder realizar ajustes de localización justo antes o en la mitad de un tratamiento, algo que visualizamos para un futuro no muy distante, la iniciativa IGRT Dynamic Targeting de Varian permitirá a los radiólogos atacar de manera precisa un objetivo en movimiento". ■

"El objetivo de nuestra iniciativa IGRT Dynamic Targeting es proporcionar todas las herramientas necesarias para compensar por todas las formas de movimiento de tumor".

Timothy Guertin



La IMRT hoy en día

Cuando a Patsy Huban, de 57 años, le diagnosticaron una rara forma de cáncer de la garganta, su esposo comenzó inmediatamente a investigar sobre opciones de tratamiento y fue así como descubrió la IMRT. Para lograr acceder a esta tecnología, la pareja conducía 140 Km desde su casa en Athens, Georgia, hasta el Emory University Hospital en Atlanta todos los días durante 33 días, de modo que Patsy pudiera recibir la IMRT y destruir el cáncer sin afectar su capacidad auditiva, el habla y su función salivar, que de lo contrario se habría encontrado bajo riesgo.

"Mi médico me dijo que, de todas las partes del cuerpo donde se podía administrar radiación, mi caso era el que presentaba un mayor desafío debido a la delicada naturaleza de los tejidos próximos", señala Huban. "Por suerte, en Emory tenían la IMRT. Y me siento muy, muy afortunada", continúa.

Pacientes de todo el mundo están descubriendo la IMRT a través de la Web, en reportajes de noticias y en materiales enviados por correo por hospitales que ofrecen la IMRT. El año pasado, publicaciones de circulación nacional como *USA Today*, *Newsweek*, *Business Week*, *Forbes*, *Investor's Business Daily* y cientos de diarios

regionales como *Chicago Sun-Times*, *Pittsburgh Post-Gazette*, *San Jose Mercury News*, *Houston Chronicle*, *Miami Herald*, *South China Morning Post* y *Hindustan Times*, presentaron en sus páginas informes y reportajes sobre la IMRT. Estas informaciones sobre la IMRT también estuvieron presentes en emisiones de noticias en las estaciones de televisión afiliadas a las cadenas ABC, NBC y CBS en los Estados Unidos y en la BBC del Reino Unido.

El número de centros de tratamiento de cáncer que ofrecen la IMRT SmartBeam™ de Varian se ha más que duplicado cada año. En 1997, sólo existía un lugar con IMRT SmartBeam en todo el mundo. En el año 2000, esta cantidad aumentó a 40, llegando a 82 el año 2001 y a 188 durante el 2002. En 2003, la cantidad se disparó nuevamente a 472. A esta velocidad de crecimiento, el número de clínicas que ofrece la IMRT puede bien aumentar a 1.000 a finales de 2004.

A pesar de que el uso principal de la IMRT continúa siendo en muchas clínicas para el tratamiento de cánceres de próstata, cabeza y cuello, y mamas, los médicos han comenzado a utilizarla para tratar tumores

ginecológicos, cáncer de páncreas, tumores gastrointestinales, pediátricos, pulmonares, del sistema nervioso central y cerebrales, linfomas, sarcomas y mesoteliomas.

El Dr. Arno J. Mundt, radiólogo de la Universidad de Chicago, quien ha estudiado la adopción de la IMRT por parte de instituciones médicas de todo el país, indica que "la literatura ha establecido que la IMRT es superior a las técnicas convencionales en muchos casos de tumores y actualmente existe mayor información que sugiere que los beneficios de la IMRT se traducen en menores niveles de toxicidad y, en ciertos casos, mejor control sobre el tumor".

Las nuevas sobre la IMRT se están diseminando y los pacientes con cáncer, como Patsy Huban, están comenzando a preguntar a sus médicos si la IMRT resultaría conveniente para ellos.

David Prislupsky fue tratado de cáncer a la próstata en The Dale and Frances Hughes Cancer Center en East Stroudsburg, Pennsylvania. Él estuvo considerando la posibilidad de cirugía laparoscópica cuando un asistente de su mismo grupo de apoyo para pacientes con cáncer mencionó la IMRT.

"Me contó todo lo que él sabía y me interesó", recuerda Prislupsky. "Él había descargado la información de Internet sobre la IMRT en el Memorial Sloan-Kettering Cancer Center en Nueva York y me entregó una copia". Eso lo motivó a buscar un lugar que ofreciera la IMRT en su área.

"Cuando te diagnostican cáncer no es una sentencia de muerte", señala Aileen Pruitt, de 41 años de edad sobreviviente de cáncer que fue tratada de cáncer de mama en el Martin Memorial Hospital in Stuart, Florida. Pruitt optó por una combinación de quimioterapia e IMRT. Aparte del enrojecimiento de la piel, no tuvo efectos secundarios de las 33 sesiones de IMRT que recibió y el resultado fue exitoso.

"Uno debe ver todas las opciones y elegir aquellas con las cuales uno se siente más cómoda. Algunas veces esto significa tener que desplazarse hasta el centro de tratamiento para recibir el tratamiento IMRT más moderno". ■



A Patsy Huban, sobreviviente de cáncer de cabeza y cuello tratada con IMRT SmartBeam, le gusta andar a caballo con su esposo en el rancho de la familia en Athens, Georgia.