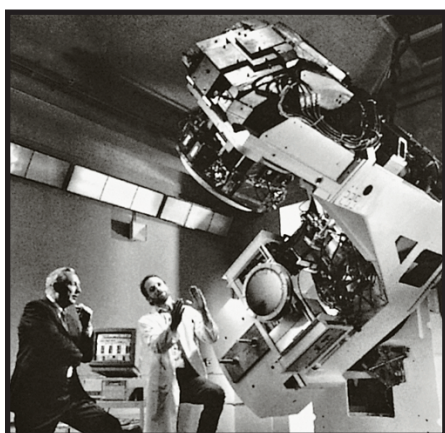


Oncología por radiación: El camino hacia la cura del cáncer



Un técnico de pruebas en Varian conversa con el Dr. Malcolm Bagshaw, quien en ese momento dirigía el departamento de oncología por radiación de la Universidad de Stanford.

El cáncer continúa siendo una de las principales causas de muerte en todo el mundo, con un diagnóstico anual de más de 10 millones de casos y que sólo en los Estados Unidos incluye más de 1,3 millones de casos nuevos diagnosticados anualmente.

Sin embargo, desde mediados del siglo XX, cuando el diagnóstico de cáncer generalmente era sinónimo de una sentencia de muerte, ha sido posible controlar muchos tipos de cáncer. En los Estados Unidos, se ha alcanzado el objetivo de sobrevivencia de cinco años del Instituto Nacional del Cáncer en más del 50 por ciento de los casos. Esto se debe en gran medida a avances importantes logrados en la oncología por radiación, ahora utilizada de manera independiente o

combinada con otras terapias para tratar hasta el 60 por ciento de todos los pacientes de cáncer en los Estados Unidos.

En el corazón de todos estos acontecimientos se encuentran Varian Medical Systems, anteriormente conocido como Varian Associates, proveedor líder en todo el mundo en sistemas y tecnología para el tratamiento de cáncer mediante radioterapia. Durante más de

40 años Varian ha ayudado a establecer y transformar la oncología por radiación mediante la continua evolución de su tecnología de aceleradores lineales médicos y el desarrollo de la red de hardware, accesorios y software para radioterapia más amplia del mundo. Hoy, la compañía es la primera en la gran revolución en el tratamiento del cáncer.

El objetivo de la radioterapia es destruir las células cancerosas bombardeándolas con electrones o rayos X. La radiación daña las células cancerosas que posteriormente mueren y son desechadas por el cuerpo. Las células sanas que están expuestas a cantidades moderadas de radiación tienen la capacidad de regenerarse y sobrevivir. El desafío que enfrentan los radioterapeutas en cada caso es cómo administrar suficientes rayos X para destruir el cáncer sin exceder el nivel de tolerancia de las células sanas circundantes. Solucionar este problema de manera simple y eficaz ha sido el principal motivo tras la mayor parte de los desarrollos tecnológicos que se han producido en la radioterapia en las últimas décadas.

LOS PRIMEROS AÑOS

Desarrollada a comienzos del siglo XX, la radioterapia se utilizaba principalmente para aliviar el dolor mediante la reducción del tamaño de los tumores, pero no para la cura. Los primeros dispositivos de radioterapia utilizaban primitivos tubos de rayos X para generar una radiación muy débil que no era suficiente para curar o penetrar profundamente en el cuerpo. A continuación surgieron las máquinas de cobalto que ofrecían una mayor cantidad de energía y que administraban tratamientos relativamente lentos que se extendían a medida que la fuente radioactiva en la máquina se debilitaba. La fuente de cobalto radioactivo debilitada presentaba a los hospitales otra dificultad: cómo disponer de desechos radioactivos potencialmente peligrosos.

NACE UNA TECNOLOGÍA

Los orígenes de la radioterapia moderna nos llevan a la invención del klistrón por los hermanos Russell y Sigurd Varian en 1937. Los hermanos Varian primero utilizaron su invención en sistemas de radar. Sin embargo, no fue hasta después de la Segunda Guerra Mundial cuando el klistrón o el magnetrón, otra invención de la época, fue utilizado para impulsar partículas cargadas mediante un túnel de vacío lo que resultó en un dispositivo llamado acelerador lineal o LINAC. El LINAC se empleó inicialmente para fines de investigación en la física energética.

A comienzos de la década de los años 50, el Dr. Henry Kaplan, director del departamento de radiología de la Universidad de Stanford, se reunió con Edward Ginzton, físico de la misma universidad y cofundador de Varian. Kaplan propuso que se diseñara un LINAC específicamente para generar rayos X de alta energía para el tratamiento del cáncer. La idea subyacente era que los klistrones acelerarían los electrones a una velocidad próxima a la de la luz. A continuación, se harían golpear los

electrones contra un objetivo de tungsteno lo que produciría una emisión de rayos X de energías comparables. Estos haces de rayos X de alta energía se utilizarían para bombardear tumores cancerosos.

Kaplan y Ginzton eran gigantes incluso dentro del ilustre grupo de investigadores de la Universidad de Stanford, señala el Dr. Philip Rubin, Administrador emérito de oncología por radiación de la facultad de medicina de la Universidad de Rochester y pionero en el uso de rayos X contra el cáncer.

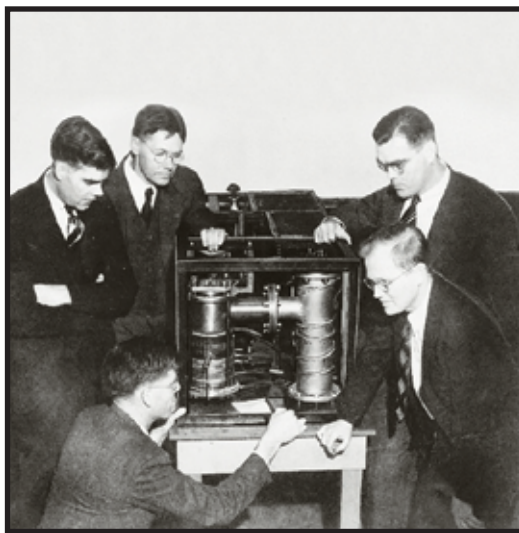
"Henry Kaplan fue un visionario carismático que quería contar con un acelerador para tratar la enfermedad de Hodgkin", afirma el Dr. Rubin. "Ginzton fue un hombre que transformó un complejo dispositivo de investigación en una herramienta clínica práctica. Juntos crearon todo un universo para la radioterapia".

La unión Kaplan-Ginzton generó una cadena de desarrollos de investigación que culminaron en 1960, cuando Varian introdujo el "Clinac 6", el primer acelerador lineal comercial para radioterapia completamente giratorio. Con el Clinac 6 se podían generar haces de rayos X de 6 megavoltios de magnífica definición en un brazo de suspensión que podía girar 360 grados alrededor de un paciente. Aunque de producción limitada, el Clinac 6 dejó en claro que los aceleradores lineales se podían utilizar para tratar el cáncer, con ventajas médicas intrínsecas con respecto a los irradiadores de cobalto que se habían utilizado para tratar esta enfermedad durante los años 50.

En 1968, Varian lanzó el Clinac 4, una máquina que utilizaba la tecnología de "guía-ondas estacionarias" que junto con otros avances, ayudó a reducir el tamaño, el costo y la complejidad de un acelerador lineal para uso médico. Por primera vez, la tecnología de los aceleradores lineales era económicamente competitiva con respecto a los irradiadores de cobalto y estaba lista para ocupar el primer lugar. "La llegada del Clinac 4 significó el nacimiento de la oncología por radiación", afirma el Dr. Rubin.

El Clinac 18, lanzado en 1972, incorporó una innovación, la "pistola de electrones tamizada" que permitió la regulación de dosis precisas y una muy rápida estabilización del haz, controlando de manera exacta los electrones que ingresaban al acelerador. El imán curvador acromático, otra innovación, hizo posible la obtención de haces de mayor energía sin necesidad de aumentar el tamaño de la máquina. El Clinac 18 era una máquina de alta energía fácil de operar que podían emplear los radioterapeutas en el hospital sin tener que recibir capacitación en física especializada. Rápidamente se convirtió en la tecnología preferida para radioterapia de alta energía.

En 1981, Varian introdujo el Clinac 2500, una máquina que podía funcionar en dos niveles de energía de rayos X bastante diferenciados (y entre los que resultaba sencillo alternar) según la profundidad del tumor en tratamiento. Esto se lograba gracias a un interruptor de energía patentado lo que permitía a una sola



Los hermanos Varian y sus primeros colaboradores con el primer tubo de klistrón, que ahora se utiliza en los aceleradores lineales.

máquina ofrecer toda la gama de terapias por radiación de rayos X.

Más adelante, Varian lanzó el Clinac de la serie "C", un modelo Clinac controlado por computadora. Las computadoras se pueden utilizar de tres maneras distintas en la terapia por radiación. La primera consiste en proporcionar un manejo eficiente de la información sobre los pacientes y sus tratamientos. La segunda efectúa cálculos complejos que planifican la mejor manera de administrar la terapia por radiación. La tercera se refiere al control de las funciones de operación y al movimiento del acelerador lineal. El control mediante computadora permite un tratamiento preciso y uniforme a la vez que se conserva un alto nivel de seguridad y confiabilidad. El Clinac de la serie "C" fue el primer acelerador lineal de Varian diseñado para la integración de los sistemas y el uso de computadoras. Fue la máquina precursora del desarrollo del colimador multiláminas, que posteriormente resultó tan esencial para el salto que representó la IMRT.

LOS AÑOS DE FORMACIÓN

Con la introducción del Clinac, los equipos de oncología por radiación contaron con un medio práctico y confiable para producir haces de rayos X capaces de destruir tumores. Sin embargo, era necesario contar con algo más que la capacidad de matar células cancerosas con haces de rayos X; los equipos de oncología necesitaban además evitar dañar el tejido sano adyacente al tumor. Esto significaba lograr que el haz de rayos X de un tratamiento se conformara a la forma y al tamaño del tumor.

En los albores de la radioterapia, los haces de rayos X tenían forma rectangular o cuadrada y se dirigían al tumor desde dos a cuatro ángulos diferentes. Puesto que las dosis que se administraban eran uniformes en su intensidad, los efectos secundarios que significaba el dañar el tejido sano circundante a un tumor podían ser dañinos salvo que estas dosis se administraran a niveles inferiores a los niveles terapéuticos óptimos. Fue durante la década de los años 70 cuando se lograron mejoras al implementarse el uso de cuñas de metal y bloques de aleaciones de plomo, moldeados de manera individual para dar forma a los haces de modo que coincidieran con el perfil bidimensional del tumor. Esto evitó que se dañaran parte del tejido sano; sin embargo, el proceso era demasiado laborioso y requería mucho tiempo ya que los bloques de aleación de plomo eran muy pesados y era necesario cortar y volver a colocar cada uno de forma manual en cada aplicación del haz. Asimismo, era necesario que un terapeuta entrara a la sala de tratamiento varias veces para poder cambiar el ángulo de la máquina y el tamaño del campo e insertar los nuevos bloques y otros modificadores de campo.

En los años 80, los aceleradores Clinac® se utilizaron en un importante avance en la tecnología de administración del tratamiento llamada radioterapia de conformación tridimensional o RCT tridimensional. Esta técnica se continúa utilizando hoy en día. Comienza con la adquisición de imágenes tridimensionales de alta resolución de un tumor, generalmente mediante el uso de imágenes de tomografía computarizada (TC) o adquisición de

imágenes por resonancia magnética. A continuación, estas imágenes se introducen en un programa de planificación de radioterapia computarizado que se utiliza para conformar la forma y tamaño de un haz de rayos X generado por un acelerador lineal según los contornos de las imágenes tridimensionales del tumor.

En los años 90, Varian obtuvo otro avance significativo en la tecnología de los sistemas de administración de haces con el desarrollo del colimador multiláminas (CML) para dar forma a los haces. Un CML consiste en una serie de barras metálicas ajustables controladas por computadora, llamadas láminas, que pueden bloquear la trayectoria de un haz de rayos X. El último de

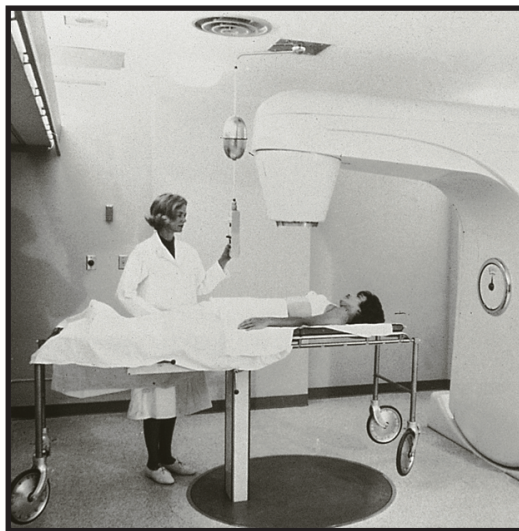
los colimadores multilámina lanzado por Varian, el Millennium™, cuenta con más de 120 de estas láminas. El CML da forma a un haz de radiación emergente de modo que coincida con la forma y el tamaño del tumor. Esto reduce de manera significativa el daño a los tejidos sanos adyacentes y permite al equipo de radioterapeutas aumentar la dosis de haces de rayos X a niveles de tratamientos que resulten más eficaces.

MADUREZ

El concepto de IMRT apareció a comienzos de los años 80. Sin embargo, su verdadera transformación en una tecnología clínicamente viable como opción para la oncología por radiación necesitó de desarrollos paralelos en controles de software, accesorios de hardware y adquisición de imágenes de diagnóstico. Los investigadores de Varian han incorporado avances en

estas áreas en varios productos de hardware y software para IMRT. De manera conjunta, estos productos entre los que se incluye el simulador Acuity™, el sistema de adquisición de imágenes electrónicas PortalVision™, Exact Couch™, Eclipse™, el software de planificación de tratamiento Helios™ y el colimador multiláminas Millennium™, mejoraron de manera notable la capacidad del equipo de radiólogos de destruir un tumor de manera segura y eficaz con dosis óptimas de rayos X. Para muchos pacientes de cáncer, la IMRT ahora representa la mejor opción disponible para tratamientos exitosos, tal como lo demuestra un estudio clínico del Memorial Sloan-Kettering Cancer Center, donde pacientes con cáncer de próstata en etapa temprana tratados con IMRT mostraron una tasa de supervivencia de tres años de un 92 por ciento, y de un 80 por ciento para los mismos pacientes con un pronóstico inicialmente desfavorable.

La IMRT representa además más de medio siglo de aportes y avances tecnológicos realizados por científicos, ingenieros y el personal de Varian. Tal como sucede en la naturaleza, la evolución es un proceso constante que continúa desarrollando con la promesa de mayores logros por venir. ■



El Clinac 6 de Varian instalado en la Universidad de Stanford en 1961.