

LOS RADIOISOTOPOS EN EL TRATAMIENTO DEL CANCER

Existen varias maneras de irradiar los tejidos malignos para el tratamiento del cáncer: por ejemplo, se pueden implantar directamente en el tumor agujas de radio o de cobalto-60, o (en un número bastante reducido de casos) se puede inyectar un radioisótopo en forma líquida (por ejemplo, oro-198), sabiendo que es probable se concentre en un tejido determinado. Sin embargo, la técnica que más importancia tiene, con mucha diferencia, es la teleterapia (o terapia por medio de haces) en la que la fuente de radiaciones queda fuera del cuerpo y el tumor recibe el haz de radiaciones a través de los tejidos que lo recubren. La fuente radiactiva puede ser un tubo de rayos X, un aparato de "supervoltaje" (por ejemplo, un betatrón o un acelerador lineal) o un radioisótopo que emita rayos gamma de elevada energía. Los dos isótopos que más se emplean para este fin son el cobalto-60 y el cesio-137.

El tratamiento de proliferaciones malignas por irradiación no es un procedimiento nuevo; hace ya muchos años que en todo el mundo se efectúan implantaciones de radio y se emplean rayos X generados a voltajes medios (hasta 250 kV), pero las regiones menos desarrolladas no han podido recurrir al uso de la radioterapia hasta que no se ha iniciado la producción en gran escala de radioisótopos en los reactores atómicos. Además, el tratamiento se ha simplificado y en muchos casos se ha hecho más eficaz.

Aparatos de teleterapia a base de radio

Los primeros aparatos de teleterapia datan de 1920-1930 y contenían radio, elemento radiactivo que se encuentra en la naturaleza. Estas "bombas de radio" fueron construidas, por ejemplo, en el Memorial Hospital de Nueva York, Instituto de Radio de París, Radiumhemmet de Estocolmo y Westminster Hospital de Londres. Los que diseñaron y emplearon estos aparatos se enfrentaban con un problema tremendo: sólo disponían para cada aparato de unos pocos gramos de radio. Un aparato que contuviera diez gramos se consideraba grande, y sin embargo esto no equivale más que a unos 6 curies de cobalto-60 o unos 24 curies de cesio-137 (una fuente de cobalto moderna suele contener de 1 000 a 5 000 curies). No se trataba solamente de una cuestión de precio; lo más grave era que no existían cantidades mayores de radio. Así, para irradiar el tumor con una intensidad razonable había que emplear el aparato colocando la fuente de radiación muy cerca del cuerpo del paciente, generalmente de 5 a 10 cm. Pero la intensidad de la radiación no es más que uno de los factores del problema, y es fácil demostrar que para tratar eficazmente focos malignos profundos la fuente se debe colocar lo más lejos posible del paciente -en la práctica de 50 a 100 cm-, sin olvidar

que la intensidad de la radiación disminuye proporcionalmente al cuadrado de la distancia. El resultado era que las "bombas de radio" no servían más que para tratar tejidos muy próximos a la piel y, a pesar de que la distancia de trabajo era tan corta, la irradiación duraba a menudo 30 minutos o más.

Ventajas de los aparatos de teleterapia modernos

Esta situación ha cambiado radicalmente al poder disponer de las grandes cantidades de cobalto-60 y cesio-137 producidas en los reactores atómicos. Como se ha dicho ya, hoy es normal emplear fuentes equivalentes a cientos o incluso miles de gramos de radio. Un solo aparato de varios kilocuries puede contener el equivalente en material radiactivo de todo el radio que existe en el mundo. Estas fuentes permiten trabajar a la distancia requerida (50-100 cm) y someten al tumor a una irradiación tan intensa que basta con una exposición de muy pocos minutos en cada sesión.

Aunque los modernos aparatos de teleterapia son en realidad una forma perfeccionada de la bomba de radio, hoy en día se les suele comparar con los aparatos de rayos X de 250 kV o de voltaje mucho más elevado. Si se compara con un aparato corriente de rayos X, que trabaje a 200-250 kV, el aparato de teleterapia radioisotópica presenta varias ventajas, dos de las cuales revisten especial importancia: que emite radiaciones de energía más elevada, y que su construcción es mucho más sencilla.

Los rayos gamma que emite el cobalto-60 son prácticamente monoenergéticos, y su energía media es de 1,25 MeV (millones de electrón-voltios). Los que emite el cesio-137 poseen una energía de 0,66 MeV. En cambio, la energía media de los rayos X procedentes de un aparato de 250 kV es aproximadamente de 0,13 MeV, es decir, solamente la décima parte de la energía del cobalto. El hecho de que los rayos gamma del cobalto posean mayor energía ofrece varias ventajas, siendo la principal que el poder de penetración del haz es mayor, con lo cual las radiaciones alcanzan a tejidos más profundos y, al quedar menos absorbidas por los tejidos que los recubren, les causan menos daño. Esto permite simplificar la técnica de tratamiento. Además, debido a un efecto denominado "de acumulación", el haz de energía más elevada no lesiona la piel y evita al paciente las dolorosas quemaduras (u otras lesiones más graves) que frecuentemente acompañan a la radioterapia clásica. De esta manera el tratamiento es mucho más fácil y agradable para el paciente.

No es posible exagerar la importancia de otra de las ventajas principales de las fuentes de cobalto: su sencillez mecánica. Este factor será seguramente

decisivo para los países menos desarrollados. Un aparato de rayos X es una máquina eléctrica complicadísima en la que muchos componentes (el transformador, los cables de alta tensión y el tubo de rayos X, por no citar más que tres) sufren averías de vez en cuando. En cambio, la fuente de cobalto no tiene nada que pueda estropearse. Una vez instalado, el aparato de teleterapia radioisotópica no necesita apenas cuidados.

No resta más que comparar uno de estos aparatos con otro de "supervoltaje", tal como el betatrón o el acelerador lineal, que permite obtener rayos X de elevada energía o, también, haces de electrones o de otras partículas. Comparada con estas máquinas, la fuente de cobalto no ofrece ninguna ventaja en cuanto a la energía de su radiación; es más, muchos aceleradores producen rayos X de energía más elevada que los del cobalto-60. En cambio, sigue prevaleciendo la mayor sencillez mecánica de la fuente isotópica, pues los aceleradores de energía elevada son todavía más complejos que los aparatos corrientes de rayos X. Así, pues, el acelerador -por lo menos en el momento actual- no es adecuado más que para centros muy bien preparados en los que se disponga constantemente de físicos e ingenieros muy experimentados.

¿Por qué emplear cobalto-60 y cesio-137?

Como es natural, también una fuente de radioisótopos tiene sus desventajas. Al revés que en los aparatos de rayos X o en los aceleradores, la radiación emitida por una fuente radioisotópica no se puede interrumpir, lo que obliga a rodear la fuente radiactiva con un recipiente muy sólido de plomo o de otro material pesado. Este recipiente posee una abertura de dimensiones variables (el colimador) a través de la cual emerge el haz de radiaciones y que se puede cerrar con un obturador cuando se desee. En esencia, el diseño de un aparato de teleterapia radioisotópica no comprende más que el recipiente, el obturador y el colimador.

Otra desventaja de las fuentes radioisotópicas es que su actividad disminuye continuamente debido a la desintegración radiactiva. Al cabo de algún tiempo la intensidad de las radiaciones emitidas ha disminuido tanto que es preciso cambiar la fuente radiactiva. Como es natural, el radioisótopo que se elija debe poseer una velocidad de desintegración lo más baja posible para que no haya que sustituir la fuente más que al cabo de mucho tiempo. El cobalto-60 tiene un "período de semidesintegración" de 5,3 años, mientras que el del cesio-137 es de unos 30 años.

Vemos, pues, que las características que ha de reunir un radioisótopo para emplearlo en teleterapia son las siguientes: i) su período de semidesintegración tiene que ser largo; ii) tiene que emitir rayos gamma de energía elevada; iii) se tiene que poder obtener en grandes cantidades; iv) se tiene que poder obtener cuando su "actividad específica" sea muy alta, de modo que se pueda concentrar material radiactivo cuya intensidad de radiación sea muy elevada en una fuente de pequeñas dimensiones.

En la práctica, el ^{60}Co y el ^{137}Cs son los dos únicos isótopos que cumplen suficientemente bien estas condiciones.

Difusión de los aparatos de teleterapia radioisotópica

Las dos primeras fuentes de cobalto se instalaron en el Canadá en el año 1951, en la Saskatoon Cancer Clinic y en el Victoria Hospital de Londres (Ontario). Diez años después existía en diversas partes del mundo más de un millar de fuentes radioisotópicas de este tipo. Como es natural, la mayoría de ellas se encuentran en los países técnicamente más avanzados, pero algunas han sido instaladas en países menos desarrollados y, con toda probabilidad, su empleo se difundirá aún más.

Actualmente se construye este tipo de aparatos en doce países: Alemania, Canadá, Checoslovaquia, Estados Unidos, Francia, Hungría, Italia, Japón, Países Bajos, Reino Unido, Suecia y Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas. Hay más de 50 tipos de fuentes de cobalto y, por lo menos, 16 modelos diferentes de fuentes de cesio.

El papel del OIEA

El OIEA no se ha limitado a ser un mero espectador de esta evolución, sino que ha colaborado en el establecimiento de nuevas instalaciones y ha procurado conseguir que se haga el mejor uso posible de

El Dr. K.C. Tsien (a la izquierda), funcionario científico del Organismo, que ha visitado varios Estados Miembros en relación con el empleo de fuentes radiactivas de gran intensidad con fines médicos, y el Dr. Silverio, especialista filipino en radioterapia, fotografiados junto a una fuente teleterápica de cobalto-60 en el North General Hospital de Manila



de las ya existentes. El Organismo ha desarrollado estalabor reuniendo y difundiendo informaciones útiles, logrando que se discutieran y abordaran en el ámbito internacional importantes problemas relacionados con la teleterapia, y ayudando directamente a los centros de los países menos desarrollados.

Antes de instalar un nuevo servicio de teleterapia, hay que saber qué aparatos se pueden obtener, cuales son sus características más importantes y cuánto cuestan. El "International Directory of Radioisotope Teletherapy Equipment", que el Organismo preparó y publicó en 1959, resuelve estas tres cuestiones. Una vez instalado el aparato, el problema consiste en emplearlo de la mejor manera para el tratamiento de los pacientes. Esto plantea problemas de orden médico y físico, y el Organismo ha centrado sus esfuerzos en estos últimos. Muchos de los problemas son de "dosimetría", es decir, consisten en determinar la "dosis" de radiaciones administrada a cada punto de los tejidos de un paciente en las diversas condiciones de irradiación.

El programa de dosimetría del Organismo

Uno de los datos dosimétricos más importantes es la gráfica de isodosis, especie de mapa topográfico, que muestra cómo la dosis de irradiación varía de un punto a otro en condiciones determinadas. En los institutos de radioterapia mejor instalados se han medido o se han calculado cientos de estas gráficas, pero la tarea supera a la capacidad de la mayoría de los centros. No cabe duda de que es preciso reunir material de este tipo, sistematizarlo, catalogarlo y difundirlo por todo el mundo. El problema fue estudiado minuciosamente por un Grupo internacional de expertos que se reunió en Viena en noviembre de 1960. Antes de celebrar la reunión (y gracias a la cooperación de varias asociaciones nacionales de física médica) se envió un cuestionario a gran número de centros de radioterapia de muchos países. Los participantes trajeron a la reunión de Viena no solamente las respuestas al cuestionario, sino también ejemplos de gráficas de isodosis confeccionadas por diversos centros. El Organismo ha publicado recientemente las recomendaciones del Grupo de expertos con el título "Therapeutic Dose Distributions with High Energy Radiation". Se sugirió que el Organismo publicara atlas de gráficas isodósicas agrupadas en tres divisiones principales: campos simples, campos múltiples y haces móviles. La preparación de estas publicaciones está muy avanzada; se ha reunido material en todo el mundo y probablemente aparecerán en 1962. Junto con los atlas se publicará un "International Catalogue of Single Field Isodose Charts" y ya se han enviado copias de esta publicación a los centros radioterápicos que han enviado las gráficas, para que formulen comentarios e introduzcan las correcciones que estimen necesarias.

Pero las gráficas isodósicas no son los únicos datos dosimétricos que es preciso discutir sobre una base más amplia para ponerse de acuerdo y tomar las medidas necesarias. Muchos otros problemas de la dosimetría clínica existen, desde la terminología hasta la influencia de la composición del cuerpo en la distribución de la dosis y necesitan ser objeto de re-

comendaciones de carácter internacional. El Grupo de expertos en "Normalización de la Dosimetría de los Haces de Radiaciones en Radiología", que se reunió en abril de 1961 bajo el patrocinio del OIEA, de la OMS y de la CIUMR (Comisión Internacional de Unidades y Medidas Radiológicas), estudió algunos de estos problemas.

Otro aspecto importante y fundamental de la dosimetría, que actualmente se estudia en el plano internacional bajo el patrocinio del Organismo, es la medición de las radiaciones emitidas por las fuentes isotópicas destinadas a la teleterapia. En diciembre de 1961 se reunió en Viena un pequeño Grupo de expertos para estudiar la posibilidad de establecer normas internacionales en este campo.

Otros aspectos de la teleterapia

La dosimetría no es más que uno de los múltiples problemas que plantea la teleterapia. Existen otras muchas cuestiones de carácter más general: organización, personal (médico y auxiliar), formación profesional, elección de equipo adecuado, protección contra las radiaciones, etc. Estos fueron, entre otros, los problemas que estudió un Grupo de estudio internacional sobre las "Aplicaciones Terapéuticas de los Radioisótopos y de las Radiaciones Generadas a muy Altas Tensiones", que se reunió en Viena en agosto de 1959, convocado conjuntamente por el Organismo y por la Organización Mundial de la Salud. El informe de este Grupo, que se publicó en 1960, revisa la situación actual y constituye una guía práctica para radioterapeutas, radiofísicos y todos los que estudien el establecimiento de centros de radioterapia. Las recomendaciones formuladas por el Grupo han tenido muy amplias repercusiones, y muchas de las actividades subsiguientes del Organismo en el campo de la dosimetría -de las que ya se ha hablado en este artículo- se basan en sus sugerencias. Actualmente se tiene la intención de que en el otoño de 1962 se reúna un Grupo de estudio para que continúe y amplíe la labor de aquel grupo, teniendo especialmente en cuenta las necesidades de los países menos desarrollados.

Ayuda directa

Aparte de los estudios de carácter general que ya se han descrito, un experto de la Secretaría del OIEA ha visitado varios Estados Miembros que deseaban se les ayudara a instalar o manipular aparatos de teleterapia radioisotópica. Hasta ahora se han visitado cinco países: China, Filipinas, Grecia, Irán y Tailandia. Además, en virtud del programa de asistencia técnica del Organismo se han procurado a varios Estados Miembros los servicios de algunos expertos ajenos al OIEA.

En la última reunión de la Conferencia General del OIEA, el delegado de Checoslovaquia anunció que su Gobierno estaba dispuesto a donar una fuente de cobalto-60, con todos sus accesorios, para un proyecto de asistencia técnica que se ejecutase en uno de los países en vías de desarrollo. Además, tomaría las medidas necesarias para que en uno de los institutos médicos de Checoslovaquia se enseñase a dos personas a manipular este equipo.