

de un reactor de gran potencia y sus instalaciones auxiliares, como después de dicha construcción, será la que se indica en el documento de las salvaguardias o la que se obtenga mediante la extrapolación correspondiente. Si esa extrapolación arroja una frecuencia que exceda de 12 inspecciones anuales, los inspectores del Organismo tendrán acceso a la planta en cualquier momento.

El Estatuto, que autoriza al Organismo a establecer y aplicar salvaguardias destinadas a asegurar que su asistencia no se utilice de modo que contribuya a fines militares, dispone igualmente que, previa petición de los Estados interesados, la aplicación de esas salvaguardias puede hacerse extensiva a cualquier acuerdo concertado entre dos Estados o a las actividades de un Estado en el campo de la energía

nuclear. El año pasado, los Estados Unidos sometieron cuatro de sus reactores al sistema de salvaguardias del Organismo. En virtud de una decisión tomada en junio de este año, el Organismo aplicará las disposiciones en materia de salvaguardias previstas en el Acuerdo bilateral de cooperación para la utilización de la energía atómica con fines pacíficos concertado entre los Estados Unidos y el Japón. En su reunión de junio, la Junta de Gobernadores del Organismo aprobó al efecto un Acuerdo negociado entre el Organismo, el Japón y los Estados Unidos. Como se señaló, este Acuerdo es el primero en su género y durante el debate celebrado por la Junta varios Gobernadores lo calificaron como paso decisivo hacia el control internacional de la utilización de la energía atómica con fines exclusivamente pacíficos.

LA APORTACION DEL ORGANISMO A LA FISICA MEDICA

Hace veinte años había en el mundo muy pocas personas que tuvieran idea de la "física médica". Todavía hoy escasean relativamente los físicos médicos y muchos países carecen de ellos en absoluto. ¿Qué es, en realidad, la física médica? La respuesta, concisa, es la "física aplicada a la medicina", pero con esto no vamos mucho más lejos. Estas dos ramas del saber tienen tradiciones totalmente distintas. Hasta tiempos muy recientes, la medicina era en lo esencial un arte y no una ciencia; los métodos de las ciencias naturales no se han aplicado en escala apreciable a la medicina hasta el siglo actual. En cambio, la física ha sido siempre una ciencia exacta, una ciencia basada en mediciones que nos brindan la posibilidad de estudiar, entre otras, las propiedades mecánicas, eléctricas y ópticas de la materia. Ahora bien, desde hace siglos la labor personal de algunas figuras descolantes mantiene en relación la física y la medicina. Por ejemplo, un médico, William Gilbert (1544-1603), sentó las bases científicas del magnetismo. Así pues, está bien arraigada la tradición de colaboración. Lo que sí es una innovación en el siglo actual, e incluso en los años posteriores a la segunda guerra mundial, es el empleo de físicos profesionales en los hospitales e institutos médicos.

El ámbito de aplicación de la física en la medicina es verdaderamente vasto. Muchas funciones orgánicas -desde la circulación de la sangre al funcionamiento de un músculo- obedecen a leyes físicas y pueden ser estudiadas con provecho por el físico. Un instrumento corriente -el estetoscopio- es en esencia

un instrumento físico. Con todo, la rama de la medicina en la que más influencia ha ejercido la física es la radioterapia. Los primeros físicos que prestaron servicio en hospitales se dedicaron a esta especialidad y todavía hoy la gran mayoría de los físicos médicos realizan trabajos relacionados con las radiaciones. Además, cuando en un hospital se crea un puesto para un físico, particularmente en los países en vías de desarrollo, es casi seguro que tendrá relación con la radioterapia. En muchos países, por física médica se entiende simplemente "física radioterápica" y, a causa de esa estrecha asociación con las radiaciones, el Organismo se interesa vivamente por esta especialidad.

Aplicaciones de la física en radioterapia

La física y la radioterapia necesitan, por su naturaleza, la una de la otra. El médico que emplea radiaciones penetrantes para el tratamiento del cáncer utiliza un potente instrumento que obedece tanto a leyes físicas como biológicas. Relativamente, se sabe todavía poco de los efectos biológicos de las radiaciones, pero sus aspectos físicos son objeto de intensos estudios y se admite que, para múltiples efectos relacionados con su tratamiento, el paciente puede considerarse como un bloque de materia inerte, por ejemplo, como el agua contenida en un depósito. El físico puede determinar la dosis de irradiación recibida en las distintas partes del cuerpo de un paciente gracias a las mediciones que se efectúan en modelos o maniqués rellenos de agua; es decir,

puede aportar una contribución importante al tratamiento de los enfermos de cáncer.

Hasta hace poco tiempo, la radioterapia se solía practicar en todo el mundo con ayuda de aparatos de rayos X que emitían radiaciones de energía relativamente reducida y de limitado poder penetrante. Estas radiaciones obedecían a leyes físicas igual que las radiaciones más penetrantes utilizadas en la actualidad, pero tenían la particularidad de producir una marcada reacción cutánea (análoga a una grave quemadura producida por el sol) que servía de advertencia al facultativo para interrumpir el tratamiento antes de que la dosis de radiación fuese nociva. En cambio, en los diez últimos años se observa una tendencia gradual a utilizar las fuentes de radiación denominadas "de teleterapia radioisotópica", que contienen isótopos radiactivos, entre ellos el cobalto-60, y aparatos de rayos X del tipo llamado de muy alta tensión. Esta evolución, que se examinó con cierto detalle en un artículo precedente de este Boletín (Vol. 4, Nº 1, enero de 1962, páginas 25 a 27), prosigue en la actualidad a un ritmo acelerado. Las radiaciones emitidas por las fuentes de cobalto-60 y por los aparatos de muy alta tensión son mucho más penetrantes que los rayos X ordinarios y, por consiguiente, capaces de tratar tumores profundos con mayor eficacia. Además, como consecuencia de un efecto denominado "de acumulación", la dosis de irradiación aumenta a cierta distancia bajo la superficie irradiada, en vez de disminuir paulatinamente como ocurre con los rayos X ordinarios y, por ende, la reacción cutánea es pequeña o inexistente en algunos casos. Por supuesto, esta circunstancia favorece al paciente, que no sufre la incomodidad y el dolor resultantes de una quemadura de la piel, pero al mismo tiempo el radioterapeuta queda privado de la señal de aviso. Si no se produce reacción cutánea, se tiende con facilidad a administrar una dosis excesiva de irradiación que puede lesionar con carácter permanente los tejidos subyacentes, por ejemplo, el muscular. Sólo hay una garantía: controlar estrictamente la dosis administrada al paciente en armonía con las mediciones y cálculos de un físico especializado en radiaciones. Por este motivo la función del físico está cobrando en radioterapia una importancia mayor que nunca.

Actividades del Organismo

Desde luego, el Organismo no puede estimular la aplicación de los radioisótopos en terapéutica sin alentar, al mismo tiempo, el empleo de físicos en esta esfera. Esta actividad de estímulo reviste tres formas. En primer lugar, el Organismo proporciona información sobre las ventajas inherentes al empleo de físicos en los institutos de radioterapia, así como orientación general sobre su aptitud, formación, funciones y actividades. En segundo, proporciona formación en la física de las radiaciones a candidatos idóneos y presta asistencia para la creación



En noviembre de 1960 se reunió en Viena, bajo los auspicios del OIEA, un grupo de expertos sobre la distribución de dosis de radiaciones de alta energía. De izquierda a derecha: Sra. Andrée Dutreix (Francia), Dr. J.R. Cunningham (Canadá), Dr. M. Cohen (Reino Unido, actualmente funcionario del OIEA), Dr. E. Casnati (Italia), Dr. Sven Benner (Suecia), y Dr. G. Adams (Estados Unidos)

de servicios de física en algunos hospitales. Por último, aun después de haber recibido formación y haber sido asignado a un hospital, es posible que el físico necesite ayuda considerable en forma de datos que no puede obtener por sí mismo, de asesoramiento y de relaciones en general con sus colegas del exterior. A continuación se describen a grandes rasgos estas formas de asistencia.

a) Informaciones sobre la aplicación de la física en radioterapia: Uno de los medios más útiles para difundir informaciones sobre la función de la física en radioterapia han resultado ser las recomendaciones formuladas por un grupo de expertos de competencia reconocida en el plano internacional. Dicho grupo fue convocado por el Organismo y la Organización Mundial de la Salud en Montreal, en septiembre de 1962. Lo formaban 18 radioterapeutas y físicos de trece países y se reunió bajo la presidencia del Profesor Sir Brin Windeyer, del Instituto de Radioterapia Meyerstein del "Middlesex Hospital" de Londres. La reunión se organizó con el fin de proseguir los trabajos de una anterior (patrocinada también conjuntamente) que tuvo lugar en Viena en 1959, cuyo informe se publicó en revistas radiológicas en diversos idiomas y también como parte de un opúsculo del Organismo ("Aplicaciones en radioteleterapia de los radioisótopos y de las radiaciones generadas a muy altas tensiones", 1960).

Las recomendaciones del grupo de Montreal se han publicado recientemente en revistas radiológicas, que aparecen en español, francés e inglés, con el título "Métodos prácticos para prestar asistencia a los centros de radioterapia de las regiones menos desarrolladas"; se prevén publicaciones en otros idiomas

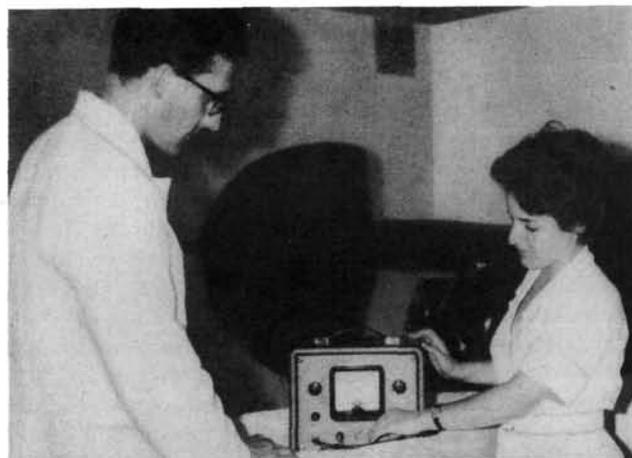
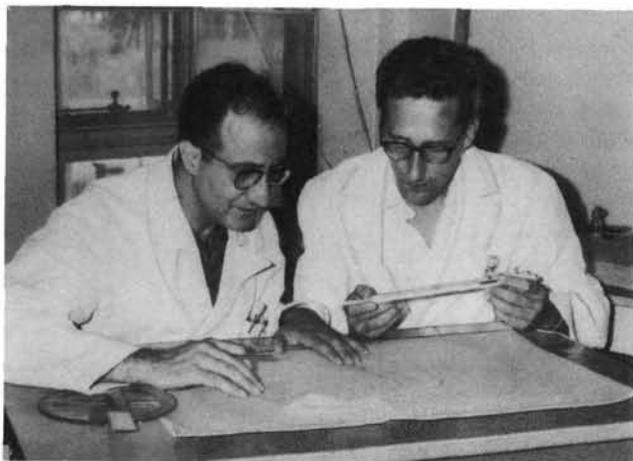
más adelante. Contienen sugerencias minuciosas relativas a la creación de centros radioterápicos, funciones y actividades del personal correspondiente (comprendidos los radioterapeutas, los físicos y los técnicos), formación y prestación de asistencia. Se pone de relieve la necesidad de que los físicos presen sus servicios en los institutos de radioterapia en régimen de jornada completa.

Naturalmente, dichas recomendaciones son de carácter general. Los expertos enviados por el Organismo a determinados países o institutos formulan sugerencias de carácter más particular, como se indica a continuación.

b) Formación y asistencia: Hasta ahora se han concedido siete becas, gracias a las cuales otros tantos físicos han podido cursar estudios de radioterapia en el extranjero. La duración de dichos estudios ha variado entre un mes y dos años. Además, quince físicos de distintas partes del mundo participan en el primer Curso de formación superior en física de la radioterapia preparado por el Organismo, que ha comenzado hace poco en Londres (septiembre de 1963). Estos científicos poseen ya cierta experiencia y prestan servicio en hospitales, pero carecen de práctica en el empleo de fuentes de cobalto y otras fuentes de radiación de elevada intensidad. El curso, que durará cinco meses, ha sido organizado en colaboración con la Hospital Physicists' Association (HPA). Las clases teóricas correrán a cargo de un grupo de físicos británicos especializados en radiaciones; los estudiantes realizarán prácticas en dos hospitales o institutos de radioterapia, uno en la región londinense y el otro en provincia.

Otra forma importante de asistencia es la creación del puesto de asesor regional en los aspectos físicos de la radioterapia para los países del Mediterráneo oriental. Recomendó su creación una misión asesora especial que a principios de 1962 visitó la re-

En el Hospital de la Universidad Americana de Beirut, el asesor regional del OIEA sobre la física de la radioterapia, Sr. T.H. Bryant (a la derecha), y el radioterapeuta del Hospital, Dr. Philippe Issa, realizan cálculos de dosis profundas



En el Hospital de Beirut ya mencionado, el Sr. Bryant enseña a una técnica (Srta. Shake Kodjian) cómo medir las radiaciones en una fuente de cobalto

gión en nombre del Organismo. Facilitó grandemente la labor de la misión la colaboración del asesor regional de la Organización Mundial de la Salud en materia de radioterapia, Dr. P. Taillard. El primer asesor del Organismo, Sr. T. H. Bryant, de la Middlesex Hospital Medical School (Londres), tomó posesión de su cargo en abril de 1963. El Sr. Bryant, que actúa normalmente en Beirut (Líbano) ha realizado viajes a Chipre, Grecia, Irak, Irán, Siria y Turquía hasta el momento de redactar el presente artículo. Más adelante visitará otros países de la región. En cada país, el Sr. Bryant asesora al gobierno y a ciertos institutos sobre la creación o la ampliación de servicios de física radioterápica, instruye a científicos en los aspectos físicos de las radiaciones e inicia un programa de mediciones radiológicas en armonía con las condiciones existentes. Otro aspecto importante de las funciones del asesor es crear condiciones propicias para la colaboración de los físicos de los diversos institutos de radioterapia que participan en el proyecto. Proseguirá esta misión durante un año más (a partir de octubre de 1963) el profesor J. E. Roberts, perteneciente también a la Middlesex Hospital Medical School; se confía en que el proyecto se prorrogue luego hasta 1965 ó 1966.

Dicho proyecto se ha concebido como forma de asistencia a largo plazo en beneficio de varios países pertenecientes a una región geográfica concreta. Además, se envían a determinados países expertos en física de las radiaciones para misiones más breves (como máximo, un año), pero básicamente con el mismo objeto. Hasta hace poco tiempo estas misiones se combinaban de forma que los encargados de realizarlas prestasen también servicios en otras especialidades (por ejemplo, la higiene radiofísica o la medicina nuclear), pero en la actualidad se tiende a nombrar a un experto exclusivamente para los trabajos relacionados con los aspectos físicos de la radioterapia y se ha aprobado ya la creación de puestos de

esta clase para Ceilán y Tailandia. Está estudiándose la posibilidad de crear puestos en otros países.

c) Comunicación de datos: La comunicación de informaciones y datos es un servicio que el Organismo presta a todos los físicos médicos, sean cuales fueren su país y su experiencia, pero es natural que el físico que empieza a actuar en un país en vías de desarrollo necesite más ayuda a este respecto que sus colegas de institutos adelantados. El Organismo ha editado ya varias publicaciones sobre los aspectos físicos de las radiaciones y cuestiones conexas; sólo mencionaremos ahora dos de las más recientes. La primera (Colección de Informes Técnicos Nº 8) contiene más de 2 600 gráficos de isodosis para radiaciones de elevada energía de forma que el físico radiólogo puede seleccionar las que necesita para su trabajo y obtener copias por medio del Organismo. Este es el primer paso para la organización de un "servicio central" que el Organismo se propone crear para el intercambio de datos sobre la física de las radiaciones.

La segunda publicación, que versa también sobre las gráficas de isodosis, reviste la forma de un atlas de gráficas y cuadros para rayos X de mediana energía; esta publicación ("Isodose Charts and Tables for Medium Energy X-rays") ha sido editada por la casa Butterworths de Londres bajo los auspicios del Organismo. Los trabajos fueron realizados por funcionarios del Organismo en colaboración con la Universidad Temple de Filadelfia (Estados Unidos), y con la Hospital Physicists' Association del Reino Unido. El atlas contiene 250 gráficas completas, con los datos numéricos y el material explicativo conexas, y es con mucho la colección más completa que existe en su género. Están en las fases finales de preparación otros tres atlas de formato análogo. Contendrán gráficas para radiaciones de elevada energía, comprendidas las radiaciones gamma emitidas por las fuentes teleterápicas de cobalto y de cesio. Los tres atlas contendrán gráficas relativas a campos simples, campos múltiples y haces móviles, respectivamente; se confía en que aparezcan a principios de 1964.

Hasta ahora el Organismo se ha interesado principalmente por la "teleterapia", esto es, el tratamiento mediante fuentes potentes de radiación situadas a

cierta distancia del paciente, pero tiene el propósito de facilitar en adelante datos y otros tipos de asistencia en materia de terapia "intersticial, intracavitaria y superficial", en la que se utilizan fuentes más pequeñas de radiación colocadas sobre el cuerpo del paciente o dentro de él. En noviembre de 1963, un grupo internacional de expertos en estas cuestiones se reunirá en Viena para examinar los problemas planteados.

Colaboración con otras organizaciones

Como se desprende de lo que antecede, el Organismo ha establecido una estrecha colaboración con la Organización Mundial de la Salud a fin de coordinar y perfeccionar la ayuda que prestan ambas organizaciones en materia de física médica.

El Organismo mantiene también excelentes relaciones con otras entidades que se ocupan de cuestiones radiológicas. Cabe mencionar entre éstas la Comisión Internacional de Unidades y Medidas Radiológicas (CIUR), organización internacional que se interesa principalmente por los aspectos físicos de la radioterapia. Además de contribuir a la labor científica de la Comisión, el Organismo le ha aportado una contribución financiera directa en estos dos años últimos. En abril de 1961, la CIUR, la OMS y el Organismo reunieron un grupo asesor sobre dosimetría clínica. Debe mencionarse asimismo que el Organismo se encargará de traducir y publicar en otros idiomas los informes de la CIUR, que hasta ahora sólo existen en inglés.

La Hospital Physicists' Association, antes mencionada, es la más antigua e importante de las asociaciones de físicos que se dedican a actividades médicas (aunque, por supuesto, no exclusivamente a la radioterapia). La Asociación, que se creó en 1943, cuenta en la actualidad con unos 560 miembros, entre ellos 140 domiciliados fuera del Reino Unido. En años posteriores se han constituido organizaciones análogas en muchas otras partes del mundo, en particular en Australia, el Canadá, los Estados Unidos, los Países Bajos y los países escandinavos. El Organismo mantiene estrechas y cordiales relaciones con muchas de estas asociaciones, así como con un gran número de físicos médicos. A principios del año en curso, se constituyó la Organización Internacional de Física Médica que agrupa las diversas asociaciones nacionales.