

BOLETIN de la Oficina Sanitaria Panamericana

Año 37

Vol. XLV

Septiembre, 1958

No. 3

INFORME DEL GRUPO DE ESTUDIO SOBRE LOS EFECTOS GENETICOS DE LAS RADIACIONES EN LA ESPECIE HUMANA*

Por cortesía del Rector de la Universidad de Copenhague, el Grupo de Estudio sobre los Efectos Genéticos de las Radiaciones en la Especie Humana se reunió en la Sala del Consejo de la Universidad del 7 al 11 de agosto de 1956. Se adoptó un programa de temas que permitiera explorar las opiniones de los miembros del Grupo sobre las dificultades teóricas y prácticas para llenar las lagunas existentes en los conocimientos acerca de esta materia. El procedimiento seguido fue abrir discusiones por varios miembros ya sea a base de breves exposiciones o presentando trabajos preparados. También se aprovechó la oportunidad para examinar varios temas no incluidos en el programa.

Inauguró la reunión el Dr. P. Dorolle, Director General Adjunto de la Organización Mundial de la Salud, y el Grupo eligió Presidente al Dr. A. Hollaender.

1. INTRODUCCION

El más precioso patrimonio del hombre es su herencia genética, de la cual tienen que depender la salud y el desarrollo ordenado de las futuras generaciones. El Grupo opina que el bienestar de los descendientes de la generación actual está amenazado por el creciente uso de la energía nuclear y de las fuentes de radiación. Estos adelantos son inevitables y han de contribuir mucho al progreso social y cultural del hombre. Pare-

cería, en consecuencia, que debe aceptarse algún riesgo, pero si se quiere reducir al mínimo los peligros, es preciso tomar todas las medidas posibles para aminorar la exposición del hombre, y determinar los efectos de aquélla. Sólo a la luz de conocimientos más profundos es posible definir más exactamente la cantidad máxima de exposición que pueden soportar los individuos y poblaciones sin correr el riesgo de sufrir graves daños.

Se ha comprobado que la radiación es uno de los agentes que producen mutación en una amplia serie de organismos, desde las bacterias a los mamíferos. El Grupo convino en que el incremento de mutación producido en el hombre puede ser perjudicial para los individuos y sus descendientes. Aunque tal vez haya mecanismos inherentes y ambientales que modifiquen las repercusiones de estas mutaciones por períodos de muchas generaciones, no se conoce la efectividad de esos mecanismos en el hombre. En esencia, pues, toda radiación artificial debe considerarse como nociva para el hombre desde el punto de vista genético.

En estos últimos años se han obtenido importantes conocimientos cuantitativos sobre los mecanismos básicos de la genética. Hay poderosas razones para creer que los efectos genéticos, en su mayoría, tienden a acumularse, de suerte que una cantidad pequeña de radiación recibida por cada uno de los individuos de un gran conjunto, puede causar daños apreciables a toda la población. Sin embargo, existen muchas lagunas en la ciencia, especialmente por lo que se refiere a estos efectos en el hombre.

* Este informe y los trabajos que aparecen en las páginas 196 a 222 se tomaron de la publicación *Effect of Radiation on Human Heredity* de la Organización Mundial de la Salud, Ginebra, 1957.

Estas lagunas sólo se llenarán procediendo a una gran expansión de la investigación general y específica en genética y en otros campos de la biología.

El Grupo ha recibido la siguiente resolución aprobada por el Primer Congreso Internacional de Genética Humana, celebrado en Copenhague, y (aunque señalando al mismo tiempo que la labor de la OMS sólo se refiere al uso de la energía atómica con fines pacíficos) hace observar y conviene en que:

“El daño producido por las radiaciones ionizantes en el material hereditario es real y debe tenerse seriamente en cuenta, tanto en la utilización de la energía nuclear con fines pacíficos y militares, como en todas las prácticas médicas, comerciales e industriales en que haya emisión de rayos X u otras radiaciones ionizantes. Se recomienda que, con el objeto de salvaguardar el bienestar de las futuras generaciones, se amplíe e intensifique en gran medida la investigación de la importancia y tipo de los daños, y de otras cuestiones genéticas afines.”

El Grupo está de acuerdo con el memorándum titulado “Genética humana y genética médica”, que el Gobierno de Dinamarca sometió en 1955 a la Organización Mundial de la Salud.¹

Este Grupo toma nota del informe de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América² y del presentado por el Consejo de Investigaciones Médicas de la Gran Bretaña³. No se tiene el propósito de reproducir material alguno de esos informes, pero el Grupo señala la semejanza fundamental de sus hallazgos y recomendaciones, y está esencialmente de acuerdo con ellos.

¹ Act. Of. Org. Mund. Salud, 68:147.

² Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos: *The biological effects of atomic radiation*, Washington, D. C., 1956; véase también el *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana* de julio, 1957, pág. 98.

³ Consejo de Investigaciones Médicas de la Gran Bretaña: *The hazards to man of nuclear and allied radiations*, Londres, 1956.

2. FUENTES NATURALES Y ARTIFICIALES DE RADIACIONES IONIZANTES

Las actuales fuentes de radiaciones ionizantes de interés para el examen de los problemas relacionados con los efectos genéticos en el hombre, comprenden las siguientes:

Fuentes naturales

1. Las radiaciones cósmicas.
2. Las cantidades de radio, torio y potasio presentes naturalmente en la corteza terrestre.
3. Los elementos radiactivos naturales contenidos en los tejidos vivos.

Fuentes artificiales

4. Los dispositivos técnicos y los materiales radiactivos que producen radiaciones ionizantes (por ejemplo, tubos de rayos X y demás aceleradores de partículas, reactores nucleares, etc.) usados en la enseñanza, en la investigación científica, la medicina, la industria y el comercio.
5. Las fuentes empleadas por la población para fines distintos de los mencionados en el párrafo 4 (compuestos luminosos radiactivos en relojes y demás artículos de uso común, aparatos de televisión, etc.). Si bien estas fuentes son mucho menos importantes que las mencionadas en los párrafos 4 y 6, conviene tener en cuenta su existencia.

6. Los elementos radiactivos artificiales diseminados por el hombre en la naturaleza.

Datos sobre las dosis recibidas por individuos y grandes grupos de población, de las diversas fuentes citadas, se pueden encontrar en el trabajo del Profesor R. M. Sievert (véase pág. 196), del cual se desprende que, la mayor parte de la dosis media que reciben en la actualidad las gónadas, proceden de la radiación natural (nivel normal: entre 2 y 5 r. por individuo en 30 años) y de la radiación recibida por pacientes sometidos a examen de rayos X (promedio probable: entre 1 y 3 r. por individuo en 30 años). Teniendo también

en cuenta las irradiaciones terapéuticas, la exposición "total" de una población puede ser mayor. Sin embargo, resulta difícil obtener datos para calcular la cantidad de irradiaciones terapéuticas que reciben las personas antes de llegar al límite de la edad de procreación.

Cabe señalar que en la actualidad la dosis más elevada recibida por las gónadas, por efecto de la radiación natural en zonas de población numerosa, parece ser la de ciertas partes de Travancore (India), cuyo suelo contiene arena de monacita (tal vez entre 10 y 20 r. por individuo en 30 años).

3. IMPORTANCIA DE REGISTRAR LA EXPOSICIÓN A LAS RADIACIONES EN INDIVIDUOS Y POBLACIONES

Desde un punto de vista genético, la dosis importante es la total acumulada; de ahí que la medición de la exposición a radiaciones ionizantes constituya una labor previa esencial para tratar de relacionar la dosis recibida con sus efectos en el hombre. Para que esas mediciones sean útiles es preciso que los datos se registren sistemáticamente. A menos que se disponga de información sobre la dosis recibida por los distintos individuos, los registros de la exposición resultarán inadecuados para muchos fines; por consiguiente, es esencial contar con algún sistema de registro. Con ello se lograría, casi seguramente, atenuar la exposición debida al diagnóstico y tratamiento médico, puesto que haría que los radiólogos y médicos se percataran de la magnitud de tales exposiciones. En un hospital donde se procedió a este registro, el total de exposición del personal descendió en un 30%. Es indudable que un sistema análogo en la práctica diagnóstica reduciría la exposición de los pacientes. En sí, esto sería suficiente para justificar que se implantara el procedimiento. Parece probable que los dos informes nacionales antes citados hayan hecho ya mucho por vencer la vacilación a registrar las dosis de quienes tendrían que encargarse de hacerlo, pero aun así, el

Grupo estima que una recomendación suya en el mismo sentido puede ser también de utilidad.

El Grupo se da cuenta de que la adopción de cualquier sistema de registro de las dosis, originaría dificultades porque aumentaría el trabajo de los radiólogos y de su personal. No obstante, considera que su importancia es tan grande—y así lo reconocen también los radiólogos—que cabe esperar que tanto los encargados de las secciones radiológicas como los demás médicos que usan rayos X prestarán su colaboración.

Cualquier sistema que se adopte debe tener en cuenta tres requisitos deseables:

1. Que el individuo no acumule una exposición excesiva por falta de información.
2. Que proporcione datos sobre la cantidad de exposición de las gónadas en cada edad, tanto de los individuos como, por término medio, *per cápita* de la población.
3. Que permita determinar la cuantía de exposición recibida por los padres de un niño dado. (Con el tiempo se dispondría de datos relativos a varias generaciones.) Estos datos son especialmente valiosos para los fines del análisis genético.

El Grupo sospecha que son innecesariamente elevadas las exposiciones en algunas industrias y en las actividades científicas. Las exposiciones procedentes de estas fuentes deberían registrarse de suerte que las dosis recibidas pudieran compararse, tanto en individuos como en poblaciones, con las recibidas de otras fuentes.

Parece improbable que todos los países patrocinen las mismas normas de registro o estén en condiciones de implantarlas. Aunque es de esperar que en breve se disponga de recomendaciones sobre sistemas de registro propuestos por la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones, debería procederse sin demora al perfeccionamiento de los ya existentes.

Cualesquiera que sean los procedimientos de registro que se adopten, la tarea implicará mucho dinero y esfuerzos. Sin embargo, es necesario actuar con urgencia. Además, el

momento actual es apropiado para establecer esos procedimientos, puesto que la utilización de la energía atómica para usos industriales y el creciente empleo de instrumentos de radiación en la biología y la medicina, permiten adoptar dichos procedimientos en una fase temprana de un período de rápido desarrollo.

4. INVESTIGACION

Consideraciones generales

Los demás conocimientos de los efectos de las radiaciones en el hombre proceden de un vastísimo campo de investigaciones. Es imposible prever qué labor en biología o genética proporcionará datos sobre estos problemas. En consecuencia, el Grupo está firmemente convencido, no solamente de que debe hacerse toda la labor experimental posible sobre los efectos de la radiación en organismos adecuados y todos los estudios de observación controlada que se pueden realizar en el hombre, sino de que, además, es preciso intensificar todas las actividades de investigación genética humana y experimental. El Grupo estima que debe haber la más estrecha colaboración posible entre quienes trabajen en el campo de la genética experimental y en el de la genética humana: su labor se complementa. Cada uno debería estimular los proyectos de investigación del otro. Esta necesidad de intensificar la investigación en lo que respecta al hombre y a los demás organismos, plantea problemas de orden económico y de escasez de personal preparado para la investigación. Ambas dificultades se intensificarán probablemente si se fomentan, con la rapidez que sería de desear, nuevos campos de actividad, tales como los relativos a cultivos de tejidos, mutagénesis química, serología, genética bioquímica y a los problemas epidemiológicos de las enfermedades genéticas. El problema de la escasez de investigadores, tanto de biólogos como de médicos, tiende a eternizarse por no existir el estímulo de una carrera para los que trabajan en genética.

También es insuficiente el número de instituciones donde pueda darse una adecuada preparación en genética, especialmente en la humana.

Es posible que los resultados de muchos de estos esfuerzos resulten desalentadores. No obstante, quienes se dediquen a la investigación, y los que les apoyen, deben tener el valor de hacer frente a la posibilidad de tales desalientos y seguir adelante con su tarea.

Los progresos en materia de energía nuclear no se habrían logrado nunca si no se hubieran aceptado enormes riesgos de fracasar. Esas innovaciones tienen consecuencias sumamente importantes, entre las cuales sobresalen los posibles efectos en la composición genética del hombre. Si se quiere que haya en la opinión pública un clima favorable al empleo de la energía nuclear, es preciso dar al público garantías de que se efectuarán, en escala adecuada, las investigaciones esenciales para su salud y bienestar futuros y los de sus hijos. Esto exigirá que los gobiernos reconozcan la necesidad de proporcionar medios financieros muy importantes para investigaciones genéticas y otras de carácter biológico, esenciales para conocer los efectos de las radiaciones en el hombre. En el pasado, la investigación biológica sufrió gravemente por falta de fondos.

Aspectos específicos

El Grupo no se considera en el deber de formular recomendaciones sobre proyectos específicos de investigación. No obstante, parece conveniente reconocer las principales lagunas de nuestros conocimientos actuales. Entre los campos donde urge continuar la labor si se han de conocer los riesgos genéticos de la irradiación de las poblaciones humanas, se destacan los que se indican a continuación. Conviene subrayar que el ritmo del progreso en el campo de la genética y en otras ciencias hace que las recomendaciones sobre los aspectos que conviene investigar sean de carácter provisional y, por lo tanto, deben revisarse periódicamente.

(a) *Prosecución del estudio de las mutaciones espontáneas y de las provocadas artificialmente.* Es necesario seguir estudiando el número y clases de mutaciones producidas por diversas dosis y tipos de irradiación aplicadas en diferentes fases del ciclo de la vida en condiciones diversas y utilizando diferentes clases de organismos. Hay que aprovechar en la mayor medida posible las oportunidades relativamente limitadas de estudiar los seres humanos irradiados y su descendencia. La apreciación de las mutaciones producidas por la radiación está íntimamente relacionada con una ampliación análoga de los conocimientos relativos a las mutaciones que parecen surgir espontáneamente o como resultado de la acción de agentes químicos y físicos distintos de la radiación ionizante.

(b) *Componente de mutación en los cambios somáticos producidos por las radiaciones y otros medios.* El papel de las alteraciones del material hereditario de las células somáticas en la génesis de la leucemia, en otras formas de neoplasmas y variaciones de la duración de la vida, es por hoy una cuestión en litigio que es preciso esclarecer. Los efectos de dosis de radiación bajas, incluso las de los isótopos radiactivos, requieren un estudio especial. Los recientes adelantos de las técnicas de cultivo de tejidos ofrecen un valioso método para abordar este problema.

(c) *Medios de protección contra los agentes mutagénicos.* Los primeros estudios que indican la posibilidad de que la producción de mutaciones radioinducidas se modifique por diversos medios, tienen importantes repercusiones para el hombre y es preciso ramificarlos en muchas direcciones.

(d) *Necesidad de técnicas nuevas y de perfeccionar otras para la identificación de mutantes.* Es preciso intensificar los esfuerzos para hallar métodos más exactos de identificación de los distintos mutantes y de distinguir entre estos últimos y las fenocopias. Es importante seguir estudiando la frecuencia de una amplia serie de tipos de

mutaciones, incluso aquellas que tienen efectos sumamente pequeños, y que sólo se pueden identificar mediante técnicas estadísticas o de reproducción especiales.

(e) *Manera de actuar de los genes.* Se precisan muchas aclaraciones respecto a los fenómenos de dominancia, sinergismo y otras formas de interacción de los genes, los efectos múltiples de un solo gene y el papel de los factores ambientales en la determinación de los caracteres, puesto que son sumamente importantes para evaluar los efectos de las radiaciones. Debieran estudiarse tanto en el hombre como en otros organismos. En este orden de cosas, son de particular interés las perspectivas ofrecidas por los rápidos avances que se están realizando en relación con las características bioquímicas específicas del ser humano.

(f) *Factores selectivos en las poblaciones, especialmente en relación con las condiciones especiales en el hombre.* Es muy poco lo que se sabe de los efectos detallados de la selección natural en la frecuencia de los genes específicos, constelaciones de genes o alteraciones citológicas. Este conocimiento es fundamental para determinar la composición genética de las colectividades humanas actuales y pasadas, y pronosticar las tendencias futuras derivadas de cambios en los niveles de radiación, prácticas médicas y condiciones sociales y económicas. Estas lagunas pueden colmarse en parte recopilando los datos demográficos y experimentales pertinentes.

(g) *Características del apareamiento en las poblaciones humanas y sus repercusiones genéticas.* Para determinar la composición genética de las poblaciones humanas y los efectos que en ella tienen las diversas cantidades de radiación, se necesita el registro e interpretación de los datos sobre las consecuencias de la endogamia, el apareamiento selectivo, el aislamiento geográfico y cultural, y las fluctuaciones genéticas casuales.

(h) *Estudios de gemelos humanos.* Se reconoce la utilidad de estos estudios para comprender muchos problemas relativos a

los factores hereditarios en el hombre. Se han utilizado ya ampliamente estudios de esta índole, pero se podrían perfeccionar mediante el registro general de gemelos en varios países. Proporcionan datos útiles acerca de la importancia relativa de las influencias hereditarias y ambientales.

(i) *Determinación de la frecuencia de enfermedades con un componente genético significativo, especialmente en relación con su epidemiología.* Esta determinación es fundamental para las investigaciones sobre la significación de la mutación como causa de enfermedad en el hombre. En este orden de cosas, el registro central de la endogamia humana y de las enfermedades y variaciones hereditarias es de la máxima importancia. También es conveniente saber cuántas personas tienen que ser tratadas en hospitales o instituciones o recibir ayuda social a causa de lesiones hereditarias.

(j) *Estudio de poblaciones de interés genético especial.* Se obtendrá importante información mediante el estudio de colectividades relativamente estables y primitivas, aisladas desde hace mucho tiempo por barreras geográficas o culturales. La ejecución de estudios de esta índole requiere equipos de profesionales de diversas disciplinas, tales como antropólogos culturales, médicos y genetistas. Conviene subrayar que estos estudios facilitarán considerablemente el conocimiento de la estructura genética de las poblaciones contemporáneas y que, por lo tanto, deben proseguirse durante un considerable período de tiempo. Las posibilidades de llevarlos a cabo disminuyen a medida que pasan los años. Entre las colectividades especiales que conviene estudiar figuran las que reciben una cantidad de radiación excepcionalmente grande, aquellas cuyo grado de endogamia haya sido muy alto o muy bajo durante mucho tiempo y aquellas en que hayan prevalecido condiciones especiales de selección. En algunas investigaciones, será esencial contar con físicos especializados en radiación entre los miembros del equipo.

(k) *Trazado de mapas genéticos de cromosomas humanos.* Este es un campo sumamente especializado en el que se están haciendo adelantos alentadores. Entre las posibles aplicaciones de esos datos se halla la identificación de genes mutantes que se presenten independientemente, así como el estudio de los reordenamientos cromosómicos.

(l) *Citoquímica y citología humana.* Conviendría efectuar observaciones citológicas directas tanto en individuos normales como en aquellos en quienes se sospechen anomalías cromosómicas. Para esa tarea pueden emplearse materiales de los individuos mismos, así como células mutantes de cultivos de tejidos. Es esencial disponer de datos fundamentales relativos a la estructura ultramicroscópica y a la composición química del material hereditario, tanto en los organismos inferiores como en el hombre, así como sobre la manera en que dicho material se altera por la irradiación y otros mutágenos. Los nuevos adelantos de la bioquímica, las recientes investigaciones inmunobioquímicas de proteínas de los tejidos, de la médula osea y otros, las investigaciones metabólicas que pueden aclarar tanto la patología física como la mental, los nuevos perfeccionamientos del microscopio electrónico que hicieron progresar nuestros conocimientos de la estructura del esperma humano, todo ello indica que nos hallamos en posesión de nuevos instrumentos para el estudio de la genética humana.

(m) *Perfeccionamiento de los métodos estadísticos.* Es preciso el constante perfeccionamiento de los métodos matemáticos de tratar analíticamente problemas que se plantean como consecuencia de las investigaciones de la genética humana y la experimental de la población. Esto es particularmente necesario en relación con las observaciones sobre la estructura genética de selección en las poblaciones y de su intensidad, tanto respecto a los caracteres debidos a un solo gene, como a los efectos de múltiples genes.

También se precisarán técnicas especiales que requieren calculadores electrónicos para analizar los datos sobre el ligamiento genético en el hombre.

5. ALGUNAS CONCLUSIONES

a) El Grupo opina que hay muy pocas instituciones o grandes departamentos universitarios dedicados a la genética general, y aún menos que se ocupen de la genética humana. Recomienda que se creen instituciones y departamentos de esta índole, y señala que no puede haber ninguna pauta ideal en este aspecto. Una de las ventajas de esas instituciones es que fomentarían el trabajo en equipo de personas de diferentes disciplinas científicas que tienen alguna relación con la genética. Médicos, biólogos generales, genetistas, bioquímicos, citólogos, serólogos y estadísticos constituyen ejemplos de la clase de investigadores que pueden participar. Si esas instituciones se ocupan de genética humana, conviene tener en cuenta, para su ubicación, si existen servicios médicos adecuados, la clase e importancia de las poblaciones humanas accesibles para los estudios de campo, y si además se cuenta con los antecedentes necesarios de estadísticas vitales e información demográfica general sobre dichas poblaciones. Una población de alrededor de dos millones es ideal para muchos fines, en particular para las investigaciones epidemiológicas intensivas. Con el tiempo, esas instituciones, además de desempeñar sus funciones de investigación, podrían servir de centros de preparación elemental y avanzada de genética.

b) Tales departamentos e instituciones de investigación contribuirían en gran medida a la enseñanza de la genética general y humana. Todos los estudiantes de medicina debieran recibir cierta preparación en genética, y la enseñanza debiera coordinarse con la de radiología y la relativa al uso de sustancias radiactivas en medicina, a fin de que comprendieran debidamente los peligros genéticos de los procedimientos de diagnóstico y terapéutica. Los físicos sanitarios,

los físicos radiólogos y los técnicos de radiología debieran recibir también instrucción en genética como parte de su preparación técnica.

Parece esencial que se facilite instrucción en genética a todos los investigadores científicos, particularmente a aquellos cuya labor tal vez comprenda el uso de radiaciones y materiales radiactivos. Sería conveniente que, como parte de los cursos oficiales de ciencias sociales, se enseñaran los principios de la genética humana a quienes se preparan en dichas ciencias. Por último, el Grupo estima que la enseñanza del público en genética debiera ser más corriente y adecuada que en la actualidad.

c) Desde el punto de vista de la medicina preventiva y de la higiene genética, será necesario que, en el futuro, se lleve un registro de las enfermedades y defectos hereditarios graves en varias poblaciones o países, del mismo modo que se hace, por ejemplo, con las enfermedades epidémicas. A este efecto, será preciso proceder a la identificación y registro genéticos. Es sumamente recomendable que en varios países y regiones se registren las enfermedades y defectos hereditarios.

d) Son muchos los países donde escasean los biólogos o médicos debidamente preparados en genética. Esta situación sólo se remediará creando más oportunidades de servicio de carrera en genética, pero puede aliviarse mediante la concesión de becas o subvenciones para la preparación en instituciones aprobadas que ofrezcan facilidades a este respecto. Además, se podría facilitar asesoramiento y asistencia técnica para proyectos de investigación en países que no cuenten con suficiente personal preparado para llevarlos a cabo.

e) Cabe la posibilidad de que un organismo especializado de las Naciones Unidas preste asistencia, previa solicitud, en la administración o supervisión de estudios de poblaciones específicas durante algunos años, o bien reforzando un equipo de in-

vestigación o asesorando en materia de organización.

f) En el pasado, los organismos especializados de las Naciones Unidas han prestado servicios útiles en la recopilación y estandarización de las estadísticas vitales y sanitarias. Se recomienda que esos organismos continúen sus esfuerzos y estimulen los de otros en la recopilación y publicación de datos específicos, tales como los de fecundidad, matrimonios consanguíneos y edades de los progenitores, que son antecedentes tan esenciales para muchos estudios de biología humana.

g) El Grupo desea llamar la atención sobre el hecho evidente de que el daño a los tejidos del organismo humano producido por las radiaciones, después de dosis relativamente pequeñas, es consecuencia, por lo menos en parte, de los efectos en los genes y cromosomas. También existen pruebas de que incluso dosis relativamente pequeñas pueden reducir la duración de la vida de los mamíferos. Es necesario proceder urgentemente a investigaciones especiales sobre este aspecto.

h) El Grupo está particularmente impresionado por los peligros genéticos de la

radiación artificial proveniente de aparatos u otros medios utilizados en la medicina, la industria, el comercio, la ciencia experimental, etc. Es necesario hallar métodos de registrar la exposición de individuos y poblaciones, por más dificultades que esto ofrezca, toda vez que ello facilitaría el control y además proporcionaría datos fundamentales para relacionar cuantitativamente la exposición a las radiaciones con sus efectos en el hombre.

Hay motivos para creer que es posible reducir mucho la exposición a las radiaciones; por consiguiente, los encargados de aparatos que producen radiaciones ionizantes deben estar siempre seguros de que está debidamente justificada la exposición de los individuos a una dosis de radiación, por muy pequeñas que éstas sean. Teniendo en cuenta el peligro que implica para la descendencia la irradiación de las gónadas por los rayos X, habría que determinar medios eficientes de proteger aquéllas, y generalizar su uso. Además, en toda exposición debería procurarse, en lo posible, que el haz de rayos X se dirija de tal manera que un mínimo de radiación llegue a las gónadas.

Anexo

LISTA DE PARTICIPANTES

Miembros

- | | |
|--|---|
| Dr. T. C. Carter, MRC Radiobiological Research Unit, Atomic Energy Research Establishment, Harwell, Berks (Inglaterra). | Dr. A. R. Gopal-Ayengar, División de Biología, Departamento de Energía Atómica, Centro Indio de Investigación del Cáncer, Bombay (India). |
| Dr. W. M. Court Brown, MRC Group for Research into the General Effects of Radiation, Radiotherapy Department, Western General Hospital, Edimburgo (Escocia). | Dr. A. Hollaender, División de Biología, Laboratorio Nacional, Oak Ridge, Tennessee, Estados Unidos (<i>Presidente</i>). |
| Dr. S. Emerson, Servicio de Biología, División de Biología y Medicina, Comisión de Energía Atómica de Estados Unidos, Washington, D. C. | Sr. G. H. Josie, División de Investigación y Estadística, Departamento Nacional de Sanidad y Bienestar, Ottawa (<i>Canadá</i>). |
| Dr. N. Freire-Maia, Laboratorio de Genética, Universidad de Paraná, Curitiba, Paraná (Brasil). | Dr. S. Kaae, Finseninstituttet og Radiumstationen, Copenhagen (Dinamarca). |
| | Profesor T. Kemp, Universitetets Arvebiologiske Institut, Copenhagen (Dinamarca). |

Dr. J. Lejeune, Centro Nacional de Investigaciones Científicas, París (Francia).

Profesor H. J. Muller, Departamento de Zoología, Universidad de Indiana, Bloomington, Indiana, Estados Unidos.

Dr. J. V. Neel, Departamento de Genética Humana, Escuela de Medicina de la Universidad de Michigan, Ann Arbor, Michigan, Estados Unidos.

Dr. H. B. Newcombe, Servicio de Biología, Atomic Energy of Canada Limited, Chalk River, Ontario (Canadá).

Profesor L. S. Penrose, Laboratorio Galton, University College, Londres (Inglaterra).

Profesor R. M. Sievert, Instituto de Radiofísica, Hospital Karolinska, Estocolmo (Suecia).

Dr. C. A. B. Smith, Laboratorio Galton, University College, Londres (Inglaterra).

Profesor A. C. Stevenson, Departamento de Medicina Social y Preventiva, The Queen's University of Belfast, Institute of Clinical Science, Belfast (Irlanda del Norte) (*Relator*).

Profesor O. Freiherr von Verschuer, Instituto de Genética Humana, Universidad de Münster, Münster (Alemania).

Dr. Bruce Wallace, Laboratorio Biológico, Cold Spring Harbor, Long Island, Nueva York, Estados Unidos.

Profesor M. Westergaard, Instituto Genético de la Universidad, Copenhague (Dinamarca).

Observadores

Dr. R. K. Appleyard, Secretario Interino, Comité Científico sobre Efectos de las Radiaciones Atómicas, Naciones Unidas, Nueva York, Estados Unidos.

Dr. R. A. Silow, Especialista en Energía Atómica, Departamento de Instituciones y Servicios Agrícolas, División de Agricultura, FAO, Roma (Italia).

Dr. R. L. Zwemer, Jefe de la División de Cooperación Internacional para las Investigaciones Científicas, Departamento de Ciencias Naturales, UNESCO, París (Francia).

Secretaría

Dr. P. Dorolle, Director General Adjunto, OMS.

Dr. M. Pizzi, Jefe de la Sección de Información Epidemiológica y Estadística de Morbilidad, OMS.

Dr. I. S. Eve, Funcionario Médico encargado de las cuestiones relacionadas con la Energía Atómica y la Salud, OMS.