

LAS RADIACIONES Y EL EMBARAZO*

DR. THOMAS B. LEBHERZ

Capitán Médico de la Marina de Estados Unidos de América; Jefe, Servicio de Obstetricia y Ginecología, Hospital Naval de Estados Unidos, Centro Médico Nacional de la Marina, Bethesda, Maryland, Estados Unidos

Y

DR. FRIEDRICH ELLINGER

Jefe, Efectos Biológicos de las Radiaciones y División de Farmacología, Instituto Naval de Investigaciones Médicas; Miembro de la Junta de Estudio de Radioisótopos y Consultor de la Junta de Estudio de Tumores, Hospital Naval de Estados Unidos

El efecto de las radiaciones ionizantes en los órganos reproductores tiene importancia primordial en medicina y salud pública (1). Sea cual fuere el origen de aquéllas—una explosión nuclear, la radiación natural, la exposición a los rayos X durante estudios diagnósticos o aparatos deficientemente aislados—siempre incide una cantidad de radiación mayor o menor en las gónadas maternas o en la totalidad del feto. El efecto de la energía radiante en la vida de la célula siempre es perjudicial (2); pues por minúscula que sea la dosis y sea cual fuere su naturaleza y la célula afectada, el efecto definitivo nunca será la creación de tejido, sino su alteración o destrucción.

La radiactividad natural procede de dos fuentes principales: la cósmica, al través de la atmósfera, y la terrestre. La dosis acumulada total de la radiación de estas fuentes en las gónadas humanas se estima en 150 miliroentgens por año, ó 4 r., al final de la tercera década de vida. Estas fuentes han existido tal vez desde el advenimiento de nuestra especie.

En cambio, la irradiación artificial se halla en su primera infancia, considerada con respecto a la Creación. Las fuentes comunes de esta clase de radiación ionizante son causa de contaminación diaria del ambiente. Este tipo se produce en la industria y en la precipitación radiactiva procedente de explosiones nucleares y termonucleares. Constituye un riesgo profesional para médicos,

enfermeras y técnicos que emplean procedimientos de diagnóstico y terapéuticos basados en la aplicación de tubos de rayos catódicos y de dispositivos productores de radioisótopos. Finalmente, producen radiación ciertos artefactos al alcance de todos, como esferas luminosas de reloj y máquinas fluoroscópicas para probar el ajuste del calzado. La fuente más importante, y con mucho, es el empleo de aparatos roentgen y de radioisótopos con fines de diagnóstico. Se estima que hoy en día la población está expuesta por término medio a una dosis de radiación anual de 10 a 100 veces mayor que la natural, lo cual depende en parte de la situación geográfica y disponibilidad de atención médica (3).

Partiendo de la premisa del principio de que la radiación, sea cual fuere su clase u origen, nunca crea, sino que sólo perturba, elimina o destruye, y teniendo en cuenta que, por su frecuencia, los exámenes mediante rayos X con fines de diagnóstico constituyen la fuente de irradiación artificial más importante, hay que examinar ante todo cuáles son los posibles riesgos inherentes de mujeres embarazadas a la exposición.

A nuestro juicio, esta cuestión puede examinarse desde tres puntos de vista: el somático con relación al individuo, el somático con relación al individuo que va a nacer, y el genético con respecto a la raza humana.

El primer enfoque no atañe al objeto que hoy nos ocupa, salvo la consideración de que los efectos de toda radiación se suman o acumulan y, en definitiva, múltiples y di-

* Publicado en inglés en *Medical Annals of the District of Columbia*, febrero, 1962.

versas exposiciones pueden sumar una dosis final grave. La supuesta relación de los neoplasmas del tiroides con la terapéutica de cabeza y cuello en la niñez, es un ejemplo de ello.

El segundo enfoque, es decir, el somático con relación al individuo que va a nacer, tiene interés especial. Según él, la radiación ionizante afecta al embarazo mediante su acción directa sobre el fruto de la concepción. Bar y Boule (4) notificaron en 1901 estos efectos inmediatos en seres humanos. Desde esa fecha, el referido efecto somático fetal ha sido investigado minuciosamente, tanto en seres humanos como en animales. Estudios experimentales hechos por Job y sus colaboradores (5), en 1935, demostraron por vez primera que hay períodos críticos para la producción de lesiones de origen radiactivo, en embriones de rata. Estos estudios han sido extendidos e intensificados por otros investigadores (6, 7), en forma tal que hoy se dispone de tablas del tiempo exacto que ha de transcurrir para el desarrollo de diversas malformaciones. Si bien estos datos no son aplicables, en cuanto a la dosis total para el hombre, ponen de relieve la cuestión de los posibles riesgos para el embrión humano durante el empleo de rayos X con fines de diagnóstico. Los estudios en seres humanos son difíciles de hacer, pero informes de casos debidos a exposiciones fortuitas, inadvertidas o por indicación terapéutica, muestran que el efecto somático fetal es una posibilidad real y que el grado y tipo de malformación están en relación directa con la dosis total y con la semana de gestación. Antes de la nidación (entre 7 y 10 días a contar de la gestación), el efecto es total o nulo; es decir, si la implantación satisfactoria es posterior a la irradiación no parece que ésta cause anomalías inmediatas. En cambio, si la exposición a la radiación ocurre entre la segunda y la séptima semana de gestación, hay grandes posibilidades de que aparezcan malformaciones, con mayor frecuencia las que afectan al sistema nervioso central. Pruebas deducidas de la experiencia de Hiroshima indican que este efecto somá-

tico puede producirse hasta en la décimotava semana de vida intrauterina; pero, a juzgar por la experiencia acumulada hasta hoy, la probabilidad de causar, mediante la radiación, malformaciones del feto en cualquier momento de su desarrollo, es tal vez mínima si la dosis es de 20 r. como máximo y no se excede un período de tiempo determinado. Asimismo, no hay prueba clínica o experimental alguna de que las dosis utilizadas en los exámenes habituales con fines de diagnóstico sean causa de malformaciones neonatales. No puede decirse lo mismo de algunos métodos fluoroscópicos más especializados. El otro efecto somático fetal, es decir, la tendencia postnatal a contraer tumores malignos, citada por Stewart *et al.* (8), no puede aceptarse mientras no se aduzcan muchas más pruebas. En realidad, Court Brown *et al.* (9) han terminado, en fecha más reciente, un estudio sometido a un control mucho mayor, del cual han deducido que semejante posibilidad no parece confirmada por las estadísticas.

La última parte que, al parecer, se apoya en una base más firme, es la relativa al efecto genético. La acción mutagénica de la energía radiante la dio a conocer por vez primera Muller (10), en 1927. Y sus conclusiones han sido confirmadas desde entonces por otros investigadores (11-13). Las mutaciones subsiguientes a la irradiación son del mismo tipo que las espontáneas, si bien más frecuentes; por lo tanto, podemos afirmar que la irradiación acelera el ritmo de las mutaciones. Es fortuito que las mutaciones recesivas sean más comunes que las dominantes, y las letales más que las no letales. Las mutaciones recesivas no causarán problema alguno, a menos que en ambos padres haya el mismo factor recesivo. Las mutaciones letales destruyen al mutante y, por consiguiente, no tienen efectos hereditarios. Estos hechos tienden a restar trascendencia al aumento del ritmo de las mutaciones, pero no alteran el hecho de que este aumento es una realidad. Además, Muller ha notado que acaso se necesiten 25 r. para duplicar el ritmo de mutación. Desde un

punto de vista clínico, el importante material notificado por algunos autores (14, 15), confirma que la tasa de mutación inducida por la radiación es independiente de la dosis y del tiempo de exposición, y el efecto mutagénico de la radiación se acumula o suma por completo durante toda una vida.

Si bien los trabajos experimentales han permitido reunir muchos datos acerca de los efectos genéticos, es preciso darse cuenta de que es muy difícil extrapolar estos resultados al hombre. Por ejemplo, los apareamientos dentro de una misma población necesarios para tales investigaciones, no pueden efectuarse con seres humanos.

Hay datos sobre cambios genéticos en el hombre, pero dichos datos son modificados por el transcurso del tiempo necesario para que se cumpla una generación y, por consiguiente, hasta ahora tales estudios sólo se han podido evaluar en la segunda generación y con número de individuos muy escaso. Aunque los referidos estudios (16, 17) no indican alteraciones genéticas, en modo alguno permiten deducir que no hay lesiones de los genes. En cambio, un estudio comparativo de 5.461 hijos de radiólogos y 4.484 hijos de padres que no lo eran, acusa una incidencia de defectos congénitos más alta entre los primeros (18). En ese estudio, las diferencias no son grandes y no deben considerarse alarmantes, pero destacan la urgente necesidad de seguir investigando. El informe Hiroshima-Nagasaki relativo a 76.626 personas cuyos padres habían sido víctimas de irradiación de las gónadas, dice que "basándose en lo que se sabe sobre los efectos genéticos de las radiaciones en los mamíferos, el efecto genético de las bombas atómicas no ha sido, en realidad, comprobado" (19).

En síntesis, parece que las alteraciones genéticas deletéreas para las futuras generaciones tienen, al parecer, aspecto de ser reales y mientras no se cuente con estudios humanos bien fundamentados tenemos que adoptar una actitud más de precaución que de temor o agnosticismo.

¿Hasta qué punto las gónadas de la madre y las del feto son afectadas por la irradia-

ción utilizada en los procedimientos de diagnóstico habituales? Las cifras notificadas (20-23) varían de modo considerable de acuerdo con las distintas técnicas de determinar la dosis.

	<i>Gónada materna</i>	<i>Gónada fetal</i>	<i>Cuerpo fetal</i>
Pelvimetría sin Thoms.	1-2 r.	3 r.	1-3 r.
Pelvimetría con Thoms.	4-5 r.	5 r.	4-5 r.
Pielograma intravenoso	1-2 r.	1 r.	1-2 r.
Vértebrae lumbares..	1-3 r.	2 r.	3 r.
Enema de bario con fluoroscopia.....	3 r.	3 r.	3 r.
Examen gastrointestinal con fluoroscopia	1-3 r.	3 r.	3 r.
Tórax con blindaje cónico.....	0,07 mr.	0,07 mr.	0,07 mr.
Tórax sin blindaje cónico.....	0,4 mr.	0,4 mr.	0,4 mr.
Histerograma con fluoroscopia.....	4-10 r.	—	—

Aunque estas dosis, por sí solas, parecen suponer un riesgo escaso o nulo para el embrión, son importantes desde el punto de vista de la inducción de efectos genéticos, en especial porque el riesgo estriba en la reiteración de la exposición. Como ejemplo de un posible caso individual, es razonable pensar que los procedimientos siguientes puedan llevarse a cabo en un período de 20 años:

- 1) Serie gastrointestinal para estudiar la causa de náuseas y vómitos, 6 a 8 semanas de gestación..... 1,5 r.
- 2) Fotofluorograma habitual de rayos X a las 12 semanas..... 0,4 r.
- 3) Pielograma intravenoso a las 30 semanas (pielonefritis)..... 2 r.
- 4) Pelvimetría en la posición de Thoms, repetida a las 38 semanas por error técnico..... 8 r.
- 5) Cuatro roentgenogramas de tórax, del tercero al séptimo día de vida, en relación con dificultades respiratorias de la recién nacida (0,56-mr.)

6) Roentgenograma habitual de tórax a los 20 años (2,8-mr.)	
7) Enema de bario por sospecha de intususcepción.....	3 r.
8) Fluoroscopia de tórax a causa de murmullo cardíaco a la edad de 7 años.....	3 r.
9) Serie lumbosacra después de una caída sufrida en ejercicios deportivos a la edad de 14 años.....	4 r.
10) Enema de bario a consecuencia de un episodio de hemorragia rectal, a la edad de 19 años.....	3 r.
11) Histerosalpingograma con fluoroscopia a los 21 años, como parte de un estudio de esterilidad..	5 r.
<hr/>	
El ovario ahora fertilizado ha recibido.....	29,9 r.

A primera vista esto parece absurdo, pero son casos que se dan y éste es el tipo de situación que debemos evitar.

Consta que se puede reducir esta dosis modificando las técnicas correspondientes, y en cualquier sistema pueden adoptarse con facilidad estas modificaciones (24, 25):

- a) Ajustar el cono al campo deseado.
- b) Utilizar más kilovoltios y menos amperios.
- c) Emplear emulsiones más rápidas y que necesitan menos exposición.
- d) Probar con frecuencia el equipo para evitar posibles escapes.
- e) Mejorar la instalación de los aparatos, también para evitar escapes.
- f) Usar la fluoroscopia sólo con intensificador.

Las medidas positivas que pueden tomar los médicos que tratan pacientes femeninos, son:

- a) Suprimir todo diagnóstico de mujeres embarazadas mediante rayos X.

b) Añadir una casilla al formulario de servicios de rayos X para anotar el último período menstrual.

c) Después del décimocuarto día del ciclo menstrual, aplicar sólo procedimientos de diagnóstico de urgencia.

d) Considerar la pelvimetría mediante rayos X como un procedimiento *intra partum*.

e) Tomar en cuenta el último período menstrual de las enfermeras y demás personal femenino, al planear sus actividades de atención de pacientes que requieren métodos de diagnóstico o terapéuticos con radio y radioisótopos.

f) Investigar más a fondo los procedimientos que emplean radioisótopos, como posibles sustitutos de los exámenes con rayos catódicos.

g) Patrocinar un registro de observación consecutiva de las pacientes que reciben irradiaciones en los comienzos del embarazo.

RESUMEN

Tres factores ha de tener el médico siempre en cuenta cuando considere la aplicación de procedimientos de diagnóstico mediante rayos X o radioisótopos: efecto somático en la madre, efecto somático en el feto y efecto en la posible descendencia de este último.

Es posible adoptar medidas de tal naturaleza que la exposición total de los humanos a las radiaciones sea menor.

Muller (26), el primero en observar efectos de mutación, resume la cuestión en esta forma tan acertada: "Hemos de recordar que el plasma germinal que hoy existe ha de ser suficiente para proveer de simiente a la raza humana hasta un futuro remoto. Somos los custodios actuales de este material tan importante, y a nosotros incumbe el protegerlo con todo cuidado y no contaminarlo en aras de un beneficio efímero para nuestra propia generación".

REFERENCIAS

(1) Ellinger, F.: <i>Medical Radiation Biology</i> , Springfield, Ill.: Thomas, 1957.	(6) Russell, L. B., y Russell, W. L.: <i>Anat. Rec.</i> , 108:521, 1950.
(2) Ancel, P., y Vintemberger, P.: <i>Arch. Biol.</i> , 35:1, 1925.	(7) Russell, L. B., y Russell, W. L.: <i>Jour. Cell & Comp. Physiol.</i> , 43:103 (sup. No. 1), 1954.
(3) Serber, W.: <i>J. Albert Einstein Med. Center</i> , 6:69, 1958.	(8) Stewart, A.; Webb, J.; Giles, D., y Hewitt, D.: <i>Lancet</i> , 2:447, 1956.
(4) Bar y Boule: <i>Rev. Electrotherapy et Radium</i> , 11:321, 1901.	(9) Court Brown, W. M.; Doll, R., y Hill, A. B.: <i>Brit. Med. Jour.</i> , Nos. 5212 y 1539, 1960.
(5) Job, T. T.; Leibold, G. J., Jr., y Fitzmaurice, H. A.: <i>Am. Jour. Anat.</i> , 56:97, 1935.	(10) Muller, H. J.: <i>Science</i> , 66:84, 1927.

- (11) Cole, L. J., y Finley, H. F.: *Genetics*, 27:138, 1942.
- (12) Timoféef-Ressovsky, N. W.: *Am. Naturalist*, 63:118, 1929.
- (13) Russell, L. B., y Major, M. H.: *Genetics*, 37:621, 1952.
- (14) Spencer, W. P., y Stern, C.: *Genetics*, 33:43, 1948.
- (15) Griffith, H. D., y Zimmer, K. G.: *Brit. Jour. Radiol.*, 8:40, 1935.
- (16) Koch: *Arch. Gynaek.*, 180:256, 1951.
- (17) Kaplan, I. I.: *Am. Jour. Obstet. & Gynec.*, 67:484, 1954.
- (18) Macht, S. H., y Lawrence, P. S.: *Am. Jour. Roentgenol.*, 73:442, 1955.
- (19) Neel y Schull: *Effect of exposure to the atomic bomb on pregnancy termination in Hiroshima and Nagasaki*. Atomic Bomb Casualty Commission: Pub. 461, pág. 204, 1956.
- (20) Clayton, C. G., y otros: *Brit. Jour. Radiol.*, 30:354, 1957.
- (21) Oarlee, S. S.: *Am. Jour. Obstet. & Gynec.*, 75:2, 1958.
- (22) Mills, S. D., y otros: *Minnesota Med.*, 41:339, 1958.
- (23) Bewley, D. K., y otros: *Brit. Jour. Radiol.*, 30:354, 1957.
- (24) Matthews, H. G.: *X-ray Techn.*, 30:4, 1959.
- (25) Buhl, K.; Ingerslev, M., y Madsen, C. B.: *Acta Obstet. & Gynec. Scand.*, 38:433, 1959.
- (26) Muller, H. J.: *Am. Jour. Hum. Genet.*, 2:111, 1950.

RADIATION AND PREGNANCY (*Summary*)

Three factors must be ever present in the physician's mind when he is considering diagnostic roentgen procedures or radioisotope studies: maternal somatic, fetal somatic, and fetal genetic effects.

Positive steps can be taken such that the total radiation exposure of the human race can be lessened.

Muller (26), who first noted mutant effects, so aptly sums up the problem: "We must remember that the thread of germ-plasm which now exists must suffice to furnish seeds of the human race even for the remote future. We are the present custodians of this all-important material, and it is up to us to guard it carefully and not contaminate it for the sake of an ephemeral benefit to our own generation."

7 de ABRIL

DIA MUNDIAL DE LA SALUD

Tema para 1963:

El hambre, enfermedad mundial

* * *

APRIL 7th

WORLD HEALTH DAY

Theme for 1963:

Hunger—disease of millions