Amenaza nuclear en medicina

I. Accidentes en reactores y armas genocidas

MANUEL VELASCO-SUÁREZ*

Desde que el hombre dotado de ciencia y tecnología superiores comprobó que el átomo, estructura básica de la materia (eléctricamente neutro) podía desintegrarse (1931), consiguió dividir su núcleo por la fisión artificial. La radiación de neutrones del uranio por ejemplo, penetrando en otros núcleos vecinos, puede dividirlos y provocar una reacción en cadena, que con inmensa cantidad de energía puede conducir a una explosión como en el caso de una bomba atómica o utilizarse el fenómeno para generar energía eléctrica en los reactores nucleares.

La Academia Nacional de Medicina ha querido hoy participar en el debate nuclear, para analizar los dos polos que caracterizan, por una parte al "mundo de los guerreros" con el pragmatismo militar y de los científicos que preparan la guerra, y por otra, en el lado opuesto, "el mundo de las víctimas", de las familias cuyos niños no tienen futuro, de los jóvenes desorientados, en la indecisión ideológica o el escapismo de la drogadicción. Y entre ellos, también la población que quiere vivir en paz y se estremece ante el temor de otra Hiroshima... entre estos dos polos pareciera que no hay en común más que un remoto y diferente concepto de la vida. No hay respeto de un poderoso para el otro, al que solo le queda la voz de la razón. Entre ambos no hay comunicación y vivimos en presencia de dos culturas, entre las cuales es urgente construir un puente de paz.

La civilización y la libertad son dos conceptos que deben conducirnos a la realidad, para no ignorar que estamos todos en el mismo barco y que la tormenta planetaria que nos amenaza podría ocurrir mucho antes de que puedan tomarse medidas de seguridad, nunca eficaces ante el monstruoso poder termo-nuclear, que pronto rebasará la capacidad humana para su control, si no aceleramos su prevención.

Urge reducir la polarización y encontrar un *terreno intermedio* en el que esos dos mundos puedan establecer comunicación para lo cual no hay expertos específicos. Es tarea de todos, a pesar de las complejas dificultades e incontables distracciones que encontremos en el camino. Sin embargo, somos los médicos quienes tenemos la posibilidad de ofrecer una contribución muy especial. Los médicos son profesionales vocacionalmente preparados para entender las consecuencias, sobre la salud y la vida, de una guerra nuclear. Como médicos, hemos sido adiestrados en ciencias naturales y en las de la conducta; por lo tanto, podemos entender algo más de la tecnología nuclear y de la respuesta psicológica, civilizada y moral sobre la misma. El médico es un científico con cara humana, que maneja el racionalismo y la objetividad de la ciencia en el mundo de las emociones que acompañan, con tensiones y angustias, a la mayor parte de las enfermedades individuales y colectivas que vemos todos los días.

El médico, con alcances académicos, es el más calificado para actuar en ese *terreno intermedio* y promover resueltamente el entendimiento entre los "guerreros" y

Presentado en sesión ordinaria de la Academia Nacional de Medicina, el día 28 de septiembre de 1988.

* Académico titular. Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía "Manuel Velasco Suárez".

las "víctimas"... tiene obligación de aplicar sus ventajas; habla un lenguaje internacional en la práctica universal de la medicina científica y tiene tradición de abierta participación en la información y experiencia del intercambio de ideas, conocimientos, actualizaciones y resultados, y además puede cruzar las barreras de los idiomas, de la cultura, de la historia y de los sistemas políticos que dividen al mundo, ya que siempre ha traspasado las estereotipias que han movido a las naciones y a los grupos raciales cuando se han vuelto *enemigos*.

Los médicos están preparados para recoger las consecuencias de las radiaciones ionizantes en general, pero sobre todo, de los efectos letales de la explosión nuclear. Saben bien que no hay remedio para la enfermedad por radiación masiva; tienen, por tanto, la obligación de prevenirla.

Accidentes en reactores termo-nucleares:

El más grave y sonado accidente registrado hasta hoy ha sido el de la planta de Chernobyl, ocurrida la noche del 26 de abril de 1986, y que representa la mayor experiencia reciente, (después de 45 años de Hiroshima y Nagasaki) para el registro a tiempo inmediato de los efectos sobre seres humanos expuestos del todo, a la radiación sin complicaciones imputables a onda explosiva o quemaduras mayores, como para estudiar los efectos médicos a corto plazo y tener idea de las consecuencias inmensamente mayores y catastróficas de una guerra nuclear en perspectiva

Con antelación y durante el VI Congreso Mundial de la Federación Internacional de Médicos para la Guerra Nuclear celebrado en Colonia, Alemania, durante la última semana de mayo de 1988, fui invitado a participar en la campaña global de promoción médica con los dos copresidentes de la IPPNW, doctores Bernard Lown y Evgueni Chazov. Con el grupo integrado también por los profesores de medicina interna Lars Enguested del Instituto Karolinska de Estocolmo, Ian Maddocks de Australia, y Vapú Taipale de Finlandia, visitamos el hospital número 6 de Moscú, donde se atendía a las víctimas de Chernobyl bajo la dirección de la académica doctora, Angelina Guskova, y entre los días 3 y 4 de junio tuve la oportunidad de saber lo que ocurría.[1]

Fuimos invitados a ver, observar y examinar a algunos de los enfermos (con traducción profesional eficiente). Personalmente revisé a uno de los ingenieros afectados, que presentaba quemaduras menores en apariencia (primer grado) -color caoba en todo el cuerpo- quien nos describió lo que identificamos como un síndrome agudo inmediato de radiación: "...al escuchar la alarma, pasada la media noche del día 26 de abril y saber que se trataba de un incendio en la Planta número 4, acudí con un extinguidor y empecé a actuar simultáneamente con los bomberos. Todo parecía tratarse de un incendio, pero me olvidé que estaba *suelto el pérfido átomo.* Pronto sentí mareo, dolor de cabeza, parcial desorientación, náusea, vómitos, e intenso dolor en el abdomen, diarrea imperiosa, dificultades para respirar y todavía confundido, apenas recuerdo que me pusieron en un avión y desperté aquí en Moscú en este Hospital..."

Como nuestro paciente estaban muchos y personalmente me pareció que su condición clínica no era muy grave. Sin embargo, la doctora Guskova nos enseñó que se superponía a la afectación gastrointestinal, respiratoria, cutánea y del sistema nervioso central, el síndrome hematopoyético que desde las seis horas subsiguientes se había instalado en este enfermo, con apatía, anorexia y náusea, que ocurría en casi todos los que habían recibido dosis mayores de 200 rads: las células blancas reducidas bruscamente; francas hemorragias que alternan con puntos menores de sangrado y úlceras de la boca en las siguientes 24 horas; el compromiso de la médula ósea domina el cuadro, con descenso alarmante de los linfocitos y de las plaquetas y la condición general se deteriora paralelamente a la depresión medular. Máxime cuando la dosis radiactiva fue en este caso de 400 rads, por lo que tenía que seguir hospitalizado con síntomas de muy mal pronóstico, como dolor de garganta, faringitis, inflamación de las encías, equímosis cutáneas, ulceraciones de la boca, debilidad y fatiga... a pesar del tratamiento, incluido el trasplante que sólo dá

1 Las autoridades soviéticas pensaron en un principio que por lo menos habrían de estar gravemente afectadas entre 1000 y 2000 personas que trabajaban o vivían cerca del reactor, por haber posiblemente recibido altas dosis (¿500 rads?) de radiación. Sin embargo, la movilización de los servicios de salud, auxilio y rescate de alta eficiencia encontraron que sólo 299 de estas personas requerían hospitalización. Entre ellos predominaron los bomberos y los trabajadores de planta más expuestos a niveles de radiación de 200 a 800 rads. 129 fueron transportados a Moscú por aire en la mañana del mismo 27 de abril y los restantes, el día siguiente. 210 fueron diagnosticados de sufrir cuadros agudos de enfermedad radiactiva (ionizante), 51 en la condición más grave, cuya dosis de exposición excedió los 800 rads; dos murieron en las primeras horas con graves quemaduras; en la segunda semana, dos más, y en la tercera nueve murieron en pleno cuadro agudo. En la cuarta semana, no hubo muertes; diez más murieron entre la quinta y sexta semana; 28 habían muerto y 55 permanecían gravemente enfermos, mientras 14 en terapia intensiva habían recibido ya transplantes de médula ósea con resultados poco esperanzadores.

algún resultado en pacientes menores de 30 años. La susceptibilidad a las infecciones es consecutiva a la alteración del sistema inmunológico: los llamados linfocitos B diferenciados entre las células secretoras de anticuerpos, y los linfocitos T actores de la respuesta inmune se abaten con la radiación ionizante, disminuyendo los anticuerpos de respuesta a los antígenos, y estableciéndose la inmunodeficiencia adquirida similar al SIDA, dejando al organismo sin capacidad de defensa contra hongos, protozoarios, micobacterias, bacterias y virus.

Si este cuadro desolador demuestra cuán poco puede hacerse con los pacientes afectados por las fuga de isótopos en el accidente de un reactor y de la remota esperanza de recrear el sistema inmunológico con el trasplante de médula ósea, probado desde 1960 con las víctimas del zero-energy reactor en Vinca-Yugoeslavia.

En los mayores accidentes de reactores, lo grave no es sólo la afectación de la vida individual de algunos de los lesionados, sino también las consecuencias en la extensión geográfica del daño y sus efectos sobre la salud, la agricultura, la ganadería, que no reconocen fronteras... menos desafortunados han sido los accidentes en reactores americanos (Three Mile Island y otros), alemanes, suecos, franceses, argentinos...)

Es fácil colegir lo que pasará con una guerra nuclear, cuya sola preparación armamentista, inmoral y aterradora está haciendo daño al mundo entero, pero sobre todo a los países en desarrollo, aun antes de su detonación. Dígalo si no la creciente expoliación de los países pobres, mientras las naciones desarrolladas se arman hasta el borde...

En medicina, los rayos X desde Roentgen (1895), la radiactividad natural descubierta por Becquerel, el uso de rayos gamma en oncoterapia y de la radiactividad artificial de Joliot-Curie y aun los primeros trabajos de Enrico Fermi para la utilización en diagnósico y terapéutica de los radioisótopos, (la medicina nuclear), apenas por accidente se registraron casos de leucemia y por imprudencia, otras consecuencias adversas. Sin embargo, el desvío de estos recursos ha hecho que la utilización de las radiaciones ionizantes para beneficio del hombre y otros avances científico-tecnológicos estén más al servicio de la muerte que de la salud y la vida.

Los más distinguidos científicos como Einstein mismo, Fermi, Oppenheimer, Szilard y otros, se vieron en el compromiso de colaborar en la creación de la primera bomba atómica. Después, ellos mismos levantaron la voz de alarma para evitar su aplicación militar... desgraciadamente cuando el tremendo poder destructivo del nucleo atómico, violado en su equilibrio, había iniciado las catastróficas consecuencias que hoy vive la humanidad, obscenamente amenazada.

Para los hombres de la guerra y de las armas no han sido suficientes 50 millones de víctimas de la segunda guerra mundial.. cuya peor y más cruel experimentación radiobiológica de punto final, fue el bombardeo nuclear de Hiroshima (U.235-15 kilot, lunes 6 de agosto de 1945), y Nagasaki (Pu 239,21 kilot, jueves 9 de agosto de 1945).[2]

Cada vez se tiene mayor información acerca también de las consecuencias climáticas de la guerra nuclear, de la destrucción de la capa de ozono en la estratósfera, del invierno nuclear, con todo el compromiso biológico que trae la larga vida de los radionúclidos. Se incrementa el riesgo de los reactores civiles y de los arsenales como blanco de los misiles nucleares en la guerra, la dosis de radiación gamma de una arma de un solo megatón sobre uno de estos blancos, aun cuando fuera de un terrorista eventual, se multiplicaría hasta más allá de un año, con todas sus consecuencias devastadoras.

Los aerosoles en el humo, hollín y polvo oscurecerían la atmósfera, comprometiendo la eficiencia óptica y su impacto en el clima, derivado del menor paso de los rayos solares, haría el invierno nuclear. Si la catástrofe de Chernobyl sigue enseñando hasta la fecha que la lluvia radiactiva de un reactor accidentado puede alterar la producción de alimentos en todo un continente y en larga escala; la agricultura y la producción de alimentos se vería mucho más severamente afectada por la detonación de armas nucleares. Existen muchos estudios experimentales científicamente demostrativos de los adversos cambios atmosféricos que ocurrirían sostenidamente y por muchos años como consecuencia de una guerra nuclear, con agregación de elementos químicos dañinos acumulados en capas conductibles, con los que se mezclan materiales radiactivos, gases raros, pirotoxinas, etc. con predominancia en el hemisferio norte, pero sin dejar de afectar la vida en el hemisferio sur.

2 Población civil muerta por la bomba de Hiroshima: En las primeras 48 horas, 32 959; en los siguientes cinco días, 47 185; en los dos meses subsiguientes, 78 150. Sobra decir la enorme destrucción de casas, edificios, vehículos e instalaciones urbanas, pero debe repararse en la lluvia radiactiva y consecuencias secundarias y las dosis de radiación en la población sobreviviente, que quedó sufriendo efectos críticos, subagudos y crónicos. Así los hereditarios, con anormalidades de mutación y cromosómicas con efectos sobre la posteridad y las consecuencias sociales: desintegración familiar, viudez, orfandad, deformidades psico-físicas, destrucción de la ayuda mutua, aislamiento por envejecimiento temprano, suicidios, depresiones, neurosis, personalidad psicopática, psicosis paranoides...

II. Enfermedad radiactiva

JESÚS RODRÍGUEZ-CARBAJAL*

En la actualidad se considera que la enfermedad producida por la radiactividad constituye una de las calamidades mayores de nuestra época, que si no se lleva a cabo un control racional y adecuado de las fuentes productoras de los fenómenos radiactivos, se puede convertir en la última de las enfermedades de la Humanidad; sobre todo, si no se legisla adecuadamente la utilización pacífica de la radiactividad. La investigación moderna de las fuentes de energía atómica con fines bélicos, los errores humanos o de computación que permitan la explosión de las bombas atómicas, o bien, simples accidentes de las plantas nucleoeléctricas, pueden llegar a desencadenar un holocausto nuclear, con la consiguiente destrucción de toda forma de vida biológica en nuestro planeta.[1,2]

Las radiaciones ionizantes generadas por una gran variedad de fuentes radiactivas, tienen la particularidad de no sentirse en el momento de penetrar al interior del organismo humano, a través de la respiración en el aire que contiene gases y humos cargados de partículas radiactivas, por el agua ingerida y por la piel, ya que no existe una barrera que impida en forma eficaz su paso hacia el cuerpo humano. Una vez en el interior del organismo van a actuar por medio del fenómeno de la ionización, fragmentando las moléculas de los diferentes tejidos, órganos y sistemas de la economía humana. La radiactividad posee la particularidad de ser acumulativa; en otras palabras, que no se eliminan por la orina, sudor y materia fecal, como acontece con otras drogas o medicamentos administrados con fines diagnósticos y curativos.

El cuerpo humano se encuentra constituído en 70 a 80 por ciento de agua, y el resto por otros componentes sólidos: pero que a su vez, contienen minerales o compuestos capaces de entrar en ionización. Su desintegración en cadena, inducida por la radiactividad, y el fenómeno de fisión en cadena, produce una serie de compuestos nuevos y tóxicos, producto de las ionizaciones responsables de los síntomas y signos que en forma evolutiva y progresiva causan las lesiones orgánicas, con las consiguientes manifestaciones clínicas conocidas como la "enfermedad radiactiva", tan temida por la Humanidad, después del conocimiento de los resultados funestos de la explosiones atómicas de Hiroshima y Nagasaki, el 6 y 9 de Agosto de 1945. Posteriormente, las investigaciones de los efectos ecológicos producidos en las explosiones nucleares realizadas en Bikini, una de las islas del sur del Océano Pacífico en 1955, han permitido conocer más a fondo los efectos nocivos y mortales de los armamentos nucleares responsables de la pandemia que terminaría con la vida en el universo por la enfermedad que nos ocupa.[3,4]

Asimismo, los accidentes ocurridos más recientemente en las plantas nucleoeléctricas de Three Mile Island en Harrisburg en 1979, y en Chernobyl en 1986,[5] han revelado nuevas experiencias y las consecuencias funestas por muchos de nosotros conocidas, ocasionadas por la emanación de materiales radiactivos que contaminan la atmósfera, los ríos y campiñas con isotopos radiactivos como el yodo 131, kriptón 85, cesio 137, bario 140, que afectan en forma directa a la piel, la tiroides, el hígado, el bazo, la médula ósea y los huesos, con las consecuencias bien conocidas de las lesiones de éstos órganos y tejidos del cuerpo humano.

Los síntomas más comunes son: astenia, adinamia, náusea, vómito, diarrea, fiebre alta, deshidratación, anemia y hemorragia de las mucosas, principalmente las del aparato digestivo. Estos se consideran como síntomas inmediatos a la exposición directa a las fuentes radiactivas a una distancia de 2 km del epicentro. Estas manifestaciones clínicas están en razón directa con la intensidad de la radiación, el tiempo de exposición y el cuadrado de la distancia a que se encuentre el sujeto de la fuente generadora de la radiactividad. Existen sin embargo, otros efectos tardíos que se presentan en los sujetos que sobreviven al cuadro agudo y subagudo. Entre éstos se consideran la esterilidad, leucemia y cáncer en diferentes órganos, como consecuencias tardías de la radiactividad en las personas que fueron afectadas en forma menos directa a la exposición de las radiaciones nucleares.

Existen en la actualidad más de 40 000 ojivas nucleares almacenadas en el mundo, que en total tienen un potencial detonante equivalente a un millón de veces más de la potencia de la bomba utilizada en Hiroshima. Los arsenales nucleares del presente pueden matar a toda la población de la tierra varias veces. El poder de estas ojivas nucleares se ha calculado que fluctúan entre 10 y 20 millones de toneladas de trinitrotolueno. Las armas nucleares están dirigidas a tí, a mí y

* Académico numerario. División de Neurorradiología y Estudios Auxiliares de Diagnóstico y Tratamiento. Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía. Secretaría de Salud.

a todos nuestros seres queridos. Prevenir la guerra nuclear y eliminar las armas nucleares de la Tierra, será el logro más eficaz y trascendental de esta reunión.

Te rogamos y conminamos a que hagas todo lo posible por ayudar a esta causa.

Referencias

1. Hampson J. Long-term worldwide effects of multiple nuclear weapon detonations. Washington: National Academy of Sciences, 1975.
2. Glasstones E, Dolan JP, ed. The effects of nuclear weapons. Washington: Department of Defense, 1977.
3. Turco PR, Toon BO, Ackerman PT y col. Nuclear winter: global consequences of multiple nuclear explosions. Science 1983; 222: 1283.
4. Bergstrom S y col. Effects of nuclear war on health and health services: Genève: WHO Publications 1983: A36: 12.
5. Barnathan J, Strasser S, Barry J, Cook WJ. The Chernobyl syndrome. Newsweek 1986; May 12: 19.

III. Medicina nuclear integrada

ESTRELLA AVILA-RAMÍREZ*

Una de las aplicaciones pacíficas de las radiaciones ionizantes es en la medicina, cuando se las usa con fines diagnósticos y de tratamiento.

En la evolución de la historia de la medicina, es evidente que el empleo de las técnicas nucleares presenta un continuo incremento, lo cual se debe al gran valor de los trazadores radiactivos para mediciones sin destruir. Esta característica las califica como un método no invasivo, que aporta información funcional regional de un órgano, con excelente resolución espacial y temporal.

Con el descubrimiento de la radiactividad natural por Henry Becquerel en 1895 y la denominación de este fenómeno con el término de "radiactividad" por Maria Curie, se inició una nueva etapa en la historia de la medicina. La primera aplicación médica del radio fue en 1890, cuando éste elemento se usó con el fin de destruir tumores. Fue hasta 1913 cuando el químico húnaro Hévesy concibió la idea de usar a los radionúclidos como trazadores fisiológicos, razón por la cual se le conoce como el "padre de la medicina nuclear", y de que fuera galardonado con el Premio Nobel en 1943.[1]

Los primeros estudios clínicos con trazadores radiactivos se realizaron, a fines de la década de los 20; por Blumgart y Weiss, en pacientes con enfermedades cardiacas.[2] En 1940, Hamilton midió la acumulación de yodo radiactivo en la glándula tiroides;[3] con base en estos conocimientos Seidlin, Marinelli y Oshry, trataron con yodo 131 a pacientes con cáncer tirodeo.[4]

El desarrollo y perfeccionamiento de las técnicas nucleares se ha realizado a una velocidad sorprendente, tanto con fines de diagnóstico como de tratamiento. Se han creado nuevos radiofármacos más específicos, y día con día se mejoran los instrumentos de detección de radiación. Estos sistemas traducen la información en imágenes funcionales que al ser acoplados a computadoras permiten el procesamiento de la información funcional. En esta forma se cuantifica la función regional; la evolución de estas técnicas dieron origen a la tomografía por emisión de positrones, metodología que ha permitido conocer la bioquímica y metabolismo de los tejidos.

Por otro lado, los métodos analíticos altamente sensibles y específicos, como es el radioinmunoanálisis, han aumentado la precisión diagnóstica en el campo de la endocrinología y la farmacología, haciendo posible la medición de substancias que se encuentran en mínimas concentraciones en el torrente sanguíneo. Los últimos avances han sido en el marcado con radionúclidos de anticuerpos monoclonales y policlonales. Numerosas publicaciones han demostrado la bondad de esta metodología tanto en la radioinmunodetección como en la radioinmunoterapia.[5,6]

Con tal potencial diagnóstico, la medicina nuclear ofrece una gran varidad de métodos con los cuales se puede conocer la extensión, grado de daño estructural, funcional, bioquímico y metabólico originado por la radiación ionizante y por los efectos térmicos, originados por diversas fuentes como pueden ser la precipitación radiactiva posterior a pruebas nucleares, los accidentes en plantas nucleares, los tratamientos médicos con radioterapia y la explosión de una bomba nuclear.

Los efectos biológicos post-radiación son secundarios a la inhibición mitótica, la degeneración celular, las aberraciones cromosómicas, la alteración de la estructura física subcelular y la muerte celular, que en algunos tejidos se puede demostrar de modo casi inmediato a la irradiación. La destrucción de un número elevado de células en un tejido dará origen a necrosis y alteraciones de la función del órgano afectado. La secuencia de éstos eventos se presenta unos días después de una explosión

* Departamento de Medicina Nuclear. Instituto Nacional de Pediatría.

nuclear, pero puede requerir de semanas a meses cuando los niveles de irradiación son bajos. Una vez que el paciente se ha rescatado del estado crítico del peligro de muerte, se procede a investigar cuáles son los órganos afectados, a fin de conocer la extensión del daño estructural y el grado de alteración funcional.

Efectos bilógicos de la radiación ionizante en tejidos específicos.

Médula ósea. Pocos minutos después de la irradiación, el índice mitótico en las células de la médula ósea disminuye, y algunas horas después de una explosión limítrofe con una dosis letal, éste índice llega a ser de cero. Las células lesionadas por la irradiación mueren *in situ* y se eliminan rápidamente, lo cual da lugar a la gradual disminución de la celularidad de la médula ósea. Los espacios que dejan estas células se llenan con líquido de edema, hemorragia y capilares dilatados,[7,8] la extensión de estas lesiones se puede conocer mediante gammagrafía de médula ósea, con la que se observa irregularidad de la concentración de un coloide radiactivo.

Bazo. La irradiación también origina inhibición mitótica y degeneración celular en los folículos linfoides. El grado de lesión dependerá de la dosis de radiación,; cuando es alta, el bazo se reduce a la mitad de su tamaño normal.[7] La gammagrafía esplénica, realizada con eritrocitos marcados, permitirá valorar la morfología y función del bazo, y los estudios secuenciales, justipreciar si existe regeneración del bazo.

Intestino. Las lesiones por la irradiación consisten en alterciones de la estructura de las vellosidades y ulceraciones hemorrágicas. La localización del sitio del sangrado es posible si se realiza una angiografía radioisotópica con eritrocitos marcados con 99mTc.[9]

Pulmón. Cuando un individuo recibe una dosis de radiación de nivel medio letal, los pulmones presentan un importante daño vascular, con edema, hemorragia y exudados focales, lesiones que pueden conducir a la muerte. Si la persona sobrevive estas alteraciones iniciales, se pueden originar tardíamente neumonitis crónica, fibrosis intersticial y proliferación de epitelio septal.[10, 11] En estos casos es importante conocer le grado de afección, utilizándose para ello gammagrafía pulmonar perfusoria y ventilatoria. La búsqueda de fibrosis pulmonar se puede realizar mediante rastreo con Galio-67, radionúclido que se fija a nivel de la reacción inflamatoria.

Miocardio. No muestra daño por radiación, excepto después de una exposición masiva. En tal caso se origina miocarditis exudativa y derrame pericárdico masivo. Estas lesiones afectan la función ventricular; el grado de afección se conocerá con la determinación de la fracción de eyección ventricular. En casos con mayor daño vascular es conveniente conocer la existencia de áreas de isquemia mediante radiocardioangiografía de corazón con Talio-201.[10,11]

Glándulas endocrinas. Son bastantes radioresistentes, pero a pesar de ser raros los cambios estructurales postradiación, se han descrito cambios funcionales,[9-11] que se pueden valorar determinando la concentración de hormonas circulantes. En la glándula tiroides no se conoce con exactitud la relación dosis-efecto que origina lesión de epitelio glandular. Exposiciones a 30 000 a 50 000 rads ocasionan cambios degenerativos morfológicos, con necrosis y pérdida de la función. En la lluvia radiactiva secundaria a la explosión, y el yodo-131 es uno de los isótopos que se encuentra en mayor concentración, razón por la cual a la población general que se encuentra en áreas cercanas al sitio de explosión se administra yoduro de potasio, a fin de bloquear la concentración del yodo radiactivo por la glándula tiroides. Además, se debe determinar cuál es la dosis que absorbió.

Cerebro. Las células neuronales del cerebro son radioresistentes a excepción de la célula granulosa del cerebelo que sufre picnosis y lisis con 2 000 rads. Sin embargo, una explosión intensa puede producir edema cerebral, hemorragia perivascular y vasculitis de las meninges.[12-14] En estos casos la determinación de la extensión de la hemorragia se efectúa después de que el paciente ha salido del cuadro agudo. Los efectos tardíos a nivel del encéfalo se manifiestan con atrofia y cicatrización secundaria a la isquemia progresiva causada por la esclerosis vascular. La tomografía por emisión de positrones permitirá conocer las alteraciones metabólicas y del flujo sanguíneo cerebral.

Hueso. En personas que han muerto por irradiación intensa antes de los sesenta días de la explosión, no se han observado cambios patológicos primarios de huesos.[12] Sin embargo, la edad del paciente es muy importante: los huesos de los niños son más radiosensibles que de los adultos, y la irradiación en el niño puede dar origen a retardo en el crecimiento.

Hígado. Las lesiones por radiación incluyen necrosis focal, pequeños infartos y hemorragia, que se pueden visualizar con una gammagrafía hepática.[13,14]

Embrión y feto. Los efectos de la radiación sobre el crecimiento y desarrolo prenatal dependen del estadio de desarrollo del embrión o del feto en el momento de

la exposición. Si la irradiación ocurre en el período de la organogénesis general, el riesgo de letalidad es mínima pero mayor el riesgo de malformaciones, como la microcefalia o las cardiacas; a éstas es necesario diagnosticarlas con métodos no invasivos. Las técnicas nucleares también pueden ser usadas con fines preventivos, como sucede en el diagnóstico temprano del hipotirodismo congénito, a fin de prevenir el retraso mental secundario al mismo.[13,14]

Referencias

1. Myers WG, Wagner HN. How it began. Nuclear medicine. New York: Hp Publishing Co Inc, 1975.
2. Ortiz BJ. Introducción a la cardiología nuclear. En: Asín Cardiel E, (ed.). Diagnóstico en cardiología. Madrid: Interamericana McGraw-Hill, 1987.
3. Hamilton JG. The use of radiactive tracers in biology and medicine. Radiology 1941; 39:541.
4. Hertz S, Roberts A, Evans RD. Radioactive iodine as an indicator in the study of thyroid physiology. Proc Soc Exp Biol Med 1938; 38: 510.
5. Beison SA, Yalow RS. Immunoassay of protein hormones. En: Pincus G, Thimann KV, ed. The hormones, chemistry and applications. New York: Academic Press, 1964: vol 4: 557.
6. Walsh JH, Yalow RS, Berson SA. Detection of Australian antigen and antibody by means of radioimmunoassay techniques. J Infect Dis 1970; 125: 550.
7. Langham WH, Woodward KT, Rotherwel SM, Harris PS, Lushbaugh CC, Storer JB. Studies on the effects of rapidly delivered, massive dose of gamma rays on mammals. Rad Rec 1956; 5: 404.
8. Wald N, Thoma GE Jr, Brown G Jr. Hematologic manifestations of radiations exposue in mice. Progr Hemat 1962; 3: 1.
9. Quastler H. The nature of intestinal radiation death. Radiat Res 1956; 4: 303.
10. Hollingsworth JW. Delayed effects in survivors of the atomic bombings. N Engl J Med 1960; 263: 481.
11. Lorenz E. Some bilogic effects of long-continued irradiation. Am J Roentgenol 1950; 63: 176.
12. Tullis L. The response of tissues to total body irradiation. Am J Path 194; 25:829.
13. Brill AB, Forgotson EH. Radiation and congenital malformations. Amer J Obstet Gynec 1964; 90: 1149.
14. Hicks SP, D'Amato CJL. How to design and build abnormal brains using radiation during development. En: Fields WS, Desmond MM, ed. Disorders of the developing nervous system. Springfield: Charles C Thomas, 1961.

IV. Trasplante de médula ósea en el tratamiento del síndrome hematopoyético agudo posradiación

MANUEL R. MORALES-POLANCO*

El trasplante de médula ósea (TMO) constituye uno de los métodos más importantes disponibles para el tratamiento de diferentes padecimientos hematológicos y de otra índole. A pesar de que sus principios fundamentales y su aplicación experimental y en seres humanos datan apenas de los años cincuenta, a la fecha es ya uno de los pocos métodos conocidos para obtener la curación en algunas enfermedades antes consideradas como intratables. Entre ellas se encuentran la anemia aplástica (AA) grave, la leucemia granulocítica crónica, la leucemia aguda en remisión, diversos tipos de inmunodeficiencias e inclusive enfermedades como la talasemia y la drepanocitosis.[1]

Lo anterior fue posible gracias a los avances en la inumunología, la genética, la farmacología y la bioingeniería en aspectos tales como el conocimiento preciso de los sistemas de histocompatibilidd y la disponibilidad de métodos para su determinación rutinaria, a fin de caracterizar al enfermo y al donador e identificar a la pareja ideal para el TMO;[2] la búsqueda y el establecimiento de los esquemas de inmunosupresión más eficaces y con menos efectos colaterales; el descubrimiento de antibióticos seguros para la descontaminación profiláctica de las vías digestivas,[3] y para la erradicación de los gérmenes que comunmente afectan a los individuos inmunocomprometidos lo que disminuyó la morbimortalidad provocada por las infecciones en el período pre y postrasplante inmediato.[1]

También contribuyeron a mejorar las esperanzas de lograr el implante del injerto de la médula ósea y su funcionamiento permanente la creación de las unidades de aislamiento preventivo,[3] y por último la utilización de las máquinas de citoféresis que facilitaron el tratamiento substitutivo del enfermo trasplantado mediante la obtención de los concentrados de plaquetas o granulocitos indispensables para el control de las manifestaciones hemorrágicas o de las infecciones en el receptor desde el período de preparación para el trasplante y hasta el momento en que el injerto funciona y restituye la hematopoyesis normal.

* Académico numerario. Servicio de Hematología. Hospital de Especialidades. Centro Médico Nacional Siglo XXI. Instituto Mexicano del Seguro Social.

Todos los avances referidos facilitaron la utilización del TMO en un número cada vez mayor de enfermos en diferentes centros, en especial en el tratamiento de la anemia aplástica (AA) grave. Como este trastorno es el que guarda mayor similitud con la evolución de la insuficiencia de la médula ósea que experimentan los sujetos expuestos a dosis letales de radiación nuclear, se referirán los hallazgos más sobresalientes en relación con la aplicación, resultados y evolución del TMO en su tratamiento. Tales hallazgos permitieron caracterizar las condiciones ideales para obtener el mayor número de éxitos del TMO en el tratamiento de la AA grave,[2] y es de esperar que su conocimiento ayude a comprender mejor las verdaderas posibilidades de su empleo en los individuos afectados por el síndrome hematopoyético agudo posradiación (SHAPR), entender los resultados de las escasas experiencias realizadas con su aplicación en tal circunstancia hasta la fecha y sus pobres resultados, así como las alternativas que existen para el control de este problema.

En tanto que en la década de los años sesenta y principios de los setenta, en pacientes con AA grave con el TMO se obtenían remisiones de mas de dos años de duración, aproximadamente en 45 por ciento de los individuos,[2] en años posteriores dicho porcentaje aumentó en forma notable y es a la fecha de 70 por ciento o mayor.[4] Ello se debió sobre todo a que las múltiples experiencias previas permitieron establecer que los mejores resultados se obtenían cuando en los pacientes que iban a ser trasplantados coincidían diferentes condiciones identificadas como favorables. Entre ellas se establecieron la identidad absoluta receptor-donador en los sitemas principales de histocompatibilidad y, que el donador fuera del sexo masculino. Igualmente se observó que favorecía los buenos resultados del trasplante la obtención de un número suficiente de células nucleadas de la médula ósea del donador como para transfundir al receptor de 1.3 a 3.8 x 10^8 células nucleadas por kilogramo de peso.[4,5]

Asímismo se encontró que era importante, para favorecer el implante y funcionamiento del injerto, la edad del receptor. Su límite crítico se fijó, en forma variable, entre los 25 y 40 años pero no mayor de esta última cifra. Influye en el éxito del injerto el hecho de que el enfermo no experimente infecciones graves o de repetición antes del trasplante, y que el número de transfusiones de sangre o sus fracciones sea escaso antes del mismo.[3-5] Por último, también se pudo reconocer como factores importantes la aplicación de un esquema adecuado de inmunosupresión pretrasplante, como es la ciclofofamida sola o combinada con radiación gangliomar total y postrasplante, la administración de inmunosupresión con metotrexate, ciclosporina A o ambas, para prevenir la aparición o aminorar la intensidad de la enfermedad del injerto en contra del huésped.[2] Cuando se conjuntan todos o la mayoría de las condiciones favorables antes señaladas, es cuando se logran los porcentajes más altos de mejoría y de sobrevivencias prolongadas mencionados con anterioridad.[4]

Teniendo presente lo anterior, se revisarán las circunstancias que rodean a la instalación del SHAPR y los aspectos clínicos y paraclínicos sobresalientes, que han servido de base para la aplicación del TMO en esta condición así como sus resultados.

De acuerdo con Upton[6] y von Hippel,[7] luego de un accidente nuclear grave es de esperar que ocurran en forma inmediata aproximadamente 3 000 decesos provocados por traumatismos, quemaduras por calor y radiación y otras circunstancias. Simultáneamente, se espera que alrededor 45 000 individuos experimenten el síndrome agudo posradiación con manifestaciones neurológicas, gastrointestinales, hematopoyéticas y de otra índole,[8] cuya variedad, importancia clínica y repercusión para la vida de cada uno de los sujetos afectados será variable, según la intensidad de la radiación, la vía de exposición a esta y el tipo de radionúclido predominante durante la exposición, entre otros factores.

Desde el punto de vista hematológico la primera descripción de las alteraciones que ocurren en este sistema fue dada a conocer por Keller en un artículo publicado en 1946 y reproducido en 1987,[9] que resultó de la observación de 21 individuos que estuvieron ubicados entre 50 y 400 metros del foco de la explosión atómica en Hiroshima. Posteriormente y como consecuencia de las observaciones realizadas en los individuos afectados por exposición a radiaciones en diferentes lugares del mundo en donde han ocurrido accidentes nucleares, se pudo establecer además del tipo, la secuencia de aparición de las manifestaciones hematológicas. Esto último es muy importante, porque permite por un lado deducir, aunque con ciertas limitaciones, la intensidad de la exposición, y por otro, influye en la decisión acerca del tratamiento por emplear en los individuos afectados, y en particular la aplicación del TMO.

Las manifestaciones hematológicas más importantes son, en primer lugar, la linfopenia, la que se instala en el lapso de unas horas a pocos días después de la exposición; leucopenia con neutropenia, que aparecen al igual que la trombocitopenia en el lapso de 7 a 14 días; y por último, reticulocitopenia y anemia, que ocurren

en tiempo variable, en especial la anemia, lo que depende de la intensidad del sangrado provocado por la trombocitopenia y el estado nutricio del individuo.[10]

La experiencia más reciente, y en la que resultaron afectados un gran número de individuos, mayor que en cualquiera de los accidentes nucleares anteriores, fue la de Chernobyl, en el año 1986.[11,12] En dicho lugar, las consecuencias médicas de la radiación accidental se pudieron apreciar en un total de 350 individuos. Su estudio oportuno y sistemático permitió corroborar la gran velocidad de instalación de la linfopenia y la trombocitopenia y estos datos, junto con las manifestaciones clínicas predominantes en los sobrevivientes, llevaron a la integración de cuatro grupos de individuos afectados por la radiación, grupos que se correlacionaron perfectamente con la intensidad de la exposición y el pronóstico (Cuadro I).

Del total de individuos afectados, 31 fallecieron en forma casi inmediata por traumatismos, quemaduras o lesión del sistema nervioso central; en 29 se consideró que había ocurrido una exposición igual o mayor a 6-Gy y de entre ellos, 13 recibieron un TMO alogeneica y otros 8 fueron injertados con células de hígado fetal, en un intento de restablecer el funcionamiento del tejido hematopoyético y salvar de los efectos del SHAPR. El único antecedente previo de un tratamiento similar mediante el TMO fue el dado a conocer por Mathé en 1964, luego del accidente nuclear ocurrido en Vinca, Yugoslavia.[13] Se debe tener presente sin embargo que estos individuos fueron tratados en una época anterior a aquella en la que ocurrieron los avances que facilitaron la aplicación del TMO en numerosos pacientes con diversos padecimientos, con mejores posibilidades de éxito.[2,4,5] En ese entonces fueron trasplantados con médula ósea 5 sujetos afectados por la radiación.

¿Cuáles fueron las características clínicas y los cambios hematológicos principales que sirvieron de base para decidir la aplicación del TMO en los individuos y bajo las condiciones antes mencionadas, tanto en Vinca como sobre todo en Chernobyl?. En ambos lugares se consideró justificado su empleo con la finalidad de lograr la recuperación hematológica de las personas afectadas y evitarles una muerte temprana; pero para tal objetivo, los pacientes sometidos al mismo debería tener un donador HLA compatible, ya fuera este un familiar o un individuo no emparentado con ellos, pero similar en los sistemas de histocompatibilidad.[11,13]

También influyeron factores inherentes al propio receptor. Es decir, el sujeto debería haber experimentado la exposición a una dosis de radiación igual o mayor a 5 Gy y a consecuencia de esta, experimentar las manifestaciones hematológicas que ya fueron referidas[10,14] (Cuadro I); pero además, el posible receptor de un TMO no debería tener, al momento de su valoración, lesiones graves de otros aparatos y sistemas causadas por la misma radiación, que por sí solas pusieran en peligro la existencia del sujeto.

Hay que tomar en cuenta, sin embargo, que de los cambios hematológicos, la linfopenia aparece más tempranamente y es más intensa mientas mayor es la

Cuadro I

Respuesta clínica de acuerdo con la intensidad de la exposición (Chernobyl)[11]

Grupo	Dosis Gy	Linfocitos $x10^9$/L Días	Plaquetas $x10^9$/L Días	Quemaduras Piel Número	Náusea y Vómito Horas	Síntomas secundarios Latencia Días
1	1 - 2	0.6 - 1.0	25 - 28	0	2	30
2	2 - 4	0.3 - 0.5	17 - 24	±	1 - 2	15 - 25
3	4 - 6	0.1 - 0.2	10 - 16	6	0.5 - 1	8 - 17
4	6 - 16	0.1	8 - 10	29	0.5	6 - 8

dosis de radiación corporal recibida (Cuadro I), pudiendo en algunos casos ser muy acentuada en el lapso de unas cuantas horas.[10,11] Lo anterior constituye un serio inconveniente para la búsqueda de candidatos al TMO entre los individuos accidentalmente expuestos a la radiación,, pues para caracterizarlos es necesario disponer de una cantidad adecuada de linfocitos de su sangre periférica, tanto para determinar los antígenos de histocompatibilidad, como para llevar a cabo el cultivo mixto de linfocitos con las células del donador.

Finalmente, también fue importante contar con las facilidades necesarias para llevar a cabo el traslado de los posibles receptores de TMO a lugares alejados del foco de la exposición, en donde se contara con las comodidades para su aislamiento preventivo, profilaxia de infeciones y el sostén hematológico irrestricto, en tanto se llevaba a cabo el TMO, y este prendía y funcionaba.

Hasta la fecha, la experiencia con el TMO en individuos afectados por el SHAPR, tanto en Vinca como Chernobyl, ha sido escasa y de resultados poco alentadores. Se han realizado 26 intentos de recuperación hematológica, 18 de ellos mediante la aplicación de un TMO y 8 con la infusión de células de hígado fetal. Dieciséis pacientes del total fallecieron antes de que se pudiera valorar el prendimiento del injerto, entre ellos los ocho individuos que recibieron una aplicación de hígado fetal; nueve sujetos murieron después de haber tenido evidencia transitoria de prendimiento del injerto, y del total sólo uno sobrevivió con un injerto funcional.[11,13,15]

Resultados tan pobres fueron, al parecer, consecuencia de la gravedad de las lesiones en otros órganos y sistemas y que acompañaban al SHAPR, pero también pueden explicarse porque al final de cuentas la inmunosupresión pretrasplante fue insuficiente en un numeroso grupo de los enfermos así tratados, impidiendo esto el implante del injerto.[15] Lo anterior hace pertinente plantear algunas interrogantes en relación con la coincidencia de los factores de buen pronóstico para la mejor evolución de un TMO. En las situaciones de emergencia como las consideradas y tomando en cuenta el elevado número de individuos que se espera que resulten afectados,[6,7] no es posible seleccionar en forma adecuada a los candidatos ideales para el trasplante, ni contar con donadores y facilidades suficientes para la realización del procedimiento, lo que limita su aplicación; pero además se debe considerar cuál sería la evolución de un grupo numeroso de individuos afectados por la radiación y trasplantados con éxito, en los que junto con las consecuencias de la radiación se observaran las complicaciones más comunes del período postrasplante, como son las infecciones y la neumonía intersticial, pero sobre todo la reacción del injerto en contra del huésped que son tan comunes y que pueden provocar también cierto número de fallecimientos.[2]

Por ello conviene tener presente la posibilidad de emplear otras formas de tratamiento del SHAPR. Entre ellas, se puede contar con la realización de autotrasplantes de médula ósea.[16] Para este procedimiento serían candidatos únicamente los individuos que por la naturaleza de su ocupación se encuentran en mayor riesgo de sufrir una exposición accidental a radiaciones, como son los trabajadores y empleados de la industria nuclear. Para tal fin es necesario obtener la médula ósea de cada sujeto y almacenarla durante un tiempo variable mediante criopreservación hasta el momento de su empleo. Lo anterior tiene, por un lado, dificultades de tipo organizativo y por otro, existen algunos riesgos relacionados con la anestesia y el procedimiento de aspiración de la médula ósea para los individuos objeto del mismo[17] y en los que probablemente tendría que repertirse un cierto número de veces, y quizás nunca tener que realizar el autotrasplante.

También se puede recurrir al trasplante de hígado fetal, pero para su aplicación habría que considerar sobre todo las dificultades para contar con la cantidad suficiente de estos órganos como para poder ofrecer esta terapéutica a muchas de las personas lesionadas.

Una medida que permitiría a los sujetos afectados por el SHAPR superar el período de mielodepresión más intensa, para dar tiempo a la aplicación de un TMO en condiciones ideales o a la recuperación espontánea de su propia hematopoyesis, es la administración de factores de crecimiento de las células hematopoyéticas. Estos factores ya han sido utilizados, al parecer con éxito, en los individuos lesionados por radiaciones en el accidente por negligencia ocurrido en Guyana, Brasil, en 1987.[18,19] A la fecha, su empleo está adquiriendo cada vez mayor relevancia por sus buenos resultados en el control de las infecciones, la trombocitopenia y de la anemia durante la evolución de los pacientes con insuficiencia medular por diversas causas o que han sido sometidos a quimioterapia o radioterapia.[20] Si bien los factores de crecimiento celular producen algunos efectos colaterales indeseables, el impedimento más importante para su utilización es su escasa disponibilidad, lo que por lo menos actualmente obligaría a seleccionar a un cierto número de sujetos para su aplicación.

En virtud de las limitaciones referidas con los méto-

dos terapéuticos antes mencionados, es posible considerar que el tratamiento de sostén hematológico que incluya el aislamiento preventivo, la descontaminación intestinal y el empleo de antibióticos,[3,8] así como la aplicación de transfusiones de sangre o fracciones de ésta según las condiciones y necesidades del enfermo, constituye el procedimiento ideal. Ello se debe a que su aplicación es relativamente sencilla, está al alcance de cualquier medio médico con facilidades de carácter intermedio y es menos costoso, por lo que puede aplicarse a un gran número de enfermos.

Sin embargo, para que sea factible se debe contar, por un lado, con una organización médica perfectamente estructurada para la atención de un numeroso grupo de individuos bajo las circunstancias de emergencia provocadas por un accidente nuclear; y por otro, con la participación ilimitada de su población en general, a fin de lograr el aporte más adecuado de medios y facilidades para el traslado y tratamiento de los enfermos, pero sobre todo para la obtención de la sangre y sus fracciones por los métodos más convenientes, en cantidades que pueden parecer exorbitantes.[8]

De acuerdo con todo lo antes expuesto, es evidente que no existe mejor alternativa para la situación tan grave que plantean los accidentes nucleares que la de extremar todas la precauciones en relación con el funcionamiento de las plantas que utilizan este tipo de energía, a fin de prevenir la ocurrencia de tales situaciones. Pero sobre todo, se ha de evitar, a toda costa, la posibilidad de un conflicto nuclear, aun a escala limitada,[7] pues en tal caso la factibilidad de recurrir a cualquiera de las medidas terapéuticas que fueron mencionadas con anterioridad, resultará prácticamente imposible.

Referencias

1. Pirsch JD, Maki FG. Infectious complications in adults with bone marrow transplantation and T-cell depletion of donor marrow. Increased susceptibility to fungal infections. Ann Internal Med 1986; 104:619.
2. Morales Polanco MR, Pizzuto Chávez J. Comité de Trasplantes de Médula Osea del Instituto Mexicano del Seguro Social: Trasplante de médula ósea en anemia aplástica. Estado actual y revisión de los primeros trasplantes alogeneicos en México. Gac Med Mex 1984; 120: 49.
3. Skinjoj P, Jacobsen N, Hoiby N, Faber V. The Copenhagen Bone Marrow Transplant Group: Strict protective isolation in allogeneic bone marrow transplantation: Effect on infectious complications, fever and graft versus host disease. Scand J Infect Dis 1987; 19: 91.
4. Deeg HJ, Self S, Storb R, Doney K, Appelbaum FR, Witherspoon RP, Sullivan KM, Sheehan K, Sanders J, Mickelsen E, Thomas ED. Decreased incidence of marrow graft rejection in patients with severe aplastic anemia: Changing impact of risk factors. Blood 1986; 68: 1363.
5. Bortin MM, Gale RP, Rimm AA. Committe of the International Bone Marrow Registry: Alogeneic bone marrow transplantation for 144 patients with severe aplastic anemia. JAMA 1981; 245: 1132.
6. Upton AC. Health impact of the Three Mile Island accident. Health effect of ionizing radiation. Ann N Y Acad Sci 1981; 365:63.
7. von Hippel FN, Levi BG, Postol TA, Daugherty WH. Civilian casualties from counterforce attacks. Scient Amer. 1988; 259: 26.
8. Abrams HL. Medical resources after nuclear war. JAMA 1984; 252: 653.
9. Keller PD. A clinical syndrome following exposure to atomic bomb explosions. JAMA. 1987; 258: 661.
10. Finch SC. Acute radiation syndrome. JAMA 197; 258: 664.
11. Linneman RE. Soviet medical response to the Chernobyl nuclear accident. JAMA 1987; 258: 637.
12. Geiger HJ. The accident at Chernobyl and the medical response. JAMA 1986; 256: 609.
13. Mathé G. Transfusions et greffes de moelle osseuse homologue chez des humains irradiés a haute dose accidentellement. Rev Fr Ét Clin Biol 1966; 4: 226.
14. Gale RP. Inmediate medical consequences of nuclear accidents. Lessons from Chernobyl. JAMA 1987; 258: 625.
15. Morris GJA. Bone marrow transplantation and radiation accidents. Lancet 1986; 2: 1220.
16. Anderson CC, Goldstone AH, Linch DC, Jones HM, Franklin IM, Borghton BJ, Cawley JC, Richards JDM. Autologous bone marrow transplantation for patients with acute myeloid leukaemia - a comparison. Bone Marrow Transplant. 1987; 1: 271.
17. Powles R. Bone marrow transplantation and radiation accidents. Lancet 1986; 2: 862.
18. Roberts L. Radiation accident grips Goiana. Science 1987; 238: 1028.
19. Gale RP. Treatment of radiation victims in Brazil. Science 1988; 239: 335.
20. Vadhan-Raj S, Buescher S, LeMaistre A, Keating M, Walters R, Ventura C, Hittelman W, Broxmeyer HE, Gutterman JV. Stimulation of hematopoiesis in patients with bone marrow failure and in patients with malignancy with recombinant human granulocyte -macrophage colony-stimulating factor. Blood 1988; 72: 134.

V. Prevención de efectos termo-nucleares. Conclusiones

MANUEL VELASCO-SUÁREZ

Al Juramento de Hipócrates que todos debemos revivir y actualizar se ha sumado en la URSS una sentencia agregada a su texto para la graduación de los estudiantes de Medicina desde el 15 de noviembre de 1983, que reza así: "Reconociendo el peligro que representan para la humanidad las armas nucleares, prometo luchar incansablemente por la paz y la prevención de la guerra nuclear.." Quizá lo sobresaliente de este compromiso

sea el énfasis puesto en la reponsabilidad para con toda la Humanidad, más allá del individuo en la misma oración de Maimónides y de la Declaración de Ginebra.

Nuestra Asociación Mexicana de Médicos para la Prevención de la Guerra Nuclear pide a esta H. Corporación su apoyo para que en las Facultades de Medicina de la República se uniforme el Juramento ético y su observancia, incluyendo el deber médico de verificar diariamente si está cumpliendo con su vocación y trabajar para prevenir la guerra nuclear.

El veredicto del Tribunal Internacional de Nuremberg señala que la guerra es el mal en su esencia. Sus consecuencias no se limitan a los países beligerantes, sino que se esparcen a todo el mundo.

Desencadenar una guerra nuclear no es solamente un crimen de carácter internacional; es el crimen mundial más grave contra la Humanidad que difiere de otros holocaustos genocidas por la suma excedida de los males contenidos en cada uno de los demás intentos de exterminio.

El pasado mes de junio fuimos invitados por la República Democrática Alemana a una reunión multidisciplinaria de científicos académicos médicos y políticos de alto nivel, para discutir el significado criminal de las armas nucleares, del "perfeccionamiento" de las armas convencionales y de la proliferación de armas químicas y bacteriológicas. Sólo un diálogo de esta naturaleza puede servir a la paz mundial.

El entonces Presidente del Consejo de Estado de la RDA Erich Honecker, inició su declaración de apertura con una invocación válida y aún vigente, dijo él, para todo el mundo, a pesar de las divisiones del Este, Oeste Sur y Norte, de la ciencia y de todas las ideologías: *Paz en la tierra a los hombres de buena voluntad.*

En la reunión internacional de mayor altura para el desarme, en favor del desarrollo y de la moral internacional se logró una reacción positiva para crear en Europa Central un *Corredor Libre de Armas Nucleares.*

Científicos y expertos de todo el mundo reafirmaron el reclamo de la Humanidad para abolir del todo, en forma progresiva y verificada, las armas nucleares, y no dejar de afanarse por hacer desapaecer de la faz de la tierra la obscena promoción de la guerra con el negocio armamentista e incremento criminal de las armas químicas y bacteriológicas, cuyo uso va más dirigido a la población civil inocente que a los militares alejados de la sensibilidad de la vida y que siguen pensando que matar no es delito con tal de obtener una victoria, sin reparar que en el caso de una guerra nuclear todos seríamos víctimas y no habría vencedores.

Entre las participaciones de México me tocó presentar ante la Academia de Ciencias de los Países del Este reunidos en la sede de la Academia de Ciencias de la RDA, sugerir el dirigirnos a todos los científicos académicos del mundo para que no se presten a participar en la producción "perfeccionada para la muerte" de armas e instrumentos de genocidio, especialmente en lo que se refiere a las bombas, misiles atómicos, empleo destructivo de microondas, rayos laser e invasión del espacio extraterrestre (guerra de las galaxias).

La enfermedad desconocida antes de Hiroshima se ha convertido en un diagnóstico sin tratamiento, tan grave que sea: 1. la radiación térmica superior a 5 000°C, incluso a un kilómetro de distancia; 2. las lesiones mecánicas por la onda de presión de 8 toneladas por m^2; la enfermedad aguda causada por radiación establecida en los primeros 15 minutos, variable en su evolución pero de consecuencias perdurables hasta la muerte (problemas cutáneos, depilación, equimosis cutáneas, hemorragias gastrointestinales, respiratorias, del sistema nervioso central y alteraciones irreversibles de la médula ósea... La "lluvia negra" radiactiva, de acuerdo con las condiciones meteorológicas. El balance de la muerte enemiga de la medicina con todos los efectos retrasados en la salud incluyendo las alteraciones genéticas sobre el hombre, animales y plantas.

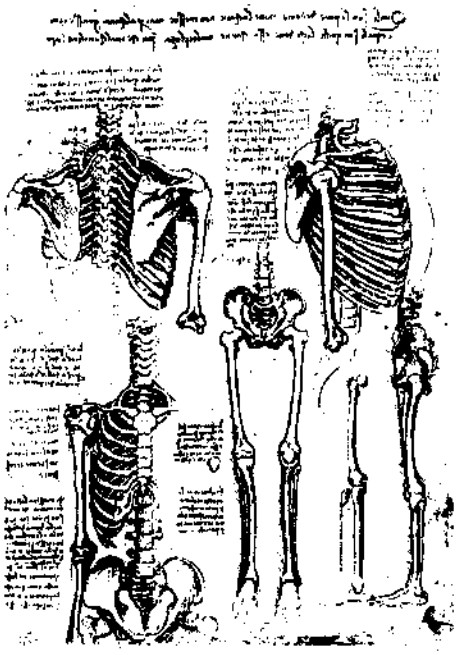
Todo parecería estar más allá del entendimiento humano mientras no pongamos al servicio de la Humanidad toda nuestra capacidad por conservar y razones morales para actuar en la escena pública mundial, donde ante la amenaza nuclear, los médicos del mundo no den otra solución viable que la de impedir la guerra nuclear, conseguir el desarme y favorecer el desarrollo. Todo en nombre de la salud, de la Humanidad, de la vida y la razón. Busquemos juntos los caminos de la seguridad y la victoria.

En el mundo de hoy, dividido en aliados y enemigos, la superpotencias y el "club nuclear", con las constantes pruebas atomico-explosivas, no hacen otra cosa que preparar la aniquilación final. Resulta por lo tanto muy raro que la Asociación Médica Británica recientemente haya publicado un folleto invitando a la discusión de cómo debe prepararse el cuerpo médico para la defensa civil, la atención médica y el socorro emergente en lo que ellos llaman la inminencia de la guerra nuclear y proponen el "triage", ético-social y profesional, a efecto de seleccionar a los médicos que sobrevivirán en los refugios y elegir a las víctimas que deban morir sin atención y a los que convenga ofrecerles algún auxilio a nuestra organización y creemos que también esta honorable Corporación académica, piensa y se pronuncia en forma diferente ya que muy poco o nada podría hacerse medicamente en una guerra nuclear, y la tarea que tenemos enfrente es prevenirla.

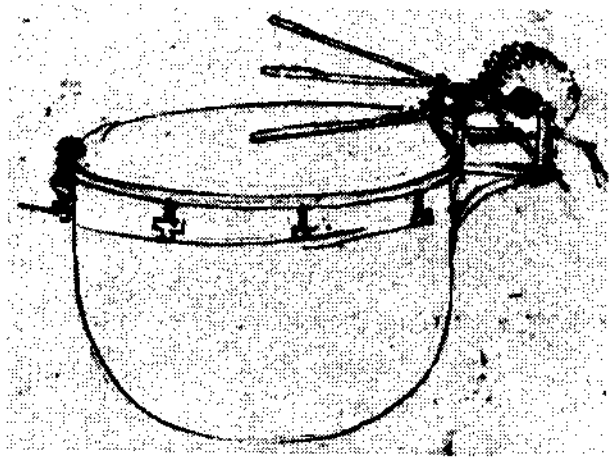
Tipo y frecuencia de accidentes nucleares

Tipo	Número y período (Región)	Daños: pérdidas, muertes y lesiones
Principales accidentes de radiación		
Accidentes críticos	34 en 1945-1965 (en todo el mundo)	Muertes por radiación: 5 Muertes por explosión: 3 Lesionados por radiación: 36
Principales exposiciones externas	19 en 1954-1979 (en todo el mundo)	Muertes por radiación: 8 Lesionados por radiación: 35
Principales exposiciones internas	16 en 1955-1977 (en todo el mundo)	Muertes por radiación: 2 Exposiciones peligrosas: 20
Quemaduras por radiación	47 en 1948-1979 (en todo el mundo)	Lesionados: 76
Accidentes en reactores		
Principales accidentes en reactores	13 en 1952-1980 (en todo el mundo) .	Fusión del combustible del reactor; liberación de material radioactivo; enormes pérdidas económicas
Accidente de Tres Millas	1 en 1979 (Pennsylvania)	Costo por descontaminar y reconstruir: más de 1000 millones de dólares
Paros en reactores por incidentes inesperados	87 en 1981 (sólo en Estados Unidos)	Pequeñas liberaciones de material radioactivo; incendios; descomposturas de equipo de operaciones y de seguridad
Accidente de Chernobyl	1986 (URSS)	Lesionados: 1000 Muertes: 31 Evacuados: 135 000 Muertes a largo plazo por cáncer: 10 000-50 000 Pérdidas materiales: 3 000 millones de dólares
Liberación de material radioactivo		
Principales derrames en plantas nucleares	13 en 1959-1974	Costo por pérdida de materiales y descontaminación: 1 012 000 dólares
Fugas en tanques de almacenamiento de desperdicios	20 en 1947-1973 (sólo en Estados Unidos)	Pérdidas materiales: 1 150 m^3 Radioactividad: 190 000 curies de cesio 137
Liberación al embarcar material radioactivo	12 en 1959-1975	Costo por pérdidas y descontaminación: desconocido

Fuente: Ch. Zimmerman y J. Dennis, "Nuclear Accidents", en *The Nuclear Almanac*, Addison-Wesley, 1984, pp. 283 y ss.



Estudios de Osteología de Leonardo de Vinci. Las notas explicativas de los dibujos, que están escritas al revés, pasan por ser una prueba más de la zurdera del artista.



Bosquejo de un timbal mecánico para maniobrar con la mano izquierda, de Leonardo de Vinci.

LEONARDO DE VINCI

EL ZURDO

Si la zurdera de un individuo no la advierten las personas que lo rodean, se comprenderá que la zurdera de hombres célebres y desaparecidos sólo se reconoce cuando se manifiesta muy marcada o tratándose de un artista, en cuyas obras la ejecución nos la revela.

Leonardo de Vinci (1452-1519), fue seguramente el zurdo más célebre, perteneció a los pocos individuos que realizaron toda su manipulación con la mano izquierda. A pesar de ello, no han faltado intentos de eximir al gran artista del *"estigna de la zurdera"*, presentándolo como ambidiestro. Estos intentos quedaron rebatidos al analizar la totalidad de sus documentos, donde se confirma la zurdera; pues al examinar sus dibujos, se advierte en el trazo de las líneas (siempre de izquierda a derecha) que Leonardo de Vinci debió dibujar con la mano izquierda. A base de esta característica, el crítico de arte, Giovanni Morelli (1816-1891) diferenció sus cuadros legítimos de los apócrifos. La zurdera de este gran maestro, no sólo se demostró por el trazado de sus dibujos, también se manifestó en los puntos de apoyo que concedió a los objetos de sus bocetos y planos. Es frecuente observar que los manubrios en los aparatos y máquinas de Leonardo están colocados de tal manera que solamente pueden ser accionados con la mano izquierda. Pero además existe una prueba evidente de su zurdera que con sus numerosas anotaciones, casi todas ellas hechas con la escritura al revés, la cual, por otra parte, ha sido muchas veces considerada como escritura secreta, a pesar de que cualquiera puede descifrarla fácilmente con ayuda de un espejo. Acerca de la zurdera de Leonardo de Vinci, G. Calvi dijo del inmortal maestro "que fue zurdo y que su escritura al revés era la consecuencia de un proceso instintivo natural, que no fue corregido por la educación y la voluntad; la escritura en sentido corriente (escritura abductiva de izquierda a derecha), constituyó para él un esfuerzo, una rebeldía voluntaria contra la costumbre y por ello dicha escritura, en los pocos ejemplos que hemos conservado de la misma, se muestra más o menos rudimentaria o forzada".

J. S. P.