

Radiobiología

Revista electrónica

ISSN 1579-3087

<http://www-rayos.medicina.uma.es/rmf/radiobiologia/revista/radiobiologia.htm>

[http://www-rayos.medicina.uma.es/rmf/radiobiologia/revista/numeros/RB1\(2001\)9-11.pdf](http://www-rayos.medicina.uma.es/rmf/radiobiologia/revista/numeros/RB1(2001)9-11.pdf)

Radiobiología 1 (2001) 9 – 11

Reacción celular ante la radiación

Nieves Alegre Bayo

Facultativo Especialista de Área de Radiodiagnóstico. Servicio de Radiodiagnóstico,
Hospital Clínico Virgen de la Victoria. Málaga (España)

Recibido 6 noviembre 2001; aceptado 3 diciembre 2001



Edita: Grupo de Investigación de Radiobiología.
Dpto. Radiología y Medicina Física. Universidad
de Málaga (España)



Edita: Grupo de Investigación de Radiobiología.
Dpto. Radiología y Medicina Física. Universidad
de Málaga (España)

<http://www-rayos.medicina.uma.es/rmf/radiobiologia/revista/radiobiologia.htm>

Reacción celular ante la radiación

Nieves Alegre Bayo

Facultativo Especialista de Área de Radiodiagnóstico. Servicio de Radiodiagnóstico,
Hospital Clínico Virgen de la Victoria. Málaga (España)

Recibido 6 noviembre 2001; aceptado 3 diciembre 2001

Resumen

Las radiaciones ionizantes producen lesiones en los tejidos directamente o mediante la formación de radicales libres. La probabilidad de aparición aumenta al incrementar la dosis de radiación. No todas las células responden a la radiación de igual forma, siendo más radiosensible cuanto mayor sea su actividad reproductiva, cuanto mayor sea su porvenir cariocinético y cuanto menos diferenciadas estén sus funciones. La radiación ionizante puede provocar la rotura de enlaces covalentes en las moléculas mediante un efecto directo o puede producir la descomposición de la molécula de agua, formándose radicales libres que dañan la célula por efecto indirecto. Entre los daños que se pueden originar los más importantes son los que sufre la molécula de DNA y los cromosomas. Destacan las roturas de la cadena y la alteración o destrucción de azúcares y bases. De la rotura de los cromosomas y su incorrecta restitución pueden aparecer cromosomas anómalos: acéntricos, dicéntricos, en anillo; así como inversiones y translocaciones. Las alteraciones producidas en la molécula de DNA pueden dar lugar a la aparición de mutaciones, transmisibles a la descendencia si éstas se producen en las células germinales.

Palabras clave: Radiación ionizante; Radiólisis; Radicales libres; Radiosensibilidad; DNA; Mutaciones

Introducción

Las radiaciones ionizantes (rayos X, neutrones, protones, partículas α y β y rayos gamma) producen lesiones en los tejidos directamente (efecto directo) o mediante reacciones secundarias (efecto indirecto).

Las fuentes peligrosas proceden de los rayos X de alta energía, usados tanto en Radiodiagnóstico como en tratamiento, del radio y de otros materiales radiactivos naturales, así como reactores nucleares, ciclotrones, aceleradores lineales, fuentes de cobalto y cesio y otros materiales radiactivos que se producen artificialmente y se emplean en medicina o en la industria.

Efectos de la radiación

Los efectos producidos dependen de numerosos factores y hay que tener en cuenta las siguientes generalidades:

- La interacción de la radiación en la célula tiene lugar al azar (carácter probabilístico).
- La cesión de la energía a la célula ocurre en un tiempo muy corto (10^{-17} s).
- No existe ningún componente celular por el que la radiación presente apetencia o afinidad.
- La lesión que se produce es inespecífica.
- Existe un periodo de latencia entre la irradiación y la aparición de las lesiones, que varía según la dosis recibida.

Los efectos que produce la radiación se agrupan en dos clases: no estocásticos o deterministas y estocásticos. Los efectos no estocásticos sólo se producen cuando la dosis alcanza un valor umbral determinado, su gravedad depende de la dosis recibida y su aparición es inmediata (ej. radiodermatitis). Por el contrario, los efectos estocásticos no precisan umbral, la probabilidad de que aparezcan aumenta con la dosis y suelen ser graves y de aparición tardía (ej. cáncer radioinducido).

Desde el punto de vista biológico, los efectos pueden ser somáticos, cuando aparecen en el sujeto que recibe la radiación, o genéticos, cuando aparecen en su descendencia en virtud de la lesión que recibieron las células germinales de los progenitores. La probabilidad de aparición de efectos aumenta al incrementar la dosis de radiación.

Radiosensibilidad

Los efectos dependen del área corporal expuesta y de la distribución de la dosis en el interior del organismo, siendo importante conocer el concepto de radiosensibilidad ya que indica la mayor o menor afectación celular de los diversos tejidos bajo la acción de las radiaciones ionizantes. La radiosensibilidad se rige por las leyes de Begornie y Tribondeau que indican que una célula es más radiosensible:

- Cuanto mayor sea su actividad reproductiva.
- Cuantas más divisiones deba realizar para adoptar una forma y funciones definitivas.
- Cuanto menos diferenciadas estén sus funciones.

A estas leyes existen algunas excepciones como es el caso del linfocito, que es muy radiosensible a pesar de su gran especialización.

Reacción celular

La acción de la radiación en la célula se puede clasificar en directa o indirecta según el medio donde se produzca la cesión de energía.

La acción directa actúa por la cesión de energía a una macromolécula biológica como DNA, RNA, proteínas, etc., resultando en una alteración de las moléculas por rotura de enlaces. La acción indirecta implica la absorción de energía por la molécula de agua, provocando su disociación (radiólisis) y resultando en la liberación de iones H^+ y radicales libres H^* y OH^* con alta reactividad química que tienden a recombinarse para formar H_2O_2 , H_2O y H_2 . Los radicales libres pueden reaccionar con otras moléculas y causar lesiones en zonas distantes del lugar de interacción primaria. En el caso de que actúen sobre moléculas no fundamentales como carbohidratos, lípidos o proteínas, pueden producir efectos transitorios ya

que se resintetizan inmediatamente. Si la acción de los radicales libres es sobre el DNA, los efectos son mucho más importantes ya que puede producirse:

- Roturas de la cadena (simples o dobles).
- Alteración o destrucción de las bases.
- Alteración o destrucción de los azúcares.
- Formación de dímeros.
- Lesiones múltiples locales.

Existen una serie de enzimas reparadoras que actúan restableciendo la integridad molecular, aunque en el caso de lesiones más graves se pueden producir daños biológicos como mutaciones puntuales o graves cambios en la estructura del DNA.

Efectos de la radiación sobre los cromosomas

Los cromosomas sufren importantes cambios estructurales por acción de la radiación, ya sea por acción directa o indirecta, que desembocan en la rotura del mismo formándose dos o más fragmentos que pueden volver a unirse y repararse totalmente o pueden unirse con otros fragmentos mutilados, originándose nuevas cromosomas distintos de los normales.

Entre los cambios estructurales que se producen destacan:

- Roturas simples, con restitución anómala y formación de translocaciones, cromosomas dicéntricos y fragmentos acéntricos.
- Roturas dobles, con restitución anómala y formación de inversiones, cromosomas en anillo y fragmentos acéntricos.

Mutaciones

Las alteraciones que se producen en el DNA, genes o cromosomas pueden dar lugar a mutaciones, que representan variaciones en alguna función celular transmisible a la descendencia.

En general los seres vivos presentan mutaciones espontáneas en su evolución que se resisten sin daño aparente. El riesgo de la radiación no está en la producción de mutaciones sino en el hecho de que aumenta su incidencia por encima de la media; circunstancia que no asimila el organismo.

De forma muy resumida podemos clasificar las mutaciones en:

- Puntuales: que afectan a un gen o grupo de genes y no producen una alteración apreciable del cromosoma.
- Cromosómicas: las cuales producen graves alteraciones en la estructura del cromosoma.

Las mutaciones siguen las siguientes pautas generales:

- Su número o incidencia aumenta con la dosis absorbida.
- No existe umbral de dosis, por lo que una mínima cantidad de radiación puede dar lugar a la aparición de una mutación (efecto estocástico).
- A igualdad de dosis, las radiaciones que producen más mutaciones son las de mayor LET (transferencia lineal de energía).

Desde un punto de vista de radioprotección hay que considerar siempre una mutación como lesiva.

Irradiación corporal total

La radiación produce efectos somáticos como producción de tumores, envejecimiento prematuro, anomalías del desarrollo fetal, esterilidad, supresión de la respuesta inmune o síndrome de radiación por irradiación corporal total.

Los síndromes de irradiación corporal total, dependiendo de la dosis recibida y el tiempo de supervivencia tras la exposición, se clasifican en:

1. Síndrome del sistema nervioso central: se produce a altas dosis de radiación corporal total (>100 Gy), siempre es mortal y se presenta en tres fases: pródromos de náuseas y vómitos, apatía y somnolencia y temblores, convulsiones, ataxia y muerte en pocas horas o días.
2. Síndrome gastrointestinal: se produce tras dosis de radiación corporal total entre 10 y 100 Gy y se presenta como náuseas, vómitos y

diarrea intratable, que puede producir deshidratación grave con disminución del volumen plasmático y colapso vascular. En 2-3 semanas deriva en un fracaso hematopoyético que suele ser mortal.

3. Síndrome de la médula ósea: se produce tras dosis de radiación corporal total de 2 a 10 Gy. Los síntomas que aparecen son anorexia, apatía, náuseas y vómitos. Son intensos de 6 a 12 horas y desaparecen totalmente a las 24 o 36 horas. Durante este tiempo los ganglios linfáticos, el bazo y la médula ósea se atrofian ocasionando pancitopenia y aumentando la susceptibilidad a las infecciones.

Referencias

M. Gil Gayarre, M.T. Delgado Macías, M. Martínez Morillo, C. Otón Sánchez. En: "Manual de RADIOLOGÍA CLÍNICA". (2ª Ed.). Ediciones Harcourt, S.A. Madrid, 2001

The Merck Manual of Diagnosis and Therapy. Section 20. Disorders due to physical agents. (Cap 278) Radiation reactions and injuries: Damage-acute, delayed, or chronic-to body tissues produced by ionizing radiation. MSD publicaciones.

<http://www.merck.com/pubs/mmanual/section20/chapter278/278a.htm>

Curso de capacitación para supervisores de instalaciones de Radiodiagnóstico. Instituto de formación científica y tecnológica. Sociedad Española de Radiología Médica (SERAM).