

# Efectos de la Radiación en Tejidos y Órganos

JA Negrón , Ph.D.  
RATE 2260

## Resumen

- Repaso Efectos de Radiación
- Radiosensitividad
  - Factores biológicos
    - Oxígeno
    - Eficacia
  - Factores físicos
    - Transferencia lineal de energía
    - Fraccionamiento y protracción
  - Relación dosis -respuesta
- Efectos de la Radiación en Tejidos y Órganos

# Daños Producidos por la Radiación Ionizante

## □ Daños agudos inmediatos

- Quemaduras de la piel
- Hemorragias
- Diarreas
- Infecciones

## □ Efectos tardíos

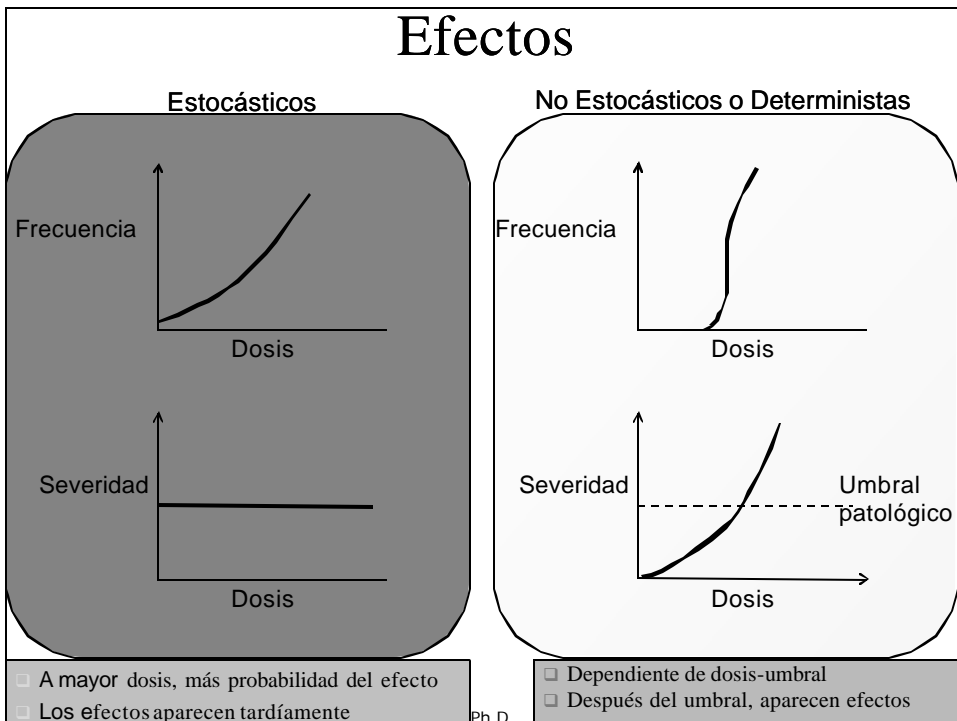
- Cáncer
- Catarratas
- Efectos hereditarios

11/26/2008

JA Negrón, Ph.D. RATE 2260

3

## Efectos



Ph.D.

## Radiosensitividad

- Factores biológicos
  - Efecto del oxígeno
  - La edad
  - El sexo
  - La recuperación
- Agentes químicos
- Factores físicos

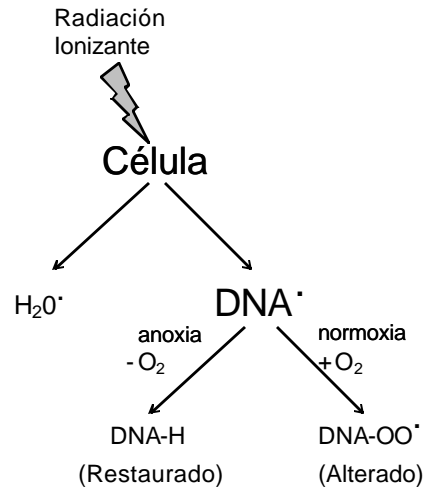
## Efecto del Oxígeno

- Las células son más sensitivas a la radiación ionizante en presencia de oxígeno (es un radiosensibilizador).
- La radiación ionizante induce la formación de radicales libres, quienes como sabemos causan graves daños a la célula.
- En presencia de oxígeno, el radical libre hidroxilo ( $\text{OH}\cdot$ ) forma  $\text{H}_2\text{O}_2$ , el cual provoca la formación de radicales libre.

## Oxygen “Fixation” Hypothesis (OFH)

• En anoxia (ausencia de oxígeno) los efectos debido a los radicales libres son menores.

• En normoxia (tensión normal de oxígeno) los efectos debido a los radicales libres causan más daños a la célula.



*Nature Reviews Cancer* advance online publication 6 November 2008

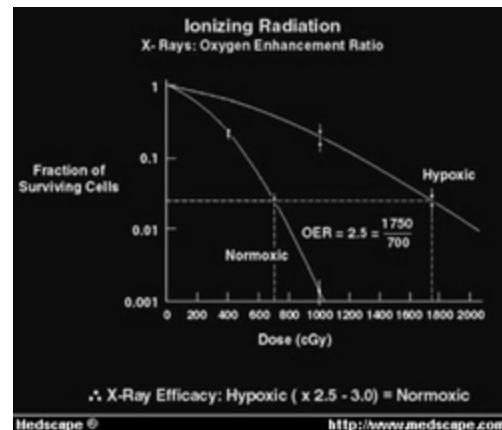
11/26/2008

JA Negrón, Ph.D. RATE 2260

7

## Oxygen Enhancement Ratio

- ❑ Células en hipoxia son más resistentes a la radiación.
- ❑ Este efecto es importante en radioterapia.
  - Tumores densos (con menos irrigación sanguínea son más resistentes a radiación)



11/26/2008

JA Negrón, Ph.D. RATE 2260

8

# Radiosensitividad

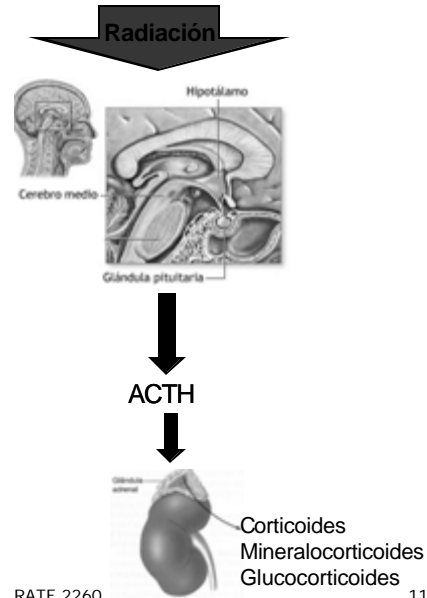
- Factores físicos
  - Transferencia lineal de energía
  - La eficacia biológica relativa

## La eficacia biológica relativa

- El organismo reacciona como un todo ante las agresiones que representan las exposiciones a radiaciones ionizantes en dosis terapéuticas elevadas ( radioterapia) o en accidentes (accidentes radiológicos, explosiones nucleares).
- El organismo reacciona ante este estrés modificando la expresión genética y lo que afecta la fisiología, a través por ejemplo de la secreción de hormonas
  - ACTH-Adrenocorticotropic hormone

## Estrés Inducido por la Radiación

- ❑ La respuesta somática de adaptación desencadena elevaciones en los niveles circulantes de ACTH (y por lo tanto, a través de la estimulación de las suprarrenales, de corticoides).
- ❑ Esto afectará el metabolismo de los mineralocorticoides (con repercusión sobre el potasio y el sodio) y de los glucocorticoides (con repercusión sobre lípidos y proteínas principalmente).
- ❑ Así mismo, se inhiben los valores de prolactina, de la hormona gonadotropa y de la hormona del crecimiento.



11/26/2008

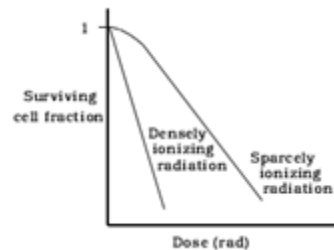
JA Negrón, Ph.D.

RATE 2260

11

## Mayor TLE, Mayor Daño al Tejido

- ❑ A mayor TLE, más directo el efecto, mayor capacidad de la radiación para provocar ionización y por lo tanto mayor capacidad para provocar daño al tejido.
- ❑ La energía depositada en la materia orgánica depende del tipo y cantidad de radiación y del tiempo y lugar en el que un organismo la recibe.



La distribución de la energía depositada en un organismo, y no la cantidad total de energía que haya sido depositada, es la que determina el daño celular.

11/26/2008

JA Negrón, Ph.D.

RATE 2260

12

## Tranferencia de Energía Lineal

- La **transferencia lineal de energía** (TLE) es la cantidad de energía que se deposita en la materia cuando interacciona con las radiaciones ionizantes.
- Diferentes tipos de radiación tienen diferente TLE.
  - La radiación electromagnética en forma de energía (rayos X y rayos gamma) poseen menos TLE.
  - La radiación electromagnética en forma de partículas (electrones,  $\beta$  y alfa,  $\alpha$ ) poseen mayor TLE.

11/26/2008

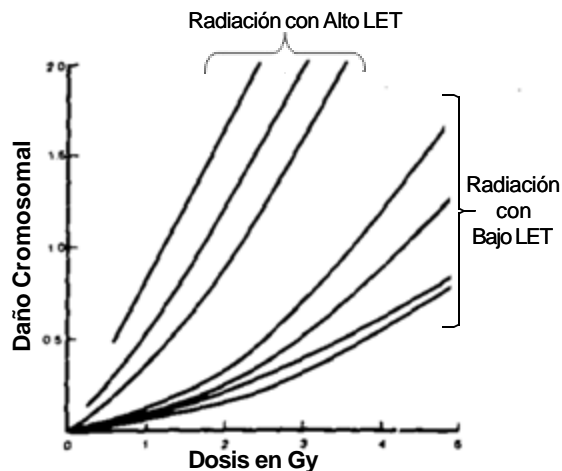
JA Negrón, Ph.D. RATE 2260

13

## Curvas Dosis-Respuesta

Aberraciones Cromosómicas en Leucocitos Humanos Irradiados *in vitro*\*

- El tipo de radiación (alto o bajo LET tiene un efecto mayor que la dosis).
- Radiación con alto LET sigue un comportamiento más lineal.
- \*Simplificado de Upton, A. 1983



11/26/2008

JA Negrón, Ph.D. RATE 2260

14

## Fraccionamiento y Protracción

### □ Aplicado en la radioterapia

- La dosis se *protae* o se diluye, aplicando una baja dosis en el tiempo
- Fraccionar la irradiación, dividiendo la dosis total en diversas fracciones.
- Esto trata de alcanzar una dosis deseada, reduciendo la complicaciones.

## Efectos Precoces de la Radiación

### □ Letalidad de la radiación aguda:

- Síndrome prodrómico
- Período de latencia
- Síndrome hematológico
- Síndrome gastrointestinal
- Síndrome del sistema nervioso central

### □ Daño hístico local:

- Piel
- Gónadas.

### □ Efectos hematológicos:

- Sistema hematopoyético
- Supevivencia de la células hematopoyéticas

## Síndrome Agudo por Irradiación (SAR)

- ❑ Secuencia de acontecimientos que siguen a una dosis de radiación ionizante superior a la radiación de fondo (*background*) en una parte considerable del organismo.
- ❑ Es un efecto determinístico, donde el porcentaje de enfermos que presentan este síndrome, la precocidad de su aparición, y su gravedad, dependen casi exclusivamente de la dosis recibida, y en definitiva, del número de células afectadas.
- ❑ El SAR evoluciona clínicamente en 3 formas (hemopoyética, gastrointestinal y neurológica), y cada una de ellas en 4 etapas:
  - Prodromal
  - Latencia
  - Crítica
  - Recuperación o Muerte
- ❑ 1-10 Gy en todo el cuerpo

11/26/2008

JA Negrón , Ph.D. RATE 2260

17

## Síndrome Hematopoyético

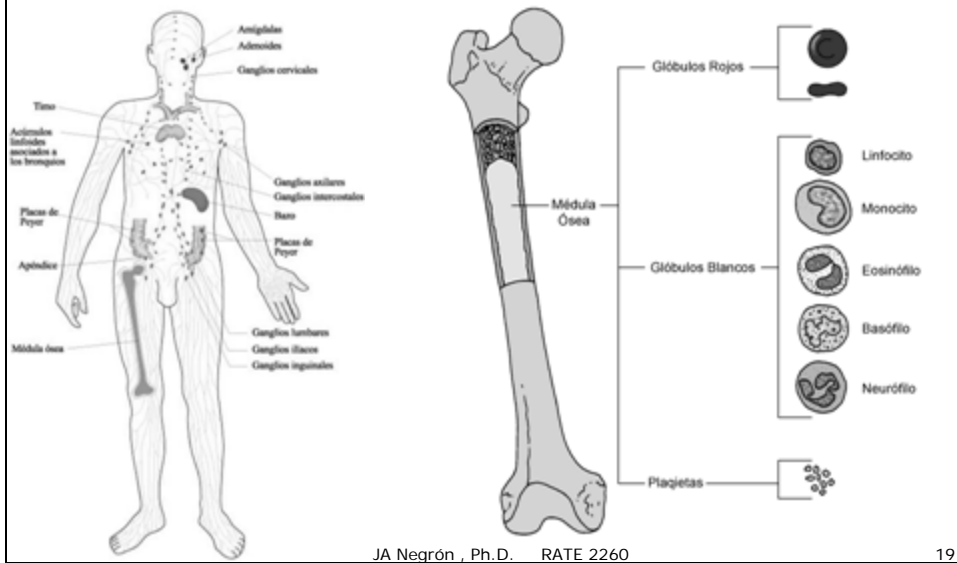
- ❑ El síndrome hematopoyético se produce con dosis de 1-10 Gy en todo el cuerpo.
- ❑ Afecta a la médula ósea, al bazo y a los ganglios linfáticos, que son los principales centros de producción de células sanguíneas
- ❑ Asociado a
  - Linfopenia, granulocitopenia, plaquetopenia

11/26/2008

JA Negrón , Ph.D. RATE 2260

18

## Tejidos Afectados Durante Síndrome Hematopoyético



## Referencias

- Upton, A.C. 1983. Environmental Standards for Ionizing Radiation: Theoretical Basis for Dose-Response Curves. Environmental Health Perspectives. 52:31-39.