

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE ODONTOLOGIA



EFFECTOS NOCIVOS DE LA RADIACION
EN LA CELULA

T E S I S

Que para obtener el Título de
CIRUJANO DENTISTA

p r e s e n t a

ANTONIO DEL ANGEL MIGUEL

México, D. F.

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E .

	Pag.
PROLOGO.....	I
CAP. I.- HISTORIA DE LOS RAYOS "X".....	1
CAP. II.- NATURALEZA Y PROPIEDADES DE LOS RAYOS "X".....	9
CAP. III.- UNIDADES DE MEDIDA DE RAYOS "X".....	15
CAP. IV.†. PRINCIPIOS DE RADIOBIOLOGIA.....	17
CAP. V.- ANATOMIA PATOLOGICA DE LA RADIACION CORPORAL TOTAL....	32
CAP. VI.- EFECTOS SOBRE LOS TEJIDOS ESPECIFICOS.....	34
CAP. VII.- IMPORTANCIA DE LAS LESIONES EN RELACION CON LOS SIN- TOMAS, SIGNOS Y CURSO CLINICO.....	46
CAP. VIII.† EFECTOS SOBRE EL CRECIMIENTO, DESARROLLO Y REGENERA CION	47
CAP. IX.- HEMATOLOGIA DE LAS RADIACIONES IONIZANTES.....	49
CAP. X.- FACTORES DE SENSIBILIDAD.....	50
CAP. XI.- VARIACIONES EN EL NUMERO Y MORFOLOGIA DE LAS CELULAS.	52
CAP. XII.- MORFOLOGIA DE LOS ELEMENTOS FORMES DE LA SANGRE.....	55
CAP. XIII.- HALLAZGOS DE LESIONES POR IRRADIACION MEDIANTE PRO CEDIMIENTOS HEMATOLOGICOS.....	58
CAP. XIV.- LESION POR RADIACION CORPORAL TOTAL.....	62
CAP. XV.- LESIONES POR RADIACIONES PENETRANTES.....	64
CAP. XVI.- EFECTOS TARDIOS DE LESION POR RADIACION.....	65
CAP. XVII.- PATOGENESIS DE LA LESION POR RADIACION.....	67
CAP. XVIII.- SINDROME DE LA MEDULA OSEA.....	68
CAP. XIX.- EL PAPEL DE LAS SUPRARRENALES EN EL SINDROME AGUDO - POR RADIACION.....	70
CAP. XX.- MECANISMOS DE AUMENTO DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LA IN-- FECCION.....	73

I N D I C E .

	Pag.
CAP. XXI.- FACTORES DE PREIRRADIACION QUE AUMENTAN LA TASA DE SUPERVIVENCIA.....	74
CAP. XXII.- EFECTOS DE LA RADIACION A NIVEL DE LAS ESTRUCTURAS DENTARIAS.....	78
CAP.-XXIII.-DIAGNOSTICO Y TERAPIA DE LA LESION AGUDA POR RADIACION.....	81
CAP.XXIV.- DIAGNOSTICO Y TRATAMIENTO EN CASO DE GUERRA NUCLEAR.....	85
CAP. XXV.- MANIFESTACIONES CLINICAS DE LA RADIACION.....	89
CAP. XXVI.- ENFERMEDADES OCASIONADAS POR RADIACION EXCESIVA..	96
CAP. XXVII.-PREVENCION DE LAS RADIACIONES.....	101
CAP. XXVIII.-PROTECCION DEL PACIENTE CONTRA LAS RADIACIONES - IONIZANTES EN EL GABINETE DENTAL.....	106
CONCLUSION.....	110
APENDICE.....	A-1

P R O L O G O

Este propósito fundamental del presente trabajo, es demostrar la importancia que tiene la protección por el peligro de la radiación por los rayos X, cuando es empleada por personal carente de conocimiento, acerca de las propiedades de los mismos, así como también sus efectos, tanto benéficos como nocivos, y con mayor énfasis a este último.

Los rayos "X", son de gran utilidad al ejercer la medicina y muchas de sus ramas, entre ellas la Odontología, pues por medio de su uso correcto y adecuado se puede observar signos que serían imposibles de apreciar a simple vista, de tal modo que se facilita el diagnóstico, y por lo tanto la aplicación del tratamiento más adecuado para cada paciente en especial.

Todo esto vá a redundar en mayor crédito para la profesión y en una realización más amplia para el profesionista.

Así como la radiación puede aportar innumerables ventajas y beneficios, puede también, por un uso inadecuado, ocasionar grandes trastornos y alteraciones en el organismo, que resultan altamente peligrosas y de difícil tratamiento, De manera que es beneficioso, dependiendo del uso que se le dé.

Dichos efectos nocivos son el tema principal de esta tesis, despertó mi interés debido a la poca importancia que se le dió en el pasado, a las medidas de protección, por lo que se presentaron innumerables quemaduras por radiación en profesionistas, técnicos, médicos y trabajadores en general, que de alguna manera tenían contacto con la radiación.

La apatía por las medidas de seguridad fué causada en gran parte -- por la invisibilidad de estos rayos y debido a las dosis tan pequeñas y -- repetidas que se usan, las lesiones tardan mucho tiempo en aparecer clínicamente, y cuando esto ocurría no se sabía exactamente qué causa las provocaba, además de que es muy difícil cuantificar la radiación absorbida -- por un ser humano, así como su sensibilidad específica.

En la actualidad se sabe que la radiación absorbida se acumula en el organismo y qué alteraciones puede producir en cada uno de los órganos y tejidos vitales del ser humano, así como las mutaciones genéticas y los -- cambios cromosómicos y que a exposiciones elevadas puede llegar a producir la muerte.

Las radiaciones ionizantes por su potencia han sido utilizadas también con fines bélicos en bombas atómicas como en los casos de Hiroshima y Nagasaki, causando infinidad de muerte y mutaciones genéticas, que has--

ta hoy no se han podido reparar.

Y para prevenir accidentes se cuenta también con una REGLAMENTACION - de carácter legal que especifica claramente las medidas de seguridad que - deben tener los técnicos, médicos y trabajadores, que manejan directa o -- indirectamente la radiación, así como la protección que se le debe dar al- paciente, en qué condiciones se deben instalar, mantener y trabajar los -- aparatos de rayos "X", para su buen funcionamiento; tal como lo presenta - el apéndice que se encuentra al final de esta tesis.

C A P I T U L O I

HISTORIA DE LOS RAYOS "X".

Para tener una noción sobre la producción de los rayos "X", trataré de esbozar una síntesis de los descubrimientos y adelantos de los científicos de antaño, que de una u otra forma han contribuido a los adelantos de la Era Moderna. Empezando por la Historia Natural que estudia los fenómenos de los distintos seres que cubren la corteza terrestre, así -- como los fenómenos celestes y las Leyes de los movimientos de los astros -- y el estudio de los fenómenos físicos y químicos de la materia, como por ejemplo: la energía produce cambios en la materia y se tiene el principio general llamado "CONSERVACION DE LA ENERGIA", así como algunos rayos cósmicos que vienen de lo alto, son miles de veces más potentes que los rayos "X".

Desde épocas muy remotas han sido motivo de inquietud y de investigaciones, como los fenómenos producidos por magnetismo. En la época más -- antigua, la Historia de la Física comienza de tres a cuatro milenios antes de nuestra Era, en donde se principia el estudio de las Ciencias, -- pero hay muy poca información al respecto.

El nacimiento de la Física se inicia con los Jónicos en el siglo VI - antes de Jesucristo, y se conoció como el MILAGRO GRIEGO, pero se limitaron a la simple observación de los fenómenos naturales, sin investigaciones, mezclando la sabiduría con las creencias en espíritus, divinidades y poderes ocultos. Esta Ciencia nació realmente en la Grecia XXV siglos - - atras, con el estudio de la naturaleza que inició Thales de Mileto desde - 640 a 546 antes de Jesucristo, por aquel matemático, astrónomo y filósofo griego nacido en el Puerto de Mileto, que al frotar un ámbar amarillo - - atraía objetos livianos, y se dió cuenta que origina una fuerza de atracción, que es el fenómeno de la producción de electrones y de aquí se originó el nombre de ELECTRICIDAD, y al mismo tiempo marcó una historia gigante. También fué de mucha importancia la ubicación de los grandes personajes de la Ciencia como los Jónicos se establecieron en las costas del Asia Menor, donde elevaron grandes ciudades como: Mileto, Efeso, Samos, - etc., en ese tiempo el rey de Lydia sometió a los griegos, pero más tarde el cruel rey de los Persas, dominó el feroz Creso, colocando en cada ciudad un tirano, por lo que emigraron sus sabios, entre los que se encontraba Pitágoras de 569 antes de Jesucristo, discípulo de la escuela jónica y quien se estableció en Crotona, fundando escuelas con tendencias a las enseñanzas de las matemáticas y a la física naturalista.

Conforme fué avanzando el tiempo y las inquietudes a las observaciones, surgió el apogeo de Grecia con Pericles, estadista ejemplar, quien a la vez aceptó las teorías pitagóricas, eleásticas y jónicas. Y más tarde ya en el siglo V antes de Jesucristo, aparecieron en física grandes sistemas sobre las substancias, indicandose en la constitución de la materia con las doctrinas de Empédocles, Anaxágoras y Leucipio, y aquí es donde nació la época del atomismo griego, y así mismo la continuidad de los estudios e investigaciones de las ciencias contemporáneas y modernas.

Como también en la misma Grecia, el óxido de magnesio, (magnetita) - atrajo poderosamente la atención del gran científico y filósofo Platón de la época de Thales, pero la naturaleza de estos fenómenos, permaneció incomprendida y no utilizada por milenios, hasta mucho tiempo después ya en el siglo XVIII de nuestra Era, el médico y físico italiano Luis Galvani descubrió que con diferencias de potencial pueden originarse corrientes eléctricas y con ésto nació la ELECTROMAGNETICA. Alejandro (conde de Volta) comprobó los descubrimientos de su connacional Galvani, al hacer actuar una corriente eléctrica sobre un músculo de rana.

Un siglo después en 1895, al pasar una corriente eléctrica por una ampula de cristal con interior al vacío, el físico alemán Guillermo Conrado Roentgen, descubrió los rayos que ahora llevan su nombre y que él cali

ficó de "X" en virtud del desconocimiento y que sobre ellos prevalecía. -- Estos rayos, no son perceptibles a simple vista, atraviesan casi todos - los cuerpos de naturaleza opaca, para la luz ordinaria, impresionan pla-- cas fotográficas, iluminan las sustancias fluorescentes, ionizan la máte ria orgánica, pueden causar mutaciones cromosómicas. Se sabe ahora que - tienen orígenes por un desequilibrio electrónico, al incidir en los cátodos de los tubos de Hittorf-Heissler-Crooks, electrones animados por una- diferencia de potencial.

Actualmente se sabe que la electricidad, tiene origen subatómico - - consistente en la emisión de electrones que al saltar de un átomo a otro- cargan negativamente al que llegan y dejan predominancia positiva en los- que abandonan, en virtud de la acción de los protones. Esto es de gran - importancia para nosotros porque la electricidad es esencial en la pro- - ducción de los rayos "X".

La naturaleza de la estructura atómica, permite explicar el origen - de los rayos "X", como resultado de la perturbación de los electrones que rodean al núcleo, al bombardear la materia con electrones acelerados con- otras partículas atómicas, con lo que se originan ondas electromagnéti- - cas, similares a las de la luz, pero de longitud más corta (de 0,1 a 100 unidades Angstrom), capaces de atravesar los espacios inter-atómicos e in termoleculares; la penetrancia depende de la densidad de la materia, así- como de la longitud de onda de los rayos "X", y como algunos tejidos son- más densos que otros, puede captarse con pantallas que adquieren fluores- cencia por acción de estos rayos.

Por otro lado, el estudio de las propiedades de los rayos "X", permitió compararlo con otros fenómenos, también sorprendentes, así, un año después del descubrimiento de éstos, el francés Becquerel observó que el uranio emite una radiación semejante a los rayos que en 1895 había descubierto Roentgen. Tres años más tarde (1898), los esposos Pierre y Marie-Curie, aislaron de la Pechblenda, las sales (principalmente: cloruro y bromuro), de un metal raro del que posteriormente se logró la purificación. Le corresponde el número atómico 88 y tiene peso atómico de 226, (radio), su radiactividad es dos millones de veces mayor que la del uranio y su temperatura se conserva mayor en un grado que la del ambiente.

Con el avance de las investigaciones, se descubrieron los efectos nocivos de la radiación en el hombre, por el hecho de que los esposos Curie sufrieron quemaduras en los brazos. Se ha descubierto también que este metal emite tres clases de radiaciones, las alfa, beta y gamma; los productos de su desintegración son las radium emanaciones A, B, C, D, y E, el Polonio o radio Telurio y el Radium G.

En 1903, el ya mencionado Pierre Curie y A. Laborde, descubrieron que la generación de luz y de calor, por las sustancias radiactivas, se acompaña de pérdida de peso, fenómeno cuya naturaleza pudo explicarse dos años después cuando las concepciones de Albert Einstein fueron simplificadas en su genial fórmula $E = M.c^2$, en la que E igual a energía, M igual a masa y c a la velocidad de la luz.

A medida que avanzaban las investigaciones y los conocimientos, el radium y los rayos "X", tanto para radium se fueron encontrando; tanto a-

plicaciones técnicas, sobre todo médicas e industriales. Así también se encontraron efectos nocivos, lo que obligó a establecer las NORMAS DE USO Y LAS TABLAS DE DOSIFICACIONES (Ver apéndice).

En 1934, Irene Curie (hija de la famosa pareja antes mencionada) y su esposo Francisco Juliot, descubrieron, cuando bombardeaban una placa de aluminio con radiaciones alfa, procedentes del polonio, que el primero se transmutaba en fósforo, con emisión de neutrones: esto constituyó un incentivo para el desarrollo de reactores que proporcionaran flujos muy elevados de neutrones lo que ha permitido transmutar muchos elementos o volverlos radiactivos. Con esto se ha conseguido en radioisotopos a numerosos elementos cuyas aplicaciones médicas, han mostrado diferentes ventajas, como su facilidad de manejo y especificidad tisular.

Otro tipo de investigaciones fueron hechas por el físico Danes - - - Niels Bohor, quien propuso en 1939, que la energía de cada electrón está cuantificada, esto es restringida a determinados valores: su teoría se comprueba con el hecho de que al pasar la luz por un prisma, el color de la luz de mayor contenido energético (violeta) es el que más se desvía mientras que el de menor contenido (rojo), es menos afectado por la refracción.

Algunos años más tarde, el 16 de julio de 1945, se demostró el hecho fundamental de que la ionización física es el desprendimiento de un electrón a partir de un átomo que el núcleo de un hidrógeno está constituido por un solo protón, sin neutrón. El neutrón es el instrumento de la fisión nuclear ya que su neutralidad le confiere gran permeabilidad, y

esto puede provocar graves lesiones biológicas. Este hecho fué demostrado con la explosión de la primera bomba atómica, en Alamo Gordo Nuevo México-- en los Estados Unidos, el uso de la radiactividad ya no fué benéfico sino-- de tipo ofensivo y a la fatalidad.

En virtud de que los rayos "X", proceden de la aceleración de los -- electrones de la materia, también contienen un espectro de diferentes lon-- gitudes de onda llamado "BEMSSPECTRUM".

Por otro lado, estos descubrimientos se han encontrado en las aplica-- ciones, técnicas, médicas, industriales y también de usos pacíficos y bé-- licos.

Hago un reconocimiento especial al Primer Premio Nobel de Física y descubridor de los rayos "X", GUILLERMO CONRADO ROENTGEN.

Los primeros descubrimientos de rayos "X", há sido desde siglos atras y posteriormente han sido producidos y estudiados entre otros: por MORGAN- en 1875, por PLUKER en 1850, por GEISSLER en 1860, por HITTORFF en 1785, - por LENARD en 1892.

Esto es por quienes experimentaron el paso de una corriente de - ALTA TENSION, a través de gases de BAJA PRESION. Hasta en esta época no se conocían por su actual nombre, sino hasta 1895.

C A P I T U L O I I

NATURALEZA Y PROPIEDADES DE LOS RAYOS "X".

Después de la breve explicación en el capítulo anterior, sobre los principios de la radiactividad, y en el presente capítulo una breve síntesis, sobre la naturaleza y propiedades de los rayos "X", y tiene la misma noción de los efectos y es tal como sigue:

Cuando un electrón libre, animado de gran velocidad, chocan con otro electrón satélite, de un átomo pesado, haciendolo pasar de una a otra de las órbitas profundas del átomo, se produce un desequilibrio energético dentro de dicho átomo que manifiesta exteriormente por la emisión de una radiación X.

Cuando tales choques ocurren en órbitas superficiales, por menor velocidad del electrón libre, se originan otras radiaciones electromagnéticas de mayor longitud de onda, como por ejemplo: los rayos ultravioleta, luminosos infrarrojos, etc.

Los rayos "X", que forman parte del espectro electromagnético, son invisibles y tienen por límite 5 \AA (Angstrom y 0.01 \AA) este ha sido el motivo de tener pocas precauciones en el uso de los mismos (Angstrom igual a una diezmillonésima parte del milímetro ó $0.000.000.1$ ó bien 10^{-7}).

La característica e importancia de los rayos "X" son:

- 1.- Atraviesan los cuerpos opacos.
- 2.- Atacan las sales de plata (haluros)

3.- Exitan la fluorescencia de determinadas substancias.

4.- Su absorción por los medios biológicos se traduce en modificaciones inhibición, terapéutica o radioterapia y radiodiagnóstico.

Con respecto al mecanismo de acción de los rayos "X", se explica sobre la base de la teoría mixta corpuscular-ondulatoria, según la cual aquella estaría integras a la vez por ondas y fotones (cuantos). La energía radiante se calcula según la simple fórmula de PLANCK:

$$\text{ENERGIA} = h \times v$$

En donde h igual constante, v igual; representa la frecuencia de la radiación.

Siendo por otra parte: Constante la velocidad igual a 300,000 kilómetros por segundos; cuando aumenta la velocidad disminuye la longitud de onda y viceversa.

Los rayos "X" son radiaciones de gran velocidad que tiene pequeña longitud de onda con respecto a otras radiaciones electromagnéticas como las luminosas, ultravioleta, etc., tienen comparativamente mayor poder ionizante por el impacto de los fotones "X".

La electricidad es un concepto fundamental de los rayos "X", porque de aquí parten los siguientes elementos; como:

1.- ELECTRON:- La partícula elemental de la electricidad. Está rodeada constantemente por un campo eléctrico, y durante su des-

plazamiento o sea, la corriente eléctrica, adquiere momentáneamente otro campo magnético.

2.- TENSION;- Los electrones tienen igual carga eléctrica negativa y por eso se repelen entre sí. Resulta de que cuanto mayor sea la cantidad de electrones que contenga su conductor, más intensa resultará la fuerza que trata de separarlos. Tal fuerza se denomina TENSION o POTENCIAL.

3.- CAMPO ELECTRICO;- Lo constituye el espacio o distancia hasta donde se manifiesta la TENSION..

4.- CORRIENTE ELECTRICA;- Al ponerse dos cuerpos en comunicación - si uno tiene exceso de electrones respecto al del otro que tiene menos la tensión del primero tratará de compensar la del segundo motivandose el desplazamiento de los electrones desde el negativo hacia el positivo. Esta corriente de electrones se conoce como CORRIENTE ELECTRICA.

5.- VARIACIONES DE LA RESISTENCIA;- La resistencia es un conductor y es directamente proporcional a su longitud e inversamente proporcional a su sección;

$$R = \frac{L}{S}$$

6.- LEY DE OHM:- Es la liga que existe entre el voltaje, resistencia y amperaje, que es la observación práctica, realizada con amperímetro y voltímetro, al pasar corrientes eléctricas por distintas resistencias siempre constante;

$$R = \frac{V}{I}$$

La intensidad de una corriente eléctrica varía directamente proporcional a la diferencia de potencial e inversamente a la resistencia del conductor.

$$I = \frac{V}{R}$$

El físico Alemán Guillermo Ohm concluyó la Ley que lleva su nombre.

7.- AMPERE:- Es la intensidad de una corriente tal que pasando por dos conductores rectilíneos paralelos, de longitud indefinida, separados de un metro uno del otro, y en el vacío hace que se ejerce entre los dos conductores una fuerza de 2×10^{-7} Newtons por cada metro de longitud del conductor.

$$\text{AMPERE} = \frac{\text{COULOMES}}{\text{SEGUNDOS}}$$

8.- EFECTOS DE JOULE:- Los electrones produce el efecto del calor y por lo tanto; la cantidad de calor que se produce por efecto de Joule resulta directamente proporcional a la intensidad al cuadrado a la resistencia, al tiempo y a un factor constante por ejemplo: $I^2 = R.t.k$.

- 9.- EFECTOS DE EDISON-RICHARDSON:- Cuando por efecto de Joule se lleva a la incandescencia un conductor en el vacío, del conductor se desprende y se mantienen alrededor electrones libres formando el llamado "VAPOR DE ELECTRONES", se llama así, esta teoría por haber comprobado empíricamente por T.A. Edison y estudiado por el físico inglés O.W. Richardson.
- 10.- LA LEY DE LA INVERSA DEL CUADRADO DE LA DISTANCIA:- Como la cantidad de rayos que llegan a la película, al respecto debe tenerse presente que a causa de la divergencia de los rayos, una misma superficie; recibirá progresivamente menor cantidad de rayos a medida que sea mayor su distancia del foco.
- Quando un haz de rayos incide normalmente sobre una pantalla, la cantidad de radiación que ésta recibe por unidad de superficie -- variará en razón inversa al cuadrado de la distancia, como por ejemplo: al tomar una radiografía a 20 mA.S. a la distancia foco-película de 20 cms. al repetirla con el mismo kilovoltaje a 40 cms o sea el doble de la distancia es 2^2 igual a 4. Para que llegue la misma cantidad de rayos la película, el tubo debe emitir una cantidad cuatro veces mayor, esto es, igual a 80 mA.S., y si la distancia foco-película fuera de 60 cms., o sea el triple será 3^2 igual a 9; corresponderá una emisión de nueve veces mayor y que es igual a 180 mA.S..
- 11.- LA CANTIDAD O MILIAMPERAJE-TIEMPO:- Es de cada radiación "X", representa el choque de un electrón libre, por lo tanto, la cantidad de rayos que emite el tubo estará íntimamente relacionada con

el número de electrones que chocan por segundo en el anticátodo, esto es con la intensidad de la corriente de alta tensión.

Y los rayos emitidos se calcula indirectamente proporcional multiplicando la intensidad de la corriente de alta tensión por el tiempo de exposición. Cada miliamperio por cada segundo equivalen a un miliamperio-segundo igual a 1 mA.S. Como se menciona en otro capítulo, es importante el conocimiento de los conceptos de electricidad, porque por medio de ella se producen las emisiones de rayos "X" que son de gran utilidad y a veces indispensables en el consultorio dental.

C A P I T U L O I I I .

UNIDADES DE MEDIDA DE RAYOS "X".

También es necesario conocer las unidades de medida de rayos "X", que es capaz de soportar el ser humano. Se considera que el umbral de la Dosis Eritema la de 250 r (UDE), esto es, la cantidad de rayos que provoca eritema en las personas más sensibles. La Dosis Eritema Promedio es de 500 r (DEF) y la Dosis Eritema Máxima es de 750 r (DEM), que es la cantidad necesaria para provocar esta reacción en las personas más resistentes.

Entre las unidades físicas son las siguientes:

ROENTGEN:- Corresponde a la radiación capaz de liberar por ionización de 0,00193 gramos de aire una unidad electrostática que equivale a la masa de 1 centímetro cúbico de aire seco a 0° y a 760 mm de presión, y que es la unidad de exposición.

RAD:- Es la unidad de radiación absorbida y representa una absorción de energía de 100 ergios por gramos.

REM:- Corresponde a la cantidad de cualquier radiación ionizante que el producido por la absorción de rayos "X" o gamma.

RBE:- Es la comparación entre dos radiaciones ionizantes respecto a la capacidad para producir un efecto similar, que se exprese por números entre 1 y 90

m.A.S.- Que constituye a la unidad práctica de emisión y que es el miliamperio-segundo.

EL IONOMETRO:- Es un instrumento que permite controlar directamente el poder ionizante de los rayos "X" y que está constituido por: una capa de grafito que cubre la superficie interior de un cilindro y otro conductor metálico que ocupa el eje del mismo: el espacio entre ambos conductores se halla ocupado por un gas que los aísla.

C A P I T U L O I V

PRINCIPIOS DE RADIOBIOLOGIA.

En términos muy generales, el actual empleo clínico de los rayos "X" constituye la principal fuente de radiaciones ionizantes para los seres humanos.

Las radiaciones se pueden considerar desde el punto de vista común no sólo físico sino biológico. Desde éste se pueden considerar las radiaciones bajo la denominación usual de estímulo. El estímulo es cualquier cambio externo capaz de influir en la materia viva de tal forma que se produzca una modificación de la misma en el curso de sus funciones vitales, - así tenemos:

1.- MANIFESTACIONES GENERALES:

- a).- Formas de Acción:- El efecto puede ser local o directo, o bien sistémico o indirecto.
- b).- Tiempo y efecto:- Puede manifestarse enseguida después de la exposición, a esto se le llama EFECTO INMEDIATO. Cuando pasa cierto tiempo se le llama periodo latente, las manifestaciones subsiguientes EFECTOS TARDIOS.
- c).- Calidad de los efectos:- Las radiaciones producen cambios, tanto morfológicos como funcionales en las células y tejidos. También los agentes farmacológicos modifican las funciones de las células.
- d).- Cantidad de los efectos:- Las radiaciones producen efectos reversibles e irreversibles, y puede ocasionar lesiones dependiendo de la dosis de radiación.

2.- EFECTOS SOMATICOS Y GENETICOS.

Entre los primeros se encuentran los que afectan las estructuras bucodentales y entre los segundos son los resultados de mutaciones que pueden hacerse ostensibles muchas generaciones más tarde, son aún objeto de muchas conjeturas y experimentos como resultado tendrán su efecto y serán la causa de vitalidad y fertilidad reductiva.

3.- AL NIVEL TISULAR:

- a).- Inhiben el crecimiento de las células.
- b).- Destruyen el crecimiento de las células,
- c).- Producen inflamación.

Para que cualquier radiación sea biológicamente activa, precisa que los tejidos la absorban: este hecho se expresa en la Ley de Brottus-Draper; sólo la energía que se absorbe, es biológicamente efectiva.

La luz visible, los rayos ultravioletas, el calor y la electricidad, pueden dar lugar a la destrucción o intensificación de fermentos, los rayos "X" además del efecto anterior, por su capacidad de atravesar los átomos y acelerar en ellos los electrones, producen una emisión de estos, -- (fotoelectrones o electrones compton) los que según su energía pueden liberar electrones secundarios, terciarios, etc.

4.- Existen cuatro teorías sobre el mecanismo biológico a que dan origen a las radiaciones, que son:

- a).- Teoría fotoquímica de Holthunsen, que supone que el efecto biológico consiste en múltiples microrreacciones químicas de naturaleza intracelular e intercelular.

- b).- La teoría de la Permeabilidad de Lieghti, que se basa en el supuesto de que el efecto biológico de la radiación se debe a cambios en la permeabilidad de la célula.
- c).- La teoría del calor Puntiforme de Dessayer, que cree que la energía de radiación consiste en "CALOR PUNTIFORME", es decir en notables incrementos de temperatura en partes microscópicas de la célula.
- d).- La teoría del GOLPE DIRECTO propuesta por Elau, Altenburger y otros que consideran que es necesario cierto número de golpes o impactos directos en una célula para producir deterioro biológico. Un golpe directo se considera como el efecto compuesto de un grupo de iones. La probabilidad de que se produzca efecto biológico en una célula depende por tanto de la probabilidad de que reciba un impacto.

La radiación ionizante causa muerte celular, por pérdida de integridad reproductora. Las células expuestas presentan anomalías en el núcleo, con fragmentación y enlaces cruzados, visibles en los cromosomas que resultan de la desorganización de los enlaces químicos, de los componentes celulares macromoleculares, posiblemente por el fenómeno intermedio de formaciones de radicales libres, estos cambios pueden modificarse por mecanismos de reparación dentro de la célula. El daño neto del ácido desoxirribonucleico (DNA) parece tener importancia crítica para regir la expresión biológica de los efectos de la radiación.

El 10% de los pacientes de policitemia tratados por radiación, presenta leucemia aguda, a diferencia del 1% en los que no son tratados así.

La acción inmediata de la radiación nunca afecta un solo sistema bioquímico, sino a muchos. Cada sistema puede tener diferente cronometría de reacción y sensibilidad distinta a la radiación, por eso pueden producirse muchos cuadros de daño. Se supone que en los casos de lesión inmediata, consecutiva a radiación, tiene lugar la pérdida de un sistema enzimático vital intracelular. Muchas enzimas SH, de la índole de succinoxidasa, son inactivadas por la radiación. Las coenzimas son muy susceptibles al efecto indirecto, sobre todo las vitaminas del sistema B que actúan por virtud de cambios en el potencial redox (formación de minerales). La fosforilación oxidativa es ejemplo destacado en un sistema que puede ser bloqueado por variaciones en potencial redox (desorganización de enlaces químicos). La actividad de ATPasa no disminuye sino aumenta al someter la célula a la radiación. Se acepta que en este caso hay pérdida de actividad de un inhibidor de ATPasa y ello pudiera corresponder a otro mecanismo indirecto por virtud del cual la radiación es nociva.

Existen muchos mecanismos adicionales menos potentes que pueden causar lesión inmediata por radiación; muchas células presentan trastornos de la integridad estructural, estas alteraciones pudieran tener importancia particular en las células del sistema hematopoyético. En otros casos se ha informado de desorganización de los lisosomas con necrosis de la célula inducida por la enzima catabólicas liberadas.

En términos generales, todos los fenómenos descritos se refieren a daño celular inmediato y fácil de apreciar. La explicación de los efectos latentes tardíos obligadamente tendrán las limitaciones de los conocimientos del mecanismo de regulación de la célula misma y de la economía considerada globalmente. La explicación más aceptada de los efectos laten-

tes de la radiación es la alteración en los mecanismos celulares reguladores de retroalimentación en que participan los genes represor y opresor. Sin embargo, se ignora el carácter exácto de estas alteraciones y los mecanismos o sitios de lesión del (DNA). Está comprobado que la radiación produce mutaciones por virtud de alteraciones en el (DNA). Asimismo la energía radiante tiene la facultad de inhibir las mitosis y detener su progreso, este fenómeno guarda relación definitiva con la lesión latente, incluso con la carcinogénesis. La radiación, apresura los fenómenos normales, de envejecimiento, en las células caducas se advierte retardo de la fosforilación oxidativa, de la respiración celular y del transporte activo a través de la membrana.

La duración del período de latencia, que abarca desde el momento de la radiación hasta el cambio morfológico depende de las moléculas que se modifiquen y de lo importante que sean para la función de la célula. (La latencia es el intervalo entre la absorción de la radiación y la acción biológica manifiesta). Este período puede variar desde horas, (por ejemplo el enrojecimiento de la piel), hasta años, como la aparición de cánceres dérmicos. Los cambios en la estructura genética de la célula necesitan años para manifestarse como sucede con las alteraciones del crecimiento características de la neoplasia.

5.- COMPOSICION CELULAR.

La célula está compuesta de millones de moléculas en movimiento activo. Químicamente está compuesto de agua y diversas sustancias como las proteínas, carbohidratos, grasas, minerales, etc. El físico Dessayer considera que deben afectarse de 1/100 de las moléculas de de la célula antes

de que ocurra un cambio visible en ella (la célula está compuesta de --
 10^9 moléculas).

a).- EFECTOS PRIMARIOS:- El proceso primario tiene lugar en las moléculas proteicas grandes y en el agua de la célula, después de la -- irradiación tiene lugar una desnaturalización de las proteínas. - Las soluciones proteicas muestran coagulación después de una irradiación. Este coagulo es precipitado irreversible.

b).- EFECTOS INDIRECTOS:- La irradiación de proteínas origina la formación de sustancias tóxicas cuyos efectos farmacológicos son semejantes a los de la histamina. La sustancia histamínica en cantidades pequeñas tienen efectos en el sistema circulatorio, gastrointestinal y neurovegetativo.

La acción de las radiaciones ionizantes sobre el agua conduce a la -- formación de peróxido de hidrógeno y otros agentes oxidantes que pueden -- contribuir de forma secundaria a la formación de compuestos tóxicos a inactivación de enzimas.

6.- EFECTOS MORFOLOGICOS.

Las partes de la célula más sensibles a la radiación son el núcleo celular en menor grado, el citoplasma. Los cambios morfológicos consisten -- en:

a).- PICNOSIS DEL NUCLEO CELULAR:- Consiste, generalmente en una coagulación de la cromatina. A veces sólo se observa algunos minutos -- después de la exposición.

- b).- CARIORREXIS:- Es la desintegración del núcleo celular, los fragmentos de substancia nuclear por el citoplasma.
- c).- LICUEFACCION DE LA MASA CELULAR CON VACUOLIZACION:- Todo lo que queda al final son fragmentos de cromatina. Los cambios en las mitocondrias constituyen en la primera alteración perceptible de la célula.

7.- EFECTOS FUNCIONALES.

- a).- MOTILIDAD:- Puede quedar restringida, suprimida o inalterada, Como por ejemplo los espermatozoides irradiados conservan su motilidad y todavía son capaces de fertilizar, pero pueden ocasionar monstruosidades.
- b).- POTENCIA REPRODUCTORA:- Puede quedar restringida o suprimida, detiene la mitosis, en el estadio de PLACA ECUATORIAL (ejemplo: formación de células gigantes); (Una con mitosis y o continuación -- sin mitosis).
- c).- CRECIMIENTO:- Puede quedar restringido o suprimido. Después de un período latente que se considera debido a la formación progresiva de materiales metabólicos nocivos. (dependiendo de la intensidad de la irradiación y susceptibilidad celular).
- d).- METABOLISMO:- Puede ir seguida de degeneración adiposa, mucoides -- tiene más efecto sobre la respiración celular.
- e).- PERMEABILIDAD:- Las células irradiadas muestran una fluctuación de permeabilidad aumentada o disminuída.

f).- FUNCIONES CELULARES ESPECIFICAS:- Las funciones celulares específicas (secreción glandular), puede estar debilitadas o faltar sus funciones.

8.- MODO DE ACCION:

Según la dosis, las energías vitales de células y tejidos se agotan - en un período más o menos largo de tiempo. La irradiación disminuye la capacidad de la célula para mantener el equilibrio metabólico y envejece pre maturamente, por el aumento en la velocidad de los procesos vitales.

La relación entre dosis y efecto farmacológico se rige en diversos -- casos por la llamada LEY DE ARNDT-SCHULZE, según la cual; a dosis pequeñas tienen efectos ESTIMULANTE, a dosis medianas; efecto DEPRESION y a dosis - elevadas producen un efecto DESTRUCTOR.

9.- FENOMENOS DE RESTABLECIMIENTO.

Las radiaciones producen en las células irradiadas nuevas sustancias que se han considerado como compuestos tóxicos. Según la teoría fotoquímica, el restablecimiento puede seguir dos caminos:

a).- Las sustancias formadas fotoquímicamente se recombinan en sus -- compuestos originales por reacciones químicas reversibles, (azul= de metileno=blanco de metileno).

b).- Los productos formados fotoquímicamente se separan de los tejidos por medios mecánicos, (diálisis o circulación), lo que se ha denominado EFECTO DE LAVADO .

Los fenómenos del restablecimiento se dividen en dos grupos biológicos diferentes:

- 1.- La restauración de la morfología y la función de la célula individual lesionada por la radiación, (verdadero restablecimiento).
- 2.- La restauración de la morfología y la función de los tejidos y órganos reemplazando las células lesionadas por un crecimiento derivado de las células que han escapado a la lesión por radiación (seudo-restablecimiento).

10.-EFECTOS A NIVEL CROMOSOMICO:

Como es sabido, los cromosomas son pequeños cuerpos en forma de bastoncillos en que se divide la cromatina del núcleo celular en la mitosis, cada uno se divide longitudinalmente, y dá origen a dos asas gemelas perfectamente iguales, su número es constante para una especie determinada (en el hombre 46), están constituidos por genes o factores dispuestos linealmente.

Los cromosomas determinan los caracteres individuales, así como los padecimientos hereditarios.

Las células embrionarias no diferenciadas y no especializadas suelen ser más susceptibles de lesión por energía radiante que las maduras adultas bien diferenciadas. Esta susceptibilidad guarda relación con el efecto de la radiación en los ácidos nucleicos: ADN y RNA además todas las células son más susceptibles o vulnerables a lesiones por la energía radiante cuando se hallan en fase de mitosis. La radiación puede destruir células en división, detener la mitosis y, simultáneamente, impedir que otras células se dividan por este mecanismo. Esto explica el hecho de que los embriones menores de tres meses sean más susceptibles a las radiaciones ionizantes. Dichos efectos son mayores en el primer período de la mitosis: PROFASE.

Estas modificaciones de los cromosomas se han estudiado principalmente en animales inferiores (la mosca de fruta). La energía radiante dislocan los cromosomas y pueden producirles nuevas alineaciones, lo que origina todos los tipos imaginables de mutaciones.

11.- DISLOCACION DE LOS GENES:

Este fenómeno consiste en que uno de los cromosomas se rompe, dividiéndose en dos fragmentos de tal modo que uno de ellos se une al extremo de otro de los cromosomas por lo que éste, después de la fusión, resulta de mayor longitud que en circunstancias normales, en tanto que el primero, producido al fragmento que permaneció libre, queda más corto que lo ordinario. Esta anomalía es provocada con relativa facilidad sometiendo las células reproductoras a la acción del radio o de los rayos "X". Pueden producir cambios de carácter hereditario en los núcleos de la célula, que se conoce como MUTACIONES que casi siempre producen cambios biológicos y a veces fatales.

El efecto genético de los rayos "X" sobre las células de las gónadas (glándulas sexuales), pueden ser transmitido de modo latente de generación en generación, o hacerse manifiesto, cuando la mutación es muy importante, en la siguiente generación las agresiones a las células gonadales pueden causar un efecto acumulativo.

La producción de mutaciones genéticas, por los rayos "X" puede inducir cambios de tipo mecánico, es decir roturas en los cromosomas.

Las consecuencias son:

a).- Pérdida de cromosomas o deficiencias en ellos.

b).- Duplicaciones.

c).- Traslocaciones o inversiones de secciones cromosómicas.

Así mismo, algunas drogas son capaces de producir cambios genéticos, - es posible que algunas mutaciones sean originadas por ciertos aditivos de los alimentos, por algunos constituyentes de los cosméticos y por parte de los elementos que contaminan nuestra atmósfera derivados de desechos industriales. Efectos que pueden sumarse a los originados por los rayos "X", o potenciarse como el de Sanona y Bohemia, que va acompañada por un aumento similar en la frecuencia de la enfermedad en otros mineros de material radiactivo.

En individuos con intoxicación por radio aumenta la frecuencia del osteosarcoma y el carcinoma de la mastoides y los senos paranasales.

La frecuencia de los tumores de la glándula tiroídes aumenta en individuos que han recibido radioterapia en el cuello durante la infancia o la niñez para el tratamiento de una hipertrofia del timo, linfadenitis cervical o cualquier otra causa.

En niños expuestos a radiación "X" IN UTERO, la frecuencia de todas - las formas de cáncer de la infancia presenta un aumento aproximado del 40% durante los primeros años de vida.

H.J.MULLER descubrió en 1927, que los rayos "X" pueden producir efectos hereditarios las llamadas MUTACIONES POR RAYOS "X", (investigación realizada sobre la mosca DROSOPHILA y demostró que:

a.- Las mutaciones por radiación pueden no manifestarse antes de la - tercera generación.

b.- La frecuencia de éstas mutaciones, determinan el denominado índice de mutación y es directamente proporcional a la dosis de radiación.

c.- No existe una dosis umbral para la aparición de mutaciones. La cantidad total de radiaciones ionizantes recibidas por las células germinales (óvulo y espermatozoides) se acumulan durante la vida de individuo, cuando se expone frecuentemente a las radiaciones ionizantes, la respuesta celular determina según su especificidad.

12.- RADIOSENSIBILIDAD.

Es la respuesta relativa de dos tipos de células, tejidos u órganos a una dosis dada de radiación.

Factores que influyen sobre la radiosensibilidad de células y órganos son:

a.- LA ACTIVIDAD MITÓTICA:- En los organismos multicelulares, las células que se dividen de manera activa suelen ser más radiosensibles que las que no se dividen.

b.- EL ESTADIO DE MITOSIS:- El aumento de la sensibilidad comienza en la PROFASE, aumenta durante la segmentación y migración del núcleo segmentado y alcanza un primer máximo antes de la división.- La radiosensibilidad vuelve entonces a descender y aumenta luego hasta un segundo máximo durante el estadio de gástrula. El aumento de la radiosensibilidad durante la mitosis es por la cromatina que se expone a un mayor superficie a la acción de los rayos durante la mitosis.

c.- EL GRADO DE DIFERENCIACION:- Las células embriológicas e inmaduras son más radiosensibles que las adultas.

d.- METABOLISMO:- El aumento del metabolismo celular va acompañado de un aumento de la radiosensibilidad.

La radiosensibilidad se puede agrupar en forma decreciente de la siguiente forma:

a).- Linfocitos.

b).- Eritroblastos granulocitos.

c).- Mieloblastos.

d).- Células epiteliales.

- Células basales de los testículos.

- Células basales de las criptas intestinales.

- Células basales de los ovarios.

- Células basales de la piel.

- Células basales de las glándulas secretoras.

- Células alveolares de los pulmones y los conductos biliares.

e).- Células endoteliales.

f).- Células del tejido conjuntivo.

g).- Células tubulares de los riñones.

h).- Células óseas.

i).- Células de los nervios.

j).- Células del cerebro.

k).- Células musculares.

Según se especifica en la Ley de BERGONIE y TRIBONDEAU, dice: La radiosensibilidad de un tejido es proporcional a su capacidad reproductora e inversamente proporcional a su grado de diferenciación.

13.- RESPUESTA DE LOS TUMORES A LA RADIACION:

La Ley de BERGONIE y TRIBONDEU establecen que: Los mismos principios generales rigen la radiosensibilidad de las células normales y de las tumores malignas. Los factores que pueden ser responsables a la radiosensibilidad especial de las células tumorales son los siguientes:

- a.- TEJIDO DE ORIGEN:- Tumores derivados de un tejido radiosensible (tejido linfático), se acostumbra ser radiosensibles, son tumores constitucionalmente radioresistentes.
- b.- Es la suma de la atipia morfológica y biológica de un tejido tumoral; los tumores menos diferenciados (aumento del metabolismo), son por lo general más radiosensibles.
- c.- El tamaño del tumor:- Los tumores pequeños suelen ser más radiosensibles a causa de una mejor irrigación sanguínea, lo que a su vez significa mayor actividad del metabolismo.
- d.- LA LOCALIZACION DEL TUMOR:- El carcinoma de células escamosas de la laringe, por ejemplo; puede evolucionar de forma diferente al carcinoma del útero.
- e.- LA EDAD DEL PACIENTE:- Tumores de histología semejantes, suelen ser menos radiosensibles en personas de edad más avanzada.
- g.- CIRCULACION:- La anemia disminuye la radiosensibilidad.
- h.- HORMONAS:- Ejercen el mismo efecto que en tejidos normales.

i.- INFECCIONES COEXISTENTES:- Las infecciones como la tuberculosis - y la lúes, disminuyen la radiosensibilidad.

j.- TRATAMIENTO PREVIO:- La exposición a radiaciones que no matan al tejido tumoral puede hacer que incluso tumores constitucionalmente radiosensibles se vuelven radiorresistentes.

k.- ESTRUCTURA DEL HUESPED DEL TUMOR:- Tumores de histología idéntica que crecen con la misma localización de dos cepas diferentes de - animales pueden variar en su radiosensibilidad hasta un 100%.

Con fines clínicos se suele clasificar a los tumores según su sensibi lidad relativa en comparación con los tejidos normales. Un tumor se consi dera radiosensible si se le puede hacer desaparecer sin necrosis de los te jidos adyacentes, todos los tumores en donde la dosis requerida para su de saparición excede el límite de tolerancia del tejido conjuntivo serán con siderados radiorresistentes.

En esta forma se ocasionan los efectos nocivos de la radiación ioni zante sobre las células normales, cuanto mayor contenido de líquido tengan las células, mayores serán los efectos producidos por las radiaciones ioni zantes.

C A P I T U L O V.

ANATOMIA PATOLOGICA DE LA RADIACION

CORPORAL TOTAL.

Tipos de lesiones según la dosis y el tiempo transcurrido después de la irradiación.

1.- EFECTOS INICIALES Y EFECTOS TARDIOS:- El tiempo necesario para que aparezcan lesiones anatómicas después de una radiación oscila entre minutos y años, según el tipo de proceso patológico, el tejido y las circunstancias físicas existentes durante la irradiación. La alteración de la estructura física subcelular y muerte celular, se pueden demostrar en algunos tejidos de modo casi inmediato a la radiación. Si se destruye un número elevado de células en un tejido, se desarrolla una necrosis que impide la función del órgano.

El desarrollo de algunos otros efectos de radiación como la carcinogénesis, cataractogénesis e inducción de cambios degenerativos, como la alteración de la membrana basal, puede requerir buena parte de la vida.

2.- EFECTOS DIRECTOS Y EFECTOS INDIRECTOS:- Aunque la lesión por radiación es el resultado de cambios químicos causados por la liberación de energía, la lesión de las células irradiadas en una parte del cuerpo, puede provocar de forma indirecta cambios en tejidos no irradiados, la gravedad puede depender de los efectos modificadores de los procesos reparativos, tanto locales como sistémicos.

Los efectos directos predominan sobre los indirectos, pero no siempre se puede diferenciar con claridad entre ellos.

La lesión por radiación suele ser mayor cuando todo el órgano o todo el cuerpo se irradia que cuando sólo lo es en parte, a menudo se administra una dosis local fraccionada de hasta 5,000 rads de rayos "X" durante la radioterapia, sin provocar reacciones sistémicas. Mientras que de 500 rads pueden constituir una dosis letal si se administran de una sola vez a todo el cuerpo.

3.- RADIOSENSIBILIDAD RELATIVA DE DIVERSAS CELULAS Y TEJIDOS:- Aunque ninguna célula es resistente por completo al daño por radiación, la radiosensibilidad varía entre las células de diferentes tipos. La división mitótica se altera con facilidad por la irradiación de ahí que células que se dividen a velocidad elevada sean muchas veces más radiosensibles los tejidos hematopoyéticos, piel, epitelio gastrointestinal y testículo los constituyen un tipo de células, es de las más radiosensibles.

4.- FACTORES QUE MODIFICAN LA LESION POR RADIACION Y SU REAPARICION:- La gravedad de la lesión por radiación se influye por variables físicas, fisiológicas y ambientales. Estas variables influyen sobre la intensidad más que el tipo de la lesión por radiación. Las variables físicas son: la dosis total, la distribución de la dosis en el tejido, la calidad de la radiación y los factores TIEMPO-INTENSIDAD.

Las variables fisiológicas son la constitución genética del individuo-expuesto: edad, sexo, metabolismo, estado vascular, nivel de respuesta al stress e intensidad de crecimiento.

Las variables ambientales son: La tensión de oxígeno y el stress simultáneo (microorganismos infecciosos, venenos, traumatismos, mecánicos y calor).

C A P I T U L O VI

EFFECTOS SOBRE LOS TEJIDOS ESPECIFICOS.

1.- MEDULA OSEA:- Pocos minutos después de la irradiación el índice mitótico en las células de la médula ósea disminuye, y algunas horas después de una exposición limítrofe con la dosis letal a ser cero, aparecen cambios degenerativos en algunas células inmaduras, por ejemplo: - tumefacción, pincosis, cariorraxis y citólisis. Al madurarse la mitosis las células en división puede mostrar anomalías, mitóticas, como ahesividad de los cromosomas puentes cromosómicos, mitosis tripolares, aglutinación de cromosomas, formación de cariómeros persistentes, formación de células gigantes y binucleación. A mayor dosis más tiempo pasa antes de que recomience la mitosis y mayor será la frecuencia de tales anomalías mitóticas.

El retorno a los índices mitóticos normales, puede tardar hasta tres o cuatro semanas en el hombre.

Las células lesionadas que mueren in situ se eliminan. Actúa también otro mecanismo: el cese de las mitosis ya seguido por la diferenciación de muchos eritroblastos, normoblastos y células mielopoyéticas, - Estas se liberan en la sangre y contribuyen a la granulocitosis que aparece a las 24 horas. Esta leucocitosis disminuye durante los próximos días y va seguida de leucopenia al envejecer o morir los granulocitos-irradiados que son eliminados por los fagocitos fijos del hígado, bazo y médula ósea.

2.- BAZO:- Minutos después de la irradiación es posible detectar una inhibición mitótica y degeneración celular en las células de los folículos

linfóides, se observan cambios en las células eritropoyéticas y mielo-poyéticas. A los pocos días estos cambios desaparecen en parte a causa de la fagocitosis. Junto con la depleción de las células linfóides aparece una dilatación y congestión de los sinusoides, cuyos componentes, colágeno y reticuloendotelial se hacen visibles, se encuentra -- gran número de fagocitos que contienen hemosiderina y eritrocitos que un aumento en el número de células plasmáticas. Al ocurrir la muerte el bazo se halla reducido a una mitad de su tamaño normal. Su cápsula está arrugada, y las superficies de sus cortes son rojas, pero muy secas.

La regeneración a veces va precedida por la proliferación de células -- inmaduras.

3.- TEJIDOS LINFOIDES FUERA DEL BAZO:-- Los ganglios linfáticos, timo amígdalas, placas de Peyer y aglomeraciones linfoides muestran inhibición-- mitótica y picnósis. La necrosis de los linfocitos progresa con rapidez y produce una intensa depleción de tales células. Quedan muchos -- restos celulares que son fagocitados durante el periodo subsiguiente,-- junto a la depleción aumenta la preponderancia de elementos fibroso y reticuloendotelial. En casos de accidente con dosis supraletales, esta depleción puede ser tan completa que en la autopsia, Aparece el timo como un tejido compuesto sobre todo por epitelios de células escamo-- sas y basales. Entre la segunda semana a la sexta, la trombocitopenia-- ha alcanzado su intensidad máxima, se puede producir hemorragias den-- tro de los senos linfoides. Cuando la muerte tarda treinta días o más, se observa edema eritrofagocitosis y numerosos fagocitos que contienen hemosiderina. Una de las lesiones más típicas del síndrome hemopoyéti--

co en el hombre es la necrosis y ulceración tonsilar faríngea.

La regeneración de los tejidos linfoides, con una repoblación completa de los folículos linfoides, puede retrasarse durante meses.

4.- INTESTINO, ESTOMAGO Y ESOFAGO:- La lesión del tracto gastrointestinal, aparece como una pérdida de longitud, alteración de la estructura de las vellosidades y ulceraciones hemorrágicas. Su desarrollo depende sobre todo de una interferencia con la renovación epitelial en los diversos segmentos del tracto, de lesiones producidas por el movimiento de la masa fecal y por el contenido bacteriano de las heces y del fallo uno o varios de los numerosos mecanismos reparativos.

Al principio se observa una inhibición mitótica en las células de las criptas intestinales. Sin embargo, si la exposición ha sido menor que la mortal a los sesenta días hay un rebote mitótico. Los principales cambios patológicos se limitan a la lámina propia intestinal y a los tejidos conjuntivos subepiteliales de la faringe, esófago y recto. Estos cambios no se manifiestan de no tratarse de exposiciones grandes en cuyo caso se encuentra picnosis y tumefacción nuclear en el epitelio de las criptas yeyunales y en las células basales de los epitelios escamosos.

5.- INTESTINO DELGADO:- Los cambios patológicos son más avanzados e intensos al nivel de los conductos biliar y pancreático y disminuyen en sentido caudal. El primer cambio epitelial, es la disminución en el número de células epiteliales que se extienden desde cada cripta hasta el vértice de la vellosidad adyacente, que parece paralela a la disminución en la longitud, área y volumen de la vellosidad que se retrae es-

eficaz para evitar una denudación superficial al continuar la pérdida de células epiteliales de los vértices de las vellosidades. También hay metaplasia y las células epiteliales cilíndricas altas se convierten poco a poco en células cuboideas y por último en grandes células escamosas planas. En este estadio las vellosidades están atrofiadas por completo y sólo quedan criptas anchas y superficiales.

6.- **INTESTINO GRUESO:**- Los cambios en esta porción del tracto consisten sobre todo en aumento de la producción mucóide y atrofia de la mucosa glandular. A niveles de letalidad se observan hemorragias aisladas y úlceras en el ciego y otras porciones. Las úlceras están bien demarcadas por bordes escarpados y parecen debidas a isquemia producida por trombosis y hemorragia o a lesiones estercoráceas. Estas úlceras suelen mostrar una invasión bacteriana por una flora de patogenicidad variable y una respuesta celular más bien pequeña.

7.- **ESTOMAGO:**- Las células parietales secretoras de ácido se vuelven picnóticos y se deforman. La célula parietal toma forma redonda y luego cae en el lumen de las glándulas gástricas. Las células de zimógeno, las secretoras de moco y las epiteliales ciliadas no muestran cambios manifiestos.

8.- **ESOFAGO Y OTRAS PORCIONES DEL TRACTO TAPIZADAS POR EPITELIO ESCAMOSO:**- La pérdida del poder mitótico se refleja en la mayoría de casos por la diferenciación de las células basales en células cada vez más escamosas, junto con una reducción del número total y de los estratos de células epiteliales. El esófago después de la irradiación tiene un epitelio escamoso delgado y atrófico que parece estar separándose de su membrana basal. Las mitosis basales son raras y el tejido conjuntivo - -

subyacente es edematosos, carente de linfocitos pequeños, hiperémico y hemorrágico.

9.- BOCA, OROFARINGE Y NASOFARINGE;- EL estado higiénico inicial de la boca puede ser el principal factor determinando, de, si una persona expuesta al nivel letal sobrevivirá a daños graves de la médula ósea y del tejido linfoide. Si hay enfermedad gingival amigdalitis crónica o rinitis el recambio celular se halla aumentado, lo cual dificulta la conservación de la integridad epitelial. Las ulceraciones necróticas, junto con las hemorragias gingivales y las petequias de la mucosa faríngea, producen el síndrome clínico de la angina agranulocítica. La ausencia de granulocitos aumenta las probabilidades de invasión vascular precóz y septicotemia.

En accidentes de criticalidad la activación neutrónica de las prótesis y empastes dentales ha producido fuentes radiactivas en la boca.

10.-PIEL;- La piel y sus anexos son radiosensibles, los efectos consideran sobre todo en detención transitoria de las mitósis, cese del crecimiento del pelo y descenso de las secreciones glandulares. Se requiere una dosis más elevada, a fin de producir eritema y una dosis tres veces mayor. Para ocasionar descamación húmeda, La piel de ciertas partes del cuerpo, como las axilas y el periné muestra mayor radiosensibilidad. Seis exposiciones a niveles que no llegen a producir eritema-manifiesto, distribuidos en varias semanas, suelen dar lugar antes de un año, a una piel esclerocada que contiene telangiectasias. Los fibroblastos expuestos de forma crónica a dosis fraccionadas demasiado pequeñas, es capaz de producir una cicatrización dérmica que provoque invalidez. Sin embargo esta cicatrización, por lo general va precedida de radiodermatitis aguda evidente, descamación húmeda y ulceración de-

la dermis.

Una dosis única superior a 2,000 rads produce secuencia de cambios epiteliales histológicos paralela a la observada en el intestino irradiado, detención permanente de la mitosis de las células basales, muerte de algunas células basales y metamorfosis de otras en células escamosas que se hacen acantóticas. Durante este estadio el uso y la rotura provocan una pérdida progresiva de las capas córneas escamosas superficiales, hasta que queda al descubierto la capa dérmica colágena y hay pérdida de líquido celular intersticial. Si la radiación ha sido bien distribuida a través de todo el espesor de la piel, cada apéndice dérmico y estructuras secundarias sufrirán atrofia progresiva y desaparecerán de los músculos erectores del pelo que persisten durante años en la cicatriz colágena.

La erosión celular y ausencia de regeneración dan lugar a cambios estructurales y químicos mal definidos.

Este cambio junto con la esclerosis progresiva de las arterias de la región afectada hace que la piel sea hipersensible al trauma y tiende a frecuentes e inesperadas roturas.

La carcinogénesis epidérmica es consecuencia tardía de la exposición de la piel a la radiación. Aunque se sabe que el daño por radiación es la lesión inicial, no se ha determinado si el proceso de inflamación crónica asociado a las alteraciones del colágeno y otros cambios en la dermatitis por radiación contribuye al mismo.

11.-TESTICULOS:- Los cambios iniciales son más notorios en el epitelio germinal cuya reparación y regeneración depende cuantitativamente de la supervivencia de células madres. Una dosis subletal corporal total pue

de dañar la membrana basal tubular hasta producir un claro espesamiento e hialinización. Los cambios en el tejido conjuntivo son persistentes aunque el epitelio germinativo puede quedar restaurado por completo.

Tras una irradiación corporal total supraletal, la lesión vascular intersticial se manifiesta por edema peritubular y hemorragia petequial. Si también hay trombocitopenia la hemorragia testicular puede ser muy intensa. También se observa una lesión vascular en forma de arterioesclerosis.

Cuando se ha perdido el epitelio germinal los túbulos disminuyen de diámetro y se rellenan por células sinciliales de Sertoli que son radorresistentes, las intersticiales de Leyding también son radorresistentes. Es dudoso que cualquiera de estos tipos celulares se hiperplasia o hipertrofia después de una exposición. Sin embargo en el microscopio se advierte aumento del número relativo de estas células y su prominencia en relación con los túbulos.

La radiosensibilidad del epitelio germinativo testicular es bien conocida y depende de la radiosensibilidad de la espermatogonia de tipo B, algunas espermatogonias de tipo A son lo bastante radorresistentes para permitir la regeneración del epitelio seminífero después de la irradiación corporal total. El hombre no retrasa la producción de espermatozoos y así disipa su reserva de células madres casi a la misma velocidad con que vuelven a crecer y retrasa el restablecimiento epitelial máximo durante un tiempo que puede alcanzar varios años. Por lo que es posible que el epitelio germinativo del hombre presente al examen microscópico, años después de la irradiación testicular un grado de atrofia que varía en los diversos túbulos.

Los epitelios del epidídimo y las vesículas seminales son bastante radioresistentes.

12.-OVARIO, UTERO Y VAGINA:- Después de 300 rads el ovario muestra un fuerte incremento en folículos atresicos, sin embargo algunos de los oocitos primordiales y su epitelio folicular no son dañados. Unos seis meses más tarde, la corteza ovárica contiene folículos jóvenes en maduración, a pesar de que está atrofica y fibrosa. Los folículos primordiales son bastante resistentes en comparación con los oocitos de maduración intermedia, que son muy radiosensibles y se vuelven necróticos a 100 rads. Cuando más viejo sea un folículo tanto menos sensible será su oocito y tanto más sensible será su epitelio folicular. Sin embargo, las mujeres expuestas a dosis esterilizantes de radiación pueden menstruar varias veces antes del comienzo de la esterilidad, lo cual implica que los folículos de De Graaf más maduros y sus óvulos deben sobrevivir también al daño por radiación.

Las glándulas endometriales son más resistentes: sin embargo después de una irradiación intensa pueden mostrar necrosis aguda metaplasia escamosa y formación de células gigantes.

13.-OJO:- Se encuentra inhibición necrótica y cambios necrobióticos en las células del epitelio anterior del cristalino a las pocas horas de la irradiación.

Estos cambios son transitorios, puede ir seguido por opacidad del cristalino. La patogénesis de las cataratas resultantes no estará dilucidada del todo. Parecen debidas en parte a la acumulación de células epiteliales lesionadas y muertas en el polo posterior del cristalino, así

como la interferencia con la diferenciación normal de las células epiteliales en nuevas fibras lenticulares.

14.-PULMONES:- No es visible ningún daño directo por radiación de los pulmones después de una irradiación de todo el cuerpo con una dosis de ni vel medio letal. La muerte se suele deber a hemorragias e infección,- los pulmones con frecuencia son asiento de una bronconeumonía fibrinosa, hemorrágica, que puede ser gangrenosa y tener abundante flora mixta de bacterias.

Después de 2,000 rads aparece un intenso daño vasopulmonar con edema,- hemorragia y exudado focales. En accidentes de criticalidad a dosis de intensidad elevada que mueren uno o dos días después de la irradiación cuyos alveolos más cercanos a la fuente de radiación muestran hemorragia pulmonar, hemólisis y macrófagos cargados de hierro. En personas - que sobreviven con una irradiación intensa localizada del pulmón, estos cambios pueden provocar más neumonitis crónica, con organización -- de exudado, fibrosis intersticial y proliferación del epitelio septal. Puede causar un trastorno respiratorio y es mortal. El epitelio tra- -- queobronquial es bastante radiorresistente. Las pleuras y el pericardio también, pero sus vasos se dañan con facilidad.

15.-CORAZON Y VASOS SANGUINEOS:- El miocardio no muestra daño por radiación. Pero el hecho capilar vascular no es más radiorresistente en el miocardio que en otras regiones. Una dosis superior a 2,000 rads va se guida de miocarditis intersticial y edema.

Después de dosis de 5,000 rads. Las mismas fibras miocárdicas aparecen hinchadas y están muy separadas las fibrillas y sus discos. Los -- cambios vasculares miocárdicos desarrollan con el tiempo una fibrosis-

intersticial, con cambios isquémicos secundarios en el miocardio,

16.-GLANDULAS ENDOCRINAS:- Todas las glándulas endócrinas son bastante radiorresistentes. Es difícil encontrar cambios estructurales atribuibles al daño por radiación, sin embargo se han descrito cambios funcionales y morfológicos: no específicos, como la depleción de lípidos en la corteza adrenal, pero muchos de estos cambios son comunes a la mayoría de formas de stress generalizadas.

En glándula suprarrenal, este daño se manifiesta en forma dispersos de necrosis celular e infiltración leucocitaria. Las células más sensibles están localizadas en las capas fasciculada y reticular de la corteza.

En el páncreas los islotes de Langerhan son más radiosensibles que las células glandulares parenquimatosas.

No se conoce con exactitud la relación dosis efecto para la lesión del epitelio glandular de la tiroides humana. Las exposiciones de 30.000 a 50.000 rads ocasionan cambios degenerativos morfológicos dentro de un período de tres días, la glándula queda destruida por completo y en forma permanente después de una exposición de 90.000 rads. Hay necrosis y degeneración de las glándulas hiperplásicas, con pérdida de función entre dos y tres semanas después de administrar de 10 a 100 mCi $^{131}\text{I-NaI}$.

La hipófisis es bastante radiorresistente y requiere una dosis de unos 20.000 rads para su destrucción completa.

17.-RIÑON Y TRACTO URINARIO:- La hemorragia dentro de la lámina propia puede provocar la necrosis y el esfacelamiento del epitelio suprayacente, lo cual da lugar a una hematuria macroscópica que puede ser-

intensa. Al mismo tiempo el epitelio que tapiza la pelvis renal, ureter y vejiga urinaria es medianamente radiosensible y puede mostrar cambios necrobióticos, vacuolización, atrofia y descamación focal.

La lesión consiste en una intensa cicatrización e hialinización de los glomérulos con atrofia tubular y fibrosis intersticial.

18.-ENCEFALO Y MENINGES:- Las células neuronales del encéfalo son muy radioresistentes, (pero no es regenerativo), con excepción de la célula granulosa del cerebelo. No suele observarse ningún daño neuronal por radiación después de los distintos casos de exposición corporal total. Sin embargo, una exposición masiva de la cabeza puede producir edema cerebral hemorragia perivascular y vasculitis de las meninges. Estos cambios aparecen clínica e histológicamente como un proceso inflamatorio agudo.

19.-HUESO, CARTILAGO, DIENTES Y MUSCULOS:- En personas que mueren por radiación, no se observan cambios patológicos primarios en huesos cartílago, ni músculos. Sin embargo la edad del individuo es muy importante en la determinación de la radiosensibilidad. Los niños son más sensibles que los adultos. La dosis requerida para producir una lesión permanente en el tejido conjuntivo, huesos, cartílagos y dientes en adultos es de aproximadamente unos 2,000 rads, según que la exposición sea única o fraccionada. La exposición de la línea epifisaria de un lactante a una dosis como de 200 rads puede dar lugar a un retardo importante del crecimiento. Si se trata de huesos, cartílagos y dientes en crecimiento, como en caso de otros tejidos en la misma situación, el daño primario se localiza en la célula madre.

Los músculos estriados, membranas sinoviales, fibras nerviosas y vainas

neuronaes (neurales) son muy radiorresistentes.

20.-GLANDULAS SALIVALES;- La lesión de las glándulas salivales sólo se observa después de una exposición directa a más de 2,000 rads. La tumefacción originada por el edema local derivado de la lesión vascular, aparece previamente a cualquier lesión epitelial. El tejido edematoso sufren una atrofia y en los organelos secretorios aparecen cambios citológicos

21.-HIGADO Y VESICULA BILIAR;- Los cambios en el hígado después de una irradiación letal media no suelen ser importante. Las complicaciones por radiación incluyen necrosis focal pequeños infartos, lipoidosis y hemorragia.

La vesicula biliar es bastante radiorresistente, pero puede mostrar hemorragia y edema terminales asociados con lesión de la médula ósea.

C A P I T U L O V I I .

IMPORTANCIA DE LAS LESIONES EN RELACION CON LOS

SINTOMAS, SIGNOS Y CURSO CLINICO.

- 1.- SINDROME AGUDO DE RADIACION:- Los efectos combinados de la intensa irradiación corporal total producen un complejo de síntomas y signos, conocidos como SINDROME AGUDO DE RADIACION.
- 2.- CAUSAS DE LA MUERTE:- La coexistencia de varias lesiones típicas es lo bastante característica para justificar un diagnóstico de presunción, sobre todo cuando existen antecedentes de exposición a la radiación.
- 3.- Las lesiones características de la muerte por lesión aguda por radiación son:
 - a.- Hemorragia, con coagulos de sangre en el lumen del tracto gastrointestinal y del tracto urinario.
 - b.- Estomatitis y gastroenteritis ulcerativas.
 - c.- Edema pulmonar y bronconeumonía.
 - d.- Atrofia de los tejidos hemopoyético y linfoide.
 - e.- Atrofia de los testículos.
 - f.- Ausencia de reacción celular inflamatoria.
 - g.- Algún grado de depilación.
 - h.- Bacteriemia terminal con colonias bacterianas en los tejidos.

C A P I T U L O VIII

EFFECTOS SOBRE EL CRECIMIENTO, DESARROLLO Y REGENERACION.

1.- EMBRION Y FETO:— Los efectos de la radiación sobre el crecimiento y - desarrollo prenatales dependen del estadio del desarrollo del embrión- o del feto en el momento de la exposición. El período prenatal puede - ser dividido en tres fases principales:

a.- El período anterior a la implantación.

b.- El período de la organogénesis general.

c.- El período fetal.

Durante el período anterior a la implantación el huevo fertilizado es bastante radiosensible, durante este estadio suelen causar la muerte - al principio del desarrollo intrauterino, los embriones que sobreviven hasta el nacimiento suelen ser normales.

Si la irradiación ocurre durante el período de la organogénesis, desde la segunda hasta la sexta semana, el riesgo de letalidad es menor, y - la muerte no suele ocurrir antes del final del desarrollo prenatal. En En este período la irradiación supone mayor riesgo de malformaciones, - pueden ser de casi cualquier tipo.

Durante el período fetal la tendencia a malformaciones y la muerte disminuye al aumentar la maduración.

2.- LACTANTE, NIÑO, ADULTO:— En cualquier período de la vida la irradia- - ción puede dañar el crecimiento posterior a causa de la radiosensibili- dad bastante elevada de las células indiferenciadas y en división. Du- rante la infancia y la niñez puede dar lugar a un trastorno permanente

en la formación de dientes, crecimiento esquelético, desarrollo tiroideo y crecimiento normal de otros tejidos formativos.

3.- EFECTOS TARDIOS:- Los que sobreviven a una irradiación corporal total pueden gozar de un restablecimiento del estado de salud mental que dura años o decenios antes de que se manifiesten los efectos tardíos de la radiación. Estos efectos también pueden desarrollarse de forma insidiosa después de exposiciones repetidas a pequeñas dosis. Puede haber pocos o ningún signo de lesión residual o incipiente por radiación, aparte de un posible incremento en la frecuencia de aberraciones cromosómicas en los leucocitos circulantes.

Los efectos tardíos incluyen la inducción de neoplasias, cambios degenerativos no neoplásicos de acortamiento de la vida (tipos). Los efectos somáticos deben ser distinguidos de los efectos genéticos porque también afectan más bien a la prole o descendientes.

C A P I T U L O IX

HEMATOLOGIA DE LAS RADIACIONES IONIZANTES.

Muchas lesiones histológicas características del tracto gastrointestinal ocasionadas por irradiación local no se desarrollan con cantidades de radiación que producen un 100% de mortalidad si todo el cuerpo se irradie de manera uniforme simultánea.

Como en el estallido de la bomba atómica interpusieron muchos factores de por medio y por ende no corrieron el riesgo a toda la gente de igual manera, así como por la protección de las diversas porciones del cuerpo por hormigón armado, edificios, etc., y llegaron los efectos radiactivos posteriormente en el cuerpo.

- 1.- MECANISMOS DE LESION:- El problema de la radiosensibilidad de las células sanguíneas (en la sangre periférica), en contraste con las de los órganos hematopoyéticos, sobre todo de las células madre. Los cambios en la sangre periférica son resultado directo o indirecto de una lesión de las células primitivas en los órganos hemopoyéticos. En los niveles de dosis más elevadas la hemopoyésis es detenida, por lo menos de manera transitoria.
- 2.- EFECTOS INDIRECTOS Y ABSCOPALES:- En pacientes con leucemia, que han demostrado que la irradiación del bazo en la leucemia linfocítica crónica y mielocítica crónica da lugar a un descenso del recuento de elementos formes de la sangre y algunas veces a una disminución en el tamaño de ganglios linfáticos lejanos. (Ver apéndice Art. 76 Inciso a).

C A P I T U L O X

FACTORES DE SENSIBILIDAD.

En un principio se pensó que existía una considerable diferencia en la radiosensibilidad de las células madre. Se creía que los precursores de la serie eritrocitaria y de los linfocitos eran muy sensibles a la radiación ionizante, mientras que los precursores de la serie granulocitaria serían menos radiosensibles. Se pensaba también que los megacariocitos eran bastante resistentes, ya que su número sufre escasa disminución en la médula ósea expuestos a cantidades letales de radiación durante un período de 3 a 4 días.

Los reservorios en división y maduración de la médula ósea son menos sensibles, también presentan marcada reducción en el tamaño a dosis que se aproxima al nivel letal. Porque la serie eritrocitaria a la muerte celular directa y de forma secundaria a la maduración progresiva, sin sustitución por la diferenciación de células en el reservorio de las células madre lesionadas, por ello es su marcada reducción.

En los compartimientos de maduración proliferantes de la médula ósea muchas células muestran anomalías mitóticas, se observan a menudo; células gigantes, con cariotipos y aberraciones mitóticas después de la exposición dichas células anormales son capaces de continuar madurando y salir de la médula y seguir en la sangre periférica. Se observa inhibición mitótica, -- que están en división y maduración en donde se observan mitosis anormales y tiene un restablecimiento posterior.

Las células que se hallan en proceso de maduración en el compartimiento mielocítico son radioresistentes y pocos cambios en sus estadios de maduración.

El restablecimiento de las células madre, en la médula ósea, determinan la tasa de reaparición de los elementos periféricos hasta llegar los niveles anteriores a la radiación.

La duración aproximada de la vida de las plaquetas humanas es de 10 — días, el límite superior del tiempo promedio de duración de los granulocitos en la sangre periférica es de 24 horas y la máxima duración de la vida en la sangre es de 48 horas. La familia de células linfocitarias tiene una vida de hasta 100 días o más.

C A P I T U L O X I

VARIACIONES EN EL NUMERO Y MORFOLOGIA DE LAS CELULAS.

LeRoy ha descrito cambios hematológicos en los lesionados en Hiroshima y Nagasaki. Son comparables en la mayoría de sus aspectos a los observados en los animales de laboratorio, con la excepción de las relaciones de tempe
ratura.

1.- LINFOCITOS;- Son muy sensibles a la radiación, Sherk muestran que au-
menta la velocidad de destrucción de los linfocitos normales después -
de una exposición a dosis de incluso sólo a 50 rads. MacKinney ha mos-
trado que los pequeños linfocitos de la sangre periférica son capaces-
de manifestar transformaciones y mitosis. Así pues el linfocito peque-
ño es una célula quiescente, pero capaz de mitosis cuando recibe un es
tímulo apropiado.

Los niveles linfocitarios disminuyen de inmediato a la exposición. A -
niveles elevados, la tasa de desaparición de linfocitos es probable --
que se aproxime a la tasa de utilización, porque la producción ha cesa
do por completo, o la desaparición puede exceder a la tasa normal de -
utilización dada que la lesión hística difusa es capaz de aumentar la-
demanda de linfocitos y sus productos finales metabólicos. Una vez --
que toda la actividad hemopoyética ha cesado los cambios son en parte-
función de su utilización normal, excepto cuando la dosis es tan gran-
de que las células se destruyen de manera directa en la circulación.

La sensibilidad de los linfocitos ha sido establecida por Cronkite con
irradiación extracorpórea de la sangre, demostró a los 450 y 900 rads-
mata a casi al 100% de las células que pasan por el circuito externo.-

Luego se demostró que incluso 15 rads pueden ocasionar leucopenia.

2.- GRANULOCITOS:- Estudios IN VITRO de granulocitos han demostrado que -- tanto los granulocitos normales como las células leucémicas mielógenas son resistentes a dosis de 1,000 rads de rayos X.

Los cambios en el número de granulocitos en la sangre periférica. El -- restablecimiento de los niveles de granulocitos comienza entre los -- diez y los quince días después de la exposición o antes en caso de dosis pequeñas. La muerte suele sobrevenir al llegar a los quince días-- si los niveles de granulocitos no aumentan o siguen constantes a pesar de ser bajos.

Con dosis letales la elevación suele ir seguida de muerte. Por tanto es probable que la elevación abortiva retrase de forma significativa -- la muerte del individuo irradiado.

El descenso inmediato en el número de células debido a su muerte, origina la aplasia de los compartimientos más maduros, ya que se aportan muy pocas células a estos compartimientos por diferenciación. La res-- puesta de los granulocitos humanos a una exposición corporal total heterogénea y a una exposición bastante homogénea a radiación por precipitación y a accidentes de importancia, con dosis subletales no se alcanza el nivel granulocitario mínimo hasta unos cuarenta días después-- de la exposición. Si se han recibido dosis más elevadas, el recuento-- en el hombre disminuye con mayor rapidéz.

3.- ERITROCITOS:- Los cambios en el nivel de los eritrocitos son: mucho -- menos notorios en el período inicial después de la irradiación con dosis de intensidad medioletal.

Las radiaciones ionizantes producen lesiones intravasculares en los eritrocitos y acortan la vida de los mismos. Esta lesión es indirecta y progresiva.

La lesión de los eritrocitos es leve y en los estadios iniciales sólo puede ser detectada superponiendo una segunda lesión mínima. Durante la fase trombocítica de la lesión por radiación, cuando muchos eritrocitos se extravasan y vuelven a la circulación general por intermedio de las vías linfáticas, el tránsito por un ciclo extravascular aumenta la lesión del eritrocito y ocasiona un acortamiento, fácil de medir de la vida de los eritrocitos.

4.- PLAQUETAS:- Las plaquetas disminuyen con una velocidad intermedia entre la de los eritrocitos y los granulocitos. Con frecuencia las plaquetas tienden al aumento durante cuatro a cinco días después de la irradiación, tras lo cual hay una disminución hasta que las plaquetas desaparecen o se hacen constantes a un nivel inferior. Por encima de dosis de radiación que producen un 90% de mortalidad, la respuesta de las plaquetas es máxima y éstas han desaparecido de la circulación a los once días. Con dosis menores de radiación las plaquetas no desaparecen del todo, pero se hacen constantes a un nivel inferior.

5.- ESTUDIOS DIVERSOS:- Se ha insistido en la gran inestabilidad de la médula ósea en algunas personas que han sido expuestas a pequeñas cantidades de radiación. También se ha mostrado que los seres humanos que reciben tratamiento anticanceroso con radium, donde se expone un volumen elevado de tejido, responden con una leucocitosis inicial. El número de leucocitosis continúa disminuyendo después de haber terminado la terapia.

C A P I T U L O X I I

MORFOLOGIA DE LOS ELEMENTOS FORMES DE LA SANGRE.

Los cambios morfológicos en los leucocitos son variados. En la circulación se observan linfocitos en vías de degeneración, los núcleos linfocitarios pueden estar fragmentados, picnóticos o en forma de trébol, o puede haber tan sólo alteración del patrón nuclear usual. Los núcleos pueden sobresalir presentando el cuadro de los núcleos en ojo de buho. Puede haber grandes células mononucleares fagocitarias que contienen masas nucleares y algunas veces eritrocitos. Es posible que el citoplasma de las células mononucleares sea demasiado basófilo. Pueden formarse vacuolas. Algunas veces se observan células inmaduras. En la sangre periférica a veces hay granulocitos en degeneración. Pueden observar granulaciones tóxicas. Las plaquetas muestran algunos cambios junto con una reducción de su número. Las alteraciones en las mitocondrias y partículas de rojo neutro se ha demostrado que aumenta el número de partículas refrigerantes con el verde de Janus y rojo neutro.

- 1.- EFECTOS TARDIOS:- Puede desarrollar una leucopenia persistente, puede haber una hiperplasia en la médula ósea y puede ser posible el desarrollo de leucemia tras una sola exposición aguda.
- 2.- DESARROLLO DE LEUCEMIAS DESPUES DE LA ESPOSICION CUTANEA:- Se ha investigado que la sangre normales antes de la exposición a los rayos "X", - el diagnóstico positivo de leucemia es precedido por linfocitosis eosinofilia y monocitosis. Es la frecuencia de leucemia en radiólogos, y es diez veces mayor en estos técnicos.

3.- LEUCEMIA DESPUES DE UNA DOSIS UNICA O VARIAS DOSIS REPETIDAS DE RADIA-

CIÓN;- Los supervivientes de las bombas atómicas, cerca del epicentro, muestran una mayor frecuencia muy significativa de leucemia que los su pervivientes fuera del nivel de radiación.

Los estudios sobre la leucemogénesis en el hombre continúan, sobre todo en los Estados Unidos y Gran Bretaña, se efectúan extensos estudios epidemiológicos sobre la relación entre la radiación anterior. Se han proseguido las observaciones acerca de la frecuencia de leucemia en -- pacientes expuestos a rayos "X" terapéuticos para espondilitis.

La patogénesis de la radiación de leucemia por radiación ha sido estudiado a fondo. Todas las radiaciones ionizantes son leucemogénicos. --

Las exposiciones repetidas, espaciadas de forma apropiada, dan una inducción más rápida y una mayor frecuencia. La frecuencia de induc- -- ción aumenta con la dosis, los andrógenos y la cortisona inhiben la - inducción de la leucemia linfóide y los estrógenos la aumentan. Sin em bargo, la cortisona no inhibe la producción de la leucemia mielóide. - Han mostrado que las anomalías cromosómicas persisten mucho tiempo des púes de la exposición a la radiación. Sería fácil deducir que la leuce mia se desarrolla en los individuos con anomalías cromosómicas estable persistente.

Se ha estudiado también que la leucemia inducida por radiación para de terminar el tiempo de la incubación entre la exposición y el diag nósti co. Su análisis indica que el tiempo de incubación modal en adultos es de cinco años, y que el 90% de los casos es probable que sea diag nósti cado unos diez años después de la exposición. Aunque consideran que -- la leucemia proviene de una o más células alterada que crecen en pro--

greción logarítmica sus análisis fueron anteriores a publicaciones sobre cálculos del tiempo de generación que aceptan un período de incubación tan corto.

Ha que tener en cuenta que:

- a.- Se necesitan acontecimientos mutacionales posteriores para desarrollar el linaje celular leucémico.
- b.- El mutante leucémico de la célula madre descansa durante un período prolongado de tiempo.
- c.- Hay una tasa muy elevada de mortalidad en la población de células madre leucémicas proliferantes desde su primera aparición para retrasar su crecimiento hasta una población diagnosticable de más de 10^{11} células.

C A P I T U L O X I I I

HALLAZGO DE LESIONES POR IRRADIACION

MEDIANTE PROCEDIMIENTOS HEMATOLOGICOS

Comprende dos categorías:

- a.- La detección de la exposición breve e intensa.
- b.- La detección de las exposiciones pequeñas acumulativas.

1.- EFECTOS DE LA EXPOSICION AGUDA:- La disminución rápida en el número total de linfocitos, es probable que aumente el número de partículas refrigerantes.

El índice mitótico disminuirá la fragmentación cromosómica, puentes, -- picnósis nuclear, ca-rriorrexis, cariólisis, satélites nucleares, que se encuentran en pocas horas después de la radiación.

2.- TEJIDO LINFOIDE Y BAZO:- Los linfocitos y los tejidos linfoides y el esplénico, son muy sensibles a la radiación. El número de linfocitos en la sangre circulante comienza a disminuir el día que sigue a la lesión por radiación. Las dosis usuales de radiación, como las empleadas para diagnóstico, no afectan a los linfocitos. Con exposición más intensa, - los ganglios linfáticos y el bazo se tornan blandos y disminuyen de volumen en uno o dos días. Existe gran diversidad de alteraciones citoplásmicas y nucleares; el citoplasma de los linfocitos, en la etapa inicial tiene aspecto granuloso, tumefacto y coagulado; en este período los núcleos pueden presentar aumento de volumen o algo de picnósis; a los dos días siguientes, la masa citoplásmica se transforma en resto granuloso

amorfos semejantes a los producidos por la necrosis de coagulación y -- hay cariorrexis o carilosis. Las células conservadas pueden presentar variaciones de tamaño y forma; a veces aparecen células más grandes que las normales con varios núcleos. Con el tiempo la necrosis de linfocitos pueden ser completa, sólo queda la armazón fibrosa con pérdida de los centros germinativos y folículos esplénicos. El revestimiento de células reticuloendotelial de los senos también está afectado, pero en general menos gravemente que los linfocitos del bazo y los ganglios linfáticos.

La degeneración de las células y tejidos mencionados puede efectuarse a partir de células linfóides madres, que no se han destruido. Así pueden reconstruirse los folículos esplénicos, los folículos linfóides y la -- pulpa. La regeneración también puede ocurrir gracias a la transformación de las células reticuloendoteliales primitivas, en linfoblastos.

3.- SANGRE Y ORGANOS HEMATOPOYETICOS:- Las células hematopoyéticas son también muy vulnerables a las lesiones por radiación, todos los elementos mieloides presentan alteraciones regresivas al día siguiente, o a los -- dos días que siguen a la exposición a dosis suficientes; se aprecian -- alteraciones citológicas semejantes a las descritas para los linfocitos, con disgregación del citoplasma y retracción o desaparición de los núcleos, la médula ósea puede perder casi todas sus células, al principio presenta disgregación y con el tiempo (una o dos semanas), desaparece la mayor parte de células, sólo queda tejido conectivo laxo que contiene precipitado proteínico en los espacios intercelulares, los fibroblastos, que son resistentes, y los vasos sanguíneos, que poseen resistencia relativa, persisten como los únicos elementos vitales. Para que-

el paciente sobreviva a los daños producidos por la radiación suficiente, debe ocurrir regeneración progresiva, a partir de los precursores hemopoyéticos indemnes o de los elementos preservados, los primeros en aparecer son los eritroblastos primitivos, en focos esparcidos en la médula, o de manera difusa; con el tiempo la reconstrucción puede ser completa; en ocasiones, la proliferación de los elementos medulares excede del nivel normal y produce hiperplasia intensa, esta alteración no suele manifestarse sino después de cuatro a seis semanas o más.

Por la destrucción rápida de los elementos medulares, en la sangre periférica hay modificaciones intensas, el tiempo de supervivencia de las plaquetas y de los granulocitos, se mide en días; después del posible incremento pasajero breve, por estimulación inicial, hay disminución progresiva del número de granulocitos (granulocitopenia) y plaquetas (plaquetopenia y trombocitopenia) en la sangre circulante, que alcanza su máximo al final de la primera semana; para que aparezcan (en la sangre circulante) nuevos elementos figurados, debe ocurrir regeneración de la médula ósea, pero la maduración de los granulocitos es ineficaz, por lo cual la granulocitopenia puede persistir semanas y meses después. Puesto que los glóbulos rojos poseen la mayor longevidad (vida prolongada) de todos los elementos figurados de la sangre, la anemia sólo se manifiesta pasadas una o dos semanas de la lesión inicial por suficiente radiación.

Así el número de elementos figurados en la sangre periférica, es índice valioso y sirve como guía en la fase de restablecimiento. La linfopenia es el dato más sensible de lesión, pues estas células son las primeras en desaparecer; la reaparición del número normal de granulocitos, es el dato más valioso de restablecimiento pues indica que la médula ósea está en proceso de regeneración.

Es interesante la hiperplasia intensa de la médula ósea, que se observa de vez en cuando, puede guardar relación con el aumento en la frecuencia de leucemia, en sujetos expuestos de manera crónica, como radiólogos y técnicos en rayos "X"; posiblemente la exposición mínima durante largo tiempo cause hiperplasia intensa de la médula ósea, con pérdida de los mecanismos de regulación y proliferación neoplásica patente, que acaba en leucemia. -- (Ver Apéndice, Pag. 12 ART. 42 Inciso a).

4.- EFECTOS DE UNA PEQUEÑA EXPOSICION REPETIDA:- Se observa sobre la sangre en el hombre expuesto de forma crónica como: la leucocitosis, reacciones leucemoides, leucemias leucolíticas, eritrocitosis, reticulocitosis, leucopenia, púrpura trombocitopénica, anemia aplástica, leucemia leucopénica, partículas refrigerantes de rojo neutro en los linfocitos y cambios en la coagulación sanguínea.

C A P I T U L O X I V

LESION POR RADIACION CORPORAL TOTAL.

1.- OBSERVACIONES GENERALES.- Hoy en día los conocimientos son insuficientes para rellenar los vacíos existentes entre lo que se sabe acerca de los efectos de la radiación sobre sistemas químicos puros y las consecuencias de la inactivación de la célula aislada. Los efectos a nivel celular, orgánicos y de mamíferos han sido muy estudiados y los resultados finales en los mamíferos están en la actualidad bien caracterizados.

La lesión por radiación, en sentido amplio, puede ser producida por todos los tipos de radiaciones ionizantes. La dosis requerida varían según el tipo de radiación, la velocidad de administración y el poder penetrante de los rayos.

La Comisión Internacional de Unidades Radiológicas, el Consejo Nacional de Protección Contra la Radiación, han recomendado que, siempre que sea posible, se exprese la dosis en términos de cantidad de energía absorbida por unidad de masa (erg/g) de material irradiado en la zona de interés. La unidad es el rad. (Ver Apéndice, Pag. 6 ART. 18).

Se comprende que la dosis absorbida en relación con el tejido es la determinante primaria del grado de acción biológica, es necesario medir la exposición en el aire para obtener la dosis absorbida en rads. La intensidad del efecto biológico, quedará determinado por factores adicionales, como la dosis media. La calidad de la radiación, la geometría de la exposición, la-

región del cuerpo expuesta y una serie de factores biológicos. Para correlacionar la dosis con los efectos, tiene gran importancia la dosis histórica y la distribución de la energía absorbida. Las mediciones biológicas de dosis como son la disminución del peso, esplenio y timo, en peso corporal, el peso intestinal, la respuesta hematológica, el tiempo de supervivencia, la captación de hierro por los eritrocitos y cambios histológicos. (Ver — Apéndice, Pag. 12 ART. 42 Incisos 1 y 2).

C A P I T U L O X V

LESIONES POR RADIACION PENETRANTE.

1.- EXPOSICION CORPORAL TOTAL AGUDA:- La enfermedad aguda por la radiación puede aparecer en el hombre por exposición a radiaciones (Beta) o neutrones, o ambas, procedentes del estallido de una bomba atómica: --- fuentes radiactivas, por reactores nucleares o en la radioterapia de tumores malignos.

Se desconoce la DL (dosis letal) exacta en el hombre; sin embargo se calcula que para una exposición corporal total uniforme el valor se --- aproximará a 300 rads, expresado como dosis absorbida en el punto medio (DL 50 y 60 días). (Ver Apéndice, Pag. 9 ART. 26).

2.- EXPOSICION CORPORAL PARCIAL:- La enfermedad aguda puede ser causada en la radiación del cáncer.

3.- LESIONES POR RADIACIONES POCO PENETRANTES:- De la piel u otros tegu- -- mentos, puede ser provocado por exposiciones a rayos BETA, en la preci- pitación radiactiva o en accidentes en el manejo de materiales radia- c- tivos

4.- LESIONES POR DEPOSICION DE MATERIALES RADIATIVOS EN EL CUERPO:- Puede- ser provocada por la inhalación, ingestión o ingreso en el organismo a- través de heridas abiertas de los productos procedentes de bombas atómi- cas, materiales radiactivos en los accidentes de laboratorio. Suele - - dar lugar a efectos tardíos crónicos.

C A P I T U L O X I I

EFFECTOS TARDIOS DE LESION POR RADIACION.

- 1.- LESIONES POR RADIACIONES PENETRANTES:- La exposición corporal total o parcial, puede dar lugar a:
- a).- Discrasias sanguíneas,
 - b).- Empeoramiento en las enfermedades degenerativas.
 - c).- Acortamiento de la duración de la vida.
 - d).- Aumento de la frecuencia del cáncer.
 - e).- Retraso del crecimiento y desarrollo en niños.
 - f).- Aumento de la frecuencia de cataratas.
 - g).- Disminución de la fertilidad.
 - h).- Efectos genéticos.

Las lesiones por absorción de materiales radiactivos, provoca la leucemia y el cáncer óseo.

- 2.- SINDROME DE LA RADIACION:- A dosis de 15,000 rads, según la especie -- pueden morir después de uno o dos días, horas o incluso minutos cuando aún están bajo el has, esto ha dado lugar a la distinción entre los síndromes de radiación, el síndrome del Sistema Nervioso, Síndrome gástrico-intestinal y el síndrome de la médula ósea. El síndrome del Sistema Nervioso Central se halla caracterizado por signos y síntomas indicativos, coordinación deficiente, confusión mental, ataxia, hiperexcitabilidad y más adelante cuadro clínico de choque, seguido por la muerte. -- Con dosis de 1,000 hasta 1,500 rads aparecen antes los síntomas de vómitos, anorexia y diarrea, de 1,500 hasta 6,000 rads hay síntomas de -

lesión intensa del tracto gastrointestinal.

Con dosis de muchos miles de rads, la muerte es inevitable a pesar de todos los intentos terapéuticos.

- 3.- RESPUESTA EN EL HOMBRE EN FUNCION DE LA DOSIS:- Con cantidades de radiación corporal total por debajo de 100 hasta 150 rads, o a lo sumo - hay una náusea transitoria. La leucopenia sobre todo la linfocitopenia, será leve y de corta duración. Con cantidades de 150 hasta 1,000 rads, aparecerán en pocas horas las náuseas pronunciadas, vómitos, malestar, debilidad, mareo, anorexia, taquicardia, irritabilidad e insomnio. Habrá un grado variable de leucopenia, anemia y trombocitopenia, que desaparecerán entre las 24 y las 48 horas para reaparecer después de algunos días. El período latente, será más breve con las dosis mayores y puede faltar si la dosis es bastante elevada. Al terminar el período latente serán más intensas las infecciones y hemorragias. En los japoneses las infecciones fueron especialmente agudas de tres a cinco semanas después de la exposición, y los fenómenos hemorrágicos - entre cuatro y seis semanas.

C A P I T U L O X V I I

PATOGENESIS DE LA LESION POR RADIACION.

La muerte puede sobrevenir algunas veces como resultado del fallo de un órgano radiosensible, según la importancia que tenga la función de dicha parte, provoca la muerte, el fallo de la médula ósea y la pancitopenia consecutiva. Por otra parte las gónadas del varón no son necesarias para la supervivencia.

Así pues los síndromes de irradiación de todo el organismo, que pueden implicar la lesión extensa de una serie de órganos, se pueden atribuir sobre todo el fallo de uno o a lo sumo de pocos órganos. El síndrome GI es causado por la lesión intensa de las células precursoras en división en las criptas de Lieberkuhn.

La susceptibilidad a las infecciones aumenta por el hecho de que a estas dosis muy elevadas la médula ósea presenta gran depleción y hay una intensa neutropenia, justamente cuando está comprometida la integridad de la cubierta de la vellosidad.

C A P I T U L O XVIII

SINDROME DE LA MEDULA OSEA.

Es consecuencia fundamental de una intensa depleción de las poblaciones de células precursoras en división en la médula ósea. El síndrome fulminante y la letalidad están asociados con hemorragia e infección, relacionadas con depleción de las plaquetas y neutrófilos en la sangre.

El sistema de renovación celular de una célula madre, producen dos tipos de células; una madre y otra dedicada a la ulterior división y diferenciación hacia elementos maduros en la sangre. Las células madre quedan en el sistema de reservorio de división y maduración.

Las células que sólo están madurando y que no se dividen continúan madurando a velocidad normal y siguen aportando células a velocidad casi normal a la sangre periférica.

El hombre parece constituir un caso especial, ya que los cambios del recuento sanguíneo al nivel del DL₅₀ (dosis letal) se verifican con mucha más lentitud y por ello el tiempo de supervivencia es más largo que en otras especies.

1.- POSIBLES FACTORES PATOGENICOS ADICIONALES;- La patogénesis de la radiación se ha relacionado con la depleción celular. También se han propuesto otras numerosas teorías para explicar los efectos biológicos, entre ellas la desnaturalización generalizada de las proteínas, la inhibición enzimática y las alteraciones en la permeabilidad de la membrana celular. A las dos primeras necesitan dosis muy elevadas por lo que no tienen gran importancia a las dosis que producen el síndrome de radiación.

La permeabilidad de las membranas se puede alterar por la radiación y que esto puede tener un papel en la muerte de ciertos tipos de células. Este factor quizá sea bastante importante a los niveles de dosis más elevadas que se encuentran en la terapia por radiación, aunque pueda actuar como coadyuvante, el factor primario responsable del síndrome de radiación agudo es la inactivación celular sea cual sea su mecanismo.

- 2.- TOXINAS CIRCULANTES:- Hasta la fecha no hay datos definitivos que apoyen la hipótesis de que las sustancias tóxicas circulantes tengan efectos indirectos sobre los órganos hemopoyéticos. Pero hace poco se han presentado nuevos datos que indican que las toxinas pueden tener un papel importante en ciertas condiciones. La teoría histamínica de la enfermedad por radiación ha sido definida por Elleinger, quién consideró que muchos de los efectos de la radiación se deben a la producción de sustancias de tipo histamínico.

C A P I T U L O X I X

EL PAPEL DE LAS SUPRARRENALES

EN EL SINDROME AGUDO POR RADIACION.

Desempeñan un papel en el síndrome agudo por radiación; sin embargo, - la evaluación de la importancia de este papel ha sido muy variable. Se han señalado ciertas semejanzas entre la insuficiencia corticoadrenal y la le- - sión aguda por radiación, como la variación en la cloremia, metabolismo del agua colesterol sanguíneo, depósito de grasa en el hígado y glucemia. La - - exposición intensa da lugar a polidipsia y poliuria, puede haber una redis- - tribución de líquidos. Los cambios en la química en el equilibrio hídrico, - pueden ser explicados por vómitos o diarrea. Con la pérdida de líquido y - electrólitos, así como la posible falta de ingestión de alimentos y líqui- - dos. Muchas de las modificaciones se pueden deber al stress. En un estu- - dio clínico, de, pacientes después de la irradiación de la región pélvica. También se han encontrado que la intensidad y el desarrollo en el tiempo de la enfermedad por radiación, se correlaciona con cambios en el número abso- - luto de eosinófilos periféricos. Concluyeron que la corteza suprarrenal su- - fre cambios definitivos durante la irradiación, pero es probable que tales- - cambios no estén relacionados con la enfermedad por radiación clínica.

1.- SECUELAS PANCITOPENICAS (INFECCION):- Las secuelas de la pancitopenia- - son la infección, hemorragia y anemia.

Hay tipos de pruebas de que la infección tiene importancia en el sín- - drome agudo de la radiación:

a).- Observaciones clínicas en seres humanos expuestos a dosis eleva- - das de radiación.

- b).- Estudios correlativos sobre la tasa de mortalidad, tiempo de la - muerte y frecuencia de cultivos positivos de sangre en animales.
- c).- Infección de animales irradiados con organismos virulentos y normalmente no virulentos.
- d).- Estudios en animales libres de gérmenes.
- e).- Estudios sobre la eficacia de antibióticos para reducción de la - tasa de mortalidad por radiación.
- f).- Estudios acerca de la eficacia de agentes que aumenten o resta- - blezcan las defensas antimicrobianas.

Los signos y síntomas de infección incluyen fiebre elevada, angina de Ludwig y otras afecciones cutáneas y mucosas, celulitis, neumonía y septicemia.

Se ha demostrado que la irradiación corporal total activa a infecciones que por lo demás permanecían latentes.

Es conveniente señalar que hay gran variación en el grado de aumento de la sensibilidad a diferentes microorganismos o toxinas y la intensidad de los efectos según la vía de administración.

Ha sido demostrado que los antibióticos administrados después de la exposición a la radiación aumentan la supervivencia en ciertas condiciones. - Se ha demostrado una disminución de la frecuencia de la mortalidad espontánea.

Sin embargo, los antibióticos no deben ser considerados como remedios infalibles tras una grave exposición en seres humanos. Dos personas expuestas en los accidentes de reactores en los Alamos y una expuesta en el acci

dente yugoslavo murieron a pesar de una intensa terapia antibiótica. Es posible que se pudiera obtener mejores resultados con un plan de administración apropiado para evitar el desarrollo de bacterias residentes.

No hay duda de que la infección contribuye mucho al proceso morboso y a la mortalidad que sigue a la exposición a una irradiación corporal total.

Sin embargo también es evidente que la enfermedad crónica por radiación no es una enfermedad infecciosa, sino que más bien se trata de la complicación de una enfermedad primaria debilitante grave que interfiere de manera específica los mecanismos defensivos contra la invasión bacteriana.

MECANISMOS DE AUMENTO DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LA INFECCION.

Casi todas las defensas corporales contra la invasión bacteriana que-- dan debilitadas por radiación, así como la piel y las mucosas, pueden mos-- trar pequeñas erosiones, que constituyen puertas de entrada para las bacte-- rias. El número de bacterias que pueden atravesar la barrera intestinal no-- aumenta después de la irradiación, sin embargo las que cruzan pueden multi-- plicarse y producir una bacteriemia mortal. La leucopenia y el descenso en la producción de anticuerpos contribuyen en gran parte al aumento de la sug ceptibilidad hacia la infección.

1.- FACTORES QUE MODIFICAN LA RESPUESTA A LA IRRADIACION CORPORAL TOTAL:- --

Hay varios factores que pueden influir de manera favorable o desfavora-- ble sobre la letalidad de la exposición y se agrupan en factores pre- -- irradiación y factores postirradiación.

a).- EDAD Y SEXO.- Los seres muy jóvenes parecen más sensibles a la ra-- diación. La hembra puede ser más resistente que el macho.

b).- MEDIO AMBIENTE.- Hay datos indicativos de que el frío, traumas, -- hambre, ejercicio muscular y ruido pueden incrementar la letali- -- dad de una dosis determinada.

c).- ALERGIA, INMUNIDAD, TRASTORNOS METABOLICOS Y DEFICIENCIAS ALIMEN-- TICIAS.- Se sabe poco acerca de la influencia de estos factores so bre la supervivencia en el hombre. Sin embargo las deficiencias - alimenticias en vitaminas y proteínas parecen aumentar la frecuen-- cia de la enfermedad por radiación.

C A P I T U L O XXI

FACTORES DE PREIRRADIACION

QUE AUMENTAN LA TASA DE SUPERVIVENCIA.

Se describen en una serie de procedimientos y agentes que actúan como protectores. Tal vez el procedimiento más generalizado sea la hipoxia o -- disminución de la tensión de oxígeno.

La hipotermia parece proteger porque ocasiona hipoxia. El monóxido de carbono y el cianuro pueden aumentar la tasa de supervivencia. Son eficaces los agentes que producen metahemoglobinemia, como la p-aminopropiofenona o PAPP. El estradiol disminuye la mortalidad si se inyecta diez días antes -- de la irradiación. Los compuestos que contienen SH como la cisteína y el -- glutati6n, proporcionan una gran protecci6n. Los derivados de N-arilo o -- N-acilo de cisteína tendrían acci6n protectora. Los compuestos de azufre -- como la tiourea, los compuesto con cadenas de carbono ramificadas o largas -- como la 3-mercaptopropilguanidina, dan resultados satisfactorios; como la -- histamina, serotonina DOPA adrenalina, oxitocina, reserpina y apresolina, -- agentes anestésicos y alcohol. Otras sustancias como el ácido salicílico, -- zinc, cobalto, magnesio, sulfatos, clorpromacina, agentes quelantes, morfina, linoleato, oxipoligelatina. Pero ningún agente preprotector ha sido a -- apropiado para la defensa práctica del ser humano, sino que se há investiga -- do en animales como los ratones y coballos únicamente.

1.- PROTECCION CON LAMINAS METALICAS:--La protecci6n de partes del esqueleto que impida el descenso del número de plaquetas de la sangre, así como las hemorragias con dosis que causan la muerte. Pero la protecci6n --

de segmentos del abdomen y su influencia en la fagocitosis de bacterias, la protección de órganos da lugar a un incremento muy notorio en la velocidad de la regeneración hemopoyética. La protección de las suprarrenales y la supervivencia es según la protección al abdomen o al esqueleto. Se precisa una dosis mayor en rad para causar la muerte -- cuando se protege al abdomen y menor cuando sólo está expuesto el abdomen y queda protegida la mayor parte del esqueleto. Es evidente que en la sangre circulan normalmente células madre capaces de acelerar la regeneración de la médula ósea. Que pueden diseminarse por esta médula o el bazo irradiados y acelerar su restablecimiento.

2.- FACTORES DESFAVORABLES DE LA POSTIRRADIACION:- Disminuirá en leve tiempo de supervivencia, después de la irradiación puede aumentar la tasa de mortalidad, y el mantenimiento de un estado hipermetabólico mediante la administración de dinitrofenol después de la irradiación puede aumentar la mortalidad. El propionato de testosterona administrado después de la irradiación con una LD_{50} , aumenta la tasa de mortalidad. La ACTH después de la irradiación puede ser nociva, el sincavit y la vitamina K aumentan la mortalidad en los animales irradiados. Estas sustancias tienden a concentrarse en algunos tumores después de su inyección intravenosa.

3.- FACTORES POSTRADIACION QUE AUMENTAN LA TASA DE SUPERVIVENCIA:- La modificación de la lesión por radiación durante la postradiación se puede clasificar en tres grupos:

a.-Restablecimiento intenso y rápido de los tejidos hemopoyéticos muy -
lesionados mediante la protección con láminas de médula ósea o el ba
zo.

b.-El efecto menos radical, del estímulo de la mielopoyesis y la eritro-
poyesis en la postradiación. La mielopoyesis se puede estimular por-
una inflamación estéril, con dosis medioletales o subletales. La eri-
tropoyesis se estimula por la anoxia o por plasma anémico normal, --
con dosis subletales.

c.-Modificación del cuadro histológico y clínico.

En la mayoría de los tejidos y hay restablecimiento o regeneración aun
sin medidas especiales, dependiendo del tipo de organismos irradiados.

La congelación, descongelación, irradiación y tratamiento con formali-
na inactivan al principio activo. El trasplante celular es posible, y que -
en efecto, tiene lugar como la aplicación del tipo sanguíneo de ciertas ce-
pas de ratas, demuestran que el tejido eritropoyético funcional del animal-
donador se puede quedar implantado en el huesped irradiado y puede produ- -
cir células características del donador.

Se han efectuado estudios cuantitativos para caracterizar la respuesta
en mortalidad después de la inyección de médula ósea isóloga, homóloga y he-
teróloga. Al aumentar el número de células inyectadas se acelera la veloci-
dad de regeneración de la médula. Aunque tanto la médula homóloga como la -
heteróloga tienen un efecto protector, el número de células que ha de ser -
inyectado para conseguir una protección es mucho mayor con médula homóloga-
que con isóloga, y aún mayor si se usa médula heteróloga, Con la médula --

óseo isóloga la DL_{50} aumenta en un factor aproximado de dos. Cuando se in--
yecta médula heteróloga la tasa de mortalidad aumenta a la dosis más peque--
ñas. Esto al parecer se debe a que las respuestas inmunológicas del huesped
no se destruyen con la dosis menores, las reacciones de histoincompatibili--
dad dan lugar a un incremento de la motalidad. Se puede suponer que la mé--
dula ósea histoincompatible no tiene ningún valor e incluso puede ser tóxi--
ca. La médula incompatible sólo sería terapéutica a dosis más elevadas.

Hay pocas dudas de que la médula ósea propia de una persona o de un --
gemelo idéntico se implantará con éxito si es infundida dentro del ser huma
no irradiado. Se ha publicado la supervivencia a lo largo término de médula
homóloga antigénicamente no idéntica en un ser humano que había sido somet*í*
do a quimioterapia por una discrasia sanguínea. Mathé ha comunicado un éxi
to temporal con médula homóloga administrada a varios individuos que reci--
bieron dosis elevadas de radiación en un accidente de reactor, y ha publica
do éxito en el trasplante y en la enfermedad secundaria en niños leucémicos
que habían recibido dosis elevadas de radiación corporal total seguido por--
infusión de médula homóloga. La radiación ha permitido trasplantar con --
éxito riñones homólogos en el ser humano.

La demostración de un trasplante celular no excluye una contribución --
humoral con estímulo del crecimiento idéntico. Sin embargo parece evidente--
que las células madre de la médula no sólo se pueden trasplantar por inyec--
ción intravenosa, sino que también existe un reservorio móvil de células --
pluripo--tenciales o totipotenciales que circulan en la corriente sanguínea--
y se hallan disponibles para iniciar una actividad hemopoyética y quizá tam
bién, de otra índole cuando sea necesario.

C A P I T U L O XXII

EFECTOS DE LA RADIACION

A NIVEL DE LAS ESTRUCTURAS DENTARIAS.

- 1.- Pueden ser clasificados en cuatro grupos:
 - a.- Efectos directos.
 - b.- Efectos indirectos.
 - c.- Interferencia en el desarrollo normal del hueso.
 - d.- Osteorradionecrosis.

- 2.- Los efectos de la radiación dependen principalmente de la longitud de onda, de la edad del paciente en el momento de la exposición, de la susceptibilidad, del tiempo de exposición; otros factores que influyen son:
 - a.- El volúmen del tejido irradiado.
 - b.- La cantidad de energía transferida a ese volúmen.
 - c.- La dosis por tratamiento.
 - d.- El número de fracciones o sea, las dosis administradas.
 - e.- Duración total de la terapia.

Los efectos indirectos de la radiación, también pueden afectar los órganos dentarios, dependiendo del volúmen del tejido, zona y dosis aplicada.

- 3.- INTERFERENCIA EN EL DESARROLLO NORMAL DE LOS DIENTES HUMANOS:- Por la observación de algunos casos, que se supone que la radiación puede dañar un gérmen dentario hasta el extremo de que ese diente no se forme; que hay enanismo de dientes permanentes, que en las raíces, aquellas -

coronas formadas antes de la radiación se complete prematuramente la calcificación, y en ocasiones, erupción precóz de los afectados; se ha observado la hiperplasia del esmalte en un paciente que recibió terapia radiante a la edad de nueve meses. Con frecuencia se presentan combinaciones de estos efectos.

La radiación administrada durante el período de desarrollo puede inducir cambios reconocibles o aún detener el crecimiento en cualquier estadio o retardo en la erupción primaria, así como perturbación de la secuencia. (Dentición secundaria o permanente). En madres durante el 2/o. y 3/er. mes de embarazo puede destruir las células odontogénicas. La radiación destruye también el germen dentario, cambia la diferenciación o impide el crecimiento. (Ver Apéndice, Pags. 10 y 12 ARTS. 30 y ART. 47 Inciso 11).

Los dientes son más radiosensibles (a nivel celular) durante el primer período de su desarrollo. Las células odontogénicas se originan tanto de la capa ectodérmica como mesodérmica del embrión. Los ameloblastos son células epiteliales de origen ectodérmico que dan lugar al esmalte, los odontoblastos son de origen mesodérmico y forman dentina, los odontoblastos maduros son relativamente resistentes a la radiación, excepto a dosis muy altas, pero los inmaduros, aún en proceso de diferenciación, sufren destrucción total, de acuerdo con la dosis aplicadas. Si ésta es menor que la dosis letal, se produce cesación temporaria de la formación normal de la dentina, que más tarde podría observarse como un defecto o nicho en la capa dentinaria. Los odontoblastos inmaduros pueden alterar su función secretoria para formar osteodentina una substancia amorfa en lugar de dentina organizada.

La radiación directa daña a los dientes mediante interferencia en la mitosis del tejido proliferativo e impedimento del proceso metabólico para diferenciar células secretorias. Las células maduras parecen ser insensibles al daño por radiación. (Ver Apéndice, Pag. 14 ART. 73).

4.- EFECTOS INDIRECTOS DE LA RADIACION SOBRE LOS DIENTES;- Cuando las glándulas salivales quedan dentro del campo radiado, todos los dientes corren el riesgo de hacer caries rampantes. Los cambios en la saliva conducen al desarrollo de caries con alteraciones características propias de la radiación de esta glándulas y el efecto indirecto hacia los dientes no expuestos a la radiación y los efectos adquiridos tienen las características histológicas de la caries dental.

Con la radiación de las glándulas parótidas, submaxilares o sublinguales, puede resultar una xerostomía temporaria o permanente. Ocasionalmente se produce una parotiditis sintomática por radiación durante el primero o segundo día de la terapia radiante. El estado puede depender de la dosis. Menos de una semana después hay una disminución en el parénquima y en el tamaño de la glándula salival, pueden causar la obstrucción del conducto salival y el edema intersticial.

Con la irradiación de las glándulas salivales hay disminución de la cantidad de saliva y cambio en su viscosidad, aumenta la acidéz, con Ph más bajo en la saliva de las glándulas irradiadas. La pérdida de Ph en pacientes que reciben terapia radiante cuando las glándulas salivales quedan dentro del campo radiado, resta efectividad al lavado y barrido de todos los restos alimentarios impactados en los dientes. (Ver Apéndice, Pag. 3 - ART. 3o.).

C A P I T U L O XXIII

DIAGNOSTICO Y TERAPIA

DE LA LESION AGUDA POR RADIACION.

- 1.- DIAGNOSTICO DE LA LESION POR RADIACION DESPUES DE ACCIDENTES DE CRITI CALIDAD Y OTROS INCIDENTES DE RADIACION:- El síndrome de radiación aguda, ha sido subdividido en:
- a).- Síndrome del sistema nervioso central.
 - b).- Síndrome gastrointestinal y.
 - c).- Síndrome hemopoyético.

El cuadro clínico podrá ser pronosticado de acuerdo con las categorías generales de dosis indicadas. La tasa de mortalidad puede ser -- prevista hasta cierto punto, según la dosis. No hay ninguna posibilidad de restablecimiento después del síndrome SNC y las dosis capaces de producir un intenso SGI son bastante elevadas para ocasionar una mortalidad del 100% a causa del síndrome del sistema hemopoyético, in cluso cuando ha habido una terapia adecuada del síndrome gastrointes tinal.

- 2.- CRITERIOS CLINICOS:- Cronkite propuso una clasificación clínica práctica de la lesión por radiación en tres categorías:
- a.- Supervivencia improbable.
 - b.- Supervivencia posible.
 - c.- Supervivencia probable.

Del Grupo I presenta náuseas, vómitos y diarrea rebelde al tratamiento. Si no hay una amplia reposición de líquidos, morirán en pocos días. Incluso si hay un remplazo suficiente de líquidos sufrirán las secuelas de aplasia de la médula ósea y habrán muerto a las pocas semanas.

Del Grupo II las náuseas y vómitos son breves y desaparecen en unos pocos días. Estos individuos sufren más a causa del síndrome hemopoyético, y tienen una probabilidad de supervivencia espontánea. Mostrarán después de desaparecer los síntomas iniciales, una serie típica de cambios en la sangre periférica; trombocitopenia, granulocitopenia y linfopenia progresivas

El Grupo III, individuos que no tenían síntomas iniciales, o que fueron muy breves, a no ser que éstos individuos sufran secuelas de depresión medular, no presentarán otros efectos subjetivos de la irradiación y sin duda, no constituyen ningún problema terapéutico.

Cuando los cambios hematológicos, se desarrollan en estrecha relación temporal con una exposición extensa conocida. El diagnóstico de la lesión por radiación será bastante simple y directo. Sin embargo, cuando la exposición es menor o no es sospechada, el diagnóstico de lesión por radiación puede ser muy difícil. Se han propuesto diversas pruebas hematológicas para comprobar la presencia de una lesión por radiación. (Ver Apéndice, Pág. 12, ART. 42 Inciso II, a,1).

Un procedimiento útil, es la determinación seriada del índice mitótico aproximado de la médula ósea humana normal, es de 9/1,000 células. En los lesionados hay una disminución gradual del índice mitótico. Además del simple recuento del número de mitosis, hay cambios cualitativos. Estos

son células binucleadas, puentes mitóticos, fragmentos, adhesividad y engrosamiento de los cromosomas (Ver Apéndice, Pag. 11, ART. 40 Incisos I y II).

3.- TERAPIA EN CONDICIONES IDEALES.- El tratamiento de la lesión por radiación es no hacer nada a no ser que existan indicaciones clínicas claras para un agente o procedimiento específico. Se trata de cuidar un paciente que presente los mismos problemas que el tratamiento de cualquier otra clase de enfermos con pancitopenia. Si se puede mantener vivo al paciente durante el período crítico, tendrá probabilidades de restablecimiento, al contrario de lo que ocurre en muchos casos de aplasia de la médula ósea idiopática.

Se podría esperar que en caso de supresión temporal de la médula ósea los antibióticos, sulfamidas, transfusiones sanguíneas frescas o de plaquetas separadas o ambos métodos unidos, podrían prolongar la vida durante el período crítico de la depresión y dar tiempo para regeneración espontánea de la médula.

En el supuesto caso en que el médico conociera con exactitud la dosis de radiación y su probable letalidad se enfrentaría con la paradoja de que la terapia por transfusión de médula ósea puede ser inútil pero que una radiación adicional con objeto de deprimir la respuesta inmunológica puede hacer que el trasplante tenga más probabilidades de éxito.

4.- ORIENTACION TERAPEUTICA.-Cada medida que se tome debe pensarse con cuidado para los estudios como:

a).- Obtener una muestra de sangre.

b).- Se precisa una cuidadosa anamnesis y un examen físico con atención a infecciones crónicas previas.

- c).- Es preciso la notificación a las autoridades responsables.
- d).- No se debe administrar nada a un paciente, a no ser que esté clínicamente indicado.
- e).- Los pacientes deben ser hospitalizados, es necesario aplicar un aislamiento inverso para impedir la penetración de agentes patógenos. Todas las personas que penetren en la zona estéril deben llevar bata, mascarilla y guantes estériles.
- f).- Revisar el equilibrio de líquidos y electrolitos.
- g).- Si se presentan signos de infección, están indicados los antibióticos a dosis elevadas.
- h).- El número de plaquetas debe ser controlado con cuidado. Si hay -- signos de hemorragia, está indicada la administración de plaque--tas en una sola transfusión.
- i).- La administración de eritrocitos sólo está indicada cuando así lo indique el hematócrito. (Ver Apéndice, Pag. 11, ART. 41).

C A P I T U L O XXIV

DIAGNOSTICO Y TRATAMIENTO

EN CASO DE GUERRA NUCLEAR.

Las experiencias sobre las consecuencias de una guerra nuclear se hallan reducidas a las hechas por los médicos japoneses en Hiroshima y Nagasaki.

1.- CRITERIOS CLINICOS.- Se han propuesto diversas clasificaciones para los datos clínicos japoneses, basadas en la intensidad de los síntomas clínicos, se dividen en tres grupos que son los siguientes:

a).- Grupo I.- La supervivencia después de la lesión por radiación es improbable.

b).- Grupo II.- La supervivencia después de la lesión por radiación es posible.

c).- Grupo III.- La supervivencia después de la lesión por radiación es probable.

2.- Hay tres criterios para distribuir una población expuesta entre los tres grupos mencionados que son los siguientes.

a).- Distancia de la exposición.

b).- Dosímetros de radiación para el personal.

c).- Sintomatología como la observada en los japoneses.

3.- Cada uno de estos procedimientos tiene diversas desventajas:

Desventajas del uso exclusivo de la distancia:

- a).- El tamaño, rendimiento y altura de la bomba son desconocidos.
- b).- Los conocimientos sobre protección serán insuficientes.
- c).- No hay una distribución radial uniforme.

4.- Desventajas de los dosímetros de radiación para el personal.

- a).- Son insuficientes.
- b).- Defectos de los dosímetros.
- c).- Los límites letales de la radiación no están establecidos para el hombre.
- d).- No se puede averiguar la sensibilidad absoluta de un individuo.
- e).- La posibilidad que el dosímetro está protegido o se halla expuesto directamente.

5.- El procedimiento sintomático, tiene las siguientes características:

- a).- La relación entre signos y síntomas a la velocidad de la elevación.
- b).- No es necesario ningún equipo.

El método de diagnóstico y pronóstico de la intensidad de la radiación es pues el sintomático.

Grupo I.- Es improbable la supervivencia, como el cuadro clínico siguiente:

- a).- Vómitos.
- b).- Desenso en el número de leucocitos.
- c).- Postración, diarrea, anorexia, fiebre y muerte precóz.

Grupo II.- Es posible la supervivencia, como lo indica el cuadro clínico:

- a).- Vómitos que desaparecerán al cabo de algunas horas.
- b).- Después un período latente asintomático.

- c).- Reparición de la enfermedad.
- d).- Síntomas; purpura, depilación, lesiones bucales y cutáneas, infección de las heridas o quemaduras y diarreas sanguinolentas. Es -- posible la supervivencia.

Grupo III.- Es probable la supervivencia:

- a).- No habrá vómitos, pueden presentarse náuseas ocasionales.
- b).- La sintomatología tardía, si la hay, será semejante a la del Grupo II.
- c).- Cuando existe sintomatología tardía, detectar mediante estudios seriados de los leucocitos (Ver Apéndice, Pag. 10 ART. 33).
- d).- La mortalidad será baja.

6.- CRITERIOS DE LABORATORIO.- Los métodos de laboratorios son un auxiliar muy útil para el diagnóstico clínico, sin embargo, puede ser mínima o incluso faltar a causa de la escasez de personal y equipo suficientes.

Las pruebas de laboratorios tendrán más importancia en los grupos menos expuestos, en los cuales no aparecen síntomas precoces, o serán -- muy escasos. También tienen gran valor para distinguir entre la exposición a la radiación y las enfermedades infecciosas o psíquicas que pudieran presentar síntomas similares. (Ver Apéndice, Pag. 12 ART.42).

7.- TRATAMIENTO DE LA LESION POR RADIACION EN LA GUERRA NUCLEAR.- Se ha -- descrito el tratamiento ideal, aunque es evidente que dicho tratamiento no es posible cuando el médico debe atender a bajas masivas por -- traumas, quemaduras térmicas y radiación. Es necesario ajustarse al número de bajas y a la capacidad de las reservas médicas. Las decisiones

tendrán que ser tomadas en el momento mismo de la catástrofe y la posibilidad de aplicar un tratamiento eficaz será función directa de la importancia de los preparativos hechos con anterioridad.

Se pueden recomendar ciertas medidas basandose en principios terapéuticos clínicos bien demostrados: reposo, buen cuidado general, asepsia rigurosa, aislamiento inverso, aplicación de transfusiones de sangre fresca y transfusiones de plaquetas, empleo de antibióticos para combatir la infección y mantener un nivel adecuado de líquidos, electrolitos y equilibrio acidobásico, así como un buen estado nutricional.

C A P I T U L O XXV

MANIFESTACIONES CLINICAS DE LA RADIACION

1.- GENERALIDADES NÓSOLOGICAS.- Los efectos de la radiación repetida, es el efecto acumulativo de muchas dosis pequeña de radiación, repartidas en largos períodos, ha sido la causa de las numerosas, graves y con frecuencia fatales lesiones, cuando aparece el efecto dañino, puede ser demasiado tarde para buscar la recuperación completa o parcial de los daños sufridos.

La energía radiante es simultáneamente, arma que puede salvar y destruir la vida, en lo que se refiere al aspecto beneficioso es uno de los métodos más eficaces disponibles para dominar el cáncer, por ejemplo. Es lamentable que sean pocas las formas de cancer muy susceptibles a la radiación y curables por ella, de manera que por lo regular la radiación se utiliza como método paliativo para detener el progreso de un tumor o con el propósito de intentar inactivar el tumor maligno durante cierto tiempo. Sin embargo debe recordarse que al aplicar radiación al tumor, se expone simultáneamente tejidos normales de la índole de piel y estructuras adyacentes.- También pueden experimentar lesión por energía radiante, lo cual exige gran cuidado al administrar una dosis efectiva.

Sin embargo los efectos más terribles de energía radiante se demostraron trágicamente en los estallidos atómicos como los ya mencionados Hiroshima y Nagasaki.

La fisión nuclear producida por la explosión de una bomba atómica, libera energía en forma de radiación electromagnética (rayos infrarrojos, rayos ultravioletas, luz visible, rayos gamma, productos radiactivos de la

fisión y neutrones). Las radiaciones electromagnéticas viajan en el espacio a la misma velocidad de la luz.

2.- ETIOLOGIA.- Gran número de partículas cósmicas están bombardeando constantemente la tierra, algunas provenientes del sol, otras del espacio exterior (sideral). El campo magnético de la tierra se encuentran muchas de las partículas cósmicas formando dos cinturones de radiación llamados VAN ALLEN.

Las cantidades reducidas de radiación, cósmicas y de materiales radiactivos de la tierra, siempre han existido y no pueden evitarse; la intensidad de la radiación de los materiales radiactivos cambia varias veces de la localidad a otra. Las exposiciones aún pequeñas ocasionarían resultados indeseables.

Las partículas nucleares que puede emitir desde un átomo incluyendo partículas alfa, partículas beta negativa y positiva o positrones, neutrones, protones, mesotrones, neutrines y la de menor tipo de neutralización.- Las substancias radiactivas utilizadas para pintar los cuadrantes de los relojes luminosos, las radiaciones gamma del radium y radón, utilizadas para el tratamiento de los tumores locales implantando agujas o semillas (Ra). - Materiales radiactivos como el iridio 192 y el Cesio 137. La luz puede actuar como irritante del mismo modo lo hace el calor, cuando más corta es la longitud de onda mayor es el poder de penetración, menor es la cantidad de irradiaciones detenidas en la piel donde provocan irritación. Los rayos de longitud de onda más corta del espectro visible (ultravioletas), producen mayor irritación mientras que los de mayor longitud (infrarrojos) son más --

penetrantes y provocan menos irritación.

Los rayos ultravioletas producen las llamadas quemaduras solares, como los individuos que por ocupación están expuestos a la luz solar durante largos períodos como los labradores y marineros, desarrollan a la postre placas engrosadas o queratosis en la cara y palma de las manos que puede ocasionar el carcinoma y a la vez se transforma en cáncer que a veces son malignos. La luz ultravioleta ejerce una acción fotoquímica sobre los lípidos en la piel.

Las reacciones dérmicas se manifiestan de menor a mayor grado: eritema ligero, eritema moderado, eritema intenso, epiteliolisis grave y necrosis.

3.- SINTOMATOLOGIA.- Generalmente el paciente se siente débil, apático y vómitos. La gran influencia del factor psíquico del paciente se observa en las epidemias de enfermedad de la radiación: estas epidemias pueden aparecer por ejemplo: en una sala de un hospital cuando un paciente explica a otro lo que le espera.

Los efectos sistemático agudo con dosis masiva de penetración de la radiación en el cuerpo humano es semejante con los rayos "X" con los rayos gamma, en los primeros años de vida ocurre la muerte en pocas horas o días en casos menos severos. Pérdida de apetito ocurriendo náuseas y vómitos en dos horas, los síntomas son seguidos por un período de un día a dos semanas, dependiendo de la dosis. Después es denominado período latente, la manifestación original de la enfermedad reaparece acompañada por los síntomas: diarrea, fiebre, sangrado y ulceración de la membrana mucosa, empezando en la disminución en la presión de la sangre incrementandose la susceptibilidad a

Las infecciones secundarias, depilación, amenorrea, incrementándose la fragilidad capilar, una marcada decesión en la pared celular de los elementos de la sangre especialmente en los linfocitos y granulocitos.

La relación de estos síntomas clínicos a la dosis e intervalos de los cambios patológicos incluyen hemorragias a través del tejido y cambios patológicos incluyendo hemorragias a través del tejido y cambios degenerativos principalmente en tejido linfático, médula ósea, testículos como membrana mucosa del tracto intestinal y tejido reticuloendotelial.

4.- DIAGNOSTICO.- En el aumento de los cambios producidos después de la radiación, los vasos de un hueso maduro con los que provoca de acuerdo a la edad, está acompañado de disminución del recambio activo o elaboración de matriz osteoide y cartílago, aumento relativo del progreso de resorción y progresivo decrecimiento de la fina vascularización y la microcirculación.

Al establecer el diagnóstico, como por ejemplo en la osteorradionecrosis es útil considerar tanto los síntomas del paciente, como el aspecto radiográfico de la lesión. El síntoma más frecuente es el dolor agudo. Como la queja del mismo, resulta importante distinguir entre estas dos entidades. La aparición de los síntomas de la radionecrosis puede producirse entre seis meses y varios años después de terminada la terapia radiante el intervalo más corto por lo general se encuentra en pacientes de mala higiene bucal no corregida antes de la terapia, cuando la infección se considera como un factor contribuyente e importante.

Las características de la radiación es el período latente. El período-latente que sigue a una exposición a una dosis elevada es relativamente corta y va desde algunos días hasta algunas semanas; mientras que con bajas -- dosis administradas en un período de años, pueden pasar 25 años y más antes de que empiecen a manifestarse algunos efectos: tales como carcinoma de ra-radiación, leucemia, osteorradionecrosis, cáncer esterilidad, enrojecimien-to, tumefacción, inflamación, etc.

El endotelio de los vasos sanguíneos es el elemento más sensible de los mismos. En la lesión por radiación puede haber tumefacción, necrosis, y es-facelo de las células de revestimiento. En las reacciones intensas puede ha-ber exudado agudo de fibrina y neutrófilos dentro de la pared vascular, más notable en la íntima. Las fibras colágenas y la de las paredes vasculares-pueden experimentar asimismo degeneraciones. Hay tendencia a la trombosis -intravascular. En período ulteriores a veces hay engrosamiento fibroso: in-tenso parietal, con estrechamiento u oclusión completa de los vasos por los trombos organizados.

5.- PRONOSTICO.- En los últimos años del siglo XIX, inmediatamente después del descubrimiento de los rayos "X" y de la radiactividad, muchos tra-bajadores sufrieron quemaduras, que provocaron ulceraciones; lesiones-malignas, e incluso fallecieron a consecuencia de los efectos agudos -y directos de la exposición a las radiaciones ionizantes, a ello se de-bió a que las propias radiaciones no podían detectarse con los medios-acostumbrados y a que los efectos no se manifiestan inmediatamente. -- Sin embargo, los científicos no tardaron en percatarse de las precau-ciones que había que tomar para evitar estas lesiones biológicas agu--

das. Aún después de la adopción de precauciones apropiadas en los primeros 20 años del siglo XX, se comprobó que incluso las pequeñas exposiciones crónicas a las radiaciones, que no podrían identificarse por otros síntomas, ejercen una depresión en los órganos hematopoyéticos. Ese trastorno producía progresivamente anemia, y en algunos casos leucemia, en muchos trabajadores expuestos a las radiaciones ionizantes - con suficiente precisión para establecer normas de exposición máxima - permisible. En esa misma época la comunidad científica se enteró por primera vez de los efectos genéticos en las colonias de insectos, los que sufrían graves lesiones que a menudo no se manifestaban hasta varias generaciones posteriores a la que experimentó a la exposición. .

Durante los decenios de 1940 y 1950 cuando se confirmó la practicabilidad de la energía atómica, las investigaciones radiológicas se ampliaron considerablemente y revelaron que las radiaciones pueden reducir la longevidad (acortamiento de la vida) y causar muertes en corto término de tiempo. También se identificaron efectos específicos a largo plazo, los más importantes de los cuales son los efectos genéticos, que sin duda alguna afectan a los seres humanos.

6.- COMPLICACIONES.- La dosis terapéuticas de radiaciones ionizantes aplicadas a las estructuras vitales están planeadas para que se mantengan en niveles de tolerancia para los tejidos normales que se hallan dentro del campo del tratamiento, tornandose la radiación de la estructura esencial más sensible como determinante del nivel de la dosis; si este se excede pueden presentarse complicaciones tanto tempranas como tardías.

Los niveles de tolerancia de los tejidos para algunas zonas anatómicas para muchos sistemas orgánicos ellos sólo pueden ser aproximados. Se cree que factores como el fraccionamiento, el volumen irradiado y el tiempo total de tratamiento podrían ser tan importantes como el tiempo de radiación usada y el dosaje total (rad administrado)

La tolerancia de los tejidos normales a la radiación permite variaciones biológicas dentro de la especie humana; la tolerancia ha sido descrita como aquel nivel que, con la técnica en cuestión, produciría daño irreversible en el 5% de los pacientes dentro de los 5 años de tratamiento con radioterapia, en pacientes con cáncer de la cabeza y el cuello. Se han encontrado que la proporción de osteorradionecrosis era de un 22% con dosis para tumores de 6,000 rads o menos y 78% con dosis mayores de 6,000 rads. Algunos tuvieron tumores residuales o intervenciones quirúrgicas u otros traumatismos dentro de la zona irradiada donde la necrosis pudo haber aparecido. También notaron que el tratamiento inicial del tumor con modalidades terapéuticas múltiples, tales como implantes de radium además de la radiación externa, aumentaron la incidencia de necrosis.

La excesiva dosis en el hueso puede deberse a las diferentes longitudes de onda, características de las radiaciones ionizantes.

Con un haz de tratamiento de energía más baja (kilovoltaje), la absorción de energía de la piel, músculo y tejido conectivo puede ser un tercio de la del hueso. Por otra parte, el hueso debajo de un tumor e incluido en el campo del tratamiento con ortovoltaje a menudo recibe 3 veces la dosis que recibe el tumor inmediatamente adyacente.

ENFERMEDADES OCASIONADAS POR RADIACION EXCESIVA

1.- OSTEOIRRADIONECROSIS.- Se llama así a la desvitalización del hueso sometido a la radiación ionizante, tanto dentro del campo de la terapia radiante, como por el uso de un radioisótopo. Desde hace más de una década se dispone de criterios histológicos específicos para determinar la necrosis ósea; ellas son:

- a).- Lagunas vacías.
- b).- Daños vasculares.
- c).- Desarrollo de nuevo hueso irregular.
- d).- Aparición de distintos grados de fibrosis.

Se ha evidenciado que la radiación constituye una influencia predisponente que hace al hueso y al cartílago maduros, más susceptibles al daño -- por otros estímulos nocivos. Los factores que intervienen en la osteorradionecrosis son:

- Dosis excesiva.
- Infección .
- Traumatismo.
- El lugar irradiado.

Ewin, postuló que la osteorradionecrosis se debía principalmente a la interferencia en la nutrición del hueso producida por la obliteración de -- los vasos periapicales nutricios y capsulares. Watson y Scarborough enfati-

zan la importancia de la estructura histológica del hueso en la radioterapia. Los delicados conductillos óseos, los conductos de Havers y los vasos-nutricios, están todos incluidos en una armazón rígida, lo que aumenta de manera considerable la susceptibilidad de la radiación. Señalan que la aparente hialinización del hueso laminar con oclusión de los conductillos, la esclerosis obliterativa de los conductos nutricios y la obstrucción de las arteriolas dejan al hueso carente de circulación después de la radiación. Regaud, citado por Wildermuth y Cantril, encontró endoarteritis total en algunos de sus casos de osteorradionecrosis. McLennan y Mayer también notaron endoarteritis y periarteritis con engrosamiento fibroso de las paredes de los vasos periósticos, interrupción de las fibras elásticas y predisposición a la formación de trombos como hallazgos constantes en el hueso radionecrótico. En la misma investigación, encontraron que el aumento de los cambios vasculares producidos después de la radiación, en un hueso maduro, como los que resultan en edades avanzadas, se acompañan de disminución del recambio activo o elaboración de matriz osteoide y de cartílago, aumento relativo del proceso de resorción y progresivo decrecimiento de la fina vascularización y la microcirculación.

Como todos los tumores contienen células necróticas, el peligro de infección existe; así cuando un tumor ha invadido el hueso, la posibilidad de osteorradionecrosis aumenta rápidamente. Rubin y Casarett sugirieron que la radionecrosis del hueso con infección y tumor previos a la terapia radiante debe ser denominada "osteorradionecrosis complicada", el nombre de "osteorradionecrosis simple" lo reservan para el hueso fuertemente irradiado; pero sin afección previa.

2.- PLEURONEUMONITIS.- las lesiones neumónicas se resuelven lentamente en varias semanas o meses y son substituídas por bandas o tiras fibróticas múltiples con pérdidas considerables del volúmen pulmonar; se caracterizan por descamación. En la Etapa Aguda se presenta descamación alveolar y bronquial, con cambios exudativos. En la Crónica fibrósis pulmonar, ya que los tejidos se necrosan, los síntomas son: insuficiencia pulmonar o respiratoria, función y respiración anormal.

La radioterapia de alto voltaje aplicada al tórax frecuentemente da lugar a neumonitis y pleuresía con derrame. Algunas personas son sensibles a los rayos "X" a pequeñas dosis, otras las toleran más. Si la radiación es aplicada frecuentemente ocasiona la fibrósis de los tejidos; eso sucede aún en el tratamiento de las neoplasias.

En los casos graves de neumonitis y pleuritis, que aparecen una semana después de la radiación, se presentan dolor pleurítico, tos seca y disnea de esfuerzo.

Conviene antes de la terapia radiante, extraer los dientes no curables con el menor traumatismo posible. Cuando sea necesario se recurrirá a la alveoplastia para eliminar las espículas agudas de hueso que retardan la cicatrización, porque si éste no se ha cumplido de manera adecuada antes del comienzo de la radioterapia, se aumenta el riesgo de la infección y la consecuencia osteorradionecrosis segura. Como el coágulo del alveólo es la fuente de ulterior formación ósea, Fletcher y Col, advirtieron que se debe dar un tiempo adecuado para la formación de ese coágulo, que en una cicatrización no complicada es de dos semanas. También debe tenerse en cuenta el -

estado clínico del paciente y los factores contribuyentes, como diabetes, - alcoholismo o balance de nitrógeno negativo.

3.- INTERFERENCIA EN EL DESARROLLO NORMAL DEL HUESO.- Las perturbaciones de crecimiento epifisario dependen tanto del dosaje como de la edad del paciente, en los niños de 2 años o menos han mostrado cambios más severos. Entre 2 y 6 años el tratamiento con ortovoltaje fraccionado de -- 1,000 rads sólo puede producir pequeñas perturbaciones de crecimiento de las vértebras, pero las dosis más grandes tienden a perturbar el - crecimiento completo del hueso. La administración de menos de 1,000 - rads presentan pocas probabilidades de producir anomalías vertebrales- con independencia de la edad. La experiencia clínica revela el mismo- potencial para el daño por radiación en los huesos de la cara y los -- maxilares de los niños.

Se ha experimentado el retardo en el crecimiento de las mandíbulas - - (anormales) con una única exposición de 1,000 rads de radiación ioni-- zante.

4.- CANCER POR RADIACION.- La exposición frecuente y prolongada a los rayos solares se considera como un factor etiológico en el cáncer cutá-- neo, sobre todo en personas de piel blanca.

La radiación ionizante ha sido incriminada como productora de cáncer - en personas que trabajan recibiendo radiación como en los gabinetes radioló- gicos, laboratorios de radioisótopos, instalaciones de energía nuclear, etc. lo que se ha denominado "Cancer de los Radiólogos", además se han desarro-- llado cánceres en personas que han recibido una sola exposición intensa a - la radiación.

La radiación no solamente puede determinar aparición de cánceres localizados o regionales, sino también producir leucemias o tumores linfóides, es decir, cánceres sistémicos,

Pueden observarse también, aunque con menor frecuencia, tumores malignos en partes blandas o en el esqueleto en zonas que fueron radiadas con fines terapéuticos, el cáncer del testículo se encuentran con mucha mayor -- frecuencia cuando dichos órganos son ectópicos, las cicatrices hipertóxicas y frecuentemente consecutivas a quemaduras, con sitios favorables a la aparición de cánceres.

Todos estos factores etiológicos se agrupan bajo el nombre de "Irritación" y se considera que ya sean de naturaleza mecánica, física, química o biológica, son capaces de conducir directa o indirectamente a la cancerización de los tejidos.

C A P I T U L O XXVII

PREVENCIÓN DE LAS RADIACIONES.

La disciplina de la salud radiológica comprende cuatro grupos principales:

- 1.- LAS CIENCIAS BÁSICAS DE LA RADIACIÓN:- Tales como radiobiología, biofísica, genética de las radiaciones, física nuclear y radioquímica, etc.
- 2.- HIGIENE DE LAS RADIACIONES:- Es decir, el conocimiento de los efectos somático-estocásticos, (denominado comúnmente efectos tardíos) y los efectos genéticos. Comprende también toda gama de medidas para contrarrestar dichos efectos, tratar las lesiones debidas a las radiaciones, en el hombre tan pronto como sea posible, etc. (Ver Apéndice, Pag. 4 - ART. 4o.).
- 3.- LA PROTECCIÓN CONTRA LAS RADIACIONES:- Que se refiere a la manera técnica de evitar efectos perjudiciales para el hombre derivados de las diversas aplicaciones de las radiaciones ionizantes en la medicina, -- las investigaciones, la industria (incluso la industria nuclear), etc. Comprende también las medidas administrativas y de estructura, tales como la organización y funcionamiento de servicios de protección contra las radiaciones y la formulación de toda clase de reglamentos y -- normas, desde pautas generales, recomendaciones especificaciones y códigos, hasta legislación. El diseño del equipo, en la medida en que es te influye en la exposición a las radiaciones de seres humanos y condiciones del medio ambiente. (Ver Apéndice, Pag.13, ART. 62 y 63).

4.- EL USO DE LAS RADIACIONES EN MEDICINA,- Es decir el empleo de las radiaciones ionizantes con fines de diagnóstico o tratamiento, comprende de todas las diferentes formas de radiaciones: rayos "X" e isótopos radiactivos y neutrones de reactores de investigación médica.

La salud radiológica se podría definir como el conjunto de todos los aspectos relativos a las radiaciones ionizantes y sus efectos en la salud.

El programa de la organización sobre radiaciones y salud en lo que se refiere a los aspectos sanitarios de las radiaciones ionizantes y consta de dos partes principales:

- 1.- Asistencia con respecto al uso de las radiaciones en medicina, incluso el adiestramiento de personal y la asistencia técnica en radiología diagnóstica, radioterapia y medicina nuclear.
- 2.- Asistencia relativa a la protección de trabajadores y público, así como también a los pacientes contra la exposición excesiva o innecesaria a las radiaciones.

En cuanto a la radiología diagnóstica, es muy poco realmente lo que se sabe acerca de su empleo en región. No obstante se calcula que existen por lo menos 30,000 unidades de diagnóstico radiológico en América Latina y el Caribe. Según otras estimaciones, las terceras partes de todos los exámenes por rayos "X" en cualquier departamento de diagnóstico radiológico son de carácter básico.

Un programa de protección radiológica consta de los elementos siguientes:

- a).- Actividades administrativas, presupuestarias y legales.
- b).- Inspecciones sobre el terreno y asistencias técnicas.
- c).- Dosimetría de las radiaciones del personal (v.g. dosímetros de películas, dosímetros termoluminiscentes, cámara de ionización de bolsillos para trabajadores).
- d).- Calibración de instrumentos (los aparatos de rayos "X" y otras unidades de radioterapia pueden también incluirse).
- e).- Información adiestramientos.
- f).- Investigación de los riesgos de la exposición a las radiaciones (contaminación ambiental debida a la precipitación radiactiva, contaminantes de la industria nuclear y desechos químicos y médicos. (Ver Apéndice, Pag. 11, ART. 36).

Las máquinas de rayos "X", pueden usualmente tratarse como fuentes puntuales, hecho que simplifica el cálculo de las medidas de protección.

1.- RIESGOS Y PREVENCIÓN POR RADIACIÓN EXTERNA.- Los rayos "X" constituyen el tipo más común de riesgos de radiación externa, la que con energía suficiente son capaces de penetrar profundamente dentro del cuerpo, como resultado de esto, ningún órgano radiosensitivo escapa a su poder dañino. La fuente más común es la máquina de rayos "X" y también se generan en ciertas reacciones atómicas y nucleares.

La distancia es el principio de la protección contra las radiaciones que se aplican con mayor rapidez (por ejemplo en el caso del dentista debe colocarse detrás de la cabeza del aparato), algunas veces se usa a control remoto en los dispositivos de manejo.

La ley del cuadrado inverso para la reducción de la intensidad de radiación se aplica a las fuentes puntuales; los tubos de rayos "X" actúan -- con mucha aproximación como fuentes puntuales, así que los cálculos de reducción por ésta ley son válidos.

2.- BLINDAJE.- Hay que tomar en cuenta los siguientes puntos:

a).- Las personas que se encuentran dentro de la zona de "sombra" del blindaje, no están necesariamente protegidas, ya que una pared - (división) no es necesariamente un blindaje seguro para las personas que se encuentran al otro lado.

b).- De hecho la radiación puede ser dispersada de modo de rodear las esquinas a los bordes del blindaje. La radiación dispersa está - presente en una cuarta cantidad en donde quiera que existe un me dio absorbente en la trayectoria de la radiación. El absorbente- actúa entonces como una nueva fuente de radiación.

Frecuentemente las paredes del local, el piso u otros objetos sólidos que están lo suficientemente cerca de la fuente de radiación, serán causa de dispersión apreciable.

3.- TIEMPO DE EXPOSICION;- Ocasionalmente puede ser necesario trabajar en áreas de muy alta exposición, esto puede realizarse con cierta seguri dad, limitando el tiempo total de exposición en tal forma que el índi ce de dosis (equivalencia) permisible para un día (basado en las guías de Protección contra la Radiación), no se exceda (razón de 0.1 rem/seg).

Generalmente un trabajador no deberá admitir, en la práctica más de - 0,1 rem en un período corto de tiempo, salvo en los casos en que sea necesario, por ejemplo en casos de rescate, en que el límite anterior puede -- excederse considerablemente.

4.- RIESGOS DE RADIACION INTERNA.- (MODOS DE EXPOSICION):- Los materiales radiactivos pueden introducirse al cuerpo por ingestión, inhalación - de aire que contenga materiales radiactivos, por absorción de solu- - ciones de materiales radiactivos a través de la piel y por la intro- - ducción de materiales radiactivos en la sangre, por una herida en la- piel, etc. son las diversas formas de riesgos por radiación interna.

El peligro de los materiales radiactivos ingeridos no es estricto -- necesariamente en que éstos entren al organismo al mismo tiempo, sino, más bien, en la acumulación de pequeñas cantidades en las manos, así como: ci- garros, comidas y otros objetos, por contacto de los cuales llegan éstos - materiales a la boca. (Ver Apéndice, Pag. 14 ART. 73).

C A P I T U L O XXVIII

PROTECCION DEL PACIENTE

CONTRA LAS RADIACIONES IONIZANTES EN EL GABINETE

DENTAL.

Las medidas de protección requeridas al utilizar un aparato de rayos-"X" dental, son las que se relacionan con:

- 1.- La exposición del sujeto cuyos dientes u otras partes anatómicas, son objeto de un exámen radiológico.
 - a).- La exposición del personal dental.
 - b).- La exposición de la gente que lo rodea.
 - c).- La dispersión de los rayos secundarios.

La fuente primaria de radiación es el tubo de rayos X; pero, como -- cualquier objeto sobre el que caigan los rayos "X" va a dispersar parte de las radiaciones, deben considerarse como fuentes secundarias de radiación-- aunque el tubo está encerrado en una carcasa que absorbe la radiación, ésta transmite parte de ella. De acuerdo con las recomendaciones del CNPMR,-- la exposición por radiación que filtra a través de la carcasa protectora -- del tubo de un aparato de diagnóstico, deberá ser menor de 0,1 rad por hora a una distancia de 1 metro de la mancha focal cuando el tubo se opera -- en su potencia máxima y con el máximo de corriente para esa diferencia de potencial. La cantidad de exposición sobre la superficie de la carcasa del tubo puede ser mayor de 0,1 rad por hora. Esta fuga de radiación ha sido -- muy filtrada, de manera que su CVM es alta y su capacidad de penetración -- es mayor que del has útil. (Ver Apéndice, Pag.14 ART.69).

2.- La caries rampante no puede seguir siendo justificada como un efecto colateral inevitable de la radiación de la cabeza y el cuello. La consulta dental antes de comenzar terapia radiante que incluye las glándulas salivales es obligatoria para el buen cuidado del paciente.

Debe hacerse el máximo esfuerzo para mantener la dosis total que reciba el paciente tan baja como sea posible y para irradiar sólo pequeños volúmenes de tejido. Cada uno de los siguientes procedimientos ayudará a cumplir estos objetivos y además, varios de ellos mejorarán la calidad de las radiografías;

- a).- Usar suficiente filtración.
- b).- Utilizar una distancia foco-película larga.
- c).- Emplear haces pequeños de rayos "X".
- d).- Usar películas rápidas, completamente reveladas.
- e).- Colocar protectores gonadales cuando exista la posibilidad de -- que las glándulas sexuales estén dentro del haz útil.

Para determinar los exámenes de rayos durante el embarazo y conocer -- el trimestre del embarazo, el 21% de los exámenes ocurre durante el primer trimestre el 25% en el segundo y el 54% en el tercero.

Se debe de tener siempre presente que según estudios de Alice Stewart en el Reyno Unido, los niños expuestos in utero a los rayos "X" presentan un riesgo mayor de leucemia y otras formas de cáncer que los niños no ex--puestos.

3.- MEDIDAS DE PROTECCION PARA EL PROFESIONAL.- El profesional tiene mayor riesgo a la exposición de los rayos ionizantes, debido a que se expo-

ne con más frecuencia que los pacientes, porque está del diario en el consultorio, como por ejemplo el dentista, que está del diario en el consultorio dental y realiza los exámenes de radiografía, por lo tanto debe de tener muy en cuenta todos estos factores de riesgos para poder prevenir las subsecuencias.

4.- LAS MEDIDAS DE PROTECCION ENTRE OTRAS SON:

- a).- Evitar la acción del haz primario, no ponerse al frente del aparato, sino una agulación de 90 grados con respecto a la dirección de los rayos o del aparato.
- b).- Tener presente que la máxima dosis permisible (MDP), no sobrepasar de estas medidas. (Ver Apéndice, Pag. 8 ART. 25).
- c).- Distanclarse de la cabeza del paciente y del aparato, ya que acercarse a estos, aumentan los efectos de las radiaciones ionizantes y viceversa.
- d).- Debe de estar a una distancia de 2 metros a más a los rayos de incidencia ya que a 2 metros recibe 16 veces menor cantidad de rayos "X" que a medio metro.
- e).- La protección del paciente también es la protección del profesional, que se utiliza como medidas de protección o medidas preventivas.
- f).- Se debe de controlar periódicamente la cantidad de radiación recibida ya sea con películas dosimétricas que son más económicas o exámenes médicos y de laboratorio. (Ver Apéndice, Pag. 5 ART. 11).

g).- Utilizar pantallas o barreras o pantallas antirrayos "X" con las siguientes características:

(a).- El número atómico del material empleado (aluminio, plomo, hormigón, etc.).

(b).- El kilovoltaje o penetración utilizado, debe ser dosis máxima permisible.

(c).- La distancia que separa del foco.

(d).- La cantidad de miliamperaje por segundo utilizado diariamente.

El profesional debe de velar por las seguridades tanto del paciente como de él mismo, para evitar los riesgos de consecuencia.

El profesional debe conocer además todas las medidas de seguridad y sobre todo las normas y reglamentos inherente a las mismas. Así como las medidas preventivas que debe utilizar en la rama profesional, que es de suma importancia, como el publicado por el Diario Oficial del 25 de abril de 1978 titulado REGLAMENTO DE SEGURIDAD RADIOLOGICA PARA EL USO DE EQUIPO DE RAYOS X TIPO DIAGNOSTICO, para prevenir los riesgos indeseables.

C O N C L U S I O N .

Después de haber elaborado el presente trabajo, observé las distintas formas que ocasionan los efectos nocivos de los rayos "X", siendo de una manera más sencilla, tales como: las luces artificiales de los focos comunes, que son el desprendimiento de fotones, vibraciones de onda larga, luminiscentes, visibles y de gran utilidad, pero a la vez llega a ser nocivas a nuestro organismo, tales como los faros de carros que los automovilistas, que por su trabajo diario tiene que estar expuestos a estas molestias y a la larga puede ocasionar efectos nocivos para la vista.

Los rayos a mayor longitud de onda son visibles y a la inversa; los rayos entre más cortas sean sus ondas de vibraciones, sus efectos son mayores, porque son capaces de causar ionización de átomos, en las moléculas de los líquidos. Los efectos de las radiaciones en el agua se hacen que se convierta en peróxido de hidrógeno, ya que el agua absorbe energía de la radiación, lo que constituye un agente oxidante. Es por esta razón que los rayos "X" son nocivos, porque causan lesiones localizadas sobre el tejido; principalmente en el sistema hematopoyético, y saliva, ya que los Odontólogos tienen que trabajar en relación directa con la boca y glándulas salivales y por esta razón tienen que utilizar los aparatos productores de rayos "X" con mayor precaución.

Desde un principio, se pensaba que la aplicación de los rayos "X" -- eran en forma benéfica únicamente; tales como diagnóstica y terapéutica, - pero a través de los accidentes e investigaciones fueron descubriendo sus efectos nocivos, así como: quemaduras, anémia, cánceres por radiación, mutaciones genéticas y muchas otras alteraciones que pueden ser fatales.

Debido a lo anterior, fué necesario reglamentar el uso de los aparatos de rayos "X" tipo diagnóstico, como medidas preventivas, para evitar - efectos indeseables al personal, que por su trabajo requiere estar en contacto continuo con aparatos productores de radiación o con materiales radiactivos, así como para proteger a los pacientes y público en general, -- que puede ser afectado por radiación.

Con el descubrimiento de los rayos "X" y la fisión atómica, se han encontrado sus múltiples usos y aplicaciones, así como: técnicas, médicas, - industriales y también de usos pacíficos y bélicos.

A P E N D I C E

Debido al uso indiscriminado de rayos "X" y sus consecuencias, se establecieron medidas de seguridad como el publicado en el Diario Oficial de 25 de abril de 1978, titulado: REGLAMENTO DE SEGURIDAD RADIOLOGICA PARA EL USO DE EQUIPO DE RAYOS X TIPO DIAGNOSTICO. Basandose conforme al Reglamento mencionado, se tiene que adaptar para el procedimiento y utilización de radiodiagnósticos : de uso cotidiano y los riesgos de consecuencia, tanto para el profesionalista, paciente y público en general.

Los aparatos de rayos "X" tienen que estar bien ajustados, para el funcionamiento adecuado, tanto el amperaje, kilovoltaje y protección de seguridad, evitando las filtraciones de radiaciones dispersas o consecuencias.

También deben ser revisados periódicamente, para el control adecuado de ajuste.

Las medidas de seguridad se establecen en el Reglamento del Diario Oficial, en este capítulo solamente se mencionan los artículos de suma importancia para ejercerlo con nuestro medio profesional.

A P E N D I C E

REGLAMENTO DE SEGURIDAD RADIOLOGICA PARA EL USO DE

EQUIPO DE RAYOS X TIPO DIAGNOSTICO.

C O N S I D E R A N D O :

I.- Que el uso correcto de los rayos X, de gran utilidad en diversos -- campos de la medicina, y muy especialmente en el de radiodiagnóstico, ineludiblemente debe tomar en cuenta en cada caso, una relación riesgo-beneficio -- compatible con el objeto clínico buscado;

II.- Que para lograr una correcta aplicación de los rayos X tipo diag-- nóstico se requiere tener conciencia clara del riesgo representado por su -- uso, debiendo respetarse ciertas normas generales mínimas en cuanto a la se-- guridad radiológica, con el objeto de mantener las dosis de radiaciones a mé-- dicos, personal paramédico y a todas aquellas personas ocupacionalmente ex-- puestas, pacientes y público que se encuentren en los alrededores, tan bajas como sea factible, reduciendo por ende, las dosis recibidas por la pobla-- ción en general;

III.- Que es innegable que el empleo indiscriminado y el abuso en el ma-- nejo de aparatos de rayos X tipo diagnóstico, puede ocasionar daños a la sa-- lud de la población y a su progenie, a producir mutaciones genética y aberraciones cromosómicas en personas expuestas a las mismas;

IV.- Que el Código Sanitario de los Estados Unidos Mexicanos ha estable-- cido, en diversos artículos, las bases necesarias para reglamentar con la am-- plitud que se requiera, esta importante materia, y,

A P E N D I C E

V.- Que para alcanzar los objetivos mencionados resulta necesario contar con un ordenamiento legal que regule el uso de los equipos de rayos X tipo diagnóstico, el diseño adecuado de los mismos, así como de sus instalaciones, las técnicas radiológicas y la aplicación de normas de seguridad radiológica, a la vez que promueva la capacitación, del personal ocupacionalmente expuesto, por lo que he tenido a bien expedir el siguiente:

C A P I T U L O I

Disposiciones Generales.

ART. 1/o.- El presente Reglamento es de observancia general en todo el territorio nacional; su aplicación corresponde a la Secretaría de Salubridad y Asistencia y tiene por objeto regular los aspectos sanitarios de la importación, fabricación, acondicionamiento, distribución, comercio o posesión, - así como establecer las medidas de seguridad radiológica con motivo del uso de equipo de rayos X tipo diagnóstico.

ART. 2o.- Se entiende por seguridad radiológica, el conjunto de medidas preventivas establecidas en este reglamento y en las demás disposiciones que de él se deriven, destinadas a mantener las dosis de radiaciones producidas por aparatos de rayos X tipo diagnóstico, a los niveles más bajos que sean - posibles sin rebasar en ningún caso, los máximos permisibles fijados en este Reglamento.

ART. 3o.- Para efectos de este Reglamento se entiende por:

Haz útil: la radiación proveniente del tubo de rayos X, que se obtiene después de pasar a través de la ventana, filtro, cono u otro artefacto de colimación, y,

A P E N D I C E

Blindaje: la barrera de material adecuado que permite reducir la intensidad de las radiaciones.

ART. 4o.- Las personas que se alude en este Reglamento se denominarán - como sigue:

II.- Usuario: la persona física que utilice directamente o dirija el -- uso de equipos de rayos X tipo diagnóstico, y que será responsable de que su uso se ajuste a las técnicas radiológicas que garanticen la dosis mínima al paciente y al personal ocupacionalmente expuesto.

ART. 5o.- Los responsables, usuarios y ayudantes técnicos de equipos de rayos X tipo diagnóstico, deberán contar con autorización de la Secretaría - de Salubridad y Asistencia para el desempeño de sus actividades.

ART. 8o.- Los establecimientos en donde se instalen equipos de rayos X- tipo diagnóstico deberán contar con licencia sanitaria de funcionamiento y - con autorización de uso de la propia instalación.

ART. 9o.- Los propietarios de equipos de rayos X tipo diagnóstico insta- lados en un establecimiento, serán responsables de que éste cuente con las - autorizaciones previstas en el presente Reglamento.

C A P I T U L O I I

De las autorizaciones.

ART. 10.- Para obtener autorización de responsable en seguridad radio- lógica, el interesado deberá:

I.- Presentar título profesional conexo con la radiología, registrado en la Secretaría de Educación Pública y en la Secretaría de Salubridad y Asistencia, en su caso, y,

II.- Acreditar conocimientos en seguridad radiológica, mediante examen presentado y aprobado ante la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

ART. 11.- Son obligaciones del responsable en seguridad radiológica:

I.-Elaborar el manual de normas de seguridad radiológica para el uso de aparatos de rayos X tipo diagnóstico que señalará: técnicas de dosimetría, técnicas de cuarto oscuro, dispositivos de seguridad y demás normas procedentes;

III.- Revisar periódicamente las instalaciones, equipos y aparatos de rayos X tipo diagnóstico a fin de comprobar que se cumplen las normas de este Reglamento, las disposiciones que de él se deriven y lo establecido por el manual de normas de seguridad radiológica.

IV.- Informar a la Secretaría de Salubridad y Asistencia de cualquier modificación que se lleve a cabo en la instalación, equipo o aparato de rayos X tipo diagnóstico que altere las condiciones bajo las cuales se otorgó la autorización de uso;

V.-Capacitar al personal en los métodos de seguridad radiológica e informarle sobre los riesgos que implica su trabajo;

VI.- Llevar el registro de los diferentes niveles de radiación a los que se encuentre expuesto el personal que trabaje con equipo de rayos X tipo diagnóstico, así como de los niveles de radiación en las áreas vecinas;

A P E N D I C E

VII.- Investigar los casos de exposición excesiva o anormal, reportar-- los a la Secretaría de Salubridad y Asistencia y Tomar las medidas inmedia-- tas y necesarias para evitar su repetición, y,

VIII.- Informar a una persona ocupacionalmente expuesta, cuando lo soli-- cite, acerca de la dosis que ha recibido en el desempeño de sus labores.

ART. 12.- Para obtener autorización de usuario el interesado deberá:

I.-Presentar título profesional conexo con la radiología, registrado en la Secretaría de Educación Pública y en la Secretaría de Salubridad y Asis-- tencia, en su caso, y

II.-Acreditar conocimientos en seguridad radiológica mediante examen -- presentado y aprobado ante la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

ART. 13.-Son obligaciones del usuario:

I.- Vigilar la aplicación de las normas de seguridad radiológica;

II.- Reportar por escrito al responsable de cualquier anomalía que ob-- serve en las instalaciones, equipos o aparatos de rayos X tipo diagnóstico - que utilice;

III.- Verificar que las personas que operen los aparatos de rayos X ti-- po diagnóstico que él dirija, estén autorizadas para ello, y,

IV.- Instruir al personal en las técnicas radiológicas para que la do-- sis que reciba el paciente sea la mínima posible.

ART. 14.- Para obtener autorización de ayudante técnico, el interesado-- deberá:

A P E N D I C E

I.- Presentar título de técnico en radiología registrado en la Secretaría de Educación Pública y en la Secretaría de Salubridad y Asistencia o comprobar estudios equivalentes, y,

II.- Acreditar conocimientos en seguridad radiológica, mediante examen-presentado y aprobado ante la Secretaría de Salubridad y Asistencia,

ART. 18.- Para obtener la autorización de uso, los propietarios de los establecimientos en donde se pretenda instalar equipos de rayos X tipo diagnóstico deberán:

I.- Presentar la correspondiente solicitud con los siguientes datos:

a).- Nombre y domicilio del establecimiento en donde se pretenda instalar el equipo de rayos X tipo diagnóstico, y en su caso la institución o dependencia a la que pertenezca;

b).- Nombre del propietario y, en su caso del director del establecimiento;

c).- Nombre del responsable en seguridad radiológica;

d).- Número de personas ocupacionalmente expuestas y labores que desempeñarán;

e).- Número, descripción y marca de equipos de rayos X tipo diagnóstico de la instalación;

f).- Parámetros de operación máxima en radiografía y fluoroscopia;

g).- Uso al que se destinará el equipo de rayos X tipo diagnóstico;

h).- Horario en que funcionará el equipo;

i).- Carga de trabajo promedio esperada, y,

A P E N D I C E

j).- Los demás datos relativos que solicite la Secretaría de Salubridad y Asistencia, y,

II.- Acompañar los siguientes documentos:

a).- Planos previamente aprobados de las instalaciones con sus especificaciones y colindancias;

b).- Manual interno del establecimiento sobre seguridad radiológica y técnicas radiológicas, y,

c).- Copias de la autorizaciones otorgadas por la Secretaría de Salubridad y Asistencia al responsable en seguridad radiológica, a los usuarios y a los técnicos radiólogos.

ART. 22.- Los establecimientos en donde funcionen equipos de rayos X tipo diagnóstico deberán contar con responsable en seguridad radiológica, usuario y ayudante técnico.

CAPITULO III

De las Dosis Máximas Permisibles

ART. 25.- Para los efectos de este Reglamento se considera:

I.- Personal ocupacionalmente expuesto: la persona que trabaja en las instalaciones de rayos X tipo diagnóstico;

II.- Paciente: la persona expuesta a las radiaciones producidas por un equipo de rayos X con el propósito de obtener su diagnóstico médico;

A P E N D I C E

III.- Público: toda persona que puede estar expuesta a las radiaciones de equipos de rayos X tipo diagnóstico por encontrarse en las inmediaciones de una instalación en el momento de funcionar dichos equipos;

IV.- Dosis Máxima permisible: Es la mayor cantidad de radiaciones que se permite reciba una persona de acuerdo con este Reglamento, y,

V.- Rem: la unidad de medición de radiaciones recibidas, que para efectos de rayos X equivale a 1 rad ó 1 roentgen.

ART. 26.- La dosis máxima permisible en los casos de radiaciones a cuerpo entero de personal ocupacionalmente expuesto, acumulada en las gónadas y en los órganos hematopoyéticos, a cualquier edad superior a 18 años, deberá calcularse con arreglo a la siguiente fórmula:

$D = 5(N-18)$, la dosis máxima permisible; 5; la cantidad probable de rems recibidos por año, y, N; la edad expresada en años cumplidos

ART. 28.- Las dosis máximas permisibles al personal ocupacionalmente expuesto en determinados órganos son las siguientes:

I.- La dosis acumulada en la piel, en la glándula tiroides o en los huesos durante cualquier trimestre, no deberá exceder de 15 rems. La dosis anual quedará limitada a 30 rems;

II.- La dosis acumulada en las manos, antebrazos, tobillos y pies, durante cualquier trimestre, no excederá de 30 rems. La dosis anual quedará limitada a 75 rems, y,

A P E N D I C E

III.- La dosis acumulada en cualquier otro órgano individual durante un trimestre, no deberá exceder de 7.5 rems. La dosis anual quedará limitada a 15 rems.

ART. 29.- Las mujeres de edad reproductiva ocupacionalmente expuestas, no podrán acumular más de 0,1 rem por semana.

ART. 30.- La mujer gestante ocupacionalmente expuesta, no deberá recibir una dosis superior a 1 rem durante el período de gestación.

ART. 31.- Cuando se desconozca la dosis recibida por un trabajador ocupacionalmente expuesto, deberá suponerse que ha acumulado la totalidad de la dosis calculada de acuerdo con la fórmula señalada en el artículo 26 de este Reglamento.

En cuanto a las radiaciones dudosas, se establecieron los siguientes artículos para las medidas preventivas:

ART. 33.- El personal ocupacionalmente expuesto, que trabaje en zonas en las cuales la medición indique que los niveles de radiaciones pueden sobrepasar en un tercio a las dosis máximas permisibles, deberá ser sometido por el propietario a un control continuo de dosis individual y a los exámenes señalados en este Reglamento

ART. 34.- En la sala de rayos X no deberá emplearse a ninguna persona menor de 18 años.

ART. 35.- Los menores de 18 años en período de adiestramiento técnico o profesional, no deberán recibir por ese motivo, una dosis mayor de 0.1 rem al año a cuerpo entero.

A P E N D I C E

ART. 36.- Los niveles de radiación en las áreas vecinas a la instalación de rayos X tipo diagnóstico, no deberán ser mayores de 0.01 rem por semana.

ART. 37.- Los dispositivos destinados a la protección del personal ocupacionalmente expuesto, garantizarán que éste no reciba una dosis mayor de 0.1 rem por semana.

En cuanto a las medidas de protección se encuentran establecidas en el siguiente capítulo:

C A P I T U L O I V

De la protección del Personal Ocupacionalmente Expuesto.

ART. 39.- El personal ocupacionalmente expuesto será sometido a exámenes médicos antes de ser empleado y durante el tiempo que preste sus servicios.

ART. 40.- La frecuencia de los exámenes médicos al personal se determinará de acuerdo con los siguientes criterios:

I.- Cada Año, cuando se hayan recibido menos de 3 rems a cuerpo entero en un trimestre, y,

II.- Cada seis meses, cuando se hayan recibido más de 3 rems a cuerpo entero en un trimestre, y,

ART. 41.- Cuando se hayan recibido dosis más elevadas de las mencionadas en el artículo anterior, los exámenes se practicarán cada tres meses, y cuando se hayan recibido más de 25 rems a cuerpo entero deberá mantenerse al trabajador bajo vigilancia médica.

A P E N D I C E

ART. 42.- Los exámenes médicos comprenderán los siguientes estudios;

I.- Examen clínico completo;

II.- Exámenes particulares de los órganos o tejidos más sensibles a las radiaciones o que estén más expuestos como consecuencia de la actividad que realice el trabajador; en la forma siguiente:

a).- En caso de radiación global del organismo un examen hematológico - que comprenderá;

- 1).- Recuento de hematíes, de leucocitos y de trombocitos;
- 2).- Determinación de la fórmula leucocitaria;
- 3).- Investigación y registro de las anomalías celulares;
- 4).- Cálculo de hemoglobina, y,
- 5).- Estudios de la coagulación sanguínea;

b).- En caso de radiación parcial, un examen cutáneo que deberá efectuarse para descubrir la existencia de dermatitis y cánceres, y para estudiar las modificaciones que se presente.

C A P I T U L O V

De las Normas de Protección al Paciente.

ART. 47.- Si en el momento de la exposición del paciente a los rayos X, las gónadas están dentro de los límites del haz útil, pero no necesitan exponerse, deberán protegerse con blindaje de gónadas.

A P E N D I C E

ART. 50.- EL médico que prescribe estudios radiológicos deberá tomar en cuenta las siguientes normas:

II.- Los exámenes radiológicos del abdomen y de la pelvis de mujeres en período de gestación, que puedan diferirse, se llevarán a cabo después de -- concluido este período, o por lo menos hasta la segunda mitad del mismo, y,

ART. 54.- Cuando se hagan estudios radiográficos que no sean de tórax,- la distancia foco-piel no deberá ser menos de 30 centímetros.

ART. 57.- Durante la radiación, sólo permanecerán en la sala de rayos X, el paciente y el personal necesario para la ejecución del estudio que se trate.

Para la instalación del equipo de rayos X, se establecen en los siguientes artículos:

C A P I T U L O VI

De las Instalaciones.

ART. 58.- La distribución en las instalaciones deberá garantizar que -- los accesos a la sala de rayos X se mantengan cerrados durante la radiación.

ART. 62.- La sala de rayos X deberá estar diseñada de manera que pueda observarse al paciente y establecer comunicación con él desde el tablero de control, en el momento de las tomas radiográficas.

ART. 63.- La instalación contará con el blindaje que garantice que - -- cuando el haz útil de los aparatos de rayos X pueda dirigirse de manera permanente a una zona ocupada por el personal o por el público, éstos no se expongan a dosis mayores de las permisibles.

A P E N D I C E

Los equipos de rayos X, deberá estar diseñado adecuadamente como se establecen en los siguientes artículos:

C A P I T U L O VII

ART. 69.- Cada tubo del aparato de rayos X tipo diagnóstico, deberá estar dentro de una coraza que garantice que la exposición por la radiación de fuga, medida a una distancia de un metro del foco, no excederá de 100 miliroentgens en una hora.

ART. 72.- La coraza del tubo deberá indicar la filtración inherente del haz útil con que cuenta el equipo.

ART. 73.- El haz útil deberá filtrarse de acuerdo con las siguientes especificaciones:

I.- En trabajos de diagnóstico normal, incluyendo radiografía dental, - el filtro deberá ser:

a).- Equivalente y no menor de 1.5 milímetros de aluminio para voltaje hasta de 70 kilovolts inclusive;

b).- De 2 milímetros de aluminio para voltajes entre 70 y 100 kilovolts y,

c).- De 2.5 milímetros de aluminio para voltajes mayores de 100 kilovolts, y,

ART. 74.- El tubo de rayos X deberá contar con diafragmas, conos o colimadores que limiten el haz útil al área de interés para el diagnóstico.

A P E N D I C E

ART. 75.- El colimador deberá contar con un haz luminoso coincidente -- con el haz útil, que indique el tamaño del área de interés para el diagnós-- tico.

ART. 76.- El equipo de rayos X tipo diagnóstico deberá contar con un -- sistema de limitación ajustable del haz, que proporcione campos regulares y- que alinee la placa con el haz útil, mostrando los límites de éste en la pla- ca.

ART. 83.- El interruptor de exposición de los aparatos de radiografía- deberá funcionar a voluntad del operador, sin que puedan ocurrir exposicio- nes accidentales.

ART. 85.- En los equipos portátiles y dentales de radiografía, el dispa- ro deberá realizarse a una distancia mínima de 2 metros del tubo y del pa- ciente.

ART. 88.- En los equipos de radiografía dental, la coraza del tubo de - rayos X deberá estar sostenida por el mismo equipo y mantenerse fija en la - posición deseada durante la exposición.

ART. 89.- Los equipos de radiografía dental deberán contar con un reloj debidamente calibrado, que controle el tiempo prefijado por el operador para la exposición en radiografía dental convencional. Las exposiciones no serán- mayores de 5 segundos.

ART. 90.- En exámenes radiográficos dentales, la filtración total del - haz útil no deberá ser menor que los valores especificados en el artículo 73 de este Reglamento.

A P E N D I C E

ART. 91.- Para la toma de una radiografía dental convencional, el equipo de rayos X tipo diagnóstico deberá contar con un cono espaciador que limite el campo de estudio y que dé una distancia mínima foco-piel de 20 centímetros para equipo que operen a más de 60 kilovoltios y no menos y cuyo diámetro de salida sea menor de 7.5 centímetros.

ART. 92.- El usuario de equipos de radiografías dentales deberá utilizar dispositivos de sostén para la película y sólo cuando el caso clínico no lo permita, la sostendrá el paciente.

ART. 93.- Los equipos utilizados para radiografía dental especial, como procedimientos panorámicos y cefalométricos, deberán ajustarse a las normas para radiografías generales que contiene este Reglamento.

B I B L I O G R A F I A

1.- AN ILFORD MANUEL POSITIONING IN RADIOGRAPHY

K.C. CLARCK
Profesor Tit.en Radiología
U. de Londres.

2.- FISILOGIA HUMANA

HOUSSAY, Bernard., Dr.
3/a. Edición.
Buenos Aires, Arg.
1954 1,250 paginas.

3.- FISILOGIA MEDICA.

GANON.

4.- HISTOLOGIA BASICA.

L.C. HUMQUEIRA y J. CARNEIRO.
1/a. Edición.
3/a. Reimpresión.
Ediciones Olimpia, S.A.
Sevilla 109 Col. Portales
México, D.F.
442 páginas.

5.- INTRODUCCION A LA CARDIOLOGIA

ESPINO VELA, Jorge, Dr.
6/a. Edición. México, D.F.
1974 715 páginas.

- 6.- GENETICA GENERAL Y APLICADA.
DE LA LOMA, Jose Luis, Ing. Agrónomo.
3/a. Edición,
Editorial Hispanoamericana
Av. Universidad No. 767
México, D.F.
- 7.- GRUPO DE TRABAJO SOBRE PROTECCION RADIOLOGICA.
HORWITZ, Abraham, Director.
Organización Mundial para la Salud
Washington, D.C. 20037 E.U.A.
1969 98 páginas.
- 8.- LA HERENCIA.
BORNBER M., David Dr.
2/a. Edición.
Editorial Hispanoamericana.
México, D.F.
1967 190 páginas.
- 9.- MANUAL DE FISIOLOGIA Y BIOQUIMICA.
JOHN MURRAY, Dr.
42/a. Edición.
México, D.F.
1957 882 páginas.
- 10.- MANUAL DE FISICA MEDICA.
BROCCA, Andres,
4/a. Edición.
Barcelona España.
1945 720 páginas.
- 11.- PREVENTIVE MEDICAL AN PUBLIC HEALTH.
KENNETH F. MAXCY M.C.
8/a. Edition
Printed in the United States of America
1,465 páginas.

12.- PROBLEMAS CLINICOS EN GINECOLOGIA Y OBSTETRICIA.

SCHMITZ, Helberte Dr.
Clínicas Médicas en Norteamérica
Editorial Interamericana
México, D.F.
1961.

13.- RADIOLOGIA EN MEDICINA INTERNA.

ELLIOT, Larry P., Director
Clínicas Médicas en Norteamérica.
Editorial Interamericana.
México, D.F.
1975

14.- SALUD HIGIENE RADIOLOGICA.

HANSON, Gerar P., Dr. P.H.²
Organización Panamericana de la Salud.
Habre No. 30
México, .D.F.
1974 93 páginas.

15.- TRATADO DE FISIOLOGIA MEDICA.

GAYTON G., Arthur
Editorial Interamericana, S.A.
México, D.F.
1967 1,158 páginas.

16.- TRATADO DE FISIOLOGIA.

HAMILTON, W.J., M.D.D.
Editorial Intermédica S.S.I.C.I.
Buenos Aires, Argentina
1973 669 páginas.

17.- TRATADO DE MEDICINA INTERNA.

HARVEY JHONES OWNS ROSS M.C.
Editorial Interamericana, S.A.
México, D.F.

18.- TRATADO DE PATOLOGIA

ROBBINS, Stanley L., Dr.

3/a. Edición.

Editorial Interamericana, S.A. de C.V.

México, .DF.

1968 1,334 páginas.

19.- TRATADO DE PATOLOGIA.

WILLIAM BOYD.

3/a. Edición.

Editorial "EL ATANEO"

Buenos Aires, Argentina.

1965 1,415 páginas.