

UNIVERSIDAD DE CARABOBO.
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA.
DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN
INTEGRAL DEL HOMBRE.

**CONTAMINACIÓN EN PERSONAS
EXPUESTAS A LA RADIACIÓN.**

AUTORES:

Ma. Carolina Arcila.

Marvi Alviarez.

Valencia, Julio 2001.

**CONTAMINACIÓN EN PERSONAS
EXPUESTAS A LA RADIACIÓN.**

Autores:

Marvi Alviarez.

Ma. Carolina Arcila.

ÍNDICE.

Introducción.....	3
El Problema.....	5
Objetivos.....	8
Justificación.....	9
Capitulo I.....	10
Capitulo II.....	15
Capitulo III.....	24
Conclusión.....	29
Bibliografía.....	30

AGRADECIMIENTO

A Dios todo poderoso por habernos iluminado y por habernos dejado concluir con éxito este objetivo.

A nuestros padres por habernos sembrado el espíritu de superación, lealtad y honestidad.

A todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron al logro de esta meta.

RECONOCIMIENTO.

A Dios todo poderoso por permitir culminar otra meta mas en nuestras vidas, y le damos gracias por su compañía para lograrlo.

A nuestra tutora Zulaima Sanabria, nuestro especial agradecimiento por su valiosa colaboración tanto en la tutoría como en el apoyo incondicional en la realización de este trabajo.

Universidad de Carabobo.
Facultad de Odontología.
Departamento de Formación Integral del Hombre.
Informe de Investigación V.

CONTAMINACIÓN EN PERSONAS EXPUESTAS A LA RADIACIÓN.

Autores:
Ma. Carolina Arcila.
Marvi Alvarez.
Año:2001.

RESUMEN.

Esta investigación documental tuvo como propósito analizar la contaminación radiológica en personas expuestas a la radiación, dividiéndolo en cuatro capítulos: el capítulo I, estudió el fenómeno radiológico, contaminación radiológica y las causas de la misma; la radiación es una estructura radiante formada por elementos divergentes. La contaminación radiológica es la presencia de material indeseable en sustancias y productos, que los hace inutilizables o nocivos para la vida animal y vegetal. Son muchas las causas que desencadenan la contaminación radiológica. En el capítulo II se explicaron los signos y síntomas en los individuos contaminados por rayos x y los efectos que produce la contaminación radiológica. Entre los efectos biológicos más comunes se encontraron: a nivel molecular, a nivel celular, a nivel histórico u orgánico, etc., cada uno de los cuales presentan signos y síntomas específicos. En el capítulo III se determinaron los equipos adecuados que deben utilizarse en el área de radiología y medidas de protección adecuada que deben practicarse en la misma tales como: paredes de plomo, puertas especiales, dosímetros, por nombrar algunos. El capítulo IV hizo una comparación entre la clasificación de los efectos de la contaminación en personas expuestas a la radiación en Venezuela y México. Esta investigación arrojó las siguientes conclusiones: el conocimiento de las causas que desencadenan la contaminación radiológica y los efectos biológicos que produce así como la implementación de las medidas de protección y los equipos adecuados es lo que se espera en aquellas personas que operan en ambientes radiológicos.

INTRODUCCIÓN.

La radiación es la acción y efecto de transferir energía en forma de ondas o partículas de un lugar a otro sin un portador material. Los rayos X consisten en la radiación electromagnética de origen nuclear, de longitud de onda menor de 5 Å, producida cuando electrones que se mueven a gran velocidad inciden sobre diversas sustancias, especialmente los metales pesados.

La contaminación radiológica, no es más que la presencia de material radioactivo, causado por cualquier procedimiento que lo permita como exposición inadecuada, exceso de dosificación, equipos en mal estado, carencia de medidas de detección de fugas, etc.

Las lesiones por radiación, van a estar determinadas por la dosis total, índice de radiación, cantidad de tejido irradiado, sensibilidad celular y la edad, produciendo una serie de efectos biológicos entre los que se encuentran, lesiones a nivel molecular, celular, hístico u orgánico, radiación del cuerpo completo, efectos sobre el feto, mutaciones genéticas, efectos somáticos a largo plazo, carcinogénesis, ojos, glándulas tiroideas y médula ósea.

La contaminación radiológica puede evitarse simplemente manteniendo los equipos idóneos y medidas de protección adecuadas a

los ambientes que operan con radiación, es por esto, la importancia del conocimiento de las mismas, por ser sencillas e imprescindibles para evitar los efectos que produce.

La investigación se estructura de la siguiente manera:

En el Capítulo I, se hace referencia acerca del fenómeno radiológico, la contaminación radiológica y las causas de la misma.

En el capítulo II se explicaron los signos y síntomas de los individuos contaminados por rayos x y los efectos que produce dicha contaminación.

El capítulo III determina los equipos adecuados que deben utilizarse en el área de radiología y medidas de protección adecuadas que deben aplicarse en la misma.

En el capítulo IV, se hizo un análisis comparativo de la clasificación de los efectos de la contaminación en personas expuestas a la radiación en Venezuela y México.

EL PROBLEMA.

Planteamiento del Problema.

El área de radiología de la facultad de odontología de la Universidad de Carabobo, presenta un índice de contaminación radioactiva para aquellas personas que se desenvuelven en este ambiente, como lo son principalmente estudiantes y en menor grado docentes y empleados, que sin el conocimiento de las alteraciones biológicas producidas por radiaciones, se exponen a éstas sin tomar en cuenta las medidas para evitar las graves patologías que pueden ser desencadenadas. La radiación energética, como los rayos x, afectan los tejidos ionizando sus moléculas, produciendo diversos efectos biológicos.

Es importante enfatizar, que en muchos casos la exposición a la radiación se hace en conocimiento de los perjuicios que producen, y aún así, no se aplican las medidas de seguridad necesarias, siendo la radiación un elemento acumulativo en el organismo, y que al cabo de los años producen efectos negativos sobre el mismo, además de otras dolencias sufridas por radiólogos, que se podrían adjudicar a los rayos x.

Es necesario tener en cuenta, sobre todo aquellas personas que se desenvuelven dentro de ambientes radioactivos, que la exposición a la radiación debe ser tan baja como sea razonable, no así, en los casos donde se requieran la exposición completa del operador (estudiante, auxiliares, empleados, o docentes), se debe proveer al paciente de un protector tiroideo y gonadal, además se revisarán anualmente los equipos de rayos x y la disposición de los mismos con respecto a la sala de espera, como a las áreas de tráfico constante, que deben ser aislados a una distancia razonable.

Para la protección general del operador, se deben instalar dosímetros ambientales: dispositivos que detectan la fuga radioactiva (como una alarma de fuego) , se les debe proveer de delantales o petos y guantes impregnados de plomo, lentes especiales, colimadores, entre otros, igualmente se les deben dotar de dosímetros individuales a todo el personal que opera dentro del área de radiología. La disposición correcta de las barreras de protección (paredes de plomo), también son importantes para evitar la contaminación, por lo que además del área de trabajo del operador correctamente distribuida, la implementación de cuartos protegidos o aislados de radiación para el área de trabajo de empleados y profesores, sería ideal.

OBJETIVOS.

Objetivo General.

- Describir los efectos de la contaminación en personas expuestas a la radiación.

Objetivos Específicos.

- Definir el fenómeno radiológico, la contaminación radiológica, y las causas de la misma.
- Explicar los signos y síntomas en los individuos contaminados por rayos x y los efectos que produce la contaminación radiológica.
- Determinar cuales son los equipos idóneos que se deben utilizar en un área de radiología y las medidas de protección adecuadas que se deben practicar en la misma.
- Comparar la clasificación de los efectos de la contaminación en personas expuestas a la radiación en Venezuela y México.

JUSTIFICACION.

Esta investigación se realizo por ser la contaminación radioactiva un problema que afecta directamente la salud de los individuos que se desenvuelven en el área de radiología, que protegidos indebidamente e ignorantes de las graves consecuencias producidas por las mismas, se exponen constantemente a las radiaciones electromagnéticas.

La importancia de ésta investigación radica en el hecho de que mediante ella, se pretende profundizar y ampliar los conocimientos acerca de las consecuencias de la contaminación en personas expuestas a la radiación, para que de esta manera se evite la misma, determinando las medidas preventivas y restableciendo las condiciones que debe tener el área de radiología de manera que las personas que laboran en este medio no se vean afectadas. Igualmente servirá como material bibliográfico para ampliar los conocimientos de los estudiantes, docentes, e individuos interesados en el tema, contribuyendo de esta manera a evitar y prevenir la contaminación radiológica.

CAPITULO I.

- Fenómeno radiológico, contaminación radiológica, y las causas de la misma.

La radiación es divergencia desde un centro común. Es una estructura radiante formada por elementos divergentes, como uno de los haces de fibras del cerebro. Es la acción y efecto de transferir energía en forma de ondas o partículas de un lugar a otro sin un portador material.(citado en Poyton,H. 1992)

Existen varios tipos de radiación: actínica, de aniquilación, blanca, blanda, característica, corpuscular, cósmica, desviada, discreta, dispersa, dispersa secundaria, electromagnética, fluorescente, de fondo, fotoquímica, gamma, heterogénea, homogénea, infraroja, interna, intersticial, ionizante, irritativa, monocromática, monoenergética, natural, de partículas, de pérdida, primaria, remanente, secundaria, térmica ultravioleta útil y X. (citado en Poyton,H. 1992).

Por su parte la radioactividad es la emisión de energía radiante desde un núcleo atómico inestable durante el deterioro de ciertos materiales, acompañada de expulsión de partículas alfa y beta y rayos gamma.

Los rayos X consisten en la radiación electromagnética de origen nuclear, de longitud de onda menor de 5 Å, producida cuando electrones que se mueven a gran velocidad inciden sobre diversas sustancias, especialmente los metales pesados.(citado en Poyton,H 1992).

Se generan haciendo pasar una corriente de alto voltaje por un tubo de collidige y pueden penetrar casi todas las sustancias en grado variable. Afectan las placas fotográficas y se usan para demostrar la presencia y posición de fracturas, cuerpos extraños o sustancias radiopacas introducidas deliberadamente.

Por su capacidad de inducir fluorescencia en ciertas sustancias es posible determinar el tamaño, la forma y los movimientos de diferentes órganos mediante el flujo de la fluoroscopia. Ionizan fuertemente y destruyen los tejidos, por poseer esta propiedad se usan para tratar diversos estados patológicos, como el cáncer.

La biofísica de la radiación radioactiva se puede definir como la emisión de partículas subatómicas o simplemente energía pura a partir de los átomos que conforman un cuerpo dado.

La causa fundamental de la radioactividad o de las radiaciones en general no es otra sino un exceso de masa o energía que los átomos o

los núcleos emiten a fin de liberarse del sobrante y obtener su estabilidad.

Así, la radiación radiactiva se puede clasificar en dos categorías principales: Radiaciones ionizantes y radiaciones no ionizantes. La radiación no ionizante incluye todas las formas de radiación cuya manera primaria de interactuar con la materia no envuelve la producción de pares iónicos. Un par iónico consta de un electrón, con carga eléctrica negativa y el átomo del que se ha desprendido, que por tanto poseerá una carga eléctrica positiva. Disponible: www.radiación3.htm (consulta junio 2001).

Las fuentes de radiación no ionizante incluyen: ondas de radio y televisión, radar, microondas, lámparas ultravioleta, rayos láser, rayos infrarojos y equipos especiales como diatermias, radioteleimetrías, etc. Su manera principal de interacción con la materia consiste en las excitaciones atómica y molecular.

Las radiaciones ionizantes son las que tienen suficiente energía para romper enlaces químicos y producir pares iónicos (ionización) durante su interacción con la materia o su paso por ella. Se dividen en dos grupos:

- Radiaciones corpusculares, que tienen masa y carga (protones, electrones, radiación alfa y beta, neutrones).
- Radiaciones electromagnéticas, que son energía pura y tienen características similares a la luz visible y las ondas de radio (radiación gamma, radiación X).

En conocimiento de los conceptos anteriores, se puede definir, entonces, la contaminación radiológica como la presencia de material radiactivo indeseable en sustancias y productos, que los hace inutilizables o nocivos para la vida animal y vegetal, o la disposición de material radiactivo en cualquier lugar donde pueda dañar a personas, animales, plantas o al medio ambiente, o donde pueda perjudicar operaciones o experimentos o hacer inoperables o inseguros a materiales y equipos.

Las causas que desencadenan contaminación radiológica en un individuo expuesto a la radiación, van desde el uso indebido de las radiaciones, exposición inadecuada y por encima de las dosis media por persona (0.5 rem/año), hasta el funcionamiento incorrecto de los equipos que generen contaminación, la falta de protección adecuada dentro de los ambientes en donde se operan con equipos de rayos X, además de la falta de detectores de radiaciones que eviten la exposición en caso de contaminación, es decir, la falta de vigilancia de radiación, del equipo y personal generan contaminación.

Los factores que determinan la lesión por radiación, tales como la dosis total, el índice de radiación, la cantidad de tejido irradiado, la sensibilidad celular y la edad. La dosis total se refiere a la cantidad de radiación recibida o la cantidad total de energía de radiación absorbida, hay mayor daño cuando el tejido absorbe mayores cantidades de radiación. El índice de radiación es el que presenta la exposición a la radiación y su absorción (índice de dosis=dosis/tiempo), hay más daños por radiación con índices de dosis mayores debido a la administración rápida de radiación que no da tiempo a que se repare el daño celular.

De igual forma, la cantidad de tejido irradiado interviene, debido a que a mayor cantidad de tejido irradiado, mayor será el daño, porque se puede presentar daño en los tejidos que forman la sangre. La sensibilidad celular también afecta la lesión por radiación, hay más daño en las células que son más sensibles a la radiación como por ejemplo: células de división rápida, células jóvenes, etc. De manera semejante, la edad es otro factor que determina la lesión por radiación, los niños son más susceptibles que los adultos.

Siempre que el tejido biológico se expone a la radiación ionizante, se produce algún daño, este puede ir o no seguido de reparación. Debido a que la reparación es posible que nunca sea completa, puede persistir cierto grado de daño sin reparar; así tenemos que todos los

efectos de la radiación son irreversibles y acumulativo, o sea, que todos los tejidos irradiados no retornan a la normalidad y además las dosis recibidas se suman unas a otras, aun distanciadas en el tiempo.

La radiografía dental intraoral requiere una exposición y grado de dosis relativamente elevado. La exposición cutánea media nacional por película dental fue (910 mR). Los órganos críticos de radiosensibilidad relativa, que están involucrados en la radiografía dental de la cabeza y el cuello son probablemente la medula ósea de la mandíbula, el tiroides y el cristalino.

El tratamiento dental empieza a una edad temprana. Los niños tienen células de crecimiento rápido, en la mayor parte del cuerpo. Estas células son mas susceptibles a las radiaciones ionizantes que a las células de lento crecimiento. La longitud del torso desde la cavidad oral hasta la zona gonadal en los niños es considerablemente menor que en los adultos. Por lo tanto la radiación dental es mas peligrosa en los niños que en los adultos.

Nuestro organismo esta absorbiendo continuamente infinitas cantidades de radiaciones ionizantes naturales (raios cósmicos, de los elementos radiactivos del suelo) y artificiales (relojes, medidores con esferas luminosas, aparatos de televisión). Así mismo absorbe la

radiación producida por la radioactividad remanente de las exposiciones nucleares.

Definiciones de las principales unidades y términos:

Roentgen: Antes de 1928 no existían unidades para describir cuantitativamente la actividad radioactiva. En ese año la Comisión Internacional para Unidades Radiológicas propuso al Roentgen (R) como unidad de radiación. Dicha definición fue ligeramente modificada 10 años mas tarde. El Roentgen, unidad de exposición en aire, es la cantidad de radiación electromagnética (rayos X o rayos gamma) necesaria para producir una determinada cantidad de ionización por unidad de aire (0.000258 culombio por kg de aire c/kg). Un c/kg equivale a 3879 R. El roentgen es aplicable únicamente para exposición en aire de radiación electromagnética de menos de 2 Megaelectronvolts (MeV) y no es aplicable para partículas. Las exposiciones médicas en radiología se miden en miliroentgens (mR=0.001 roentgen). Para fines médicos se debe proporcionar una referencia temporal, por lo que las unidades utilizadas son mR/unidad de tiempo (que puede ser minuto, segundo, hora, etc.).

Rad y Gray (Gy): En 1953 se propuso el rad. El rad (de inglés radiation absorbed dose) mide la energía absorbida o dosis y equivale a 100 ergios por gramo de sustancia irradiada. En tejidos blando un rad es aproximadamente igual a un roentgen. Actualmente el sistema

internacional de medidas utiliza como unidad de radiación absorbida al Grey, que equivale a la energía absorbida por kilogramo de sustancia irradiada. Un Gy equivale a 100 rads (un rad equivale a 10 miligrays).

Rem y Sievert (Sv): El roentgen, el rad y el Gy son parámetros físicos. El rem (Sv en el sistema internacional de unidades) refleja la respuesta biológicas a las radiaciones ionizantes, por lo que puede ser utilizada para comparar efectos de diferentes radiaciones. Rem proviene de las siglas en inglés roentgen equivalent man. Un Sv equivale a 100 rems y un rem equivale a 10 milisieverts (mSv).

Dosis equivalente: Para tratar de valorar cuantitativamente los efectos de las radiaciones ionizantes sobre los sistemas biológicos es necesario definir una nueva magnitud. A manera de ejemplo, una partícula alfa produce aproximadamente un millón de ionizaciones por milímetro de recorrido a través de un tejido biológico, mientras que una partícula beta solo produce 10,000 ionizaciones en el mismo recorrido. Como puede inferirse, los distintos tipos de radiaciones producen distintos efectos biológicos. El distinto daño biológico que produce una misma cantidad de radiación absorbida pero de distintas radiaciones, medida en rads o en grays se expresa a través del llamado factor de calidad (Q). El factor de calidad es característico para cada tipo de radiación (los rayos gamma, los rayos X y los rayos beta (excepto Auger) tiene un factor de calidad igual a 1, los neutrones

lentos tienen un Q de 2.5, los neutrones rápidos tienen un Q de 10, los neutrones con energía de entre 100 keV y 2 MeV tienen un factor Q de 20, los protones tienen un factor Q de 5 y los rayos alfa, los fragmentos de fisión y los núcleos pesados tienen un Q de 20). Así, la dosis equivalente en rems equivale a Q multiplicado por la dosis absorbida calculada en rads y la dosis equivalente en sieverts equivale a Q multiplicado por la dosis absorbida calculada en grays. Por lo tanto, un sievert equivale a 100 rems.

Curie (Ci) y Bequerio (Bq): La unidad tradicional (Ci) e internacional (Bq) se utilizan para medir la radiación . El Bq equivale a una desintegración radiactiva por segundo, mientras que el Ci equivale a 37,000,000,000 desintegraciones por segundo (3.7×10^{10} Bq). Disponible : www.radiacion3.htm (consulta junio 2001).

CAPITULO II.

- Signos y síntomas en los individuos contaminados por rayos x y los efectos que produce la contaminación radiológica.

La radiación energética como los rayos X, afectan los tejidos ionizando sus moléculas, entre los efectos biológicos más comunes se encuentran según Poyton, H. 1992:

- A nivel molecular.
- A nivel celular.
- A nivel hístico u orgánico.
- Radiación del cuerpo completo.
- Efectos en el feto.
- Mutaciones genéticas.
- Efectos somáticos a largo plazo.
- Carcinogénesis.
- Ojos.
- Glándulas tiroides.
- Médula ósea.

En un estudio realizado por Rosth SF; Bohay RN; Barnett RB. En junio de 1995, acerca de las: Dosis absorbidas en la superficie e interior de la mandíbula y maxilar con radiografías oclusales ; se determinaron las dosis de radiación absorbidas en mandíbula y maxilar sometidas a

rutinas de radiografías oclusales, medidas en centígrados; determinándose que los valores obtenidos fueron similares a los de otras formas de radiografías dentales, siendo el lugar de mayor dosis radiográfica absorbida la superficie de la piel o encías. Estos resultados pueden ser utilizados en el cálculo de riesgos estimados en las radiografías dentales, y pueden asistir al odontólogo en sus conversaciones con los pacientes concernientes a la exposición radiológica.

Por su parte, Atchison KA; White SC; Flack VF; Hewlett ER, en octubre de 1995, mostraron los Lineamientos asignados a la FDA (Federal Dental Assosiation) para el ordenamiento de radiografías dentales. La administración de alimentos y drogas de los Estados Unidos emitió una serie de lineamientos odontológicos que ayudan a reducir la exposición a rayos X en pacientes sin reducir la calidad de cuidado. Estos autores concluyeron que los odontólogos pueden reducir la exposición de los pacientes a rayos X usando estos lineamientos con un bajo nivel de pérdida de hallazgos radiográficos.

En otro estudio realizado por Foley SJ; Pay A; Howell GP; Holt S, en noviembre de 1995, acerca de Metástasis de carcinoma celular escamoso de la mano, describieron el caso de un odontólogo que presentó hace 11 años un caso de carcinoma celular escamoso en su dedo medio inducido por radiación. Las exposiciones repetidas de sus

manos a rayos X en diagnósticos odontológicos, indujeron la aparición de ésta enfermedad, la cual le llevo a la amputación del dedo, además del sometimiento a radioterapias y quimioterapia para eliminar la metástasis.

Existen una serie de efectos biológicos severos causados por los rayos X, que aparecen en aquellos individuos que están expuestos periódicamente a ésta radiación, en donde la absorción corporal de éstos, excede los límites normales, provocando patologías graves como las descritas a continuación:

A nivel molecular el efecto de la radiación puede ser directo o indirecto. El fotón puede ionizar directamente la molécula radiada, con el consecuente cambio molecular adverso; debido a la gran cantidad de moléculas de agua, los fotones la ionizan y producen una reacción del hidrógeno y radicales hidróxilo libres ($\text{fotón} + \text{agua} \rightarrow \text{H}\cdot + \text{O}\cdot\text{H}$).

El efecto indirecto ocurre cuando éstos radicales libres reaccionan con otras moléculas, lo cual ocasiona un cambio molecular; el DNA es el blanco crítico en la célula. Es importante notar que hay mecanismos celulares capaces de reparar alguno de los daños causados.

A nivel celular, los cambios por radiación inducida, se observan como la pérdida de la función o daño; esto se define como la

incapacidad de división mitótica ilimitada. La RBE de la radiación, dosis total absorbida, tipo celular y su posición en el círculo celular, son parámetros que influyen en el resultado; por ejemplo, las células de la fase G2 o M son más susceptibles al daño. La recuperación celular es posible y se observa con frecuencia cuando las dosis de radiación se fraccionan con períodos de descanso. En general, las células que tiene una gran velocidad mitótica y las que son menos diferenciadas son más sensibles. Así, las células basales espermátogenas, eritoblásticas y de la cripta intestinal son susceptibles, no cómo las neuronas y células musculares que lo son en menor grado. Otros factores que pueden modificar la respuesta celular son la transferencia de energía lineal de la radiación empleada; la presencia de oxígeno que incrementa la sensibilidad celular, y la presencia de protectores químicos que envuelven los radicales libres.

A nivel hístico u orgánico el daño generado por la radiación inducida, priva al tejido orgánico de su fuente renovable de funcionamiento celular. Así como las células viejas mueren, la masa total celular del órgano se reduce con la consecuente disminución de la función. Está claro que los tejidos y órganos que tiene gran movimiento celular y requieren de un gran número de células mitóticas activas son los más sensibles; éstos incluyen médula ósea, mucosa intestinal, piel y tejido reproductivo. El sistema vascular, cartílago en crecimiento, hueso en formación y glándulas salivales son de nivel intermedio. El

músculo y las neuronas son de baja sensibilidad. Los efectos tardíos de la radiación a los vasos sanguíneos traen como consecuencia un engrosamiento marcado y obliteración de los mismos; estos cambios vasculares contribuyen a las alteraciones hícticas a largo plazo, incluyendo disminución de la resistencia a la infección al incremento de la susceptibilidad al traumatismo.

A nivel del cuerpo completo sus consecuencias son más graves que las observadas al usar la misma exposición en un área específica, por lo cual no es posible comparar la radiación de cuerpo entero con la radiografía dental. Dosis por arriba de 200 R, puede producir un síndrome de radiación agudo; mucho mayores a 200 R por lo general son letales. Estas exposiciones están lejos de la radiografía dental.

De los efectos en el feto, es importante señalar que Poyton (1992) manifiesta que:

“ El feto es en extremo sensitivo por un gran número de células basales y alto nivel de actividad mitótica celular. Su período más vulnerable es el período de la preimplantación y estadíos tempranos del desarrollo; se puede ocasionar daño prenatal, neonatal y anormalidades congénitas.” (p 19)

En etapas tardías de crecimiento intrauterino el feto es más resistente, pero si la dosis es alta, se origina el síndrome agudo de

radiación. La radiografía dental no es un peligro real para el feto, pero debe protegerse a la madre y posponer las radiografías que no son de emergencia.

La radiación en el tejido de reproducción puede generar mutaciones, algunas de las cuales van en detrimento de la salud física y mental de futuras generaciones; sus efectos se localizan en genes recesivos no evidentes por mucho tiempo. En la actualidad la radiación incrementa el número de alteraciones presentes en la población general. El tejido reproductivo es en particular sensible en los tres primeros meses de vida intrauterina; el número de mutaciones es proporcional a la dosis y los efectos son por lo regular acumulativos. Para evitar cualquier problema, debe reducirse la exposición mediante la protección adecuada para el paciente.

Dentro de los efectos somáticos a largo plazo a la exposición a radiación de bajo grado son difíciles de valorar porque:

- 1) Hay un largo período de latencia antes de que los efectos se manifiesten. Es el tiempo transcurrido entre la exposición (absorción) y la aparición de los efectos (síntomas)
- 2) Es difícil distinguir los efectos de la radiación del medio. Estos efectos se denominan no estocásticos (que poseen umbral) y estocásticos (que carecen de él). La aparición de estas consecuencias es una probabilidad que se incrementa con la dosis.

Con respecto a la carcinogénesis:

“ El carcinoma se desarrolla con más frecuencia en las superficies expuestas de la piel, cara y cuero cabelludo (pericráneo) en personas de edad media o anciana”. (Shafer, 1986, p110).

Las altas dosis de radiación pueden ser carcinogénicas. Este dato proviene de víctimas de accidentes industriales y sobrevivientes de la bomba atómica, en los cuales se incrementó la incidencia de leucemia y carcinoma tiroides por arriba de las cifras de que se tenía información.

El riesgo de bajos valores de radiación es teórico, y depende de la extrapolación de las curvas de respuesta que se obtienen de datos de exposiciones prolongadas. El informe del Comité de Efectos Biológicos de Radiación Ionizante, que estudió estos efectos en la población norteamericana, concluye que la radiación del medio posee mayor riesgo que la de diagnóstico. La posibilidad de un riesgo teórico insignificante derivado de las radiografías dentales se compensa sobre manera con el riesgo que implicaría para el paciente no usar las radiografías cuando se necesitan.

Los efectos sobre los ojos no estocástico ocurre cuando la dosis de radiación es mayor que el umbral conocido; la formación de cataratas en los ojos es un ejemplo. (Poyton, 1992, p20).

Un umbral aproximado de 500 R (por encima de las exposiciones dentales), puede ocasionar este problema, que influye directamente en el desenvolvimiento del operador.

La glándula tiroides es sensible a la radiación, sobre todo en pacientes jóvenes. Hay antecedentes de tumores originados por dosis bajas, por lo que el paciente debe ser protegido durante los procedimientos radiológicos dentales.

La médula ósea es un tejido que ocupa las celdillas en panal que el tejido óseo esponjoso forma con la malla de sus trabéculas. (citado en Joven, Villabona, Serdá, Gonzalez, 1987).

La médula ósea es un tejido de alto riesgo, pero sólo 1% de médula ósea roja activa se encuentra en mandíbula. Stentstrom y Col (1987), calcularon que la dosis para dañar la médula ósea roja era 3 mSv en un examen bucal completo.

La exposición de la piel por una película bucal es cercana a 360 mR, que no puede compararse con la de otros procedimientos medico-radiológicos; sólo mediante un análisis comparativo de riesgo. Por ejemplo, la dosis efectiva equivalente es igual a la suma de la dosis de cuerpo completo; tiene el mismo riesgo de generar un efecto estocástico (cáncer) que una dosis aplicada a una parte específica del

cuerpo (este cálculo considera la dosis equivalente a un tejido con exposición particular, suma de tejido radiado y factor de riesgo para el mismo). Stentstrom usó este cálculo y encontró que el riesgo de series radiográficas dentales completas, era de aproximadamente 7 a 12 % del riesgo de la radiación natural anual.

Algunos tejidos son más susceptibles a la radiación ionizantes que otros. El grado de susceptibilidad, al aparecer esta relacionado en la mayoría de los casos con la diferenciación celular y la velocidad de la reproducción celular. A continuación damos una lista de tejidos y órganos por orden de susceptibilidad. Disponible: www.radiación2..htm (consulta junio 2001).

1. Tejidos formadores de sangre y células reproductoras.
2. Hueso jóvenes, tejido glandular y epitelio del conducto alimenticio.
3. Piel y músculo.
4. Tejido nervioso y hueso adulto.

Exposiciones agudas y crónicas.

Aquí daremos la explicación, del porque se puede exponer al paciente al haz primario (chorro) y porque no debe exponerse el profesional. El paciente presenta factor transitorio (exposición aguda) a quien necesariamente se debe exponer (radiografía) a una dosis de rayos primarios, que por todos los medios posible debe tratarse de que sea lo mínimo posible, en cambio el profesional representa factor

permanente (exposición crónica) y esta expuesto diariamente a variables dosis de radiación secundaria, cuya suma o acumulación debe tratarse también por todo los medios posibles, reducir al mínimo y exponerse al haz primario es hacer exactamente lo contrario

CAPITULO III.

- Equipos idóneos que se deben utilizar en un área de radiología y medidas de protección adecuadas que se deben practicar en la misma.

La disposición del área radiológica debe hacerse tomando en cuenta las medidas preventivas para evitar la contaminación, siendo elementos fundamentales:

- 1- Las paredes de plomo (láminas de plomo entre el concreto o tabiquería), que se utilizarán para delimitar las unidades radiológicas.
- 2- Cada unidad debería estar aislada entre cuatro paredes de plomo con puerta incluida.
- 3- Las puertas deberán tener un vidrio con plomo que evitará el escape de los rayos X.
- 4- El área de radiología debe disponer de un dosímetro ambiental (dispositivo que mide la cantidad de radiación que se encuentra en el ambiente).

- 5- El área de espera de los pacientes debe encontrarse a una distancia razonable del área de trabajo del operador.

Con respecto a la protección contra la radiación es necesario:

- 1- Todos los usuarios del aparato de rayos X deben tener en mente el peligro potencial a la salud y lo que significa la protección del paciente, público y operador.

- 2- El texto de Poyton manifiesta que:

Debe seguirse el nemotécnico TABACOR (tan baja como sea razonable), al seleccionar la dosificación de radiación, sin privar al paciente de las ventajas de un examen radiográfico. Para la medicina y la odontología moderna, este método de investigación es indispensable. (p.21).

- 3- Cuando se examina al paciente, la película debe sostenerla el operador sólo cuando sea necesario y no de manera rutinaria.
- 4- Hay que proveer al paciente de un protector tiroideo y gonadal, utilizar películas rápidas, aditamentos para sostener la película, seleccionar el factor de exposición adecuado y utilizar una técnica adecuada.

- 5- El operador debe trabajar con peto de plomo y disponer de guantes y delantales impregnados de plomo, y seguir las recomendaciones de distancia, posición y protección.
- 6- Se debe propiciar la utilización de dosímetros ambientales e individuales, es decir, dispositivos que detectan la fuga radioactiva.
- 7- El equipo de rayos X será revisado anualmente.
- 8- Al aplicar una técnica radiológica ideal, se obtiene películas de calidad diagnóstica y se reduce la necesidad de repeticiones.
- 9- Al público se le protege colocando el equipo de rayos X lejos de las salas de espera y áreas de tráfico constante, además de las barreras adecuadas.
- 10- El operador del aparato debe ser capaz de exponer las películas desde una posición en la cual no reciba la radiación y observe la proyección.
- 11- Por último, el examen radiográfico debe realizarlo una persona adiestrada, que esté al tanto de los riesgos y precauciones a observar durante el procedimiento.

Las radiaciones de radioactividad representan en dosis altas un peligro para el hombre y es importante protegerse. Este es el objeto de la radioprotección, la cual es el conjunto de medidas destinadas a asegurar la protección sanitaria de la población y de las personas que trabajan en los diferentes sectores en los que intervienen las radiaciones ionizantes. Disponible: www.dosis_efectos.htm (consulta junio 2001).

Las recomendaciones de distancia para el operador son de por lo menos 2 metros lejos de la cabeza del tubo de rayos X durante la exposición. La posición del operador debe ser perpendicular al rayo o en un ángulo de 90 a 135 grados, además , nunca debe sostener la película ni el tubo durante la exposición.

El uso de equipos adecuados proporcionen protección, la cabeza del tubo dental de rayos X debe estar equipada con filtros de aluminio, colimador de plomo y cono adecuado. Existen dos filtros empleados en la cabeza del tubo de rayos X: filtración inherente y filtración adicional.

La filtración inherente se lleva a cabo cuando el haz primario pasa a través de la ventana de vidrio del tubo de rayos X, aceite aislante y el sellado del tubo, pero éste tipo de filtro requiere de un filtro adicional para evitar la fuga de radiación. La filtración adicional se refiere a la colocación de discos de aluminio en la vía del haz de los rayos X entre

el colimador y el sello de la cabeza en el aparato dental. La filtración del rayo produce mayor energía y mejor penetración del haz de utilidad.

La filtración total (filtración inherente más agregada) es regulada por las Leyes estatal y federal en Estados Unidos, determinando que los aparatos de rayos X que operan en o por debajo de 70 kVp requieren un mínimo total de 1.5 mm de filtros de aluminio y los aparatos que operan por arriba de 70 kVp requieren un mínimo total de 2.5 mm de filtros de aluminio.

La colimación se emplea para restringir el tamaño y la forma del haz de rayos x y reducir la exposición del paciente, esta consiste en la colocación de una placa de plomo con un orificio en la mitad que se ajusta sobre la abertura del aparato donde sale el haz de rayos X de la cabeza del tubo.

Los conos, por su parte, son extensiones de la cabeza del tubo de rayos X y se utiliza para dirigir el haz, hay tres tipos básicos de conos: cónico, rectangular y redondo.

Las dosis máxima permisible es de 0,5 rem/año, los trabajadores expuestos de manera ocupacional no deben exceder una dosis de radiación acumulada durante toda su vida, esta es conocida como dosis

máxima acumulada (DMA), y se determina con una fórmula basada en la edad del trabajador:

$$\text{DMA} = (N - 18) \times 5 \text{ rem/año.}$$

N= edad en años.

CONCLUSIÓN.

Con el conocimiento de las causas que desencadenan la contaminación radiológica y los efectos biológicos que produce, la implementación de las medidas de protección y los equipos adecuados, es lo lógicamente esperado en aquellas personas que operan en ambientes radiológicos. El investigador científico debe antes que nada estar 100% comprometido con la ciencia, porque ésta no se puede hacer solo a ratos. Requiere de una total dedicación y disciplina mental, y exige trabajo de alta calidad y competitivo. Además, el científico es el explorador de nuestros días; debe siempre estar dispuesto a entrar en nuevas áreas. La radiación ha demostrado su potencialidad en un sinnúmero de aplicaciones. Nos toca ahora aprovecharla e incorporarla juiciosamente en nuestros sistemas productivos; además, con confianza y seguridad. Esto se irá logrando conforme se cuente con más personal capacitado para hacerlo responsablemente.

Entre las recomendaciones se encuentran: paredes de plomo delimitando las unidades radiológicas, puertas con vidrios de plomo, uso de dosímetros ambientales, área de espera a una distancia razonable, utilizar la dosificación tan baja como sea razonable, sostener el operador la película sólo cuando sea necesario, proveer al paciente de protector tiroideo y gonadal, el operador debe trabajar

con peto de plomo, el equipo de rayos X será revisado anualmente entre otros.

Las dosis máxima permisible es de 0,5 rem/año, los trabajadores expuestos de manera ocupacional no deben exceder una dosis de radiación acumulada durante toda su vida, conocida como dosis máxima acumulada (DMA), y se determina con una fórmula basada en la edad del trabajador:

DMA: $(N-18) \times 5$ rem/año.

N: edad en años.

BIBLIOGRAFIA.

-ATCCHISONA KA, WHITE SC, FLACK VF, HEWLETT ER. (1995). **Linamientos de la FDA (Federal Dental Assosiation) para el ordenamiento de radiografías dentales.** Los Angeles: Universidad de California, Escuela de Odontología.

-BOHAY RN, BARNETT RB, ROTH SF. (1995) **Dosis absorvidas en las superficies y profundidades de la mandíbula y maxilar en radiografías oclusales.** Londres : Universidad de Ontario.

-CUYAS, Arturo. (1966). **Appleton's New Cuyás Dictionary.** (5a ed). Nueva York, U.S.A: Editorial de Cateherine B. Avery.

-DAVIES, Vanessa. (1996). **Medicina y Salud.** ``El Nacional``, cuerpo c, p c-1.

-FOLEY SJ, HOWELL GP, HOLT S. (1995). **Metástasis de carcinoma celular escamoso en mano.** Halton: Cade Odontology.

-GARCÍA, Ramón y CROSS. (1979). **Nuevo Larousse Básico.** (5a ed) Buenos Aires, Argentina : Ediciones Larousse.

-POYTON, H. (1992). **Radiología Bucal**. (2a ed) México, México:
Nueva Editorial Interamericana, S.A.

-SHAFER, W y LEVY, B. (1986). **Tratado de Patología Bucal**.
(4a ed) México, México: Nueva Editorial Interamericana.

A N E X O S