

COLEGIO ODONTOLÓGICO
COLOMBIANO

No. Acceso

Vol. Top. M 296 1988

Compra Canje Donación

Editorial

Solicitado por

Fecha

Precio

COLEGIO ODONTOLÓGICO COLOMBIANO

MEDICINA NUCLEAR

1.988

M / T.O.
296 / 296
1988

00326

COLEGIO ODONTOLÓGICO COLOMBIANO
Facultad de Odontología

Luz Alicia Villamil. Código: 822280

Luz Alejandra Velez. Código: 822293

MEDICINA NUCLEAR

12-6-01-21

COLEGIO ODONTOLÓGICO COLOMBIANO

Rector: Dr. JORGE ARANGO TAMAYO
Decano: Dra. MARISOL ARANGO DE ATUESTA
Vicedecano: Dr. JAIRO FORERO
Secretario: Dr. LUIS FELIPE FALLA
Director Monografía: Dr. FABIO RESTREPO ANGEL
Director del Curso: Dr. ROBERTO ARCINIEGAS

CONCEPTO DEL DIRECTOR

el Doctor FABIO RESTREPO ANGEL, Medico Oncólogo, colaboró durante todo el tiempo de elaboración de esta monografía y calificó nuestro trabajo como bueno.

En constancia de ello firma:



FABIO RESTREPO ANGEL

AGRADECIMIENTOS

1. Ante todo queremos agradecer al Doctor FABIO RESTREPO ANGEL, Médico Oncólogo calificado y destacado hombre dentro de su profesión, quien a pesar de ser una persona muy ocupada; jamás nos negó un tiempo para orientarnos en la elaboración de ésta monografía, facilitándonos bibliografía, dándonos sus valiosos conceptos y dirigiendo nuestro proyecto.

2. Agradecemos la colaboración prestada por CARLOS NIETO, bibliotecólogo del Colegio odontológico Colombiana, quien ayudó en forma muy eficiente para que nosotros consiguiéramos a tiempo los artículos que él mismo encargó a Universidades de otros países.

3. Agradecemos al centro de Investigaciones Científicas OFA - MK, que nos facilitaron algunos artículos, los cuales incluimos en nuestro trabajo como un elemento descriptivo de los resultados de radiación en cabeza, cuello, que tienen que ver con nuestra profesión.

4. Agradecimientos al COLEGIO ODONTOLÓGICO COLOMBIANO y a sus docentes, por la colaboración prestada durante la elaboración de esta Monografía.

DEDICATORIA

Usualmente, el dedicar un trabajo es cuestión lacónica. Un nombre, si acaso un corto agradecimiento; nosotros modificaremos esto ya que hay muchas personas a quienes debiésemos dedicar nuestra monografía.

Esta labor concretada aquí como el fruto de constantes esfuerzos y desvelo, de robarle el tiempo hasta los más elementales y cotidianos pasatiempos, a las más simples diversiones que tan necesarias son para Solaz del espíritu, y aún a costa de la dedicación que debemos a nuestro estudio y a nuestra familia, queremos entregarla no sólo a los de nuestra sangre y nuestro corazón, sino a todos aquellos que en una u otra forma nos han alentado con su voz de estímulo y con su generosa amistad.

Claro está, la principal persona a la que dedicamos esta obra es a nuestras madres; aquella bienamada persona que siempre empeñó con mano dulce y firme, el timón de nuestras vidas afrontando inciertos horizontes, pero que

siempre logró llevarnos a puerto seguro y hacer de nosotras personas de bien, dignas y útiles a la familia, a la patria y a la sociedad.

TABLA DE CONTENIDO

	págs.
INTRODUCCION	1
I. RADIOISOTOPOS	5
1.1 INTRODUCCION	5
II. ELEMENTOS DE LA FISICA NUCLEAR	7
2.1 INTRODUCCION	7
2.1.1 Unidad de Masa Atómica	7
2.1.2 Energía	7
2.1.3 Relación entre Masa y Energía	7
2.1.4 Partículas Subatómicas	8
2.1.4.1 Electrón	8
2.1.4.2 Protón	9
2.1.4.3 Neutrón	9
2.1.5 Estructura del Atomo	9
2.1.6 El Núcleo	10
2.1.7 Atomos y Núcleos	11
2.1.7.1 Nucleido	12
2.1.7.2 Isótopo	12
2.1.7.3 Isóbaros	12
2.1.7.4 Isótonos	12
2.1.8 Núcleos Estables e Inestables	13

2.1.9 Formas de Desintegración	14
2.1.9.1 Descomposición Beta	14
2.1.9.2 Radiación de Aniquilamiento	15
2.1.9.3 Otros Procesos	16
2.1.9.3.1 Conversión Interna	16
2.1.9.3.2 Transición Isomérica	16
2.1.10 Velocidad de Desintegración	17
2.1.11 Desintegración Radiactiva	18
III. PROPIEDADES DE LAS RADIACIONES	19
3.1 INTRODUCCION	19
3.2 IONIZACION	19
3.3 IONIZACION ESPECIFICA	20
3.4 PARTICULAS ALFA	20
3.5 PARTICULAS BETA	21
3.6 ALCANCE DE LAS PARTICULAS BETA	21
3.7 SEMIESPESOR DE ABSORCION PARA PARTICULAS BETA	22
3.8 CURVA DE ABSORCION BETA	22
3.9 BREMSSTRAHLUNG	22
3.10 ABSORCION DE UNA FUENTE DE GRAN ESPESOR	23
3.11 RAYOS GAMMA	23
3.12 INTERACCION DE LOS RAYOS GAMMA CON LA MATE - RIA	23

3.12.1 Efecto Fotoeléctrico	23
3.12.2 Efecto Compton	24
3.12.3 Producción de Pares	24
3.13 ABSORCION Y DISPERSION DE LOS RAYOS GAMMA .	24
3.14 NEUTRONES	24
IV. PRODUCCION DE RADIOISOTOPOS	26
4.1 INTRODUCCION	26
4.2 TABLA DE NUCLEIDOS	26
4.3 REACCIONES NUCLEARES	26
4.4 CRECIMIENTO DE LA ACTIVIDAD CON EL TIEMPO DE IRRADIACION	27
4.5 IRRADIACION EN UNA PILA	27
4.6 IRRADIACION EN UN CICLOTRON	28
4.7 ISOTOPOS SEPARADOS QUIMICAMENTE	28
4.8 FUENTES DE NEUTRONES DE LABORATORIO	28
4.9 BOMBARDEO DE PARTICULAS ALFA	28
4.10 FUENTES DE FOTONEUTRONES	29
V. FISICA SANITARIA	30
5.1 INTRODUCCION	30
5.2 INTENSIDAD DE DOSIS	30
5.2.1 Roentgen	31

5.2.2 Rad	32
5.2.3 MeV Curie	32
5.3 CALCULO PRACTICO DE LA INTENSIDAD DE DOSIS ..	32
5.4 INTENSIDAD DE DOSIS GAMMA FACTOR K	33
5.5 FORMULAS APROXIMADAS PARA EL CALCULO DE LA INTENSIDAD DE DOSIS.....	34
5.5.1 Fuente Puntual de Radiación Gamma	34
5.5.2 Fuente Puntual de Radiación Beta	34
5.6 INTENSIDAD DE DOSIS BETA EN UN MEDIO ABSORBENTE DE ESPESOR INFINITO	34
5.7 EFECTIVIDAD BIOLOGICA RELATIVA	35
5.8 NIVELES Y DOSIS MAXIMOS PERMISIBLES	35
5.9 NOTA SOBRE DOSIS DE VIDA A NEUTRONES	37
5.10 DOSIS INTERNA MAXIMA PERMISIBLE	37
VI. LA MEDICINA NUCLEAR EN CANCEROLOGIA	38
VII. RADIOBIOLOGIA	47
7.1 CAMBIOS PATOLOGICOS SECUNDARIOS A LA RADIACION	47
7.2 PREVENCIÓN DE OSTEORADIONECROSIS OXIGENO HIPERBARICO vs PENICILINA	62
7.3 DETERIORO DEL CRECIMIENTO DE LA RAIZ DENTAL DESPUES DE LA RADIOTERAPIA	77
7.4 PREVENCIÓN DE COMPLICACIONES POR RADIACION...	92
7.5 TRATAMIENTO DE LAS COMPLICACIONES POR RADIOTERAPIA EN CABEZA Y CUELLO	98

VIII. CONCLUSIONES	107
IX. GRAFICAS	
X. DIAPOSITIVAS	

BIBLIOGRAFIA

- 1- Radioisótopos, Técnicas de Laboratorio, R.A. Faires y B.H. Parks, Editorial Universitaria de Buenos Aires, Pág. 20 - 250, Año
- 2- Revista de Actualización en Medicina, Nuestra Lucha. Organo de divulgación Liga Colombiana de Lucha contra el Cáncer. No 8 - Dic. de 1.987 - Enero 1.988 - Bogotá Colombia, Págs. 6-7.
- 3- Complicación de la Terapia de Radiación y Factores para su Prevención. Cox JD y otros. Word J. Surg 1.986 Abril. Pág. 171 - 188 (ref 163).
- 4- Tratamiento de las Complicaciones de la Radioterapia en Cabeza y Cuello - Jarson DL. Surg Clin North Am 1.986 Feb.; Pág. 169 - 182 (ref 12).
- 5- Cambios Patológicos Secundarios a la Radiación. Berthrong Worl J. Surg 1.986 Abril Pág. 155-70.
- 6- Reparación de Complicación por Radiación en Cabeza y Cuello. Larson DL. Worl J.Surg 1.986 Abril - Pág. 195 - 205.
- 7- Journal de la Asociación Dental Americana. Julio - Diciembre 1.985.
- 8- Prevención de la Osteoradionecrosis: Tratado con Oxígeno Hiperbárico vs. Penicilina. JADA. Vol. III Julio 1.985, Pág. 49 - 54.
- 9- Deterioro del Crecimiento de la Raíz y Corona después de Dosis de Radiación a largo Término en Sobreviviente de la Enfermedad de Hodgkin. JADA Vol III, Octubre 1.985, Pág. 584 - 588.
- 10- Complicaciones de la Terapia de Radiación y su prevención.
- 11- Reparación de las Complicaciones de Radiación en Cabeza y Cuello.

INTRODUCCION

Estas notas, son el producto de un largo proceso de elaboración y no son ni la última palabra en medicina nuclear ni los dogmas de un profesional en este campo, pero sí da a entender la necesidad de mostrar a letrados y profesionales en general, el instrumento básico en este campo. Si es verdad que es un campo de difícil enseñanza y difícil comprensión, su conocimiento no puede ser ajeno a ningún profesional de la salud.

Para este conocimiento debe tenerse en cuenta que el estudio de la medicina nuclear a tenido cambios importantes a través del tiempo.

El primero en introducir el término Isótopos fué IRENKIRL, posteriormente en 1.948 - 1.950, aparecieron los primeros aparatos que reemplazaron la Quimioterapia que sólo usaba el Radio. Luego llegó a usarse isótopos como el Cobalto 60 para tratamientos a distancia.

El Cobalto 60 viene en cápsulas que se encierran en un cabezote de Plomo y Tugsteno, esto se llama: TELECOBALTOTERAPIA o BOMBA DE COBALTO.

En 1.950 comenzó a utilizarse la radioterapia para el tratamiento de tumores (los rayos X, son algo más generales).

El Cobalto, es más utilizado, y resulta menos costoso que el radio, actualmente se sigue utilizando el cobalto pero con métodos y equipos más sofisticados.

En otros tiempos y en estudios experimentales también se utilizó el Celsium, como tratamiento de reemplazo del cobalto, con vida media más larga que el último pero con un mayor número de inconvenientes.

El tiempo de vida del cobalto es de 5,2 años mientras que el tiempo de vida de el Celsium es de 133 años.

El Celsium no sólo sirvió para teleradioterapia, sino que se ha utilizado en forma intracavitaria; por ejemplo: Cáncer de cuello uterino.

El riesgo de la radiación es el peligro de exposición, pero actualmente se usan aparatos de carga diferida, los cuales evitan que las personas se irradien.

En el aparato de carga diferida se coloca el material radiactivo y sólo se carga hasta que todo esté listo, aquí generalmente se usa Celsium radiactivo.

Otras substancias no intracavitarias sino en forma intersticial han sido utilizadas para el cáncer de lengua, orofaringe, e.t.c.. El procedimiento consiste en unas agujas de radium que se colocan en el sitio específico y actualmente se utilizan isótopos en forma de alambre; principalmente el Iridium (aplicación diferida).

Implantes con I^{125} en tumores cerebrales, de pulmón, e.t.c. durante el acto quirúrgico han dado muy buen resultado cuando son colocados en zonas que no se pueden extirpar.

El iridium no se puede dejar definitivamente en el sitio elegido porque su tiempo de vida medio es muy grande.

Para nosotros no ha sido fácil hacer un esbozo de este tema, pues es muy complicado y en Colombia no se encuentran estudios recientes del tema, por lo cual decidimos además de la ayuda prestada por el Doctor Fabio Restrepo Angel solicitar ayuda de algunas universidades del exterior, quienes nos enviaron documentos recientes de casos reportados. Así este trabajo recoge en una misma obra, generalidades acerca de la medicina nuclear y sus posibles resultados aplicables a la odontología lo que denominamos RADIOBIOLOGIA.

Nosotros como odontólogos debemos saber identificar una lesión en cavidad oral, cabeza o cuello producida por radiación, para así dar un diagnóstico oportuno y si nos es posible un tratamiento adecuado según sea el caso.

Nosotros estamos concientes que nuestro trabajo es susceptible de modificaciones, adiciones o reformas, tal como hayan de anotarlos quienes por una u otra razón acudan a estas páginas.

RADIOISOTOPOS

1. INTRODUCCION

Hasta hace muy poco se dispone de material radiactivo. La expresión "ISOTOPO RADIOACTIVO" significa:

1.1 Radiactivo

Implica emisión de radiaciones que pueden ser Alfa, Beta o Gamma. La base de su detección es la ionización directa o por efectos secundarios. Como las radiaciones pueden causar daño al cuerpo, es necesario fijar niveles máximos de radiación interna o externa.

La radiación Gamma puede emplearse para lograr efectos químicos, como la Polimerización, Vulcanización y otros procesos. También se utilizan en: Radioterapia, Esterilización, Control de Plagas y la obtención de mutaciones ventajosas en las plantas. También se usan en calibración de espesores y en Radiografías. Por esto es necesario el blindaje.

1.2 Isotopo

Significa "en el mismo lugar". Es decir las mismas propiedades químicas de los isótopos. En consecuencia, un "Isótopo Radiactivo" seguirá los mismos procesos químicos que el elemento estable correspondiente, pero actuará como indicador Radiactivo, que puede permitir seguir el curso de una reacción, la incorporación de un elemento o un proceso metabólico.



ELEMENTOS DE LA FISICA NUCLEAR

2.1 DEFINICIONES

Es necesario considerar la estructura del átomo.

2.1.1 Unidad de Masa Atómica (u.m.a.)

Es un dieciseisavo de la masa del átomo de oxígeno 16 ,
 $^{-24}$ osea 1.6603×10 gramos. La unidad de masa atómica es
la inversa del número de Avogadro, 6.0247×10^{23} , que es
el número de átomos de cualquier elemento presente en un
átomo - gramo (peso atómico expresado en gramos).

2.1.2 Energía

Electrón Voltio (eV). Energía que adquiere un electrón al
atravesar una diferencia potencial de un voltio. $1 \text{ eV} =$
 1.6×10^{-12} ergios.

2.1.3 Relación entre la Masa y la Energía

Se tiene la Ecuación de Einsten:

$$1 \text{ u.m.a} = \frac{1}{16} \times \frac{16\text{g}}{N} = \frac{1\text{gr}}{6.0247 \times 10^{23}} = 1.6603 \times 10^{-24} \text{ gr}$$

(N. del E.)

$$E = mc^2$$

Siendo E = Energía en Ergios

m = Masa en Gramos

c = Velocidad de la Luz en cm/seg. (2.99792×10^{10})

Como consecuencia de ello, la masa en reposo de una partícula tiene un equivalente en energía, y una partícula en movimiento tiene una masa mayor que en una en reposo.

De la Ecuación de Einsten resulta que 1 u.m.a = 931 Mev (millones de electrón Voltio).

2.1.4 Partículas Subatómicas

2.1.4.1 Electrón

Masa 0,00055 u.m.a.. Carga negativa igual a 1.6×10^{-19}

Columbios (amperio-seg).

2.1.4.2 Protón

Masa 1,00759 u.m.a.. Tiene carga positiva igual a la del electrón.

2.1.4.3 Neutrón

Masa 1,00898 u.m.a.. No tiene carga.

Estas son tres partículas fundamentales que intervienen en la estructura del átomo. Existen otras partículas subatómicas, como los Mesones, Neutrinos y Antiprotones.

2.1.5 Estructura del Atomo

El modelo atómico de Rutherford - Bohr, explica razonablemente los fenómenos de la física atómica, de la combinación química y de las valencias y propiedades del núcleo.

El modelo mencionado supone la existencia de un centro llamado núcleo, compuesto por protones y neutrones, y una nube de electrones, pero las orbitas se agrupan formando capas (ver FIGURA 1). Los electrones de las capas exteriores son los de Valencia, y toman parte en las combinaciones químicas.

A medida que la estructura de los átomos se completa, llenando las capas según el esquema periódico, se observa que la "Tabla Periódica de los Elementos" de Mendeleiev sigue de cerca las ideas modernas sobre el átomo.

Cada órbita representa un nivel definido de energía, y el traslado de electrones de una órbita a otra involucra cambios de energía, trayendo aparejada la emisión de cuantos definidos de energía.

El movimiento de electrones en las capas interiores origina emisiones de Rayos X, cuya longitud de onda es característica de la capa de la que provienen y del elemento en cuestión. Los movimientos en las capas exteriores están asociados con la producción de luz, y dan las líneas espectrales características.

Los fenómenos relacionados con la Radiactividad están ligados al núcleo y se estudian bajo el título "Física Nuclear". La "Física Atómica" se refiere a los fenómenos extranucleares.

2.1.6 El Núcleo

Su diámetro es de 10^{-12} cm.. Como el núcleo está compuesto por protones y neutrones, de una masa de aproximadamente 1 u.m.a. cada uno, y el electrón pesa solo 0,00055 u.m.a., prácticamente toda la masa del átomo está concentrada en el núcleo. La densidad del núcleo es aproximadamente 10^{14} grms. x 10^3 cm³, lo que da la pauta para las diferencias entre las fuerzas nucleares y extranucleares.

2.1.7 Átomos y Núcleos

Siendo el átomo eléctricamente neutro, la carga positiva total del núcleo, deberá igualar la carga negativa total de los electrones orbitales. La única partícula cargada que existe dentro del núcleo es el protón, cuya carga es igual en magnitud a la del electrón; o sea el número de protones en el núcleo tendrá que ser igual al de los electrones distribuidos en las diversas órbitas. Este N_0 Z es el número atómico del elemento, y determina el lugar que dicho elemento ocupa en la tabla periódica.

El otro número importante es A , es el número de masa. Es la suma de protones y neutrones del núcleo y es el número entero más cercano a la masa atómica o masa Exacta, es la

suma de las masas del núcleo y los electrones orbitales correspondientes, medidas en u.m.a.

Algunos términos:

2.1.7.1 Nucleido

Átomo con características nucleares específicas; así el fósforo de No de masa 32 y No atómico 15, y el cobalto de No de masa 60 y No atómico 27, son nucleidos.

2.1.7.2 Isótopo

Una serie de nucleidos con el mismo valor Z , pero diferentes valores A , son isótopos del elemento en cuestión.

2.1.7.3 Isobaros

Nucleidos con el mismo número de masa, pero carga distinta.

2.1.7.3 Isotonos

Nucleidos con el mismo número de electrones.

Ver CUADRO I.

CUADRO I

	Z	A	N	Ejemplos.
ISOTOPO	Igual	Distinto	Distinto	31 32 PY P 15 15
ISOBARO	Distinto	Igual	Distinto	32 32 PY S 15 16
ISOTONO	Distinto	Distinto	Igual	2 3 HY He 1 2

2.1.8 Núcleos Estables o Inestables

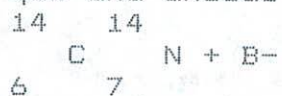
En el CUADRO II se hallan valores de Z, N y A para algunos Núcleos típicos.

CUADRO II

Elemento	Z	N	A	
Hidrógeno	1	0	1	Estable
	1	1	2	Estable (Hidrógeno pesado)
	1	2	3	Inestable (Tertio)
Carbono	6	4	10	Inestable
	6	5	11	Inestable
	6	6	12	Estable
	6	7	13	Estable
	6	8	14	Inestable

2.1.9 Formas de Desintegración

Un núcleo inestable como el Carbono 14, tiene un exeso de energía. Para llegar a adquirir estabilidad, el núcleo sufre una reordenación aleatoria, durante la cual se emite energía, sea en forma de partículas o de radiación. Al Carbono -14 le sobra un neutrón n ; este puede transformarse en un protón p + $n \rightarrow p + e^-$. Este es emitido como radiación beta pero el exeso de energía que aún posee es disipado como radiación Gamma que es una forma de radiación electromagnética. Pero como en el reordenamiento se formó un protón adicional, el nucleido se transformará en otro, cuyo número atómico será mayor que una unidad. O sea:

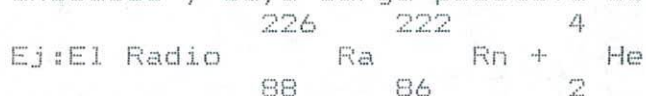


Le queda faltando un Ion Orbital, pero tomará uno del medio que lo rodea.

2.1.9.1 Descomposición Beta o Desintegración Beta

Los nucleidos más pesados tienen un exeso de energía que, por lo general, emiten unidades mayores que las partículas beta durante el proceso de desintegración. Estas unidades son las partículas Alfa, cuya masa es de 4

unidades y cuya carga positiva es de 2 unidades.



Las emisiones de partículas Alfa no son muy usadas como trazadores radioactivos.

Hay otro método de desintegración con exeso de neutrones:

LA FISION ESPONTANEA por ejemplo:

Fisión del ^{235}U ; la curva correspondiente al ^{239}Pu es idéntica. (ver FIGURA 2).

Pasando a los nucleidos con defecto de neutrones, de los cuales el Carbono 11 es un ejemplo, se encuentra un tipo diferente de transformación nuclear. En este caso un protón se transforma en neutrón, con emisión de una partícula de masa igual a la del electrón, pero de carga positiva: EL POSITRON = $p \rightarrow n + B^+$.

Por lo general los positrones interactúan con electrones, dejando como saldo la Radiación de Aniquilamiento.

2.1.9.2 Radiación de Aniquilamiento

Esta consiste en dos rayos Gamma de 0,51 MeV,

correspondiente al equivalente en energía de dos masas electrónicas.

Hay otro proceso de desintegración que se observa en los nucleidos con diferencia de neutrones, es la CAPTURA ELECTRONICA: El núcleo capta un electrón de las órbitas electrónicas interiores, generalmente de la capa K (captura K), la órbita vacante es llenada por un electrón de una de las capas exteriores, dando lugar a la emisión de un Rayo X, que es en ese caso, la única indicación visible de que se ha producido una transformación.

2.1.9.3 Otros Procesos son

2.1.9.3.1 Conversión Interna

En la cual la energía de transición de un estado excitado es transferida a un electrón orbital, que es luego, expulso del átomo.

2.1.9.3.2 Transición Isomérica

En la cual el núcleo tiene un estado meta-estable con un período definido, y cae con emisión de un rayo Gamma u otro proceso tal como la conversión interna.

CUADRO III

PROCESO	RADIACION			EFECTO SOBRE EL NUCLEIDO	
	Tipo	Carga	Masa	Carga (Z)	Masa(A)
Emisión Alfa	Partícula α	+2	4	-2	-4
Emisión Beta	Partícula β^-	-1	0	+1	0
	Partícula β^+	+1	0	-1	0
Emisión Gamma	Rayos Gamma γ	0	0	0	0
Captura Electrónica	Rayos X	0	0	-1	0

2.1.10 Velocidad de Desintegración

La probabilidad de desintegración de un átomo Radiactivo en una unidad de tiempo es independiente del destino de los átomos que la rodean, como del estado químico del átomo y de las condiciones físicas. Afecta las capas externas electrónicas y el movimiento del átomo.

Así, todo núcleo inestable de un nucleido tiene la misma probabilidad de desintegrarse, esto se llama "Constante de Desintegración" λ . La velocidad de desintegración es llamada ACTIVIDAD. La unidad de actividad es el CURIE:

Cantidad de cualquier material radiactivo en el cual se producen $3,70 \times 10^{10}$ desintegraciones por segundo.

El Milicurie (mc) y el Microcurie (μc) son submúltiplos del Curie.

2.1.11 Desintegración Radiactiva

$N = N_0$ en el instante.

$t = 0$

Resulta, $N = N_0 e^{-\lambda t}$

Como la actividad (A) es igual a dN/dt , y dN/dt es proporcional a N , entonces la ecuación anterior se escribe

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

Representando A/A_0 en función de t , se obtiene la curva de desintegración del nucleido dado, que es de tipo exponencial (ver FIGURA 3 y 4).

$t_{1/2}$ es llamado Período de Semidesintegración que es de 12 horas. Una actividad de 1 CURIE al cabo de una semana se había reducido a unos 60 minicuries.

PROPIEDAD DE LAS RADIACIONES

3.1 INTRODUCCION

Consideraremos 4 tipos de radiaciones:

3.1.1 Partículas Alfa α : Carga positiva (dos unidades), masa alrededor de 4 u.m.a..

3.1.2 Partículas Beta β : Carga positiva ó negativa (una unidad), masa despreciable.

3.1.3 Rayos Gamma γ : Ni carga, ni masa.

3.1.4 Neutrones: No tienen carga, masa alrededor de 1 u.m.a..

El diagrama de la FIGURA 6 al final, recalca las diferencias entre las radiaciones. Los neutrones y los Gamma no son desviados, mientras que los positrones lo son hacia la izquierda, dejando un trazo similar en los Rayos Beta.

3.2 IONIZACION

Cuando una partícula cargada pasa cerca de un átomo, las fuerzas electrostáticas actúan entre ella y los electrones orbitales. Si pasa suficientemente cerca,

puede resultar que uno de los electrones adquiera energía suficiente para separarse del átomo. Este es el proceso de IONIZACION. El átomo al perder un electrón, queda cargado positivamente y forma, junto con el electrón, un PAR DE IONES.

Por no tener carga, ni radiación Gamma, ni los neutrones producen ionización directa impartida al electrón es insuficiente para arrancarlo, pero alcanza para que este adquiera una energía mayor dentro del átomo. El átomo excitado luego vuelve a su estado natural emitiendo luz. Este fenómeno se aprovecha en la detección de radiaciones mediante contadores de centelleo.

3.3 IONIZACION ESPECIFICA

Cuando una partícula está dotada de cierta energía y atraviesa un medio dado. La longitud del recorrido dependerá de la energía inicial y la velocidad con que esa energía se pierde por unidad de longitud recorrida. Esta es la ionización específica. Es de 40.000 para las partículas Alfa y de 50 para las Beta.

3.4 PARTICULAS ALFA

Las partículas alfa de una desintegración dada, son

emitidas con una energía uniforme, y se dice que tiene un "Espectro de Línea". Dada su alta Ionización específica, la distancia recorrida en un medio dado es pequeña.

3.5 PARTICULAS BETA

A diferencia de las partículas Alfa las partículas Beta, emitidas en un proceso nuclear, tienen un espectro continuo. Es decir, una partícula beta puede tener cualquier energía, hasta un máximo determinado por la energía equivalente al cambio de masa que se que se opera durante la reacción nuclear (ver FIGURA 7).

3.6 ALCANCE DE LAS PARTICULAS BETA

Una partícula beta abandona el núcleo, con una velocidad aproximadamente igual a la de la luz. Si pasa cerca de los electrones de un átomo, será desviada perdiendo energía. A mayor número de átomos, más rápido pierde su energía, hasta ser capturada por un átomo. El poder de absorción se expresa en miligramos por centímetro cuadrado. La cantidad de material necesaria para detener las partículas depende de su energía máxima y se llama "ALCANCE".

3.7 SEMIESPESOR DE ABSORCION PARA PARTICULAS BETA

Es el espesor en mg/cm^2 , capaz de detener la mitad de las partículas beta de máxima energía que es aproximadamente de 0,1 a 0,2 del alcance.

3.8 CURVA DE ABSORCION BETA

Si entre una fuente emisora de partículas beta y un detector adecuado, se van intercalando absorbentes de algún material liviano como el aluminio, y luego se construye una curva que represente el logaritmo de la velocidad de conteo (No de partículas emitidas) dado por el detector en función del espesor en mg/cm^2 de dichos absorbentes, se obtendrá una curva como la identificada en la FIGURA 8 al final. Para positrones es similar a las beta pero esta representa radiación de aniquilamiento.

3.9 BREMSSTRAHLUNG

Es el producto de que una partícula beta sea desviada cerca del núcleo, como consecuencia hay un cambio de velocidad que origina una reacción electromagnética llamada BREMSSTRAHLUNG (radiación de frenamiento), con propiedades similares a las de los Rayos X.

3.10 ABSORCION EN UNA FUENTE DE GRAN ESPESOR

En el caso de que un Isótopo beta-emisor esté uniformemente distribuido en un medio absorbente, existirá: Autoabsorción. Este fenómeno depende de la energía y espesor.

3.11 RAYOS GAMMA

Los Rayos Gamma y los Rayos X, son radiaciones electromagnéticas, semejantes a la luz y a las ondas de radio, pero de longitudes de onda mucho menores. Los rayos Gamma se producen dentro del núcleo, los rayos X fuera de él. Los rayos Gamma son cantidades discretas llamadas "paquetes" o cuantos de energía, expelidos durante la desintegración nuclear. Frecuentemente se les denomina "Fotones".

3.12 INTERACION DE LOS RAYOS GAMMA CON LA MATERIA

Hay tres procesos:

3.12.1 Efecto Fotoeléctrico

La energía total del rayo es transferida a un electrón de una capa orbital interna. Este efecto predomina a bajas energías, y en materiales de No atómico (Z) alto.

3.12.2 Efecto Compton

Es el choque elástico de un fotón gamma con un electrón, resultando un rayo gamma de menor energía.

3.12.3 Producción de Pares

Si el fotón gamma tiene energía suficiente, y se halla cerca de un núcleo, puede crear un par positron-electrón. Esto predomina a altas energías y absorbentes Z elevados.

3.13 ABSORCION Y DISPERSION DE RAYOS GAMMA

Si un haz de rayos gamma atraviesa materia, se observa que el número de rayos emergentes disminuye exponencialmente. Con el espesor del absorbente, o sea tenemos una relación análoga a la ley fundamental de la desintegración.

3.14 NEUTRONES

Son partículas inestables, ligeramente más pesada que los protones. Están desprovistos de carga y al desintegrarse se descomponen en un protón y una partícula beta de baja energía. Su fuente más útil es el reactor nuclear que lo produce durante la fisión del ^{235}U , u otro material fisionable.

Los neutrones que se producen son rápidos, lentos y térmicos. Los neutrones por no tener carga no producen ionización directa y pueden recorrer distancias relativamente largas en medio de número atómico elevado. Los elementos para frenar electrones son: Agua, Hidrocarburos y Grafito.



PRODUCCION DE RADIOISOTOPOS

4.1 INTRODUCCION

Se producen por bombardeos de elementos con todos las partículas disponibles en las máquinas aceleradoras (el ciclotron por ejemplo). Por fisión nuclear, por bombardeo con neutrones, altas energías.

4.2 TABLAS DE NUCLEIDOS

Si se representa Z (número atómico) en función de N (número de neutrones) para los 274 núcleos estables, se obtiene una curva con una pendiente inicial de 45° , que luego decrece a medida que N sobrepasa a Z (ver FIGURA 9).

4.3 REACCIONES NUCLEARES

Cuando la partícula incidente, en una reacción nuclear, penetra en el núcleo se forma "un núcleo compuesto" que luego se desintegra para dar el núcleo resultante y una partícula emitida a una radiación.

4.4 CRECIMIENTO DE LA ACTIVIDAD CON EL TIEMPO DE IRRADIACION

Esto dá una curva exponencial que tiende a un valor límite. Este valor se conoce con ACTIVIDAD ESPECIFICA DE SATURACION, aquí la velocidad de producción iguala a la desintegración (ver FIGURA 10).

4.4.1 La irradiación durante un período de semidesintegración produce la mitad de la actividad de saturación.

4.4.2 Al cabo de cuatro o cinco períodos de semidesintegración se observa poco aumento en la actividad.

4.4.3 Por debajo de 0,2 del período de semidesintegración el aumento es casi lineal.

4.5 IRRADIACION EN UNA PILA

Una pila consiste en una distribución de materiales fusionables dentro de un moderador que transforma los neutrones rápidos en térmicos.

4.6 IRRADIACION EN UN CICLOTRON

Mientras que una pila sólo se dispone de flujos de neutrones y de rayos Gamma, en las máquinas aceleradoras puede emplearse un número mayor de partículas de bombardeo las irradiaciones en un Ceslotron son costosas.

Los isótopos producidos en un ciclotron están "Libres de Portador" y tienen propiedades nucleares.

4.7 ISOTOPOS SEPARADOS QUIMICAMENTE

Ejemplo: del Teluro produce elemento radiativo (yodo) pero por lo general el blanco y el producto de la radiación son el mismo.

4.8 FUENTES DE NEUTRONES DE LABORATORIO

Pueden producirse neutrones por bombardeo de núcleos livianos con partículas alfa o rayos Gamma de determinadas energías. También se les puede producir por irradiación con Deuterones y rayos Gamma de alta energía pero ya no son métodos comunes de laboratorio.

4.9 BOMBARDEO DE PARTICULAS ALFA

Consiste en mezclar un material Alfa-emisor- tal como

Actinium, Radio, Polonio, Radio D+E ($^{210}\text{PB} + ^{210}\text{Bi}$) o Plutonio con Berilio.

4.10 FUENTES DE FOTONEUTRONES

Por integración entre rayos Gamma, de energía superiores a un mínimo característico, con deuterio o berilio, se obtienen flujos de neutrones monoenergéticos.

INTRODUCCION A LA FISICA SANITARIA

5.1 INTRODUCCION

Los radioisótopos pierden energía en forma de partículas o irradiaciones. Es necesario tener en cuenta la dosis de radiación, osea la energía total absorbida, como la intensidad de la dosis, osea, la velocidad de absorción de esa energía.

Las radiaciones son un peligro potencial para la salud. Durante nuestra vida estamos sometidos a diversos tipos de radiaciones, como la infrarroja, la ultravioleta, las radiaciones provenientes de substancias radiactivas, y las que se originan en las máquinas de rayos X y tubos de rayos catódicos, puede ocasionar daños en el humano. Por esto se habla de niveles máximos permisibles de intensidad de dosis.

5.2 INTENSIDAD DE DOSIS

Su cálculo exacto es dificultoso. La velocidad de entrega de energía a un volumen de aire o tejido, Y , X la

conservación de energía está relacionada con la velocidad de emisión de la energía por una substancia radiactiva.

Es necesario definir algunas unidades más:

5.2.1 Roentgen: cantidad de radiación X o Gamma tal que la emisión corpuscular asociada para cada 0,001293 grs. de aire produzca, en el aire, iones que lleven una unidad electrostática de carga de cualquier signo. Osea la cantidad de radiación X o Gamma que produce 1 v.e.s. de carga de cualquier signo en 0,001293 grs. de aire, osea un centímetro cúbico en condiciones normales de presión y temperatura.

1 v.e.s. es= $2,082 \times 10^9$ cargas electrónicas (osea pares de iones).

$$1 \text{ Roentgen} = \frac{2,082 \times 10^9 \times 34 \times 1,6 \times 10^{-12}}{0,001293}$$

$$= 87,7 \text{ ergio/grs. en aire}$$

La absorción de energía equivalente, para el agua o tejido, debido a un Roentgen de radiación Gamma cuya energía está comprendida entre 0,3 y 3 MeV, es de 97 ergios/gramo.

5.2.2 El Rad

El Roentgen es sólo aplicable a los rayos X o Gamma. El Rad es la cantidad de radiación de cualquier fuente que entrega 100 ergios a 1 gr. de un medio dado. El Roentgen y el Rad son numéricamente iguales.

5.2.3 MeV Curie

Expresa la potencia emitida por una fuente radiactiva.

1 MeV Curie = 5,93 milivoltios (1eV = $1,6 \times 10^{-12}$ ergios)

5.3 CALCULO PRACTICO DE LA INTENSIDAD DE DOSIS

Intensidad de Dosis (I.D.) es igual a Ne unidades de energía/cm³/seg.. Si la energía absorbida se expresa en MeV x cm. de recorrido resulta:

$$I.D = Ne \times \frac{1,6 \times 10^{-6} \times 3.600}{100} \text{ rad/hora en agua}$$

$$= 5,76 \times 10^{-5} \times \text{flujo} \times \text{MeV absorbidos por cm de recorrido rad/hora en agua.}$$

1 MeV Curie = 5,93 milivattios

Las FIGURAS 11 y 12 muestran respectivamente, las energías absorbidas por centímetro de recorrido en agua o tejido, para rayos Beta y Gamma de diferentes energías.

El cálculo de flujo depende de la geometría de la fuente.

Para una fuente puntual el flujo es:

$\frac{MTd}{4d^2}$ M = partículas emitidas por segundo

td = fracción transmitida a través del medio dado

td para rayos Gamma = 1 y el flujo es proporcional a $\frac{1}{d^2}$

td para las partículas Beta = depende de la energía.

Si d es pequeño la intensidad de la dosis será muy alta.

La dosis máxima profesional es de 5 Rad/año para rayos Beta.

5.4 INTENSIDAD DE DOSIS GAMMA. FACTORES K

Factor K = Definido como la intensidad, medida en Roentgen por hora, de la dosis de rayos Gamma proporcionada por una fuente de 1 mc a 1 cm. Es aproximadamente igual a la intensidad de dosis, en milirad/hora de una fuente de un mc a una distancia de un pie, ya que

1r = 0,97 Rad y 1 pie = 30,48 cms.; en consecuencia, por la Ley de la inversa del cuadrado, $\frac{1}{d^2} = 929$, dando un factor de correlación aproximada de 1.000. La intensidad de la dosis en Roentgen/hora está dada por $\frac{Kc}{d^2}$.

c: Intensidad de milicurios

d: Distancia en centímetros

5.5 FORMULAS APROXIMADAS PARA EL CALCULO DE LA INTENSIDAD DE LA DOSIS.

5.5.1 Fuente Puntual de Radiación Gamma

I.D. = 6 CE rad/hora a 30,48 cm (1 pie)

C = No de curies y E = la energía en MeV, por desintegración.

5.5.2 Fuente Puntual de Radiación Beta

I.D. = 300 C rad/hora a 30,48 cms..

5.6 INTENSIDAD DE DOSIS BETA EN UN MEDIO ABSORBENTE DE "ESPESOR INFINITO"

Esto si el emisor está uniformemente distribuido dentro de un medio absorbente, y que la radiación proveniente de un punto alejado del sistema será absorbido totalmente antes de alcanzar el punto en que determina la intensidad de la dosis.

La energía absorbida por unidad de masa es igual a la irradiada por unidad de masa. Es posible relacionar la

intensidad de la dosis con la actividad específica.

5.7 EFECTIVIDAD BIOLÓGICA RELATIVA (E.B.R.)

Cantidad de Rad m emitidos por un determinado proceso de irradiación que produce una respuesta biológica idéntica a la producida por un rad m emitido por un proceso standard, en que m es la E.B.R..

El standard se toma como X- o radiación Gamma con una transferencia de energía lineal de 3 KeV/micron en agua, emitidos a una intensidad de alrededor de 10 rad/min..

La unidad de dosis de la E.B.R., es el Rem y la dosis
 $\text{Rems} = \text{dosis Rads} \times \text{E.B.R.}$

5.8 NIVELES Y DOSIS MAXIMOS PERMISIBLES

Es necesario el blindaje ya que hay efectos genéticos a largo plazo.

5.8.1 Recomendaciones

5.8.1.1 Exposición profesional = toda exposición a radiación debe estar bajo supervisión de una persona adiestrada.

5.8.1.2 Los grupos especiales que pudieran trabajar cerca de un área controlada, o que pudieran visitarla ocasionalmente.

5.8.1.3 Exposición de toda la población

5.8.1.3.1 Exposición Profesional: dosis máxima total a cualquier edad : $D = 5(N - 18)$

D = dosis de Rem para las gónadas y N edad en años.

Una persona que desde los 18 años recibe radiaciones, no debe recibir una dosis semanal superior a 0,1 Rem, y la dosis a los 30 no debe exeder 60 Rem.

Nivel máximo permisible profesional = 7,5 mr/hora en una semana de 40 horas. Esto antiguamente, ahora se toma como base de seguridad 2,5 mr/hora.

Piel = 8 Rem/13 semanas o 30 Rem/año.

Manos, antebrazos, pies y tobillos : 20 Rem/13 semanas o 75 Rem/año.

5.8.1.3.2 Grupos Especiales = pueden ser operarios adultos = 1,5 Rem/año

y si son niños = 99 Rem/año

5.8.1.3.3 Exposición de la población = para la población la dosis máxima hasta los 30 años debe ser de 5 Rem.

5.9 NOTAS SOBRE DOSIS DEBIDAS A NEUTRONES

Pueden ser un peligro para aquellas personas que trabajan cerca a un reactor en ciertas substancias. Si se utiliza blindaje de hormigón se protege contra los rayos Gamma. Los neutrones no constituirán peligro.

5.10 DOSIS INTERNA MAXIMA PERMISIBLE

Los materiales radiactivos que ingresan al cuerpo por el aire o a través de la piel, son más peligrosos que los materiales que irradian el cuerpo desde el exterior.

"LA MEDICINA NUCLEAR EN CANCEROLOGIA"

Por Jaime J. Ahumada, M.M.

Jefe Sección de Medicina Nuclear, Instituto Nacional de
Cancerología.

Para muchas personas la palabra nuclear tiene una connotación bélica o por lo menos de peligro, al recordarles los cientos de miles de muertes producidas por las bombas atómicas arrojadas sobre Hiroshima y Nagasaki en 1.945, o más recientemente, la conmoción producida por el accidente en la planta nuclear de Chernobyl; o al pensar en la terrible amenaza de destrucción total al dispararse miles de cohetes con ojivas nucleares emplazados en varias partes del mundo, apuntando a los principales centros poblacionales de la Tierra.

El núcleo del átomo guarda en su interior toda la energía capaz de destruir el Universo, pero esta energía es también capaz de mover la civilización, producir progreso, diagnosticar y curar enfermedades, irrigar desiertos, mejorar cultivos, conservar alimentos y

conquistar el espacio sideral. Haciendo parte de las decenas de usos de la energía nuclear con fines específicos se encuentra la Medicina Nuclear.

Si bien como especialidad médica es una disciplina relativamente nueva, los principios en que se basa son tan viejos como el universo. Se vislumbró su nacimiento a fines del siglo pasado después que Roentgen descubriera los Rayos X y despertara un verdadero pandemionium de preocupación científica, cuya primera fase terminó con el descubrimiento de la Radiactividad por Becquerel y Marie y Pierre Curie. Fué cuando se descubrió el Radio y casi de inmediato empezó a utilizarse en el tratamiento del cáncer.

Esta carrera científica tuvo una segunda fase que culminó con la producción de nuevos elementos en forma artificial, la transmutación de un elemento en otro por medio de bombardeo de su núcleo, logrado por los esposos Joliot-Curie en 1.934, cuya repercusión posterior sobre el inicio de la medicina nuclear fué de notorio significado. Desde ese momento los científicos se dedicaron a observar lo que sucedería al bombardear con

neutrones los núcleos de muchos elementos, hasta que descubrieron que el bombardeo del núcleo de Uranio producía nuevos elementos y más neutrones, es decir, el núcleo del átomo se fusionaba, con la producción de enormes cantidades de energía.

El hallazgo paralizó a muchos cerebros al vislumbrar la catástrofe que se produciría si esta energía era aplicada con fines bélicos; y comenzó la carrera por la construcción de la bomba atómica, arma mortífera que borró de la faz de la Tierra muchas vidas y esfuerzos y sueños y dejó un reguero de enfermedades que persistirá aún por mucho tiempo.

Al terminar la confrontación bélica los reactores nucleares encargados de producir material fusionable fueron utilizados para fabricar Isótopos Radiactivos, Carbono, Fosforo, Yodo, con fines pacíficos, con intensiones de diagnóstico y curativas. Así desde 1.946 este material fue puesto a disposición de médicos, investigadores, pacientes y hospitales en todos los ámbitos del mundo.

A Colombia llegó por primera vez en 1.951 cuando Mario

Gaitán Yanguas, pionero de la cancerología y radioterapia en el país, encargó Oro Coloidal Radiactivo para el tratamiento de derrames pleurales y peritoneales de algunos pacientes con cáncer. A partir de 1.955 en el Instituto Nacional de Cancerología se inició la utilización de Yodo Radiactivo (I-131) en el diagnóstico y tratamiento de afecciones de la Glándula tiroides; gracias al trabajo y visión de Jaime Cortázar, comenzaba la Medicina Nuclear en nuestra patria.

Hoy después de algo más de tres decenios, existen en el país 20 centros de medicina nuclear, la mayoría de los cuales funcionan en Hospitales Universitarios y tienen una importante cobertura de población. En las dos etapas del programa nacional de control de cáncer, se han traído al país novísimos equipos para la práctica de la especialidad en las distintas áreas del país, descentralizando así la atención del paciente de cáncer. Se cuenta además con la definida colaboración del Instituto de Asuntos Nucleares, entidad encargada de importar y distribuir el material radiactivo para uso médico, industrial o de la investigación y con varios centros de adiestramiento de los futuros especialistas nucleares.

La más conocida de las aplicaciones nucleares en la medicina, es el estudio y terapia de enfermedades tiroideas. Se emplea el Yodo Radiactivo, el cual es atrapado por la glándula, ofreciendo así al especialista la oportunidad de observar su función y su morfología. Puede diagnosticarse morfología benigna como el bocio, inflamatorio como la tiroiditis o maligna como el cáncer papilar o folicular; y se pueden tratar, con el mismo Isótopo los casos de hipertiroidismo que llenen algunos requisitos, o los focos funcionantes de cáncer bien diferenciado. Pero además de la glándula tiroides la medicina nuclear ayuda en el estudio de múltiples órganos y entidades patológicas. Por ejemplo la inyección endovenosa de un fármaco denominado M D P, marcado con un isótopo de Tecnecio, puede demostrar, por medio del rastreo con equipos especiales, sitios de compromiso óseo producidos por un tumor de seno, próstata u otro, aún antes de que los hallazgos sean detectados por las radiografías convencionales.

Y un Coloide, también marcado con tecnecio, que se acumula en el hígado y en el bazo, nos puede anunciar la presencia de metástasis tumorales en estos órganos; otro

material lo hace con el cerebro y otro con los riñones, y, lo más fascinante del proceso diagnóstico es que es totalmente inocuo, no invasivo; se trata de administración por vía venosa u oral del producto marcado por el isótopo, que no ocasiona ninguna reacción especial y luego se detecta por medio de equipos especiales, se toma una placa del sistema estudiado y se le interpreta en conjunto con la historia clínica y el examen del paciente, así como de otros análisis que el caso haya requerido.

Las dosis administradas se calculan de forma que en ningún caso significan riesgos para el paciente o personal que lo estudia. Únicamente se contraindica en mujeres embarazadas, por el peligro que conlleva para el feto la presencia de radiactividad en la sangre materna y en sus órganos.

Si bien por medio de la medicina nuclear es posible estudiar casi todos los órganos y sistemas del cuerpo, como la función cardíaca, presencia de infartos, embolias pulmonares, problemas venosos, afecciones urinarias y renales, trastornos articulares, inflamaciones, fracturas

y tumores óseos, inflamaciones escrotales, enfermedades suprarrenales y otras endocrinopatías, vale decir toda una extensa gama de aplicaciones clínicas, la especialidad no es una panacea en el caso del cáncer. No lo puede diagnosticar en todas las ocasiones y apenas lo trata en pocos casos, pero contribuye enormemente en conjunto con las demás especialidades diagnósticas, al bienestar del paciente con cáncer, por medio de un diagnóstico temprano y preciso, de una clasificación acertada del estado de la enfermedad y un seguimiento eficaz de su evolución y terapia.

El estudio del paciente no sólo se hace por medio de imágenes y contajes externos; la medicina nuclear "in vitro", es decir la medición de sustancias en la sangre, fuera del paciente, nos informa sobre la existencia de productos que provienen de tumores malignos y cuya tasa es definitiva en el curso del tratamiento del paciente, algunas de estas son el Antígeno Carcinoembrionario, alfa-feto-proteína, fosfatasa ácida, específica, hormona gonadotrófica coriónica, tiroglobulina, receptores estrogénicos y de progesterona y de otras hormonas y sustancias, la medición de anticuerpos específicos contra

determinados tumores como el cáncer de seno, de ovario, de tubo digestivo y del melanoma.

La determinación periódica de estas sustancias en la sangre y algunos tejidos del paciente con cáncer, informan al oncólogo sobre la evolución de la enfermedad y lo ayudan a decidir la mejor terapia en el momento adecuado.

Más recientemente y aunque todavía en sus comienzos, la medicina nuclear ha implantado técnicas radioinmunológicas para detectar tumores "in vitro" por medio de la visualización Gamma-gráfica de los sitios de acúmulo de anticuerpos específicos marcados con isótopos radiactivos. Es decir, productos que se unen al tumor o a sus metástasis, los rastrean, los hallan y los descubren a los ojos del especialista los conocidos anticuerpos monoclonales en oncología.

Además de detectar el tumor o sus siembras, el futuro presentará la posibilidad de enviar por medio de anticuerpos cargas de radiactividad para destruir las células malignas.

El futuro es promisorio, los esfuerzos investigativos son numerosos para brindar al paciente de cáncer la oportunidad de un diagnóstico adecuado y un mejor seguimiento de la evolución de la enfermedad, que permita hacer cambios precisos y atacar el mal con las mejores armas. Es decir, la especialidad de la medicina nuclear, además de colaborar en el estudio de multitud de problemas clínicos benignos, marcha hombro a hombro con las demás especialidades en el estudio del cáncer, para beneficio del paciente que lo padece; y mejor aún, el país está preparado para ofrecer esta coyuntura: hay centros, especialistas, tecnólogos, equipos y materia para trabajar en forma idónea y eficiente en este cambio de aplicación pacífica de la energía nuclear.



RADIOBIOLOGIA

7.1 CAMBIOS PATOLOGICOS SECUNDARIOS A LA RADIACION

Morgan Berthrong. M.D.
Departamento de Patología, Hospital Penrose, Colorado
Springs, Colorado U.S.A.

Para un efectivo tratamiento de enfermedades, especialmente enfermedades neoplasicas, se necesita obligatoriamente la radiación, dada en grandes dosis.

Cuando tratamos tumores con gran radiosensibilidad en tejidos de relativamente baja radiosensibilidad, pocas complicaciones surgieron en la terapia. Frecuentemente, sin embargo, la diferencia de sensibilidad a la radiación entre la neoplasia y el tejido expuesto es poca y la incidencia de lesión por radiación en tejido normal llegó a ser significativa. En ninguna parte es este más aparente que el tratamiento de neoplasia durante la cual el canal alimentario es irradiado lentamente.

La siguiente discusión describe cambios patológicos en varias unidades de exposición al tracto alimentario y en

varios componentes de sus unidades durante meses y años después de la terapia de radiación. La efectiva generación y renovamiento rápido del sistema celular después de la lesión fué notado. Las manifestaciones de gravedad demoró la lesión del tejido fibrovascular con resultado demorado resultando en complicaciones de ulceraciones, Stenosis, formación de fistulas y obstrucciones adhesivas.

El desarrollo de neoplasias secundarias como resultado de la radiación fueron brevemente mencionadas y discutidas en tres puntos: niveles muy bajos, niveles bajos y graves, niveles de radiación.

Estos no son los cambios patognamónicos patológicos de lesión por radiación. Células necróticas son simplemente células necróticas. La lesión aguda en tejido agudamente lesionado no es específica. La homogenización del colágeno, fibroblastos atípicos, células endoteliales hinchadas, telangiectasia de las paredes de los vasos, proliferación interna de venas y arterias con o sin células espumosas, atrofia epitelial anormal o regeneración, y tamaños anormales del núcleo celular o

núcleos colorados; todos estos pueden ocurrir en reacción a lesiones por radiación.

La pérdida de volúmen de los vasos capilares no puede ser reconocida en sesiones histológicas rutinarias.

Es razonable que la lesión es resultado de injuria por radiación, las necesidades patológicas muestran en los tejidos de constelación de muchos cambios característicos de los efectos de la radiación.

En cualquier cambio de radiación puede ser considerada como un posible agente etiológico de las anormalidades mostradas.

Después de una total consideración de todas las observaciones, correlacionando con la clínica y el record terapeutico, la principal patología puede ser capaz hasta de decir "consistente con daño por radiación.

En otros casos, en los cuales éste factor y observaciones tales como otras causas, por cambios de tejidos, tales como: infección; física, química o trauma térmico, o

arterioesclerosis, pueden ser incluidos; más el diagnóstico puede ser dado.

La siguiente discusión tratará de descubrir e ilustrar con algún detalle los rasgos morfológicos de lesión por radiación de varios órganos del sistema por patologías quirúrgicas con especial énfasis en el tracto digestivo y sobre todo aquellas que tienen que ver con la cavidad oral.

Esto puede tratar de dar una penetración en los problemas inherentes en la no especificidad de las lesiones y en la prueba de los tejidos por biopsia en contraste por los especímenes resecados, referente a los modelos experimentales de lesión por radiación pueden ser mínimos exepcto cuando tales modelos tratan de confundirse con enfermedades humanas adquiridas. No detallamos la discusión del cuerpo total de radiación aguda en enfermedades que pueden darse. Muchas descripciones pueden concentrarse en efectos crónicos de lesión por radiación, algunos de estos efectos resultan usualmente en especímenes para el estudio por patologías quirúrgicas.

Las lesiones agudas por radiación son raramente biopsadas y muchos de nuestros conocimientos acerca de cambios histopatológicos agudos de radiación son de estudios experimentales. Muchos de estos materiales pueden ser encontrados en otras publicaciones.

Primero nosotros presentamos una breve discusión de células o tejidos sensibles o daño por radiación, esto fué estudiado intensamente por radiólogos y biólogos y por tanto es imposible simplificarlo más.

Generalmente, las células incrementan su respuesta o sensibilidad, a la radiación de ionización durante las fases G₂ y M de la división celular, por tanto, las células sufrieron una prueba; se dividían rápidamente y más a menudo por daño agudo por radiación que esos son menos rápidos dividiéndose o no dividiéndose en todo.

Así, la mucosidad intestinal, médula ósea, endotelial, y células germinales son más radiosensitivas que los osteocitos, miocardio o células ganglionares. Este es el principio general, sin embargo, aplicaciones primariamente o daño agudo como indicamos antes, esto es

a menudo estudiado por patólogos. Las células que sufren lesión no la manifiestan por semana, meses o algunos años, esto es el resultado para llevar una condición patológica a tratamiento quirúrgico, es decir, lesiones fibrosas en el pericardio, peritoneo, submucosa del intestino, y especialmente pérdida del cauce vascular y lesiones fibrosas de arterias y venas las cuales producen isquemia o infartación de los órganos. La mayor radiosensibilidad celular las cuales sufren lesión aguda tienen la capacidad de reparación y regeneración completamente de la lesión aguda de radiación. Aunque células tales como: células germinales o de cabeza y ovarios y médula ósea y células hematopoyéticas pueden quedar permanentemente perdidas.

Así nosotros podemos observar obstruyendo segmentos del intestino delgado en el laboratorio de patología 10 años después de la terapia de radiación con mucosa casi normal pero con engrosamiento fibroso masivo de la submucosa y peritoneo y además marcado estrechamiento arterial y venoso el cual es causa focal y algunas veces grave formación de fistulas, ulceraciones o infartación.

7.1.1 Tracto Alimentario

Algunas veces el tracto alimentario recibe grandes dosis de radiación de ionización durante el tratamiento de enfermedades malignas junto con sus órganos adyacentes, fragmentos patológicos fueron estudiados y algunos especímenes del tracto alimentario con lesión por radiación.

Durante el curso de la terapia de radiación, los síntomas clínicos de la lesión celular aguda fueron a menudo: dolor de la mucosa oral, disfagia, diarrea o melena. Las biopsias fueron raramente tomadas y nuestros conocimientos de cambios patológicos, son estudios en animales experimentales.

La lesión por radiación aguda puede producir un rápido cambio en el sistema celular de la mucosa epitelial y por tanto de células endoteliales especialmente del cauce capilar. Células mucosas, sin embargo rápidamente regeneradas, particularmente cuando la terapia de radiación ha sido adecuada y apropiadamente protegida y a menudo el tiempo de la terapia es completado o después de corto tiempo estos han sido regenerados o alcanzan

casi la normalidad de la mucosa.

La mayoría de las lesiones por radiación del tracto alimentario que resultan de biopsias o resección quirúrgica o es estudiado en autopsias es la consecuencia del desarrollo a las reacciones las cuales se desarrollan en el tejido fibrovascular meses o años después de completar la terapia.

La pérdida progresiva del cauce capilar y fibrosos de la submucosa iserosa pueden provocar la obstrucción del intestino. Progresivamente la fibrosis íntima vascular el cual a menudo estrecha la lámina basal, significativamente causa ulceraciones, fistulas e infartación, imparte regeneración de la mucosa epitelial irradiada puede contribuir a erosiones y úlceras pero muestra una progresiva fibrosis y lesión vascular produciendo isquemia principalmente.

7.1.2 Cavidad Oral

Con radioterapia de 5.000 a 7.000 rad durante 5 a 7 semanas da una rata de 200 rad por día, se pueden desarrollar algunas lesiones secundarias a la tercera

semana de tratamiento: necrosis celular aguda en la lámina del epitelio basal, puede ocurrir una pérdida total de células del epitelio, edema y dilatación vascular en la submucosa.

Despolarización de los mucopolisacáridos de la matriz intercelular. Si la mucositis a la cuarta semana, pueden encontrarse erosiones superficiales y una pseudomembrana de fibrina. La regeneración de la mucosa puede ser baja y al final del tratamiento de radiación puede complementarse un mes después de la terapia. La terapia de radiación fué interrumpida por la severidad de las reacciones de la mucosa oral.

Se estudiaron biopsias de tejido con cambios patológicos por radiación, mostraron úlceras crónicas o neoplasias recurrentes en estos casos la patología fué encontrada en mucosa bucal y lingual o en mucosa de piso de la boca o similar.

Atrofia del epitelio escamoso, fué común especialmente en la capa basal. Parakeratosis de la superficie fué a menudo notada. Algunas de las capas epiteliales son

engrosadas con prominente parakeratosis. Aparentemente la capa epitelial es resistente a la lesión traumática ulcerandose posteriormente con la radiación. Fibrosis severa en la mucosa con células colágenas indistintas, homogenizadas o obscurecidas por fluido intercelular. En la reacción atípica los fibroblastos son usualmente numerosos y vasos telangiectácicos (capilares y linfáticos). La circulación vascular es difícil de reorganizar. Las ulceraciones formadas pueden ser bastante profunda con úlceras totalmente necróticas, cráteres mezclados con granulación crónica y fibrosis extensa en estratos profundos. El tejido de granulación no es inusual excepto por núcleos atípicos del endotelio y fibroblastos aberrantes por tanto con menos infiltrado de células inflamatorias que en úlceras no irradiadas. Tales úlceras fueron descritas en 31 % de pacientes encontrados días después de la radiación oral pero estudios más recientes mostraron 22 % de pacientes tratados con desarrollo de úlceras orales en la post-irradiación.

El grupo de glándulas salivales menores son usualmente atróficos, especialmente los acinos los cuales pueden completamente perderse, los ductos pueden ser dilatados y

taponados con secreción espesa. La metaplasia escamosa de los ductos es a menudo notada, así las glándulas salivales menores atróficas están a menudo asociadas con cambios similares en las glándulas mayores, la xerostomia es común. La caries dental, boca seca, estos síntomas pueden desarrollarse debido a la xerostomia. Las fibras del músculo esquelético pueden estar rodeadas por fibrosis y la regeneración celular del músculo puede ser vista en estas áreas. Otro músculo esquelético puede ser envuelto, sin embargo puede estar cerca de lo normal.

Las arterias a menudo muestran fibrosis íntima mostrando estrechez de la luz. Los paquetes celulares espumosos son menos comunes. Algunas arterias pueden presentar fibrosis, disrupción elástica, con organización recanalizada de trombos.

Estos vasos semejan una curación de vasculitis necrotizante. En todos la lesión vascular a menudo parece ser suficientemente severa como para responsabilizarse de otras lesiones de atrofia, fibrosis, y especialmente las ulceraciones. La lesión vascular también puede contribuir a la osteoradionecrosis que pueden presentar en la

mandíbula o en la maxila. La lesión por radiación directa, pérdida del torrente capilar, trauma e infección, también pueden contribuir a la muerte del hueso, desaparición de los osteoblastos o resorción focal del hueso. Algunos atribuyen el ataque de necrosis del hueso a extracciones dentales pero esto es controvertido en éstos sujetos.

La osteoradionecrosis ocurre en 14 y 33 % de los pacientes irradiados por cáncer oral, en algunas series el 44 % de los pacientes con osteoradionecrosis post-irradiación de la maxila o mandíbula requieren cirugía.

7.1.3 Glandulas Salivares

El epitelio de las glándulas salivares, tanto de las mayores como de las menores, tienen un gran vuelco celular con 40 a 65 días de acinos mucosos y 95 días por ductos. La capa grande de células mucosas también tiene un gran cambio celular. Esto es sorprendente solamente después de 100 a 200 rad, cambio funcionales pueden ocurrir como boca seca, elevada amilasa sérica. Después de 1.000 rad, las glándulas pueden tener y mostrar histológicamente pérdida de gránulos de ximogeno y epitelio seroso y necrosis celular focal. Esconmros o

ruinas de células granulares se puede observar ductos dilatados. La saliva es descrita como viscosa, probablemente por la pérdida de la secreción serosa. Los cambios tardíos en el tejido de las glándulas salivares se vieron en 5.000 rad administrados en 5 o 6 semanas y estos fueron severos después de 7.000 rad en 6 o 7 semanas. La xerostomia permanente puede presentarse en el 5 % de los primeros y 50 % después.

La regeneración con mejoramiento de xerostomia puede tomar de 6 a 12 meses. Cambios histológicos crónicos pueden verse de 1 a 6 meses después de 5.000 a 7.000 rad y fueron: atrofia o alisamiento de glándulas serosas, preservación pero atipismo de glándulas mucosas o capa de células grandes, dilatación de los ductos con taponamiento mucoso y algunas veces metaplasia escamosa de ductos, a menudo intercalado con ductos normales, fibrosis del tejido intersticial con fibroblastos atípicos, telangiectasia de vasos con paredes delgadas y espesor arterial con proliferación íntima y estrechamente vascular fué descrito bajo la cavidad oral. Después las glándulas pueden perder sus acinos, los ductos pueden tener persistencia de cicatrices y pueden ensamblar un

adenocarcinoma.

7.1.4 Esofago

En el esófago hay algunos cambios así como en la mucosa oral, pacientes que están siendo irradiados por neoplasias de pulmón, mediastino o desarrollo de consecuencias clínicas del esófago a causa de lesión aguda por radiación consistiendo en quemaduras de la mucosa o disfagia.

Hay pequeños cambios histológicos en esta fase aguda, esto afecta principalmente a la capa basal produciendo edema y dilatación vascular de la submucosa.

En un reciente caso una señora de 66 años murió 20 días después de completar 3.000 rad o terapia con 4 millones de electrones (Me) acelerador lineal, un año después recibió 3.000 rad en una misma área, el esófago mostró necrosis aguda, lesiones de las paredes de los vasos. Necrosis completa de la submucosa y panesofaguitis, la cual en parte puede ser el resultado de imposición de sobreinfección. La necrosis vascular fue pequeña con trozos de fibrina.

La tolerancia de la dosis por pérdida de los efectos es aproximadamente 6.000 rad en seis semanas o menos.

También la frecuencia y severidad de la lesión por lesión en el esófago puede ser incrementada por quimioterapia concomitante.

En algunos estudios el esófago mostró en los 6 meses o pocos años después de la radiación: atrofia mucosal o más a menudo hiperplasia y engrosamiento de la mucosa con parakeratosis, fibrosis severa de la submucosa con hialinización del colágeno, y cambios de la mucosa y submucosa de las glándulas, atrofia, fibrosis y dilatación de ductos, y algunas veces metaplasia escamosa de ductos epiteliales. La lesión vascular de proliferación íntima de engrosamiento son frecuentemente prominentes. Erosiones de la superficie de la mucosa o ulceraciones son probablemente izquémicas.

Fístulas de bronquios o aorta han sido descritos. Esto generalmente ocurre en sitios contiguos a procedimiento quirúrgico.

EL CUIDADO, DESPUES DE UNA IRRADIACION DENTAL QUE

ENVUELVE TRAUMA DE LOS TEJIDOS PUEDE REQUERIR UNA MEDIDA PROFILACTICA COSTOSA.

7.2 PREVENCIÓN DE OSTEORADIONECROSIS: UNA PROBABLE PRUEBA CLÍNICA AL AZAR CON OXIGENO HIPERBARICO Vs PENICILINA

Robert F. Marx, DDS
Robert P. Johnson, DDS
Stuart N. Kline, DDS

La Patogénesis de la osteoradionecrosis ha sido recientemente mostrada y es consecuencia de una radiación inducida, creando una herida hipoxica que no sana, parece una osteomielitis de hueso irradiado. Desde este descubrimiento, se ha tratado de usar el oxígeno hiperbárico en el tratamiento de la fase de osteoradionecrosis.

Los datos sostenidos del uso del oxígeno hiperbárico se han tomado de pruebas en tejidos de ensayo. Se ha probado genéricamente una síntesis de colágeno en la herida que está sanando, esto es controlado por varios estudios retrospectivos y estudios clínicos. Sin embargo, estos estudios conciernen solamente al tratamiento de la fase de osteoradionecrosis. Los estudios en mandíbula han sido al azar y dirigidos a la prevención de la fase de

osteoradionecrosis.

El propósito de este estudio es una hipótesis ya que el protocolo del oxígeno hiperbárico corrientemente estabilizado indica la revascularización del tejido blando que puede prevenir el desarrollo de osteoradionecrosis después de remover un diente en pacientes con alto riesgo.

7.2.1 Materiales y Métodos

Tres centros fueron escogidos a participar en este estudio. Estos incluyeron una Universidad, un Centro Militar de Adiestramiento. Fué una práctica oral privada, se hizo una cuidadosa cirugía maxilo facial y se observó como se multiplica una monoplasia con sistemas deliberados de oxígeno hiperbárico.

74 pacientes en que se encontró el siguiente criterio fueron incluidos en el estudio:

7.2.1.1 Pacientes que fueron Incluidos :

a. Pacientes que tuvieron indicación de remover uno o más dientes en un segmento de la mandíbula, y que estos

pacientes hubiesen recibido una documentada absorción de irradiación. Una dosis de 6.000 rad o más.

b. Que esos pacientes vinieran a citas de irradiación por un mínimo de seis meses.

7.2.1.2 Pacientes excluidos :

a. Pacientes que recibieron irradiación por menos de seis meses, más de quince años

b. Pacientes que se les conocía contraindicación a la Penicilina o exposición de oxígeno a 2.4 de presión atmosférica absoluta. Para la primera parte, este incluyó hipersensibilidad a la Penicilina, neuritis optica, y terapia con drogas inmunosupresivas.

c. Pacientes que mostraron evidencia de persistencia de un tumor o una nueva enfermedad maligna primaria.

d. Pacientes que recibieron quimioterapia en los pasados seis meses incluyendo una droga esteroide.

e. Pacientes que tuvieron una enfermedad sistémica concomitante que pudo ser esperada o afectar la herida que está sanando. Por ejemplo: Diabetes, Lupus Eritematoso sistémico o Lique plano.

Cada paciente seleccionado fue al azar de uno o dos grupos de tratamiento. Ambos grupos fueron bajo

general con el uso concomitante de Lidocaina al 2 % con epinefrina .

En cada grupo, el diente fue removido con elevador de forceps. El tejido de granulación entre cada cuenca fue debrivado, lomos de hueso puntiagudo y sevreas cortaduras del mismo fueron tratadas con una mínima alveoloplastia reflejada sólo a una mínima cantidad de tejido labial requerido. Se usaron suturas para reaproximar el tejido móvil. Los materiales de sutura fueron limitados 3-0 de ácido poligaláctico reabsorbible. Las suturas se hicieron con aguja penetrante.

Un grupo de estudio sólo recibió un millón de unidades de penicilina G intravenosa justo después de la cirugía y 500 Mg de fenoxi-metil-penicilina cuatro veces al día por diez días después de la cirugía.

Otro grupo no recibió antibióticos, pero en el instante recibieron exposición a oxígeno hiperbárico, abarcando el 100 % de oxígeno húmedo disuelto, y a 2,4 atmósferas de presión absoluta por 90 minutos de cada sesión. 20 sesiones de oxígeno hiperbárico fueron dados antes de

remover los dientes, y diez sesiones después de remover los dientes. Diariamente una sesión de oxígeno hiperbárico y una cada cinco o seis días cada semana.

La osteoradionecrosis fue definida como la presencia de hueso expuesto que desarrolla cuencas después de seis meses.

7.2.1.3 Resultados

DIENTES REMOVIDOS EN HUESO IRRADIADO, EN PRESENCIA DE 6.800 RADS

No PACIENTES	No DIENTES	No OSTEORADIONECRÓ- SIS CUENCAS NECRO- TICAS	No PACIENTES OSTEORADIONE- CRITIZADOS
PCN Grupo 37	135	31(22.9 %)	11(29.9 %)
HBO Grupo 37	156	4(2.6 %)	2(5.4 %)

PCN = Penicilina
HBO = Oxígeno Hiperbárico

El grupo que recibió un curso de penicilina con oxígeno hiperbárico evolucionó 137 cuencas, heridas en 37 pacientes. 11 pacientes (29.9 %) presentaron un total de 31 cuencas, heridas (22.6 %) el cual mostró fracaso en seis meses.

El grupo que recibió oxígeno hierbárico con un antibiótico envolvió 156 cuencas o heridas en 37 pacientes. Solamente 2 pacientes (5.4 %) tuvieron un total de 4 cuencas , heridas. 2.6 % fueron encontrados sanos en seis meses ($p = .005$).

En 11 pacientes; en el grupo de tratamiento con antibióticos mostró radiográficamente osteoradionecrosis y dos pacientes en el grupo de hiperbárico.

De los casos de osteoradionecrosis en el grupo tratado con antibióticos, tres fueron posteriormente resueltos con un período 2 de cirugía con oxígeno hiperbárico (secuestrectomía). Pero ocho requirieron de más agresividad, estado tres de cirugía con oxígeno hiperbárico (recesión). De los 2 pacientes del grupo de oxígeno hiperbárico que desarrollaron osteoradionecrosis, ambos respondieron después a un estado 2 de cirugía de oxígeno hiperbárico (secuestrectomía) porque el oxígeno hiperbárico fue dado a estos dos pacientes como parte de este estudio, ellos fueron tratados, para su resolución con la adición del estado 2 secuestrectomía, además con adición de oxígeno hiperbárico.

7.2.1.4 Discusión

Este estudio recogió los más científicos y válidos datos relacionados con la posible prevención de un debilitamiento, desformación y costosa enfermedad.

El estudio científico clínico ideal es un prospecto al azar. Control-placebo y doble estudio oculto. Este estudio fué para ambos prospectivo y al azar pero ningún placebo fué incorporado por razones severas.

- Un paciente en una alcoba, no presionado, y otro que no se oculta; ambos pacientes son semejantes clínicamente.

- En un placebo tentativamente, los pacientes pueden hacer una mezcla de gas de 92 % de nitrógeno y 8 % de oxígeno a 2 % atmósferas de presión absoluta, los cuales equivalen al 20 % de oxígeno, cuando está resuelto el aire a nivel del mar. Sin embargo, esta no es una norma equitativa de 80 % de nitrógeno mientras el aire a nivel del mar está saturado de nitrógeno durante el tratamiento. Aunque esto puede ser poco peligroso y vencer por una descompresión en el ascenso de la gravedad con un aliento del paciente al 100 % de oxígeno y

nitrógeno.

El oxígeno hiperbárico como tratamiento se hace por 20 minutos.

- El concepto de usar un placebo durante el reemplazo del antibiótico en tercer grupo de estudio fué también científicamente atractivo.

Sin embargo durante el repaso de la literatura existen relatos sobre el tratamiento y prevención de la osteoradionecrosis. Identifica el uso de algunos antibióticos, más comunmente la penicilina como parte integral del tratatamiento de la enfermedad. El uso de antibióticos no reportó ser un gran defensor del hueso donde se removi6 el diente.

El grupo tratado al azar fué inconsistente. Si un doble ciego o una fracción de placebo (o ambos) pueden haber sido incorporados en este estudio. Esto no tiene bases científicas válidas.

Los resultados de este estudio muestran que el oxígeno

hiperbárico juega un papel importante en la prevención de la osteoradionecrosis. Los resultados también fueron confirmados por estudios radiobiológicos, los cuales comprobaron la minimización del papel de los microorganismos en la patogénesis de la osteoradionecrosis. El estudio también enfatizó el papel de la irradiación en el daño de células y componentes vasculares del hueso y cubierta del tejido blando.

Los mecanismos del oxígeno hiperbórico en la reacción de la incidencia de la osteoradionecrosis a nivel de gran dosis, el hueso irradiado es probablemente similar al señalado por Bechnner y Marx. Este es un tejido de angiogenesis en un tejido hipovascularizado irradiado por grandes niveles intermitentes del oxígeno en los tejidos.

Segmentos de mandíbula significativamente irradiada no han desarrollado osteoradionecrosis espontánea, pero hay una homeostasis y una reducción del nivel metabólico. En este instante, el tejido mantiene su estructura íntegramente aunque exista una considerable reducción de la tensión de oxígeno y tiene una disminución en la densidad celular y vascular.

Después de la remoción de un diente, hay una demanda de actividad metabólica y síntesis de proteínas (principalmente fibroblastos), el trabajo vascular es el precursor de oxígeno hiperbárico el cual demostró angiogenesis fisular e incremento de elementos celulares, mejora la probabilidad de estos tejidos después del trauma y mejora los aspectos metabólicos.

En 2 de 37 pacientes (54 %) desarrollaron calzada osteoradionecrosis, y se comprobó que previamente se utilizó el oxígeno hiperbárico. Los pacientes tratados con oxígeno hiperbárico aparentemente poseen capacidad de saneamiento.

En 11 de 37 pacientes (29.9 %) desarrollaron osteoradionecrosis cuando ellos fueron tratados con antibiótico único.

Varias preguntas interesantes han surgido por estos resultados.

El oxígeno hiperbárico puede proteger contra osteoradionecrosis?

Los practicantes dentales toman mayor conservación en la

planeación Pre-irradiación?

Cuál es el resultado reportado en cuanto a la prevención de la caries?

Con un buen control de placa, terapia intensiva de fluoruro y otros medios preventivos, se puede prevenir la caries?

Esto es grandemente motivado por el paciente.

Hay menos probabilidad de osteoradionecrosis si el diente que ya no es restaurable, pierde su soporte periodontal.

La irradiación de la mandíbula no debe proceder sin una comprensiva examinación dental y planeación del tratamiento.

El oxígeno hiperbárico previo a la exodoncia da buenos resultados?

Esta pregunta puede ser respondida afirmativamente, porque el efecto del oxígeno hiperbárico en hueso irradiado y en algunos tejidos, crea revascularización tisular y reducción del estado Hipóxico, la encía y mucosa, así como el hueso, pueden ser capaces de dar respuesta de reparación.

Más de 115 de nuestras pacientes recibieron injertos mucosos, injertos de piel y secundariamente biopsias excisionales sin osteoradionecrosis. De hecho, nosotros hemos seguido 67 pacientes, quienes tuvieron pérdida de tejido de soporte por aplicación de irradiación, pero sin desarrollo de osteoradionecrosis.

En cuatro de estos pacientes el rompimiento mucoso fue bajo. En otros cuatro pacientes hubo proliferación del tejido de granulación, pero a los seis meses mucosa normal cubre el área.

Todos estos estudios recomiendan mejor cuidado dental en la post-irradiación.

Puede el oxígeno hiperbárico proteger contra la osteoradionecrosis no iniciada por la remoción dental llamada osteoradionecrosis espontánea?

Este tipo de osteoradionecrosis es más extensiva y requiere un tratamiento más agresivo. En este caso el tejido radiobiológico dañado causa algo de necrosis directamente, hay recuperación inicial y luego pérdida de la homeostasia normal, provocando necrosis.

Puede o no haber reducción de la osteoradionecrosis, con ayuda del oxígeno hiperbárico, pero para esto hay que tener en cuenta, el grado de radiación fué letal o comprometió gran población celular, o si hay reducción de la respuesta del huesped.

El oxígeno hiperbárico puede mejorar la densidad del tejido vascular, pero esto es todavía desconocido.

Cómo es el cuidado de la post-irradiación dental usando el oxígeno hiperbárico?

Es impreciso decirlo, pero en este estudio se examinaron tejidos que estaban sanando maravillosamente, se utilizó justo después de 20 sesiones y fué seguido por 10 sesiones más. Esto es impracticable y a menudo imposible.

Si se hizo cirugía periodontal o remoción dental es necesario el retratamiento?

Aunque no se toma en este estudio, nosotros pensamos que no, pues los tejidos previamente estuvieron bajo tensión de oxígeno y ya se ha dado la revascularización del tejido irradiado.

La inducción con oxígeno hiperbárico en la angiogenesis

comienza con ocho sesiones, rápidamente progresa y llega a una meseta del 80 % - 85 % de tejido no irradiado y vascularizado por 20 sesiones.

A los tres años se observaron los pacientes irradiados con oxígeno hiperbárico y sus niveles de oxígeno estaban entre el 90 % de su valor normal.

La pregunta final es el alto costo. Está entre 6.000 y 8.000 pesos como promedio diario.

El promedio del costo del tratamiento para prevenir la osteoradionecrosis por medio del oxígeno hiperbárico o cirugía en de 28.000 dólares, y llega a extenderse hasta los 62.200. Y si se combina oxígeno hiperbárico y cirugía 30.000.

COSTO DEL ANALISIS DE OSTEORADIONECROSIS (Normalizado en Junio de 1.984. Valores en dólares).

TRATAMIENTO OSTEORADIO-NECROSIS	PROMEDIO COSTO AL AÑO	PROMEDIO TOTAL DEL COSTO	PORCENTAJE DE RESOLUCION
-No -HBO(45)	- 20.000	- 69.000	- 8 %
-HBO sin cirugía (29)	- 19.000	- 62.000	- 17%
-Universidad de Miami protocolo (37)	- 30.000	- 30.000	- 100 %

PREVENCION OSTEORADIO-NECROSIS	PROMEDIO COSTO AL AÑO	PROMEDIO TOTAL COSTO	PORCENTAJE DE PREVENCION
Universidad de Miami protocolo(37)	\$ 8.000	\$ 8.000	94.6 %

HBO = Oxígeno Hiperbárico

7.2.1.5 Sumario

Se presenta un proyecto comparando el oxígeno hiperbárico y antibióticos sistemicos para la prevención de la osteoradionecrosis.

Los resultados incidieron con gran riesgo en la población

quienes requirieron remoción dental en mandíbula irradiada.

El oxígeno hiperbárico producía una incidencia de osteoradionecrosis del 5.4 % comparada con el grupo de antibióticos, su incidencia fué mayor del 29.9 % ($P = .005$).

El oxígeno hiperbárico es considerado el tratamiento profiláctico en la post-irradiación dental envolviendo el cuidado necesario para los tejidos traumatizados.

LA DESFAVORABLE PROPORCION ENTRE CORONA Y RAIZ PUEDE IMPEDIR O COMPLICAR EL TRATAMIENTO PROSTODONCICO Y ORTODONCICO EN PACIENTES, QUIENES RECIBIERON TERAPIA DE RADIACION.

7.3 DETERIORO DEL CRECIMIENTO DE LA RAIZ DENTAL DESPUES DE DOSIS DE RADIACION A LARGO TERMINO EN SOBREVIVIENTES DE LA ENFERMEDAD DE HODGKIN

J. Perry McGinnis, jr, DDS, MS
Kenneth P. Hopkins, DDS, MS
Elizabeth I. Thompson, MD
H. Omar Hustu, MD

La mayoría de los niños con enfermedad Hodgkin están bien a largo término y sobreviven después de terapia de radiación, ó quimioterapia, ó combinación de ambos tratamientos. Los niños reciben irradiación en una porción de la mandíbula. La terapia de radiación en cabeza y cuello durante la infancia a menudo perjudica la odontogénesis resultando en agénesis de corona y raíz o hipoplasia e hipocalcificación de la corona o raíz. La naturaleza y severidad del deterioro parece estar relacionado directamente con la edad del paciente y estado de desarrollo dental y tiempo de radiación y dosis de radiación. Aunque reportes de anomalías en la radiación incluyen ausencia, falta de desarrollo, enanismo y despuntando las raíces.

Estas anomalías no han sido cuantificadas adecuadamente, así como usadas clínicamente.

Este estudio revisó repetidas radiografías panorámicas tomadas a largo término de niños sobrevivientes a enfermedad Hodgkin y cuantifican deterioro de raíz y corona para grupos de edades específicos, edad de odontogénesis y categorías de dientes después de una

dosis de terapia de radiación.

7.3.1 Materiales y Métodos

Registros dentales de 262 niños tratados de enfermedad de Hodgkin e investigaciones en niños en un hospital fueron evaluados el deterioro de raíz y corona. La información fué recopilada de 47 pacientes quienes tuvieron que tomarseles radiografías panorámicas y que comenzaron su terapia de radiación en una o más exámenes después de la clausura apical del diente. Cada paciente recibió una dosis de 35 a 37 Gy capas de radiación (Gy representa el sistema internacional de unidades de dosis y puede ser trasladada a las unidades tradicionales o rad por multiplicación del número Gy por cien; el rad puede ser convertido a Gy dividiendo por cien). Los pacientes en edades de 4 a 19 años en tiempo de tratamiento incluyen 35 hombres y 12 mujeres: 40 blancos y 7 negros (TABLA 1).

De las radiografías panorámicas, las raíces de los permanentes mandibulares derecho e izquierdo, primeros caninos y segundos premolares, y primeros y segundos molares fueron medidos con una regla métrica standar.

TABLA 1

GRUPOS DE EDADES, NUMERO DE PACIENTES, RAZA Y GENERO DE PACIENTES

GRUPO DE EDADES	NUMERO DE PACIENTES	RAZA Y GENERO
6	11	WM, 7 ; BM, 2;
9	9	WF, 2 ; BF, 0
12	13	WM, 3 ; BM, 3;
15	8	WF, 2; BF, 1
19	6	BM, 11; BM, 0;
Más	47	WF, 2 ; BF, 0
		WM, 4 ; BM, 0
		WF, 3 ; BF, 1
		WM, 5 ; BM, 0;
		BF, 1 ; BF, 0
		WM, 30; BM, 5;
		WF, 10; BF, 2
		W , 40; B , 7;
		M , 35; F ,12

Hombres Blancos WF; Mujeres Blancas BM; Hombres negros WM y Mujeres Negras BF.

Ambas raíces mesial y distal del molar fueron medidas; sin embargo, solamente la longitud de la raíz mesial fué reportada. Dientes con visión apical clara fueron medidos en su contorno, y dientes con distorsión o contorno indefinido no fueron medidos. La morfología apical de la estructura radicular fué notada como abierta o cerrada; indicación cercana de cesación por una raíz. El número de dientes medidos de cada grupo de edad fué determinado por la evaluación de radiografías dentales que tienen ápices

abiertos y el comienzo de terapia de radiación y cierre de ápices después de comenzar la terapia.

TABLA 2

NUMERO DE PACIENTES, NUMERO DE DIENTES Y CAMPO DE RADIACION Y EDADES DE LOS PACIENTES Y SU FORMACION RADICULAR FUE COMPLETADA AL TIEMPO DE RADIACION DE CADA GRUPO DE EDAD Y CATEGORIA DENTAL.

GRUPOS DE EDAD(años)	CANINOS	PRIMEROS PREMOLARES	SEGUNDOS PREMOLARES	PRIMEROS MOLARES	SEGUNDOS MOLARES
4 a 6	2/4	3/6	3/6	11/21	2/4
7 a 9	4/8	7/14	7/14	9/18	7/14
10a 12	10/19	13/26	13/26	13/26	11/22
	(12)			(10)	
13a 15	8/15	7/14	8/16	8/14	8/16
		(13)	(13)		(14)
16a 19	6/12	4/8	6/12	6/12	6/12
Totales	30/58	34/68	37/74	47/91	34/68

La longitud radicular fué medida por la toma de radiografías a tiempo que el tratamiento de radiación comienza y es comparada con medios posteriores al cierre de los ápices de cada grupo de edad y categorías de los dientes involucrados. El tiempo de clausura apical que

mostraron las raíces para comenzar el tratamiento fué considerada como valores normales en este estudio. La edad del paciente y el tiempo de clausura apical de la raíz no ha sido preciso siempre porque en algunos pacientes, las distintas edades pasaron entre el tiempo de la radiografía inicial y la subsecuente. De estos datos la corona raíz después de la radiación de cada grupo de dientes y grupos de edades fué recogida y comparada con valores normales. El porcentaje de raíz corona normal se toma antes y después de la radiación. Las correctas longitudes radiculares de los pacientes fueron determinadas dividiendo la dimensión vertical por el factor magnification de 1.4, un factor predeterminado para los rayos X unidades usadas en el estudio.

7.3.2 Resultados

La longitud de las raíces de los pacientes antes de la radiación fué medida en radiografías panorámicas, y las correctas dimensiones se muestran en la página siguiente (TABLA 3).

TABLA 3

PRINCIPALES MEDIDAS Y LONGITUDES RADICULARES CORRECTAS COMPARADAS CON ACEPTADAS LONGITUDES NORMALES RADICULARES- APICE CERRADO ANTES DE LA RADIACION.

DIENTES MAN- DIBULARES IN- VOLUCRADOS	PRINCIPALES MEDIDAS DE LONGITU RADIC. EN (MM)	CORRECTAS ME- DIDAS DE LONGC. RADIC. (MM)	PRINCIPALES LONGITUDES RADICULARES ACEPTADAS (DIFERENCIA ENTRE LONGITUDES CORRECTAS Y ACEPTADAS.	
			Kraus y otros	Woefel
Caninos	20.8	14.9	15.0 (-.1)	15.9 (-1.0)
Primeros pre- molares	19.0	13.6	14.0 (-.4)	14.3 (- .7)
Segundos pre- molares	19.9	14.2	14.5 (-.3)	14.7 (- .5)
Primeros mo - lares	19.4	13.9	14.0 (-.1)	13.8 (+ .1)
Segundos mo - lares	19.6	14.0	13.0 (+1.0)	13.9 (+ .1)

Las principales correctas longitudes radiculares en este estudio consiste en valores aceptados normalmente con un rango diferencia de un mm. Las principales longitudes radiculares de los dientes cuando se comienza la terapia de radiación tiene un rango de 2 ero a segundos premolares y segundos molares en el grupo de 4 - 6 años de edad, pacientes que completaron su raíz en edades más avanzadas para todos los dientes, en la TABLA 4.



TABLA 4

PRINCIPALES LONGITUDES CORRECTAS AL TIEMPO DE LA RADIACION Y TIEMPO DE CIERRE APICAL COMPARADA CON PORCENTAJES DE LONGITUDES RADICULARES NORMALES CONSEGUIDAS Y PORCENTAJE DE CORONA CONSEGUIDA ANTES DE LA RADIACION.

CATEGORIAS DE DIENTES	EDAD DE LOS PACIENTES AL TIEMPO DE LA RADIACION	PRINCIPALES LONGITUDES CORRECTAS EN LA RADIACION (mm)	% DE LONGITUD NORMAL LONG. DE RADIACION.	PRINCIPALES LONG. CORRECTA Y COR REAPI-CAL (mm)	PRINCIPALES LONG. NORMA Y LES LOGRADAS	PRINCIPALES CORRECTOS COR-RAIZ ANTES DE LA RAD. (mm)
Caninos	4 a 6	2.6	17.4	11.8	79.2	9.2
	7 a 9	6.4	43.0	12.2	81.9	5.8
	10 a 12	12.9	86.6	14.6	98.0	1.7
	13 a 19	14.9+	100.0	14.9+	100.0	.0
Primeros Premolares	4 a 6	.2	1.5	8.6	63.2	8.4
	7 a 9	5.0	36.8	10.8	79.4	5.8
	10 a 12	10.8	79.4	12.6	92.6	1.8
	13 a 19	13.6+	100.0	13.6+	100.0	.0

Continuación TABLA 4

Segundos Premolares						
	4 a 6	.0	.0	7.6	53.5	7.6
	7 a 9	3.6	25.4	10.1	71.1	6.5
	10 a 12	9.6	67.7	12.4	87.3	2.8
	13 a 19	14.2+	100.0	14.2+	100.0	.0
Primeros Molares						
	4 a 6	5.1	36.7	9.5	68.3	4.4
	7 a 9	11.0	79.1	11.8	84.9	.8
	10 a 19	13.9+	100.0	13.9+	100.0	.0
Segundos Molares						
	4 a 6	.0	.0	6.1	43.6	6.1
	7 a 9	2.3	16.4	8.1	57.9	5.8
	10 a 12	8.5	60.7	10.7	76.4	2.2
	13 a 15	12.9	92.1	13.1	93.6	.2
	16 a 19	14.0+	100.0	14.0+	100.0	.0

Grupos de edades mayores para cada categoría de dientes representando las edades en las cuales la formación de la raíz fué completada al tiempo de radicación.

Los datos mostraron que todos los ápices radiculares fueron cerrados a la edad de 12 años para los caninos; y edad de 13 para los primeros y segundos premolares; y edad de 10 para los primeros molares y 14 para los segundos molares (TABLA 5).

El gran deterioro de raíz - corona se muestra en grupos de edades jóvenes y en dientes que tuvieron estados tempranos de desarrollo en el tiempo de terapia de radiación (FIGURA 2 - 5). Los segundos molares y segundos premolares en pacientes con edades de 4 a 6 años, en la cual la raíz no se ha comenzado a desarrollar, el tiempo de radiación subsecuente atañe el 43.6 % y 53.5 % de la Longitud Radicular Normal respectivamente. Los primeros molares y caninos en pacientes con edades de 4 a 6 años, poseían longitudes radiculares de menos de 3 mm. Cuando la irradiación posterior crecía a 63.2 % y 79.2 % de la longitud normal respectivamente. Por tanto la radiación de los primeros molares, llegó a la longitud radicular

principal de 5.1 mm en pacientes con edades de 4 a 6 años y posteriormente crecía a 68.3 % de la longitud normal.

Un gran porcentaje de longitud radicular normal fué tomado antes de la radiación de estos dientes que estaban más avanzados en el desarrollo del tiempo de la terapia, el porcentaje de la longitud radicular normal es grande como 98 % para caninos irradiados, en pacientes en edades de 10 a 12 años (TABLA 4).

7.3.3 Discusión

La relación entre el hombre y la mujer en este estudio fué 35 : 12, una relación grande para este grupo de edades jóvenes. Las edades de los pacientes eran de 4 a 19 años en el tiempo de tratamiento; 41 pacientes eran menores de 14 años y 6 pacientes eran mayores de 15 años.

El número de pacientes menores de 15 es el más usado en el temprano punto máximo de esta enfermedad en pacientes de 15 a 34 años.

Se usaron porciones de mandíbula que habían recibido una radiación de 35 - 37 Gy, de 4 - 16 Gy y 36 - 40 Gy por

enfermedad de Hodgkin en estos pacientes se encontró cierre apical prematuro y agenesis radicular.

En estudio a largo término de 14 sobrevivientes de la enfermedad de Hodgkin, quienes recibieron 20 - 49 Gy a la derecha o izquierda del cuello y otros; reportaron coronas y raíces anormales y deformidades en la mayoría de los pacientes.

La quimioterapia fué combinada con radiación en el estudio, el cual puede ser considerado un posible contribuyente afecto del crecimiento. Otros autores han reportado defectos en el desarrollo del hueso o desarrollo de severas anomalías después de la radiación de los tejidos de cabeza y cuello. En estos reportes la radiación fué administrada en grandes dosis o más directamente a los tejidos afectados o ambos. Se observó que el cierre prematuro ocurrió en los segundos premolares y segundos molares para el cierre de caninos, primeros premolares y primeros molares fué normal.

TABLA 5

TABLA 5

PORCENTAJE NORMAL LONG.
RADICULAR AL TIEMPO DE
LA RADIACION

PORCETAJE NORMAL LONG.
DE LA RAIZ DESPUES
DE LA RADIACION

0 a 10	53.4
11 a 20	68.6
21 a 30	71.1
31 a 40	73.9
41 a 50	82.9
51 a 60	...
61 a 70	81.9
71 a 80	88.8
81 a 95	95.8

El cierre apical prematuro puede producir acortamiento del diente; la relación entre corona y raíz en nuestro estudio, depende en gran medida de las dimensiones verticales, tomadas de radiografías panorámicas, las imágenes horizontales son irreales, pero deben ser usadas. Es necesario tomar las radiografías panorámicas secuenciales para estudios longitudinales. Las radiografías se toman cada cuatro meses en pacientes de 8 a 73 años.

Desde el punto de vista del tratamiento del paciente, es sorprendentemente pequeña la demora en la erupción y subsecuente movilidad dental, han sido encontradas en

nuestros pacientes que recibieron terapia de radiación.

Una desfavorable relación corona - raíz, puede complicar el tratamiento ortodoncico y alterar el tratamiento de prótesis no removibles con efectos psicosociales evitando corregir malposiciones dentarias o reemplazamiento de dientes. La mayoría de los pacientes son jóvenes menores de 30 años.

7.3.4 Sumario

La alteración en el desarrollo radicular se presenta en exposiciones de 35 - 37 Gy. Esto se vió a largo tiempo y en 47 niños sobrevivientes de enfermedad de Hodgkin. Claro que está relacionado con grupos de edades específicas. Se deben tomar secuencias radiográficas al tiempo de la terapia de radiación y después del cierre de los apices radiculares.

Las alteraciones severas en el crecimiento radicular se observó en pacientes que recibieron radiación durante edades tempranas de odontogenesis

7.4 PREVENCIÓN DE COMPLICACIONES DE LA RADIACIÓN

Con cuidadosa atención de detalles tales como el estado dental del paciente, situación y profundidad del tumor y complacencia del paciente, el físico puede ir muy lejos sobre prevención de complicaciones de radiación en la cabeza y cuello.

Muchos pacientes con cáncer oral tienen hábitos sociales que sobreponen a una pobre higiene oral y resultan en enfermedades dentales; ejemplo: caries, resorción periodontal en el tejido y el hueso y abscesos. Al ser irradiado el resultado será osteomielitis y osteoradionecrosis; es indispensable aunque el paciente sea evaluado por un dentista experimentado en el cuidado de pacientes con cáncer, antes tratamiento oncológico es iniciado, la restauraciones propias, tratamientos periodontales, extracciones pueden ser llevadas a cabo únicamente, cuando la cicatrización de la mucosa oral a ocurrido a largo tiempo un cuidado dental intenso, es una terapéutica imperativa en la irradiada cabeza y cuello del paciente.

La evidencia conclusiva ha demostrado que la diaria

aplicación del 2 % del fluorido de sodio al diente puede ayudar a prevenir mayores daño al diente, si el diente en el campo de radiación llega a ser perdido o infectado, el paciente es tratado con antibióticos y rigurosa higiene oral, no se debe extraer un diente porque puede abrir canales dentro del hueso y producir osteomielitis.

LA atención al tipo de tumor depende del grado de diferenciación e invasión y proximidad a estructuras nerviosas.

Los tumores linfopiteliales generalmente encontrados en la orofaringe y nasofaringe responden generalmente sólo a la irradiación, cáncer en la cavidad oral son frecuentemente de bajo grado y debido a la proximidad a las estructuras oseas y su tendencia a invasión local son tratadas con operación, con radiación reservada como una modalidad inductiva.

Numerosos estudios han demostrado radionecrosis como un resultado de tratamientos de cáncer en cabeza y cuello.

7.4.1 Recientes Avances en Cirugía Constructiva

Hasta la reciente y amplia apreciación de la autonomía del hombre, toda la cirugía reconstructiva fué dada por conceptos de demora de distancia al radio y prolongado procedimiento de etapas, los resultados encontrados fueron frecuentemente menos que satisfactorios con la descripción de tejido libre y aletas musculocutaneas.

Los años 70, un nuevo entendimiento de diseño anatómico de sangre suministrada a la piel a dado a la plástica y a la cirugía reconstructiva nuevas armas para reparar complicaciones de cirugía de cabeza y cuello.

7.4.2 COMPLICACIONES DE LA RADIACION, MANEJO Y REPARACION

Cuando el cirujano acoge terapia de radiación de elecciónen el cáncer de cabeza y cuello, el o ella añaden responsabilidades sobre el tratamiento del tumor. Adquiere manejo de problemas en relación al tratamiento, las secuelas pueden estar funcionalmente y socialmente lisiado en tiempos, al tratamiento de por vida.

Las complicaciones relativas al tratamiento con irradiación pueden estar divididas en dos categorías

generales: en inmediata y retardada.

Las complicaciones inmediatas generalmente asociadas con problemas técnicos de calibración incorrecta, se observará una reacción severa del tejido o diseño inapropiado del campo manifestado por recurrencia local o regional del tumor.

Las serias complicaciones de terapia de irradiación, son aquellos relacionados a los continuos y progresivos cambios que ocurren con la longitud del campo de irradiación después de que el temor de que el cáncer recurrente ha cesado. Estos tardíos problemas están separados en dos: aquellos que incluyen tejido suave y aquellos que incluyen el hueso.

7.4.3 Complicaciones del Tejido

Se puede presentar ulceración local y duración en un sitio de mayor radiación en la terapia. La cirugía reconstructiva debería planear reemplazar todo tejido irradiado si fuera posible con piel o tejido saludable fresco.

Cuando la delgada piel de la nariz es sujeta a la irradiación, la posibilidad de la atrofia y rompimiento eventual existe. El área molar puede presentar problemas cuando la irradiación es combinada con anterior resección cirujana combinada con radiación. Mejorando estos problemas llenados por el tejido más allá del campo irradiado por un material protesico, normalmente usado para tal defecto requieren mejor cobertura de piel, mejor localización de la irradiación.

Otro problema del tejido blando es la banda fibrosa de cicatrización ocurrida en el cuello siguiendo un completo curso de radiación de terapia.

Aunque no el dolor y un recurso de ulceración, estas áreas restringen movilidad del cuello. Tratan de restaurar un rango normal de movimiento, son menos fructíferas, exponen riesgos de estructuras vitales del cuello.

Un problema similar puede ocurrir en la lengua, cuando las dosis de irradiación son altas pueden producir atrofia, movilidad restringida, se pueden tratar

quirurgicamente para restablecer estos desafortunados pacientes.

En el tratamiento definitivo del cáncer de la nasofaringe, máximas dosis de radiación (65 Gray) están repartidas en la fosa de Rosen Muller y la base del cráneo.

Las placas de un sobreviviente a largo término de un tejido de tumor pediátrico tratado con irradiación, la pérdida de tejido suave, endotelios y resultados asimétricos físicos son obvios. No muy evidente es la ceguera del ojo derecho, pérdida de audición en el oído derecho y sinusitis crónica del maxilar derecho.

Toda la secuela de rhabdomyosar tratada con radiación algunos 15 años más temprano. Reparando este defecto de tejido blando requiere la presencia de un tejido fresco y vascularizado que va a actuar como fundación para mayor reconstrucción quirúrgica.

7.4.4 Complicaciones del Hueso

Aún cuando radiación post-operatoria es administrada, la

posibilidad de rompimiento y exponencia del hueso está siempre presente.

En estos tiempos el hueso expuesto está permitido para desecar y extruir sobre el tiempo.

7.5 TRATAMIENTO DE LAS COMPLICACIONES DE RADIOTERAPIA

La radioterapia ha sido establecida como herramienta vital del tratamiento para el cáncer del cuello y cabeza, aunque ésta puede ser tan efectiva como una operación para muchas lesiones. Cuando es utilizada, sólo es valiosa como un suplemento de cirugía en casos seleccionados. Para tratamientos esperados e inesperados, hay gran cantidad de problemas hasta que ellos mismos muestran después que un tumor primario esté curado.

7.5.1 Racional para el Uso de la Radioterapia

la deposición de radiación de energía impone una cirugía radioquímica. Células malignas, dependiendo de la clase de célula, la dosis de radiación, la frecuencia y la longitud de tiempo es administrada la irradiación.

Los resultados predecibles ocurren para la exposición de

la naturaleza de la irradiación celular eliminada sobre tiempo, es necesaria diariamente, dosis repetidas de irradiación. Los resultados pueden estar expuestos en curva, por aumento de dosis el control del tumor puede mejorar del 25 al 75 %.

Mayor aumento de dosis, un espacio de la curva elesigmidal aparece y el control puede aumentar del 80 al 90 %.

A grandes aumentos en la dosis de radicación se puede lograr un control total del tumor pero a costa de un daño permanente del tejido sano. Tratando de disminuir este problema se ha combinado la cirugía y la radioterapia. La cirugía remueve densas enfermedades en inmensos tumores, donde requiera que la irradiación es utilizada como un aditamiento para remover depósitos microscópicos.

La irradiación puede ser usada para repartir máximas dosis unicamente donde se destinó, de tal modo que disminuye la malsanidad.

El uso de radioterapia post - operatoria no compromete

los resultados del paciente y podrían aparecer ser superiores a la radiación pre - operatoria.

Otra técnica para disminuir el tejido normal afectado por la radiación es el uso de aislamiento de campos. La portada inicial cubre una extensa área alrededor del tumor para incluir áreas de daño microscópico. Después de daño microscópico, la irradiación adicional es suministrada para cualquier tumor pero el campo es reducido dependiendo de la medida y localización del tumor.

7.5.2 Malsanidad de la radioterapia

Todas las formas de tratamiento del cáncer tienen malsanidad. La cirugía es inmediatamente obvia necesaria. El cirujano debería hacer una mucosa de radiación y eritema de curación de la piel cubierta. Si esto no sucede, una dosis subopcional ha sido administrada. Muchas veces ésta radiación es acompañada de infección secundaria, dolor, pérdida de peso, puede ser tratado con analgésico oral, baños de soda y antibióticos.

Los esperados efectos de la larga duración de la radioterapia toman a veces años para revelarse asimismo.

El resultado esperado depende del tiempo y energía de la radiación utilizada.

7.5.3 Dolencia Indeseada de la radiación

Es difícil obtener buena evidencia objetiva de la malsanidad de la radiación, como se mide sequedad, disfagia o distorsión facial. Hay algo de evidencia en la literatura que documenta osecos y delicados efectos en la piel de la terapia de radiación, algunas de estas historias son anécdotas y otras están bien documentadas.

Una de las más grandes secuencias es dado por Harson y asociados, es un intento de determinar efectos retardados y malsanidad asociada de radioterapia en tejido normal.

Entre 1.974 y 1.975, 569 pacientes con cáncer en la amígdala, en el piso de la boca, lengua, región trigémina; tuvo sus lesiones primarias tratadas con radioterapia para curarla. Un total de 128 pacientes fueron evaluados. Hueso y tejido malsano fueron causados por una tardía irradiación de la terapia de radiación grupo oncológico de la organización europea en búsqueda de tratamiento del cáncer.

Los pacientes fueron clasificados de acuerdo al sitio del tumor, grado histológico y estado dental, ninguno de los cuales tuvo una correlación positiva con complicaciones.

De 31 pacientes evaluados con cáncer en el piso de la boca, 22 de estos tuvieron por lo menos una complicación incluyendo el hueso, osteonecrosis, fracturas patológicas.

Una inesperada y poco corriente efecto tardío de radioterapia es una inducida radiación al tumor, esta entidad ha sido descripta más corrientemente en la glándula tiroides - glándulas salivares, y piel.

7.5.4 Manejo de la Radiación Inducida. Complicaciones por el sitio

7.5.4.1 Hueso

En virtud de su proximidad de tumores de cabeza y cuello más como el hueso facial es más a menudo tratado con irradiación es la mandíbula.

El piso de la boca por tener menos mucosa y protección

muscular es la más afectada por la irradiación.

Es siguiente sitio más común es el área trigona retromolar. Cuando algún hueso llega a estar expuesto, es importante adoptar una política agresiva de higiene oral y una política conservadora de intervención operativa, esto incluye la biopsia. Una agresiva biopsia de impedimento de necrosis puede resultar un rompimiento acelerado y un establecimiento clínico potencialmente como un recurrente tumor destructivo, si se ve necrosis se le debe evitar irritantes locales como fumar, beber, etc..

Si hay necrosis séptica, el cual envuelve tejido suave, intervención quirúrgica y remover el hueso afectado.

Problemas de radionecrosis del hueso probablemente evitadas por cuidadosa atención al estado dental del paciente. Siempre se debe hacer un análisis dental temprano en la evolución de cáncer en cabeza y cuello. Esto permite la extracción de dentaduras infectadas y la restauración de algunos dientes. La iniciación de programas de higiene oral, y la aplicación de fluor

dental protegiendo los dientes de los efectos de la radiación. Si el diente preservado sin un área de radionecrosis de la mandíbula expuesta, ellos nunca deben ser extraídos, aunque ellos no parezcan útiles.

La extracción prematura puede actuar como un pozo de infección en el hueso y la eventual pérdida total de la quijada sobrevendrá.

7.5.4.2 Piel y tejido subcutáneo

La pigmentación talangiectosia y la pérdida de pelo notado en la piel irradiada es predecible y usualmente aceptado por ambos pacientes y el físico, la atrofia y fibrosis del tejido subcutáneo son menos aceptados por el paciente, estos problemas dan asimetría, necrosis para exponer vasos mayores y hueso subrayado.

Problema de fibrosis progresiva de los músculos es más evidente en los pterigoideos. En pacientes recibiendo irradiación por tumores primarios de la nasofaringe, orofaringe y trigono retromolar, una especial atención debe ser dada para preservar la movilidad de la mandíbula. Esto debe ser más frecuente colocando al

paciente en un diario programa de ejercicio para mantener un máximo de movimiento de la quijada y sus elementos adjuntos.

7.5.4.3 Glándulas Salivares

Una molestia para el paciente es el resecamiento de la mucosa de la membrana. Es difícil digerir la comida debido a la disminución salivar, el gusto alterado, irradiación marca efectos a las glándulas salivares mayores o menores el cual produce una delgada y aguda secreción.

Probablemente el mayor resultado de daño de éste es el cambio de PH y secreciones orales es la sequedad subjetiva para lastimar el diente. A menos que una excelente higiene dental, aplicaciones de fluor, la cascada de infección rompe y la posible pérdida del hueso se iniciará.

7.5.4.4 Esófago

El esófago es un extraño pero significativo sitio de efectos tardíos de radiación. El paciente desarrolla disfagia el cual puede responder a dilatación inicial. S

anestesia, debe actuar para descartar un segundo tumor primario, esto debería parecer que la patofisiología de esta radiación es fibrosa y construcción del delicado mecanismo de contrucciones superior u medio en los casos severos, una gastrotomia puede ser indicada y si el paciente permite presentación de una visco saabdominal C colum, estómago o tejido libre es apropiado.

CONCLUSIONES

8.1 Actualmente los elementos usados para la irradiación de paciente son :

- El cobalto, el más utilizado de todos y es para tratamientos a distancia (fuera del individuo).
- El Cesium para teleradioterapia , (a distancia) y más aún para utilizarlo en forma intracavitaria. Su problema el costo.
- Agujas de Radium en forma intersticial.

8.2 Hay dos formas de irradiación:

- Intracavitaria
- Interna
- Intersticial
- Externa - Telecobaltoterapia

8.3 El término radiactivo significa: "emisión de radiaciones que pueden ser Alfa, Beta o Gamma.

8.4 Para evitar la radiación del paciente es necesario fijar niveles máximos de radiación interna o externa.

8.5 Para calcular la intencuidad de la dosis, es difícil pero hay algunas fórmulas aproximadas.

8.6 La dosis máxima profesional es de 5 Rad al año para los Rayos Beta.

8.7 Es necesario el blindaje ya que hay efectos genéticos a largo plazo.

8.8 Toda exposición a la radiación estará bajo supervisión de una persona adiestrada.

8.9 La dosis máxima total acualquier edad es: $D = 5 (N - 18)$

D = Dosis de Rem para las gónadas, y N - edad en años.

8.10 Una persona que desde los 18 años recibe radiaciones, no debe recibir una dosis semanal superior a 12,1 Rem y la dosis a los 30 no debe exceder los 60 Rem.

- 8.11 Nivel máximo permisible profesional 2,5 mr por hora.
- 8.12 piel = 8 Rem/ 13 semanas o 30 Rem / año.
- 8.13 Manos, antebrazos, pies y tobillos: 20 Rem / 13 semanas o 75 Rem / año.
- 8.14 Grupos especiales: pueden ser operarios adultos; 1,5 Rem / año y si son niños 0,5 Rem sobre año.
- 8.15 Exposición de la población: para la población la dosis máxima hasta los 30 años debe ser de 5 Rem.
- 8.16 Los materiales radiactivos que ingresan en el cuerpo por aire, agua o a través de la piel, son más peligrosas que los materiales que irradian el cuerpo desde el exterior.
- 8.17 Por medio de la medicina nuclear es posible estudiar casi todos los órganos y sistemas del cuerpo.
- 8.18 Algunos cambios patológicos secundarios a la radiación pueden observarse en: cavidad oral; cambios

principalmente en epitalio, en el tracto alimentario, en glándulas salivares, esófago, e.t.c., de importancia todos para el odontólogo.

8.19 Parece que la osteoradionecrosis puede prevenirse con el uso de oxígeno hiperbárico, mejor aún que con el uso de algunos antibióticos que pueden sarse en forma profiláctica.

8.20 Se ha observado un deterioro de la raíz dental después de radiación a largo término en sobrevivientes de la enfermedad de Hodgkin. Esta alteración se observa en exposiciones de 35 a 37 Gy. Las alteraciones severas en el crecimiento radicular, se observó en pacientes que recibieron radiación durante edades tempranas de odontogenesis.

8.21 la alteración en el desarrollo radicular se presentan exposiciones de 35 a 37 Gy. Claro que esto está relacionado con grupos de edades específicas.

Es necesario tomar radigrafías secuenciales durante el tiempo de irradiación y después del cierre de apices

radiculares.

8.22 Para evitar el usar grandes dosis de radiación para el control total de un tumor y dañar tejido sano, se ha combinado la cirugía y la radioterapia.

8.23 Todos los tratamientos donde se utiliza la radiación para el control del cáncer, van a producir malsanidad al paciente. Para disminuir este problema, la radiación se usa en dosis máximas únicamente en el sitio destinado.

8.24 Pacientes con cáncer oral antes de recibir tratamiento con radiación, se debe normalizar la cavidad oral (caries, enfermedad periodontal, etc.), para prevenir lesiones primarias como osteomielitis y osteonecrosis.

8.25 La dosis de radiación para el tratamiento del tumor, va a depender del tipo de tumor, del grado de diferenciación e invasión y la proximidad a estructuras nerviosas.

FIG. 1. ORBITAS DE LOS ELECTRONES ALREDEDOR DEL NUCLEO
DE UN ATOMO

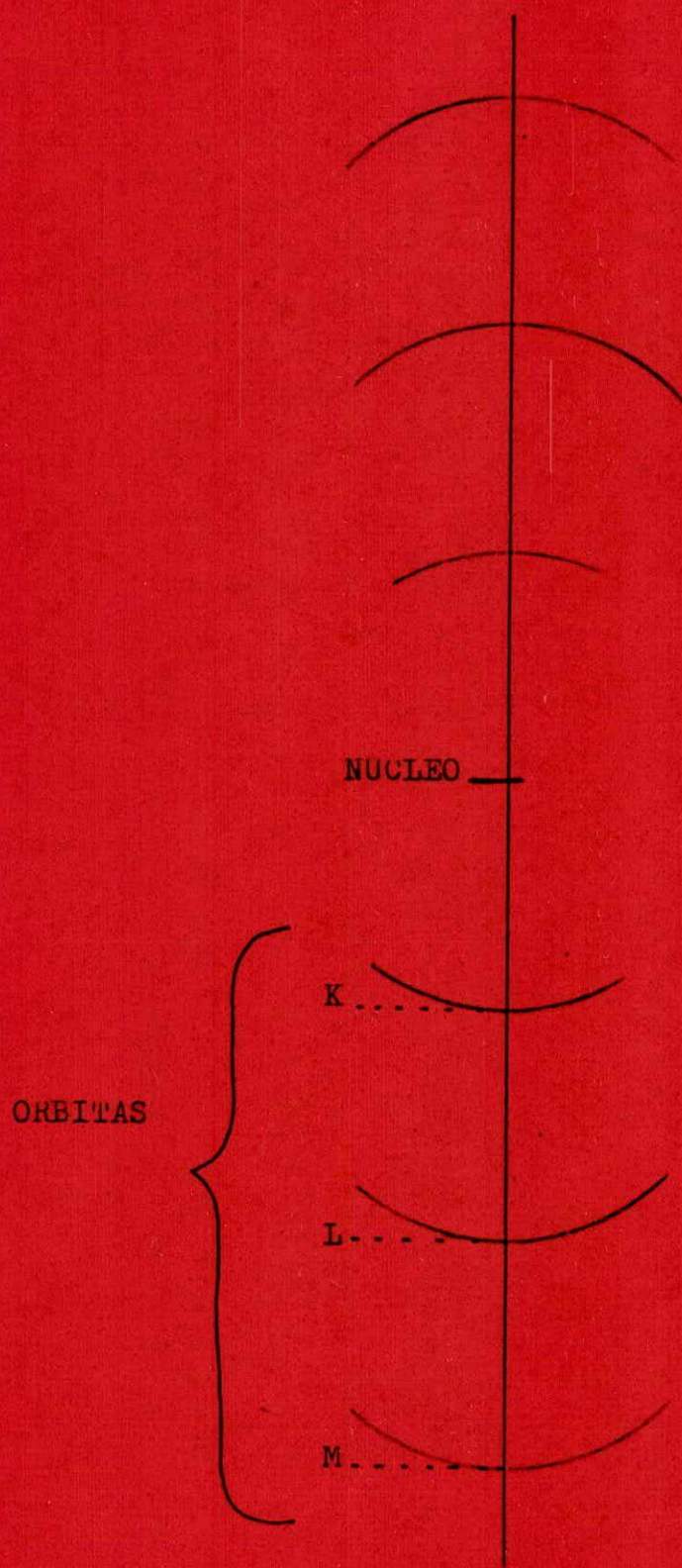


FIG. 2. RENDIMIENTO DE LA FISION DEL URANIO - 235 .

Rendimiento
de
fisión
porcentual.

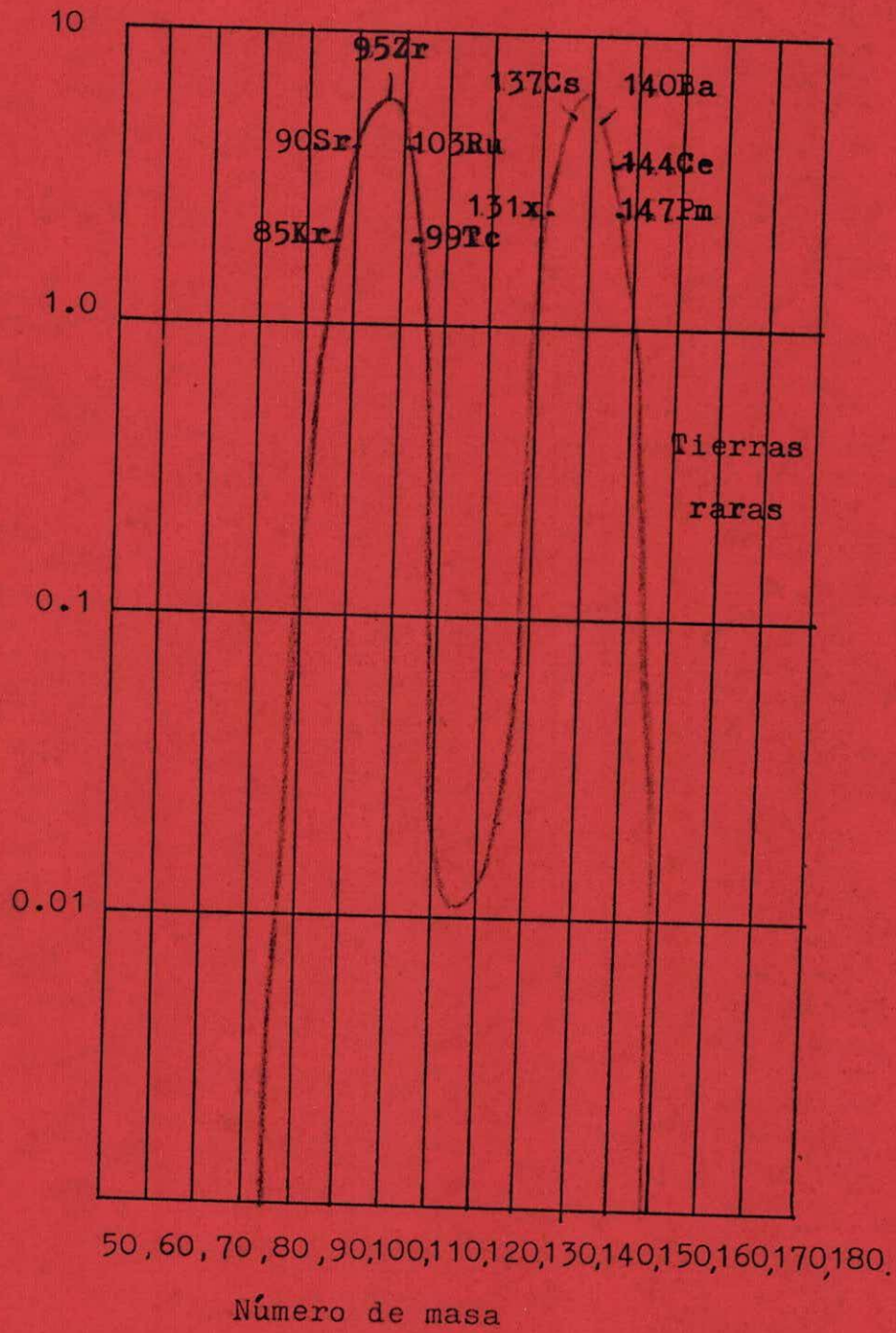


FIG. 3. CURVA DE DESINTEGRACION (Representación lineal).

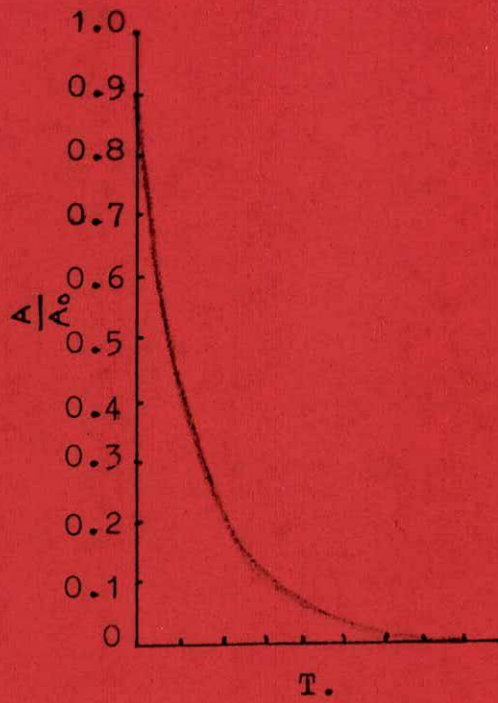


FIG. 4. CURVA DE DESINTEGRACION (representación semilogarítmica).

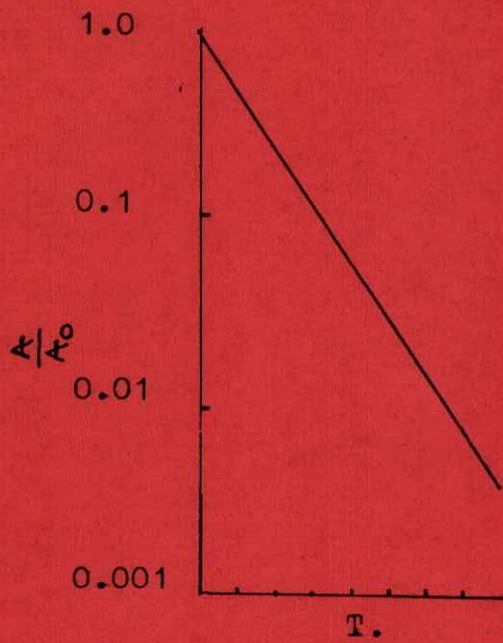


FIG. 5. CURVAS DE DESINTEGRACION TIPICAS .

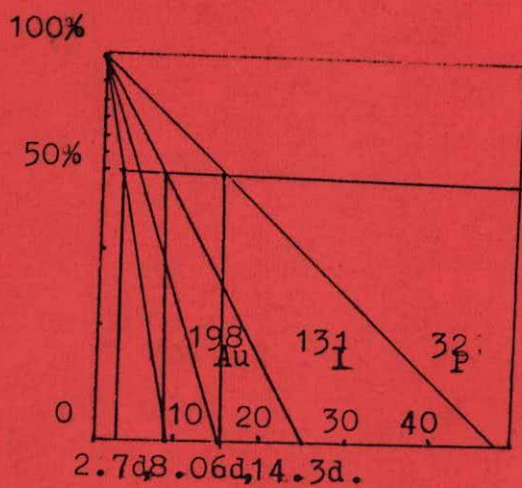


FIG.6 . DESVIACION DE LOS RAYOS α , γ , β POR UN CAMPO MAGNETICO Y PERPENDICULAR A LA SUPERFICIE DEL PAPEL .

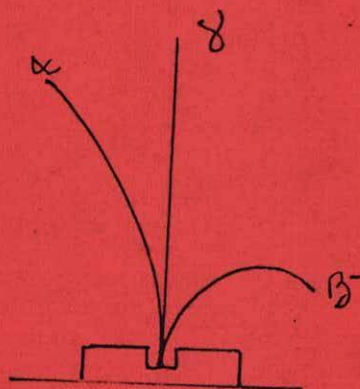


FIG. 7. ESPECTRO DE ENERGIA BETA.

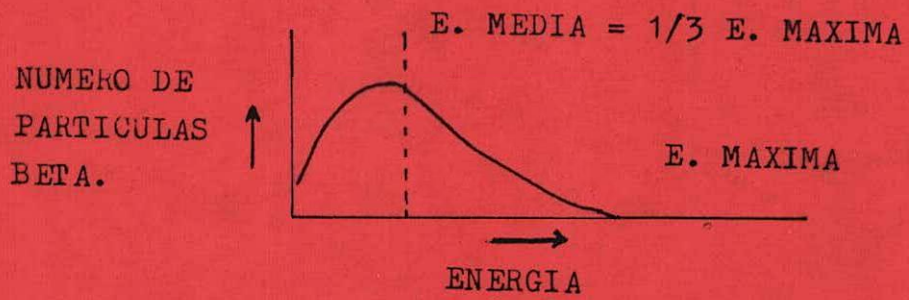


FIG. 8. CURVA DE ABSORCION BETA PARA EL FOSFORO.

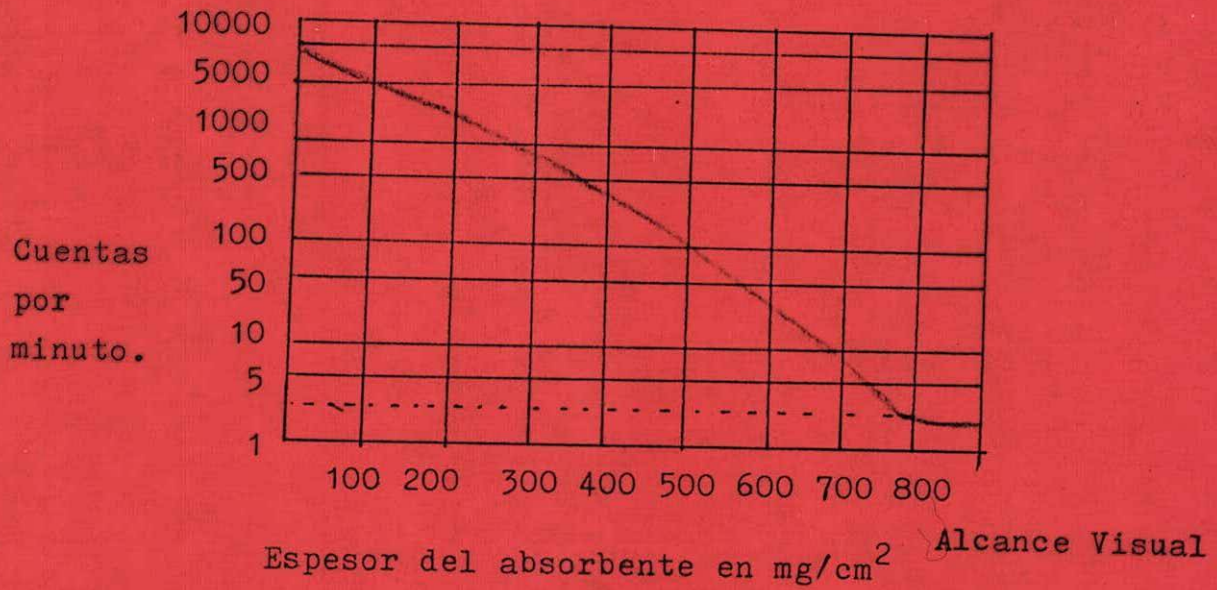


FIG. 9. REPRESENTACION DE Z EN FUNCION DE N.

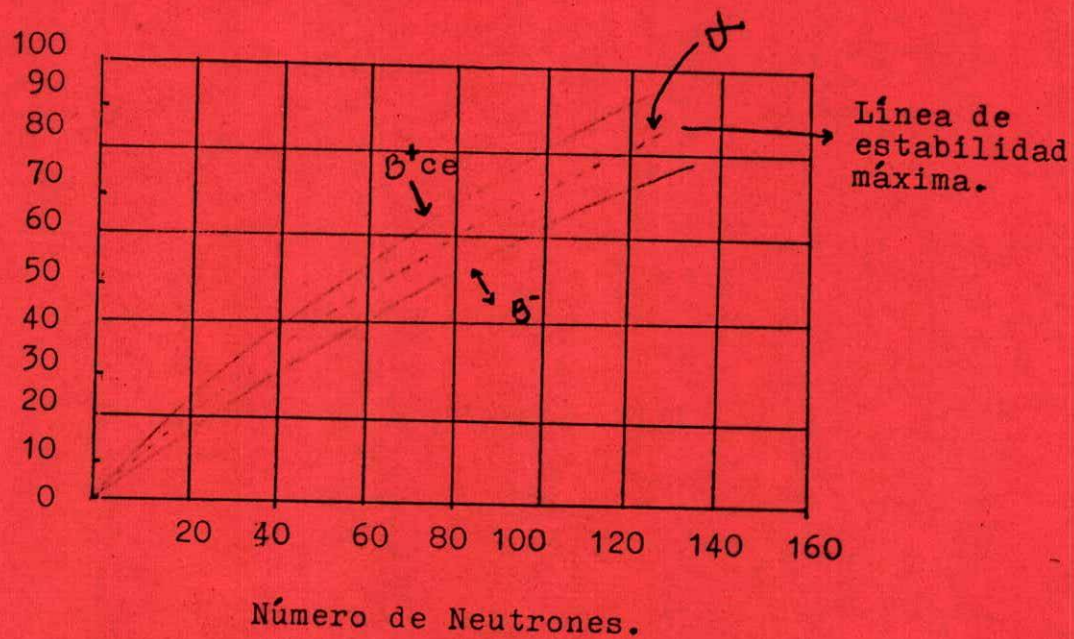
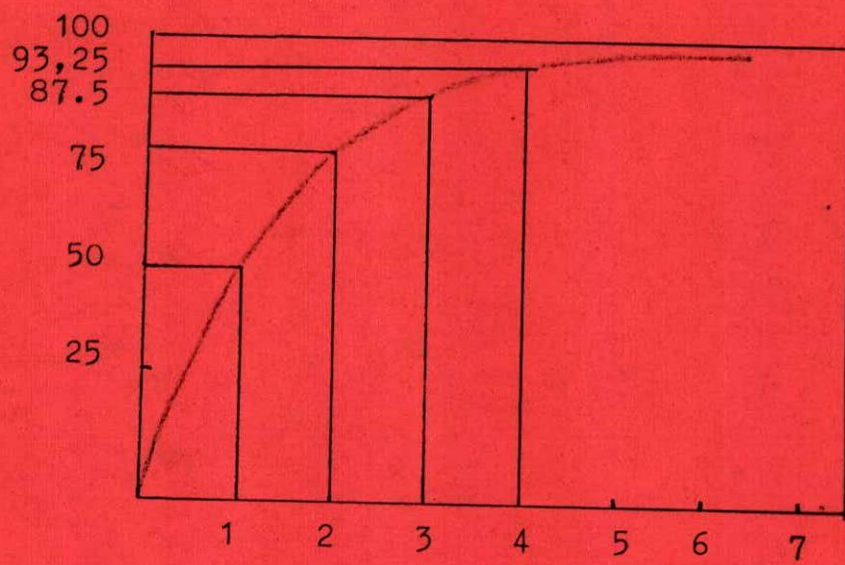


FIG. 10. CRECIMIENTO DE LA ACTIVIDAD DE UNA FUENTE, DEBIDA A IRRADIACION CON NEUTRONES.



Número de períodos de semidesintegración.

FIG. 11. ENERGIA DISIPADA POR LOS RAYOS BETA.

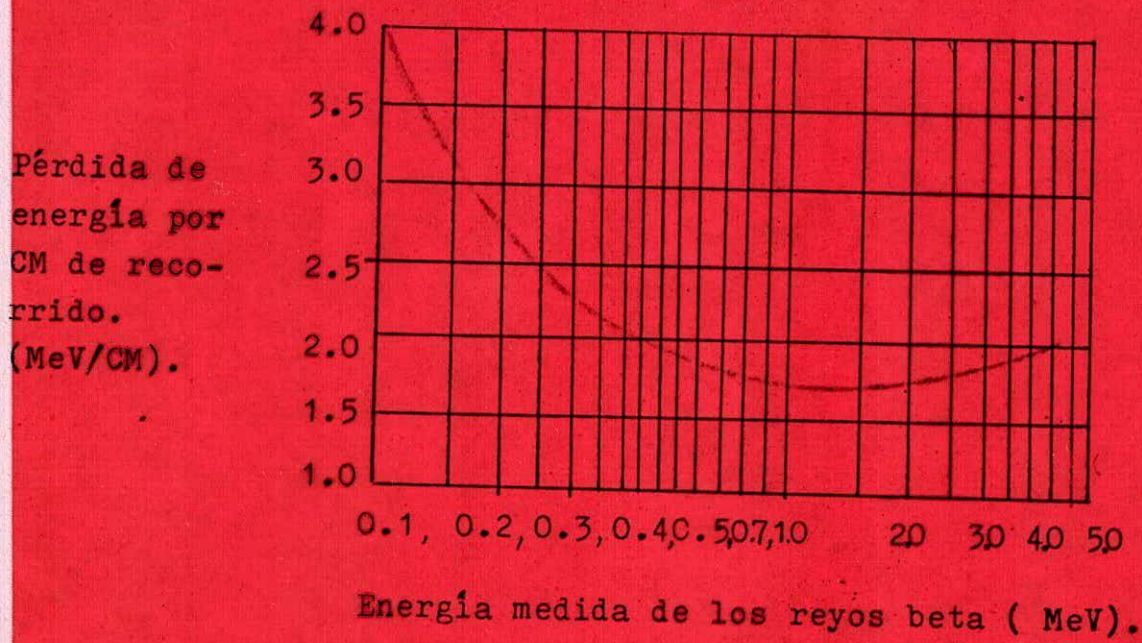


FIG. 12. ENERGIA DISIPADA POR LOS RAYOS GAMMA.

