

LOS RAYOS X; SUS PROPIEDADES, MEDIDAS DE PRECAUCION  
EN LA PRACTICA ODONTOLOGICA.

POR EL PROFESOR DR.

(Conclusión)

JULIO FAZZIO CALMET

Como señalábamos anteriormente, no todos los tejidos presentan igual sensibilidad a la acción deletérea de los Rayos X; entre los más sensibles se destacan las células sanguíneas, de ahí la importancia del contralor periódico del cuadro sanguíneo, aunque los glóbulos rojos no se afectan tan seriamente como los glóbulos blancos y las plaquetas.

Los principales efectos de la irradiación serían leucopenia y una modificación en la proporción de polimorfonucleares y linfocitos; la relación de los primeros baja, mientras que la incidencia de linfocitos y otras células sube.

La médula ósea es igualmente un órgano hematopoyético de delicada sensibilidad, esto explica la aparición de anemias hipocrómicas o aplásicas que se asocian a las variantes en la fórmula blanca, que se acompañan de algunos de los síntomas clínicos del "Mal de Rayos o Mal de Bergonier": astenia, cansancio, cefalalgias, vómitos, náuseas, depresión, chuchos, fiebre, etc.

Y en lo que respecta a la leucemia, el "Journal del American Medical Association" establece: "se puede afirmar que de los diversos factores etiológicos propuestos para la leucemia en los seres humanos, sólo uno apare-

ce casi definitivamente establecido y es el efecto de la RADIA-CION IONIZANTE, como se deduce de éstos hechos: la incidencia de la leucemia en los radiólogos es de 8 a 10 veces mayor que en los otros campos médicos, B) la incidencia de leucemia en los sobrevivientes de las explosiones atómicas de las ciudades japonesas de Hiroshima y Nagasaki es de 12 veces mayor en la de los hipocentros, que en las zonas periféricas arrasadas, C) los posibles efectos leucémicos sobre los niños, al hacer el examen radiológico en el útero materno, D) la elevación de la incidencia de la leucemia en individuos británicos y holandeses tratados contra la espondilitis con Rayos X, así como en los individuos sometidos a la involución del timo con Rayos X".

Es igualmente importante destacar la acción sobre los testículos y el ovario. Las células basales que dan origen a los espermatozoides son más resistentes a dosis débiles, a fuertes dosis se produce castración. El comportamiento del ovario es similar, aunque las células epiteliales de los folículos son aún más sensibles.

El espermatozoide es resistente, en cambio la espermatogonía

es una de las células más sensibles de la economía, lo que produce una interrupción del proceso de maduración espermatoidea, llegando a la infecundidad permanente, o esterilidad transitoria, según el grado de la lesión. Dosis de 50 a 60 r. producen una esterilidad temporaria, que en el caso de sumar nuevas dosis, aún menores, pueden llevar a la castración definitiva, dado el efecto acumulativo, ya señalado, de las radiaciones.

En la mujer, una dosis de 170 r produce una esterilidad temporaria, con supresión de la menstruación por un intervalo de 3 a 6 meses.

Las estructuras ováricas más sensibles son los folículos, y cuanto más jóvenes, cumpliendo una ley general en radiología, lo serán tanto más.

El folículo maduro, como el espermatozoide maduro, es mucho más resistente. Dosis de 300 a 320 roentgens llevan a la castración total de tipo quirúrgico, dosis de 500 r originaría también la desaparición de la función endócrina.

#### EL PROBLEMA DE LAS RADIA- CIONES ROENTGENIANAS EN ODONTOLOGIA

El problema de los Rayos X en Odontología presenta las mismas características y la misma peligrosidad que es inherente a toda radiación ionizante. **Edmundo Kells, padre de la Roentgenodoncia, fué también una de sus víctimas; en nuestro medio, el Doctor Roberto Reig, uno de los universitarios más preclaros del Uruguay, con quién**

**la Odontología está aún en deuda, para enaltecer su memoria, fué una víctima inmolada ciega-mente a la acción nociva, lenta e insidiosa de las radiaciones roentgenianas.**

Los aparatos de Rayos X en nuestra profesión constan fundamentalmente de un tubo de Coolidge, un transformador que eleva el voltaje de la corriente de la calle, y otro, que baja el voltaje y eleva el amperaje, destinado a calentar el filamento catódico.

El cátodo del tubo Coolidge tiene un filamento de tungsteno, a cuyo alrededor existe una cápsula de molibdeno, que concentra o enfoca, los rayos catódicos engendrados hacia el punto focal del ánodo o anti-cátodo, originándose en el sitio del impacto de la radiación catódica una nueva clase de rayos, que son los rayos X o rayos Roentgen. Fig. 4.

El grado térmico que alcanza el filamento catódico determina el miliamperaje; la penetración es establecida por el voltaje; cuanto mayor es el grado térmico del filamento catódico, mayor será el miliamperaje.

La corriente eléctrica de la ciudad de Montevideo es de 220 volts., pero para que funcione el tubo se necesita: 1º) modificar la corriente de entrada a unos 7 voltios y 4 amperios para calentar el filamento y producir los rayos catódicos. (Efecto Edison) 2º) por medio del otro transformador de alta tensión llevar la corriente a unos 45.000 voltios; los rayos catódicos son acelerados y dirigidos al bloque de tungsteno del ánodo, engendrán-

dose en el punto focal los rayos X.

Antiguamente el tubo radiógeno y el transformador eran unidades independientes, conectados por un cable de alta tensión al descubierto; los adelantos técnicos actuales han permitido que el transformador sea pequeño y formar con el tubo un solo conjunto, y ambos se hallan colocados dentro de dispositivos especiales, para brindar la máxima seguridad de aislamiento al paciente y al operador.

Casi toda la corriente eléctrica que se utiliza en el tubo se transforma en energía calorífica, de ahí la necesidad que el punto focal del ánodo esté constituido por un metal, que como el tungsteno, tiene un punto de fusión superior a los 3000° centígrados; de lo contrario el punto focal se volatilizaría rápidamente, además siempre se ha recurrido a distintos procedimientos para enfriar el ánodo; agua, aceite, irradiación por aletas de cobre, etc.

Los aparatos más usados trabajan algunos con una capacidad de 45 Kilovolts., otros de 70 Kvlts., y los más modernos de 90, el amperaje en algunos es fijo, 45 Kilovolts. y 5 miliamperes; 70 Kvlts. y 10 m.a.; y en los más perfeccionados se puede trabajar en condiciones standard: 10 m.a. y 70 Kvolts., o en variable: 15 m. a. y 90 Kvolts., y para las técnicas cefalométricas de teleradiografía se utilizan aparatos de aún más poder.

Debe tenerse presente que para actuar sobre la calidad de los rayos, o sea sobre su capa-

cidad de penetración, basta aumentar la diferencia de potencial entre los electrodos, el aumento de velocidad de la proyección de los electrones contra el anticátodo asegura radiación más penetrante sin variar la intensidad; si se modifica la temperatura del filamento catódico, actuando sobre el réostato del circuito de calefacción, manteniendo constante la diferencia de potencial entre los electrodos, se modifica sólo la intensidad de la radiación, porque se aumenta la cantidad de electrones emitidos por el cátodo.

El miliamperaje es a la radiografía, lo que la luz es a la fotografía; el miliamperímetro mide pues "la luz disponible en radiografía", si ésta aumenta, el tiempo de exposición debe disminuir: 10 m. a x 3" = 30 miliamperios segundos; 15 m. a x 2" = 30 m.a/s.

El kilovoltaje es una medida de poder, a mayor kilovoltaje mayor penetración, o sea radiación de menor longitud de onda.

Los factores que dentro de ciertos límites, determinan el tiempo de exposición son: a) miliamperaje, cuanto mayor, más corta la exposición, B) voltaje, cuanto mayor, más corta la exposición, C) Densidad y espesor de la zona a radiografiar, cuanto mayor, más tiempo de exposición, D) Distancia, a medida que aumenta se debe aumentar el factor tiempo, E) Sensibilidad de la película utilizada: regulares, veloces o super-veloces.

Durante el funcionamiento de un tubo, los rayos X no sólo son emitidos a nivel del punto focal

del ánodo o anti-cátodo, sino que también las paredes del tubo, el soporte del ánodo, emiten radiaciones, aunque de menor intensidad; son las llamadas **radiaciones parásitas, radiaciones adyacentes o filtradas**, que pueden afectar la salud y el trabajo del operador.

Para evitarlas, el tubo se introduce dentro de otro tubo o funda de vidrio plomado, o plomo, que sólo permite el paso a través de un diafragma, del haz o radiación directa, emitida por el punto focal.

En los aparatos modernos la alta tensión, y las radiaciones dispersas o filtradas, se hallan (o deben hallarse) perfectamente controlados, para salvaguardia de la salud del operador y del propio paciente.

#### EL PROBLEMA DE LAS RADIACIONES PARA EL OPERADOR

En el consultorio odontológico, y cuando un aparato de Rayos X se halla en funcionamiento, existen tres posibles fuentes de radiación para el profesional y sus ayudantes: 1º) el haz central de rayos X (radiación directa) que emerge a través del diafragma del tubo Coolidge, y cuya dirección está señalada por el cono de bakelita del aparato, única misión que tiene éste. 2º) posible existencia de radiación filtrada a través del tubo, o cabeza del aparato, 3º) radiación difusa o secundaria, proveniente del paciente que está siendo radiografiado, u otros objetos que se hallan en el camino del haz radiógeno, equipo dental, muebles, etc.

La radiación secundaria se emite en todo sentido, a partir de su punto de origen, mientras el aparato de rayos se halle funcionando. Fig. 5.

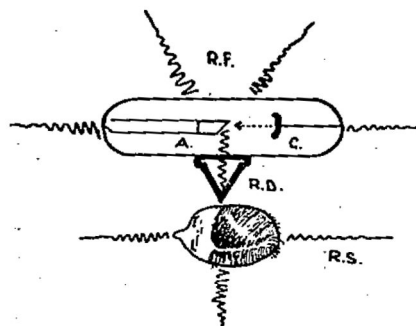


Fig. 5. — Representación esquemática de las 3 posibles fuentes de radiación, al funcionar el aparato de RAYOS X. Corte esquemático del tubo Coolidge, C. cátodo. — A. ánodo.

R. D.: radiación directa, haz radiógeno que pasa a través del diafragma de plomo.

R. S.: radiación secundaria, que se origina en el cuerpo del paciente.

R. F.: radiación filtrada, que puede existir o no, según la protección del tubo.

Por consecuencia, las medidas preventivas absolutas que deben tomarse son las siguientes: no sostener, por ningún concepto y bajo ninguna circunstancia, la película radiográfica en la boca del paciente; en el caso de niños, serán los acompañantes los que ayuden a mantener la película en posición.

El operador deberá colocarse siempre por detrás de la cabeza del aparato y al máximo de distancia que permita el cordón del disparador o interruptor de la corriente; sino es posible detrás, la posición de más seguridad es en ángulo recto con la dirección del rayo central.

La máxima protección para el operador o su ayudante se ob-

tiene mediante el uso de un biombo protector, que tenga una lámina de plomo de 2 mms. de espesor; debe tenerse presente que el ladrillo, la baldosa, la madera, etc., brindan una protección casi prácticamente nula, (ley de la absorción según las densidades y espesores).

El operador y sus ayudantes pueden controlar en cierta medida, si se hallan expuestos o no, a alguna fuente de radiación, usando durante una semana en su túnica, una película virgen, con una moneda adherida sobre el lado de la emulsión, y revelándola después simultáneamente con otra tomada como referencia, y sometida a una exposición mínima; si aparece la imagen de la moneda, el operador debe controlarse.

En un interesante trabajo publicado por Albert G. Richards (J.A.D.A. vol. 57 July 1958) se estudia el valor de la radiación secundaria tomando como modelo un cráneo humano relleno y cubierto con cera, para simular los tejidos blandos faciales. En una serie de experiencias se trabajó con 65 Kvp y 10 m.a, y en otras con 90 Kvp, usando en ambas filtro de aluminio de 2,25 mm., el haz radiógeno cubría una área de 6,75 cms. de diámetro a la punta del cono, la distancia foco-piel era igual a 18 cms.

La radiación secundaria presente en cada posición se determinó con cámara de ionización. De éstas experiencias resultó evidente la presencia de radiación secundaria en todas las direcciones alrededor de la cabeza, la posición más peligro-

sa es en la dirección del rayo central, la más segura detrás de la cabeza del aparato, la producción de radiación secundaria aumenta con el voltaje aplicado al tubo, a mayor voltaje, mayor es la tendencia de la R. S. a seguir la dirección del haz central; así como aumentar su poder de penetración.

#### MEDIDAS DE PRECAUCION PARA EL PACIENTE

Ya se ha señalado que la dosis eritema, era la cantidad de radiación que produce en la piel un enrojecimiento temporal, o eritema, y su valor es de 1.200 miliamperio - segundos, a una distancia de 20 cms. de la piel con respecto al anti - cátodo, resultando de multiplicar los miliamperios que da la lectura del miliamperímetro, por el tiempo de exposición en segundos.

Se recomienda como dosis de seguridad, no pasar de 600 miliamperio - segundos; con el equipo odontológico que trabaja a 10 m.a, la dosis de seguridad sería un minuto. Para Mc Call la dosis eritema es de 400 roentgens, recomendando que el paciente no reciba nunca más de un cuarto de ésta dosis en una misma área, es decir 100 r, lo que constituiría la dosis de seguridad.

La cantidad de radiación recibida por el paciente en un examen radiológico dental, depende de los siguientes factores: distancia foco - piel, área de exposición, velocidad de la emulsión, filtro que se utilice, miliamperaje y voltaje usados, tiempo total de exposición.

Estudios realizados por L. B. Spear de la Universidad de Indiana (J.A.D.A. Vol. 51, July 1955) indican que a una distancia foco - piel de 18 cms., 10 m.a y 65 Kvolts, sin filtro, y películas regulares, el paciente recibía un promedio de radiación directa por exposición de 8.72 r y un total por examen completo de 147,2 r. Usando un filtro de aluminio de 1 mm., manteniendo los otros factores iguales, la radiación directa por exposición era de 3,38 r, y la total de 64,4 r.

Con una distancia foco - piel de 45 cms., 15 m.a y 65 Kvs., película veloz, sin filtro, los valores hallados eran, para una exposición, de 2.18 r, y para la total, de 41.1 r. Usando un filtro de aluminio de 1 mm., 70 Kvolts, para una exposición se obtenía un valor de 1.23 r, y para la Exposición total, 23,4 r.

Estas experiencias son bien demostrativas en cuanto a la importancia de los factores señalados.

Existen pues tres factores para reducir la cantidad de radiación que puede recibir el paciente: más filtración, diafragmas más pequeños y películas más veloces. El uso de un filtro de aluminio de 2 mm. de espesor reduce la cantidad de radiación inútil (rayos blandos, de mayor longitud de onda) en un 43%. Los aparatos de Rayos X de uso odontológico, utilizados a una distancia ánodo - película de 20 cms., producen un círculo de radiación de 10 cms. de diámetro, que es mucho mayor que el área ocupada por la película peri - apical. Puede pues reducirse el haz radiógeno, dis-

minuyendo la cantidad de rayos recibida por el paciente, mediante el uso de un diafragma de plomo, que sólo permita el paso de un haz de rayos X menor, aunque suficiente, para impresionar la película radiográfica. Fig. 6.

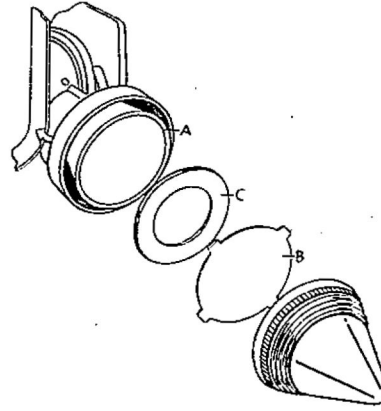


Fig. 6. — El uso de un filtro de aluminio, de 1,5 a 2 mm. de espesor B, y de un diafragma de plomo, para disminuir el tamaño del haz radiógeno, C. se traduce en una disminución de más del 50% de la cantidad de rayos que recibe el paciente. KODAK co.

A. Diafragma de plomo que regula el haz emergente del punto focal. El cono de bakelita sólo indica la dirección del haz radiógeno.

Entre los adelantos más extraordinarios realizados últimamente en el campo de la Roentgenodencia, cabe señalar el perfeccionamiento técnico de los aparatos que pueden trabajar entre 60 y 90 Kvp (máximo kilovoltaje), y 15 m.a, y la sensibilidad de la película radiográfica que se ha acrecentado en forma notable, siendo 2 y 3 veces más rápidas que las utilizadas anteriormente.

Combinando estos factores, mayor kilovoltaje (90 Kvs) y películas super - veloces, se pue-

de obtener una considerable reducción en los m.a.s (miliamperio-segundos) requeridos. Hasta hace sólo dos años se utilizaba un tipo de película que exigía un total de 410 m.a.s. para un examen radiográfico total de 14 películas, y de 145 m.a.s. para un examen de 10 películas en el niño

En la actualidad puede hacerse un examen radiográfico total, de 14 películas utilizando 90 Kvs y 15 m.a. y películas veloces, a una distancia ánodo-película de 20 cms., con 13 a 20 m.a.s.

Es pues evidente que en la actualidad la película super-veloz debe ser la única a utilizarse por las siguientes razones: A) disminuye considerablemente la irradiación que recibe el paciente y puede recibir el profesional, B) con las exposiciones más cortas se reduce la posibilidad de movimientos involuntarios del paciente, C) se reduce el desgaste del equipo y se prolonga la vida del tubo de Rayos X.

Interesantes estudios fueron realizados por A. G. Richards de Michigán, (J. A. D. A. Vol. 56, March 1958), para determinar el valor de las radiaciones que podrían llegar a las gonadas, en el curso de los exámenes radiográficos dentarios, dada la particular sensibilidad ya señalada de los testículos, a las radiaciones:

Dado que las gonadas no se hallan en el trayecto directo del haz radiógeno central, las únicas radiaciones que podrían afectarlas serían las radiaciones secundarias provenientes de

la cabeza, o algún tipo de radiación filtrada. Sus conclusiones son: "que las dosis absorbidas por los tejidos que son efectivas en el centro de los testículos son de 2.14 mr y 1.88 mr (miliroentgens) en el caso de exámenes radiográficos completos, de 14 películas, hechos con 65 y 90 Kvs respectivamente. En cuanto a la mujer, recibiría menos irradiación de sus células reproductoras, en las mismas circunstancias, que el hombre. Según sus cálculos solamente 1/10.000 de la radiación dirigida a la cara, llegaría a los órganos reproductores.

★

Las siguientes conclusiones presentadas por la ACADEMIA AMERICANA DE ROENTGENOLOGIA ORAL, a la Asociación Dental Americana y oficializadas por ésta, sintetizan el estado de éste complejo problema en los E.U.A.:

**"La exposición del cuerpo humano a la radiación roentgeniana de cualquier origen, es desde el punto de vista biológico, indeseable.**

Por consecuencia, la profesión odontológica debe tratar por todos los medios, de reducir la exposición a los rayos X, de su personal y los pacientes, a los límites mínimos compatibles con las necesidades de la práctica odontológica. Si la profesión no trata de usar la radiación X, en forma juiciosa y eficaz, es probable que se dicten disposiciones oficiales por las autoridades, para regular su uso en el futuro".