

# DE HIGIENE RÖNTGEN

FÍSICA DE LOS RAYOS RÖNTGEN  
EN LO QUE SE RELACIONA CON LOS FUNDAMENTOS DE LA RÖNTGENOTERAPIA  
DE ÓRGANOS INTERNOS

—  
ACCIÓN BIOLÓGICA DE LOS RAYOS RÖNTGEN

—  
PREVENCIÓN DE LOS DAÑOS QUE PUEDEN OCASIONAR  
LA APLICACIÓN Y MANEJO DE LOS RAYOS RÖNTGEN

—  
DISCURSO DE RECEPCIÓN

EN LA

**REAL ACADEMIA DE MEDICINA Y CIRUGÍA DE BARCELONA**

LEÍDO POR EL ACADÉMICO ELECTO

**DR. D. CÉSAR COMAS Y LLABERÍA**

EL DÍA 3 DE FEBRERO DE 1918

— o —  
DISCURSO DE CONTESTACIÓN

DEL

**ECXMO. SR. DR. D. VALENTÍN CARULLA Y MARGENAT**

Presidente de esta Real Academia



BARCELONA  
Imprenta de Joaquín Horta, Gerona, 11

1918



# DE HIGIENE RONTGEN

Donat de BAIXA  
de Barcelona  
Biblioteca de la Universitat

BIBLIOTECA DE LA UNIVERSITAT DE BARCELONA



0701056842

LIBRARY OF THE  
MUSEUM OF  
COMPARATIVE ZOOLOGY  
AND ANATOMY  
HARVARD UNIVERSITY  
CAMBRIDGE, MASS.

x

# DE HIGIENE RÖNTGEN

FÍSICA DE LOS RAYOS RÖNTGEN  
EN LO QUE SE RELACIONA CON LOS FUNDAMENTOS DE LA RÖNTGENOTERAPIA  
DE ÓRGANOS INTERNOS

—  
ACCIÓN BIOLÓGICA DE LOS RAYOS RÖNTGEN

—  
PREVENCIÓN DE LOS DAÑOS QUE PUEDEN OCASIONAR  
LA APLICACIÓN Y MANEJO DE LOS RAYOS RÖNTGEN

—  
DISCURSO DE RECEPCIÓN

EN LA

**REAL ACADEMIA DE MEDICINA Y CIRUGÍA DE BARCELONA**

LEÍDO POR EL ACADÉMICO ELECTO

**DR. D. CÉSAR COMAS Y LLABERÍA**

— • —  
DISCURSO DE CONTESTACIÓN

DEL

**EXCMO. SR. DR. D. VALENTÍN CARULLA Y MARGENAT**

Presidente de esta Real Academia



BARCELONA

Imprenta de Joaquín Horta, Gerona, 11

1918



# DE HIGIENE RÖNTGEN

TRATADO DE LOS RAYOS RÖNTGEN  
EN LO QUE SE RELACIONA CON LOS FUNDAMENTOS DE LA RÖNTGENTERAPIA  
DE GRANDES SISTEMAS

ACCION BIOLÓGICA DE LOS RAYOS RÖNTGEN

PREVENCIÓN DE LOS DAÑOS QUE PUEDEN OCASIONAR  
LA APLICACIÓN Y MANEJO DE LOS RAYOS RÖNTGEN

DISCURSO DE RECEPCIÓN

REAL ACADEMIA DE MEDICINA Y CIRUGIA DE BARCELONA

TRATADO DE LOS RAYOS RÖNTGEN

DR. D. CÉSAR COMAS Y LABRÍA

DISCURSO DE CONTESTACIÓN

DR. D. VALENTÍN CARULLA Y MARGENAT

TRATADO DE LOS RAYOS RÖNTGEN



BARCELONA

Imprenta de los Señores...

1918

# DE HIGIENE RÖNTGEN

---

DISCURSO

DEL

DOCTOR D. CÉSAR COMAS Y LLAHERÍA

---

Biblioteca de la Universitat  
de Barcelona  
DONAT DE BAIXA

DE HIGIENE RÖNTGEN

DISCURSO

Por D. César Casas y Llerena

Biblioteca de la Universidad  
de Barcelona  
FONAT DE BARÇA

EXCMO. SR.:

SEÑORES ACADÉMICOS:

SEÑORES:

En estos momentos se aviva en mi ánimo el recuerdo de la intensa emoción sentida al venir por primera vez a esta Casa, con motivo de haberos dignado concedernos en 1899, con mi muy querido primo, colega y colaborador doctor Prió, el honor de dar una conferencia extraordinaria acerca del «Estado actual de la Radiología. Su valor en las Ciencias Médicas».

Por lo de entonces y por la señalada prueba de benevolencia de hoy, acepte esta Corporación el testimonio de mi más respetuoso reconocimiento y la seguridad de que procuraré corresponder con todas mis energías a la tan honrosa distinción de que soy objeto.

Permitidme rendir el más sentido y respetuoso homenaje a la buena memoria de los que fueron individuos de esta digna Academia, en especial a mis maestros los doctores Robert, Giné, Coll y Pujol, Pi y Suñer, y además a quien en la citada fecha (1899) era Presidente, el primer electroterapeuta español, el Excmo. Sr. D. Eduardo Bertrán y Rubio; de todos ellos, y particularmente de los nombrados, perdurará durante toda mi vida, no sólo el recuerdo de sus innumerables y preclaras dotes, sí que también el de sus enseñanzas.

Antes de entrar en la exposición del asunto de mi trabajo y previa vuestra venia, manifestaré que entre otras circunstancias, dos son las que principalmente contribuyeron a mi especialización dentro de las Ciencias Médicas—especialización que ha influido para llegar al presente solemne acto—y que os ruego me permitáis referirlas. La una, por ser punto de partida de mis estudios radiológicos, es para mí de inolvidable y grato recuerdo: la prueba de desinterés y consideración que recibí del Catedrático de Física y Química del Instituto General y Técnico de esta capital, hoy Director de dicho Centro, señor don Tomás Escriche y Mieg, al proponerme realizar en enero de 1896 los experimentos que al mundo científico acababa de comunicar el sabio doctor Röntgen. Estudiante todavía, bastó que le insinuara el deseo de comprobar lo hallado por el citado Profesor Röntgen, para que inmediatamente me ofreciera su valiosísima cooperación personal y pusiera a mi disposición el material científico de sus bien provistos Gabinete y Laboratorio; con mayor motivo era ello de agradecer, por cuanto

en aquella época poseía una surtida colección de tubos de Crookes, la que según nuestros informes era entonces única en nuestra ciudad, permitiéndome realizar los primeros experimentos con las radiaciones descubiertas por el sabio alemán, que pasados unos días se hicieron públicos, en España, en la Sesión experimental que se verificó en el Anfiteatro de la Facultad de Medicina de esta capital el día 24 de febrero de 1896. La otra circunstancia es la decidida e infatigable colaboración en todos mis trabajos röntgenológicos de mi querido colega doctor don Agustín Prió y Llabería.

Por tales hechos, nunca me perdonaría a mí mismo no aprovechar ocasión como la presente sin hacer público testimonio de mi más cordial gratitud al doctor Prió por su insustituible y muy estimado concurso, y de sincero agradecimiento al distinguido físico señor Escriche.

Dedicado por completo, al terminar la carrera, al estudio de las radiaciones Röntgen en el campo de la Medicina general, no extrañaré que haya debido buscar el tema para el presente trabajo reglamentario en este orden de conocimientos, sintiendo que, falto entre otras cualidades de galanura de estilo, haya de limitarme a la sucinta exposición del tema, lamentando que no pueda ofrecer a esta honorable y docta Corporación una labor digna cual la que más y que al propio tiempo pusiera de manifiesto lo mucho en que estimo la prueba de benevolencia con que se me distingue, por cuanto sólo puedo creer que mi elección obedeció al deseo de que la Röntgenología tuviera su representación entre vosotros; y como esta ciencia es hoy tan extensa en sus aplicaciones como distintas las fuentes en que se nutre y tan variados los recursos que utiliza, temo resultarán defraudadas vuestras esperanzas al otorgarme semejante preferencia, por la desproporción entre la magnitud de vuestra acertada idea y la falta de dotes de que adolezco para corresponder a ella cual se merece.

Ensayaré de resumir algunos de los conocimientos que, si bien son elementales al röntgenólogo, no suelen serlo a la mayoría de los médicos no especialistas y cuyo recuerdo no dudo puede contribuir a evitar, dentro de extensos límites, la producción de daños y aún de víctimas, si el que maneja el instrumental Röntgen moderno lo hace sin la debida preparación técnica o prescinde de ciertas precauciones indispensables, no obstante serle bien conocida la acción fisio-patológica que sobre el organismo humano ejercen las radiaciones Röntgen.

Así pues, expondré algunas cuestiones de orden físico las unas y relativas a la acción fisio-patológica de los rayos Röntgen las otras, pero todas ellas con especial referencia a la producción y utilización de radiaciones X de muy corta longitud de onda, dado el incremento que en estos últimos años ha tomado su aplicación al tratamiento de diversas afecciones del aparato genital femenino, para deducir de lo observado la necesidad de tomar ciertas precauciones durante su empleo con fines médicos, al objeto de no dañar (paciente) ni ser dañado (röntgenólogo) por este singular y útil agente, cuyas excelencias corren pareja con su poderosa energía bioquímica.

Agruparé tales conocimientos en tres capítulos: *Física de los rayos Röntgen* en lo que se relaciona con los fundamentos de la röntgenoterapia de órganos internos. *Acción biológica de los rayos Röntgen*. *Prevención de los daños que pueden ocasionar la aplicación y manejo de los rayos Röntgen*.

Antes de desarrollar el primer capítulo esbozaré, aunque breve e incompletamente, el camino realizado por la Röntgenología.

Sabido es que el doctor Guillermo Conrado Röntgen, Profesor de Física de la Real Universidad de Wutzburgo, hizo en diciembre de 1895 su comunicación acerca del descubrimiento de los rayos X, radiaciones dotadas de las propiedades siguientes: poder de penetración a través de cuerpos opacos, producción de fenómenos de fluorescencia, fosforescencia, impresionar ciertas preparaciones fotográficas, fenómenos químicos y eléctricos. Si también indicó Röntgen el posible provecho que reportaría la aplicación de los referidos rayos a la cirugía, no era posible prever en aquella fecha que los rayos por él descubiertos tuviesen una acción tan enérgica y de naturaleza tan compleja sobre las células que constituyen ciertos tejidos vivos. Esta propiedad, como sabéis, constituye el fundamento de la röntgenoterapia y se utiliza hoy con gran provecho para el tratamiento de gran número de afecciones de los tegumentos y también en algunos procesos que radican en la profundidad del organismo.

El estudio de la producción y el de las aplicaciones de las radiaciones Röntgen hizo nacer pronto, entre los sabios, la convicción de su gran trascendencia científica, lo que impulsó, por las consecuencias que de tal estudio podían derivarse, a que físicos, químicos, naturalistas, médicos e ingenieros se esforzasen, auxiliándose mutuamente, en idear y aportar luego perfeccionamientos y progresos en los aparatos y métodos de aplicación, estudios que han conducido en corto número de años a resultados inesperados.

Los concienzudos y empeñados trabajos, realizados para determinar la naturaleza de los rayos X y la causa de los fenómenos a que dan lugar en sus aplicaciones a las antes citadas ciencias, así como las investigaciones sobre la radioactividad, emprendidas a la vez por gran número de reconocidas autoridades científicas de distintos países, han logrado, como indican Oudin y Zimmern, después del establecimiento de infinidad de hipótesis, sentar nuevas teorías, alguna de las cuales, al derribar antiguos dogmas, permiten entrever la transmutación espontánea de los cuerpos.

En confirmación de ello, vemos que a poco de ser conocidos los rayos X se pensó en si podía existir alguna relación entre la fluorescencia que emitía el tubo Crookes (únicos empleados en aquella época) y la emisión de los citados rayos. Henri Poincaré supuso si los cuerpos fluorescentes emitían, además de los rayos luminosos, cierta clase de rayos capaces de impresionar las placas fotográficas al través de cuerpos opacos a la luz ordinaria. Esta hipótesis fué confirmada por Henri Becquerel en 1896 empleando el sulfato doble de uranilo y potasio, llevándole al descubrimiento de la radioactividad (dos años después—diciembre de 1898—los esposos Curie descubrieron el polonio. En julio de 1899 fué cuando los esposos Curie y Becquerel hallaron el radio). Más recientemente, la aplicación de los rayos Röntgen secundarios al análisis espectral de los cuerpos simples (de Broglie, etc.) ha abierto nuevos horizontes, y la determinación del llamado por Moseley «número atómico de un elemento» permite sospechar en la serie de los ya estudiados (desde el aluminio al oro), la existencia de tres cuerpos nuevos teóricos. Creo bastarán estos ejemplos para poner de manifiesto la trascendencia del citado descubrimiento. Las consecuencias prácticas que se han derivado de los últimos trabajos sobre la transformación de los rayos Röntgen por los cuerpos son de tanta importancia, que incluso señala la nueva era de las aplicaciones röntgenoterápicas, (la llamada Radioterapia profunda).

La aplicación con fines diagnósticos y la curiosidad que en las gentes

Biblioteca de la Universitat  
de Barcelona  
DONAT DE BAIXA

despertó el descubrimiento de los rayos X, hizo que en algunas personas objeto de examen (a los propios médicos que con el fin de averiguar el grado de dureza del tubo, colocaban la mano entre el tubo de rayos X y la pantalla fluoroscópica) y aun en personas cuya aplicación de los nuevos rayos obedecía a puros fines recreativos (exhibiciones en público, etc., como experimento de física) contribuyó a que notasen en la piel de la región directamente expuesta a la radiación Röntgen (con mayor frecuencia en la cara dorsal de la mano) la aparición de lesiones que variaban en orden de importancia y con relación a la calidad, intensidad y duración con que había obrado aquella radiación, desde el ligero eritema hasta la dermatitis, precedida o no de la caída del pelo, trastornos tróficos de las uñas, etc. En algunos casos la dermatitis pasó a la ulceración hasta determinar necrosis más o menos extensa en la zona de piel irradiada.

A la relación de semejantes accidentes siguió el natural deseo de averiguar cuál era el agente causante de tales daños, formulándose diversas hipótesis, las que dieron ocasión a enconadas polémicas hasta que Kienböck en 1901 confirmó experimentalmente que los mencionados trastornos eran producidos única y exclusivamente por los rayos Röntgen. Como recuerdo histórico, citaré la lista de los agentes que en 1903 citaba Freund y a los cuales por distintitos observadores se les suponía capaces de producir la dermatitis y en consecuencia la acción terapéutica; éstos eran: calor, ozono, rayos catódicos, luz ultravioleta, emisión de partículas materiales, rayos Röntgen, descargas eléctricas o efluvios producidos por el tubo, ondas eléctricas o electrodinámicas, radiación de materia desconocida.

La acción depilatoria de los rayos Röntgen ya la utilizó Freund, de Viena, en un caso de nevus piloso; luego Schiff y Kümell (1897) los aplicaron para tratar el lupus vulgar; Ziemssen en 1898 los ensayó en el psoriasis; Schiff (1898) en el lupus eritematoso, etc., informándose, al propio tiempo que se extendían las aplicaciones terapéuticas, de la aparición de numerosas y graves quemaduras Röntgen. Este período, que podemos llamar empírico, se prolongó hasta que a las indicaciones de Sträter (1900) acerca de la distinta reacción que presentaba la piel irradiada según había sido la calidad de los rayos empleados, siguieron los trabajos de Kienböck y la aparición del cromoradiómetro de Holznecht (instrumento destinado a la apreciación arbitraria de cantidades de rayos Röntgen, fundado en las modificaciones que producen éstos sobre ciertas sales de potasio, cambios de coloración proporcionales a la cantidad de radiaciones absorbidas por la sal o reactivo; el autor estableció así la unidad H), no entró la Röntgenoterapia en una nueva era o período de carácter científico, toda vez que podían ya compararse los efectos de cantidad de una radiación de cierto grado de dureza sobre el reactivo del cromoradiómetro con los efectos bioquímicos que la misma radiación podía producir. Desde entonces el progreso de esta rama de la radiología ha ido ganando terreno y afianzando más su carácter científico, y si hasta 1910 sólo se trataban con éxito afecciones cutáneas, de los ganglios linfáticos y órganos como la mama, etc., desde aquella fecha se acometió el problema, actualmente en vías de resolución, cual es hacer obrar las radiaciones Röntgen en cantidad suficiente para combatir ciertos procesos en órganos que se hallan en el interior de las cavidades torácica y abdominal del organismo humano (tratamiento de linfomas, metropatías hemorrágicas, fibromas, miomas, carcinomas, etc.). Citaremos de entre los muchos autores que a estos trabajos se han dedicado, los nom-

bres de Fränkel, Albers-Schönberg, Foveau de Courmelles, Gauss, Dessauer, sin que el hecho de dejar de citar muchos otros que figuran a su lado en la literatura Röntgen signifique olvido de su merítísima labor.

Si hemos progresado en modo considerable en el campo de la Röntgenoterapia, no menos importantes son las conquistas realizadas en la aplicación de los rayos Röntgen para fines diagnósticos. Dígalo sino, por ejemplo, la precisión con que actualmente se localiza por la Röntgenografía estereoscópica, una estrechez intestinal o una úlcera perforante del estómago, auxiliándose del empleo de sustancias de elevado peso atómico cuales son sales de bismuto—sulfato barita químicamente puro Merck, especialmente preparado para exploraciones con rayos Röntgen.—dióxido de Zirconio, etc. Por otra parte los aparatos productores de la energía eléctrica necesaria para accionar los tubos Röntgen (transformadores e inductores) suministran ya la corriente en condiciones adecuadas para obtener, de su utilización con tubos especiales, imágenes instantáneas de los órganos en movimiento, ha servido de base a la cinematoröntgenografía o bioröntgenografía del corazón, estómago, etc., cuya reproducción en tamaño conveniente permite su proyección mediante aparatos cinematográficos ordinarios, con lo cual se facilita el estudio de las distintas fases del movimiento.

Tan grande ha sido el impulso dado a las exploraciones médicas y quirúrgicas, que actualmente resultan limitados los capítulos de estas ramas de la Medicina, que se pasan sin requerir el auxilio de los informes que la Röntgenología puede proporcionarles. La rápida generalización del empleo de ambos métodos de investigación clínica (röntgenoscopia y röntgenografía) se debe entre otras muchas razones a la ventaja que ofrece el cómodo estudio de las varias modificaciones que se realizan en determinados tejidos u órganos del individuo enfermo bajo la acción del tratamiento a que se ha sometido, a la corroboración de los datos obtenidos por el examen Röntgen en lo hallado en la sala de operaciones o al ejecutar la autopsia, y finalmente a la sanción que, en muchas ocasiones, ha aportado el resultado de delicadas investigaciones microscópicas. Todo ello ha llevado al ánimo del médico práctico el convencimiento de que su utilidad como medio diagnóstico es insustituible en muchas ocasiones y siempre útil como elemento de confirmación en la inmensa mayoría de las demás.

Con objeto de no apartarnos de lo propuesto, comenzaremos a ocuparnos brevemente de la exposición de aquellos puntos de física de los rayos Röntgen, más indispensables para hacer comprensibles sus aplicaciones Médicas y preferentemente en lo que concierne a los efectos biológicos (sin que en más de una ocasión podamos prescindir de referirnos a efectos patológicos) que más adelante resumiremos, con lo cual quedarán de manifiesto los daños que pueden seguirse de la aplicación o manejo defectuoso de la radiación Röntgen, lo que nos evitará enojosas repeticiones.

## FISICA RÖNTGEN

Los rayos Röntgen surgen en el punto de la superficie de un cuerpo de elevado peso atómico, donde inciden rayos catódicos cargados de potencial elevado. Para la producción de los rayos catódicos que han de dar origen a las radiaciones Röntgen se requiere una mayor o menor tensión de la corriente eléctrica en correspondencia con el grado de vacío a que se halla

el resto de gas (electrolito) contenido en el interior del tubo destinado a foco de emisión de los rayos Röntgen. Dichas diferencias las motiva la resistencia que al paso de la corriente eléctrica opone el grado de vacío (1).

(1) En atención a las ventajas que ofrece el uso de unos tubos Röntgen en los cuales el enrarecimiento se ha llevado al grado más extremo que prácticamente es posible lograr (la presión del gas en estos tubos se supone que alcanza, a lo sumo, algunas centésimas de micra, en vez de la de varias micras que tiene el resto gaseoso que queda en los modelos corrientes de tubos), daremos aquí la descripción de uno, construido en Alemania, ideado por Lilienfeld y de otro debido a Coolidge, de los Estados Unidos de la América del Norte.

Tanto la calidad como la cantidad de los rayos Röntgen que con ellos pueden producirse no guardan relación ninguna con el grado de vacío.

Sirvieron de fundamento a su construcción los trabajos que habían realizado Edison, Richardson, Irving, Langmuir y Wehnelt y Trenkle sobre la emisión de electrones en un vacío muy elevado mediante cuerpos llevados a muy alta temperatura.

La manera de funcionar de los nuevos tubos parece en perfecto acuerdo con las concepciones modernas acerca de la conducción electrónica y descomposición molecular de los gases.

Para hacer posible la descarga de alta tensión, en un tan acabado vacío como el que se ha practicado en los tubos de que tratamos, se ha recurrido a ingeniosas disposiciones, toda vez que el vacío opone una resistencia tan considerable al paso de la corriente eléctrica que no es posible vencerla, ni aun cuando la tensión de esta última, sobrepase algo de 100,000 voltios.

El tubo Lilienfeld posee un cátodo especial además de los electrodos (cátodo y ánodo anticatódico) de que están provistos los tubos Röntgen usuales, el cual en uno de los modelos se halla situado detrás del anticátodo, y está formado por un alambre recubierto de óxidos alcalinotérreos provisto de los conductores para que mediante una corriente eléctrica se pueda elevar su temperatura hasta la incandescencia; este electrodo especial está rodeado por un ánodo cilíndrico de metal. En el otro modelo de tubo Lilienfeld el citado cátodo se halla reemplazado por un fino alambre que rodea el ánodo anticatódico; en la porción del alambre que se encuentra distante del anticátodo, se ha dispuesto también, como en el modelo anteriormente citado, el ánodo cilíndrico. Para accionar cualquiera de estos tubos se requiere una corriente eléctrica de baja tensión (corriente de calentamiento) para calentar el cátodo especial o el alambre que reemplaza a éste; cuando, por el paso de la corriente, llegan a ponerse incandescentes el cátodo o alambre mencionado, puede entonces circular una corriente eléctrica de alguna mayor tensión entre uno de los citados electrodos (cátodo o alambre) y el ánodo cilíndrico (en el modelo en que el alambre incandescente rodea el ánodo anticatódico, puede emplearse una corriente como la producida por un pequeño inductor cuya tensión secundaria sea próximamente de unos 500 voltios; a la corriente que así se establece se denomina descarga primaria; desde este momento la resistencia del vacío extremo del interior del tubo disminuye o aumenta según es la intensidad de la corriente primaria, o en otras palabras, de la corriente de descarga que se establece entre el cátodo incandescente o alambre que lo substituye y el ánodo cilíndrico. En el modelo de tubo que lleva el cátodo citado, éste se halla enlazado además con el ánodo anticatódico del tubo, mientras que el conductor del polo positivo de la corriente de alta tensión destinada a la producción de rayos X, está enlazado con el ánodo cilíndrico. El polo negativo de la corriente de alta tensión se enlaza directamente, mediante un conductor adecuado, con el cátodo ordinario que lleva el tubo. La conductibilidad eléctrica en el interior del tubo Lilienfeld es tanto mayor cuanto más elevada es la intensidad de la corriente eléctrica de la descarga primaria; en consecuencia, la longitud de onda de los rayos Röntgen producidos resulta en relación directa con la temperatura del cátodo o del alambre y así serán las radiaciones tanto más blandas cuanto más elevada sea la temperatura del electrodo incandescente. De modo parecido se pasan las cosas en el otro modelo de tubo Lilienfeld, en el que el cátodo de óxidos metálicos está substituído por un fino alambre rodeando el anticátodo. La diferencia entre ambos modelos estriba en la disposición de las conexiones de los polos de la corriente eléctrica de alta tensión destinados a producir la emisión röntgeniana.

El tubo Coolidge—modelo 147—posee solamente un cátodo y un ánodo anticatódico. Por el único cátodo circula, previo calentamiento del mismo con una corriente eléctrica de baja tensión, la corriente de gran potencial destinada a la producción de rayos Röntgen. Este cátodo, constituido por un filamento de tungsteno arrollado en espiral plana, presenta su diámetro mayor de reducidas dimensiones, y está soldado por sus extremos a dos varillas de molibdeno, debidamente aisladas, que a la vez sirven de soporte rígido al citado filamento cuando su temperatura por medio de una pequeña batería de acumuladores (debidamente aislada de la tierra) es elevada hasta unos 1,890 a 2,540 grados absolutos, en cuyo momento el tubo permite ser atravesado por la corriente de alto potencial destinada a la emisión de rayos Röntgen. La mencionada espi-

Cuando los rayos catódicos llevan una carga eléctrica poco importante los rayos X que producen se denominan blandos por el escaso poder que tienen de atravesar los cuerpos; estos rayos son absorbidos y transformados aún por los cuerpos de bajo peso atómico. Cuando la tensión de la corriente eléctrica ha de ser muy alta para vencer la resistencia que opone a su paso el muy elevado grado de vacío (escasísima presión del resto gaseoso) del interior del tubo, los rayos catódicos que aquélla producirá llevarán en consecuencia un potencial relativamente elevado, con lo que al acrecentarse la velocidad de los corpúsculos cargados de electricidad negativa (rayos catódicos) aumentará a la par el poder de penetración de los rayos Röntgen que aquéllos harán surgir en el anticátodo, los rayos Röntgen así producidos se denominan duros y gozan de la propiedad de atravesar, en adecuados grosores, cuerpos de elevado peso atómico y que, como hablaremos más adelante, producen al incidir sobre un cuerpo o tejido—cual ocurre también, aunque en menor cantidad, con los blandos—los denominados ya por Sagnac (1897) rayos secundarios.

En tesis general, tenemos, pues, que el poder de penetración de los rayos Röntgen está directamente relacionado con la carga eléctrica que llevan las partículas catódicas que les originan. Al comenzar la emisión de rayos catódicos y con éstos los de Röntgen, se producen en el interior del tubo de rayos X una serie de fenómenos, alguno de ellos todavía no bien estudiado, entre los cuales figura la ionización del electrolito. Al manifestarse dicho fenómeno disminuye entonces la resistencia de conducción eléctrica del vacío, con lo cual la tensión de la carga eléctrica de los rayos catódicos resulta más débil que antes, explicándose de esta manera el por qué

---

ral metálica está rodeada concéntricamente por un cilindro de molibdeno enlazado metálicamente a uno de los dos soportes de aquélla, disposición destinada a la concentración del foco de electrones negativos. El anticátodo del tubo sirve al mismo tiempo de ánodo y está construido de una sola pieza de tungsteno forjado y dispuesto en la extremidad de una varilla de molibdeno; esta última lleva tres cilindros de plancha del mismo metal, que sirven a la vez que para sostener el anticátodo para distribuir por transmisión el calor almacenado en la varilla que soporta el anticátodo. Para que el tubo Coolidge emita rayos Röntgen basta, una vez elevada la temperatura del cátodo en la manera que acabamos de indicar, dar paso a la corriente de alta tensión previo enlace del polo negativo de la misma con el citado cátodo y del polo positivo con el anticátodo del tubo; según sea la temperatura de la espiral metálica que constituye el cátodo, así variará la calidad de los rayos Röntgen producidos.

Los citados tubos ofrecen, entre otras particularidades, la de no presentar ninguna fluorescencia durante su funcionamiento, debido, según Coolidge, a la circunstancia de que conservándose en la superficie interna del tubo, desde la primera excitación, una intensa carga negativa inadecuada para atraer una apreciable cantidad de iones positivos, se imposibilita que los otros electrones, como son los rayos catódicos primarios o secundarios, alcancen la pared del tubo. Otra circunstancia es la de la poca elevación de la temperatura de la pared del tubo situada delante del anticátodo. El carácter de conducción en el interior del tubo bajo el punto de vista eléctrico para la descarga de alta tensión es rigurosamente unipolar.

Lewis Gregory Cole, profesor de Röntgenología en el «Cornell University Medical College» en un trabajo publicado en 1914, después de breves consideraciones acerca del tubo ideado por el Dr. W. D. Coolidge enumera las ventajas del mismo resumiéndolas en la siguiente forma: *Primera:* Posibilidad de obtener en cualquier tiempo un exactamente deseado o prefijado grado de dureza de los rayos Röntgen producidos, en relación o no con determinada cantidad de radiación. *Segunda:* Constancia durante su funcionamiento. *Tercera:* Posible repetición exacta de lo obtenido, siempre que se empleen las mismas características en las corrientes eléctricas de conducción y alimentación. *Cuarta:* Capacidad de acomodación. *Quinta:* Efecto o trabajo enorme. *Sexta:* Duración considerable de uso. *Séptima:* Ausencia de rayos indirectos.

Este distinguido Profesor termina su interesante y encomiástico trabajo, con la muy atinada advertencia de que «a la aparición de este importantísimo progreso dentro de la ciencia röntgenológica, va aparejado el factor de que el citado tubo representa una

la radiación que emerge un tubo Röntgen es compleja y no uniforme en el sentido de su poder de penetración (calidad de la radiación Röntgen—Espectro Röntgen); repetiremos pues, que con la variación de la tensión e ionización del gas, en la que también influye el número de veces que tiene lugar la descarga eléctrica por unidad de tiempo, así como la intensidad de la carga eléctrica dirigida al tubo, etc., varía, según llevamos dicho, la carga eléctrica de los rayos catódicos y a la par que ésta, la fuerza o poder de penetración de los rayos Röntgen, por ellos producidos.

La naturaleza de los rayos X no está definitivamente establecida. El estudio de los fenómenos últimamente descubiertos por Bragg, de Broglie, Friedrich, Knipping, Laüe, Pohl y otros eminentes físicos, acerca de la polarización, difracción e interferencia de los rayos Röntgen, permiten, muy fundadamente, considerarlos como radiaciones verdaderas o sean vibraciones longitudinales periódicas del éter. La longitud de onda tampoco está precisada; mientras de los trabajos realizados por Sommefeld acerca de la difracción resulta inferior o igual a  $4.10^{-9}$  centímetros, Knipping y otros valiéndose del fenómeno de interferencias, convienen en que ha de ser del orden  $10^9$ . De todos modos, ello nos indica que en la lista de las radiaciones conocidas, siguen después de las radiaciones ultra-violetas.

Bertolotti, en su comunicación al Congreso de Lyon (1914) se expresa en el sentido de que para el establecimiento o clasificación de las indicaciones terapéuticas de las radiaciones se tiende actualmente a derivarlas del conocimiento de la naturaleza física de éstas, evaluación exacta de su espectro, clasificación de su longitud de onda y grados de velocidad y de

---

espada de dos filos, por los grandes perjuicios que pueden seguirse de su empleo si éste no se realiza en manera muy cuidadosa, peligro que es más de temer, por la circunstancia de que la efectividad del tubo no se exterioriza de ninguna manera. Añade el citado, profesor que mientras con los tubos ordinarios pueden prolongarse las irradiaciones durante algunos minutos, sin peligro para el paciente, en cambio estos nuevos tubos funcionando en plena carga pueden ocasionar en una fracción de minuto graves y hasta mortales quemaduras Röntgen.

Para terminar la enumeración de las ventajas del tubo Coolidge, voy a referir el resultado de las investigaciones que en el servicio de Béclère, en el Hospital de Val-de-Grâce, realizaron, hace poco tiempo, Mariel Boll y Lucien Mallet (1916). En su trabajo examinan las curvas del régimen eléctrico, sigue luego el estudio de la intensidad, grado de dureza y heterogeneidad de la radiación, mostrándose en este último punto contrarios a lo señalado por los autores que admiten la homogeneidad de la irradiación del tubo Coolidge; así pues, Boll y Mallet, de acuerdo con lo comprobado con anterioridad a ellos por De Broglie (1916) afirman que la radiación emitida por este tubo no es sensiblemente más homogénea que la que emiten los otros tubos Röntgen y exponen además algunos de los factores que según su modo de ver pueden modificar la velocidad de los electrones en el interior del tubo Coolidge.

Por otra parte, dicen que hallaron justificadas las consideraciones por ellos establecidas en el estudio de la absorción de los rayos Röntgen por los metales.

Las conclusiones prácticas de su trabajo son las siguientes:

1.ª Que el tubo Coolidge es muy estable; para un voltaje y milliamperaje dados, la radiación X se mantiene largo tiempo conservando sus características primitivas (potencia total emitida y grado de penetración).

2.ª Es muy flexible, permite el paso inmediato del régimen blando al duro y vice-versa.

3.ª El rendimiento práctico es análogo al de los otros tubos focus para los rayos blandos, pero resulta mejor desde que se le aplican grandes diferencias de potencial.

4.ª la radiación emitida puede ser considerable, más de 20 veces la de los tubos usuales (aplicación a radiografías instantáneas). Asimismo puede obtenerse con rayos de dureza  $10^9$ . Benoist la misma potencia o intensidad de radiación que habitualmente con rayos  $7^9$  R., lo que ofrece gran interés en radioterapia profunda.

En otra nota presentada a la Academia de Ciencias de París por De Broglie, posterior a la comunicada por Bol y Malet, insiste aquél en la heterogeneidad de las radiaciones Röntgen que emite el tubo Coolidge.

poder de penetración o sea teniendo en cuenta la relación entre la afinidad de la energía radiante y su naturaleza, a pesar de que aun no ha podido establecerse todavía la especificación biológica de las distintas radiaciones que desde el infrarrojo (rayos Rubens) pasan por el espectro luminoso visible y se extienden hasta alcanzar los rayos gamma del radio, no obstante sernos conocido, al comparar una radiación con otra, que los efectos bioquímicos y el poder de penetración crecen en razón inversa de la longitud de onda. Si comparamos el espectro de los rayos X con el de otras radiaciones, observaremos que mientras el promedio de longitud de onda de los rayos Röntgen es algunos millares de veces más pequeña que la relativa a la de los rayos luminosos, la de las radiaciones gamma del radio alcanza ser ochenta veces más pequeña que la de los rayos Röntgen.

Dado el parecido que existe entre las radiaciones emanadas de los cuerpos radioactivos y los fenómenos que acompañan a la producción de los rayos Röntgen expondremos algunos datos referentes al análisis de las radiaciones emitidas por el radio.

Si entramos en la descripción de las radiaciones emanadas de las sustancias radioactivas es debido a la circunstancia de que mientras el estudio de los rayos Röntgen permitía descubrir la radio-actividad de ciertas sustancias, el análisis de las distintas clases de radiaciones por estas emitidas, y en especial de los rayos gamma, ha contribuido a la resolución del problema de la producción y utilización de las radiaciones de muy corta longitud de onda o sea de extraordinario poder de penetración, para el tratamiento de afecciones malignas de órganos situados en el interior del cuerpo. Aun donde el empleo de las sustancias radioactivas de mayor efectividad resulta, en ocasiones, contraindicado por el exceso de desorganización rápida e intensa que ocasiona en las proximidades del punto donde se aplican, estos accidentes no se manifiestan en forma tan perjudicial en los tejidos si la irradiación tuvo efecto valiéndose de rayos Röntgen de muy corta longitud de onda.

Señala Wetterer que todas las teorías actuales, basadas en hechos de experimentación, admiten que las sustancias radioactivas homogéneas emiten solamente o bien rayos alfa o solamente rayos Beta; con estos últimos suelen aparecer rayos gamma; según expresión de Han y Lise-meinner, si una sustancia radioactiva, el radio por ejemplo, aparentemente homogéneo, emite ambas radiaciones alfa y Beta, permite sospechar, aunque no existan otros signos que nos autoricen a creerlo, que la tal sustancia es de naturaleza compleja; la radiación alfa del radio está constituida por emisión de partículas materiales del tamaño del átomo, con una carga eléctrica positiva y que según Rutherford no son otra cosa que átomos de helio con doble carga y cuyo alcance en el aire es de unos siete centímetros. Por su carga positiva y por el poder de ionizar el aire, las radiaciones alfa se parecen a los rayos canales de Goldstein que se producen en el interior del tubo Röntgen durante el paso de la corriente eléctrica.

Los rayos Beta lo mismo que los rayos catódicos, constan de electrones negativos, de modo que su velocidad de 100,000 a 294,000 kilómetros por segundo (Kaufmann, v. Bäyer, etc.), es pues superior a la de los rayos catódicos con los que presentan especial analogía, explicándose de este modo la gran fuerza de penetración de los rayos Beta. Esta radiación no produce, sobre determinadas sustancias fluorescentes, los centelleos tan característicos de la radiación alfa. Esta radiación Beta ioniza el aire y

otros gases, comunicando al cuerpo con el que choca, al igual que los rayos catódicos, su carga negativa.

Los rayos Beta del radio, según P. Curie, pueden todavía demostrarse a una distancia de 1.57 metros del foco de emisión. La radiación Beta parecidamente a la radiación emitida por un tubo Röntgen está compuesta de radiaciones de diferente poder de penetración; en el tubo productor de rayos X, la emisión de radiaciones de diferente poder de penetración se debe, entre otros factores, a que la carga eléctrica de los rayos catódicos o electrones negativos varía según el momento en que tiene lugar la descarga eléctrica en el interior del tubo, variación que tiene su influencia en el grado de penetración (longitud de onda) de los rayos Röntgen producidos al incidir los corpúsculos cargados de electricidad negativa sobre la superficie del ánodo anticatódico. La radiación Beta de las diferentes substancias radioactivas, sólo para muy contadas de ellas es casi homogénea; generalmente está compuesta de rayos de diferente velocidad, como lo demuestra el hecho de la distinta desviación de la radiación de algunos de ellos, bajo la influencia de un campo magnético; observada sobre una placa fotográfica, se resuelve en haces divergentes en forma de abanico.

Villard fué quien descubrió los rayos gamma, cuya existencia confirmó Becquerel; son radiaciones sumamente penetrantes, y al igual que los rayos Röntgen no son desviados por un campo magnético. Estas radiaciones están dotadas de gran poder ionizante; su naturaleza y condiciones de surgimiento parecen ser análogas a las de los rayos Röntgen. Las radiaciones gamma van siempre acompañadas de rayos Beta, siendo la intensidad de la radiación de los unos proporcional a la de los otros. De la comparación de las radiaciones de los cuerpos radioactivos con los rayos Röntgen, resulta que mientras para la producción de rayos X se requiere que los electrones (rayos catódicos) choquen, en su rápida carrera, contra un cuerpo de elevado peso atómico que deteniéndolos súbitamente hace surgir un impulso del éter—rayos Röntgen,—en las substancias radioactivas el surgimiento de los rayos gamma tiene lugar dentro del elemento mismo, los rayos Beta determinan la producción de rayos gamma.

Motiva la descripción que, de las distintas clases de rayos emitidos por el radio, acabamos de exponer, el hecho de que más adelante nos veremos precisados a establecer cierto paralelismo entre la acción bioquímica de la radiación Röntgen ultrapenetrante (de muy corta longitud de onda) y la radiación gamma del radio.

Vamos a enumerar alguno de los factores que todavía dificultan en parte y que dificultaron en alto grado durante mucho tiempo, llevar la acción terapéutica de las radiaciones Röntgen a la profundidad del organismo, cuando éstos no contenían suficiente cantidad de radiaciones penetrantes.

Los rayos Röntgen disminuyen de intensidad en el aire, principalmente por dispersión y difusión, en razón inversa del cuadrado de la distancia, cual ocurre con las radiaciones del espectro luminoso. Para dar idea de ello citaremos los siguientes datos, que tomamos de un trabajo de Perthes.

Si se conviene en que la intensidad de un haz de radiaciones Röntgen es igual a cien obrando sobre la superficie del cuerpo a irradiar, existiendo una distancia de diez centímetros desde ésta al centro del anticátodo, para distancias crecientes de 5 en 5 centímetros las intensidades que sobre la citada superficie se encontrarán serán:

Distancia en c/m	Intensidad	Distancia en c/m	Intensidad
10	100-00	60	2-78
15	44-44	65	2-37
20	25-00	70	2-04
25	16-00	75	1-78
30	11-11	80	1-56
35	8-16	85	1-39
40	6-25	90	1-24
45	4-82	95	1-11
50	4-00	100	1-00
55	3-31		

Ello nos indica que la intensidad decrece rápidamente de los diez a los treinta centímetros, desde cuya distancia lo hace con menor rapidez. La disminución de la intensidad de una radiación Röntgen según la distancia del foco a la superficie a irradiar, adquiere extraordinaria importancia cuando se trata de llevar el efecto de los rayos Röntgen en un órgano situado en la profundidad del organismo.

Ya hemos dicho que la radiación Röntgen, primaria, que emite un tubo, se compone de radiaciones de distinta longitud de onda o sea que es una radiación heterogénea; según predominen en ella en mayor o menor cantidad radiaciones blandas o duras, así variará el poder de penetración de aquélla. Nos da idea de ello el hecho de que al atravesar la radiación de un tubo Röntgen, cierto espesor o grueso de un cuerpo, además de provocar en el mismo varios fenómenos de los cuales hablaremos más adelante, es absorbida según la llamada ley exponencial, de lo que resulta que dicho cuerpo sólo deja pasar radiaciones de determinadas longitudes de onda. Citaremos, como hace Guilleminot, el siguiente ejemplo: Si tomamos una radiación Röntgen primaria que suponemos posee doscientas unidades de energía, de las cuales cien corresponden a tal grado de dureza que una lámina de aluminio de un  $\frac{m}{m}$  de espesor sólo deja pasar un cuarenta por ciento y las otras cien están dotadas de menor poder de penetración que las anteriores y de las cuales la citada lámina metálica sólo transmite el diez por ciento (por haber transformado y absorbido el noventa por ciento), tendremos detrás de la citada lámina de aluminio de un  $\frac{m}{m}$  de espesor tan sólo cincuenta unidades de las doscientas de que estaba compuesta la radiación primaria y cuya composición será de cuarenta unidades de rayos de mediana dureza y de diez de los más blandos.

La materia o materias interpuestas en la trayectoria de la radiación Röntgen, obran, pues en cierto modo, como filtro y aun con más propiedad como criba, pero no en el estricto sentido de la palabra, toda vez que el cuerpo interpuesto si bien transmite parte de la radiación incidente no deja de absorber y transformar cierta cantidad de ella, que será según los casos tanto mayor cuanto mayor sea su longitud de onda; se comprenderá mejor la acción de los filtros empleados en röntgenoterapia comparando su modo de obrar con el ecrán o pantalla coloreada que se interpone, por ejemplo, en el trayecto de la luz ordinaria para seleccionar la radiación de determinada longitud de onda para la fotografía ortocromática.

Ahora bien, parecidamente a la acción de las pantallas coloreadas y así como en éstas la intensidad de la tinta influye en la cantidad de ra-

diación transmitida, también en los cuerpos empleados como filtros röntgenoterápicos influye su grosor, independientemente de su naturaleza (peso atómico) en la selección de las radiaciones Röntgen. Bajo este concepto existe para cada cuerpo un cierto límite, pasado el cual su efecto se traducirá solamente por la debilitación de la cantidad de radiación transmitida.

Si hemos referido el modo como se comporta la radiación primaria después de incidir y atravesar un cuerpo o filtro es por la importancia que tiene su conocimiento dada su utilidad en el empleo terapéutico de los rayos Röntgen. La interposición de un filtro adecuado entre el foco de rayos X y la región del organismo a la cual haya que irradiar permite reducir considerablemente la acción perjudicial que tienen los rayos semiblandos y eliminar la de los blandos sobre la piel, con lo que resulta posible hacer converger sobre el órgano enfermo situado dentro del cuerpo, la necesaria cantidad de radiaciones indispensable para lograr un efecto terapéutico.

Benoist llamó radiocroísmo a la propiedad que tienen algunos cuerpos de absorber radiaciones Röntgen de determinadas longitudes de onda, permitiendo al mismo tiempo el paso a su través de determinadas radiaciones X dotadas de mayor poder de penetración que las absorbidas. Los cuerpos que poseen dicha propiedad se denominan radiocroicos. Los cuerpos como el aluminio y los de peso atómico próximo al de este metal lo son mucho. En cambio, ciertos cuerpos como la plata, estaño, etc., no poseen en tan señalada manera la facultad de restar de la radiación primaria las radiaciones blandas o de gran longitud de onda y en capa delgada dejan la composición de la radiación transmitida bastante heterogénea o sea con relativa poca diferencia como la radiación primaria incidente, por lo que resulta, en este caso, que la acción de tal cuerpo interpuesto en el trayecto de la radiación Röntgen que emerge del tubo de rayos X, obra más principalmente sobre la cantidad de radiaciones que no seleccionando las de mediana dureza. A estos últimos se les llama aradiocroicos.

Así pues, mientras es fácil la utilización de las radiaciones Röntgen para lograr acciones bioquímicas en la superficie del organismo o en las regiones donde la capa de tejidos interpuestos tiene poco grosor, pues podemos lograr en ellas cierta regularidad de efecto de la radiación, surgían en cambio grandes dificultades al pretender llevar su acción en un tejido u órgano del interior del cuerpo, por oponerse a ello, como cosa primordial, el grave daño que habrían de sufrir los tejidos situados por encima, toda vez que habrían de franquear el paso a los rayos Röntgen para que éstos pudiesen ejercer su influencia terapéutica en el foco morbozo u órgano enfermo.

Otro de los obstáculos que se oponen a que podamos ejercer una intensa acción bioquímica en la profundidad del cuerpo es la propiedad que, al igual que las demás sustancias, tienen los diversos tejidos de que se halla constituido el organismo vivo, de absorber y transformar las radiaciones Röntgen en mayor o menor cantidad y en razón inversa de su poder de penetración (de su longitud de onda). Además de la absorción, hay que contar con la debilitación de la intensidad del efecto de los rayos Röntgen por la dispersión y transformación sufridas en el trayecto que han de recorrer desde el foco donde se producen hasta el órgano o tejido patológico situado en el interior del organismo.

Sólo a fin de dar una idea de la variable profundidad en la cual es posible ejercer una acción Röntgen en el espesor de una región de un organismo vivo, según sea la cantidad de radiaciones Röntgen de más corta

longitud de onda contenidas en el haz heterogéneo (lo que indica la necesidad de que las radiaciones empleadas sean penetrantes) expondremos el siguiente ejemplo, debido a Perthes, quien partiendo de la aplicación de una dosis de 5 H de radiación semiblanda (6° ó 7° del radiocromómetro de Benoist) sobre la piel y suponiendo la distancia focal infinita, dice resultarían las siguientes cantidades porcentuales:

Cantidades incidentes:

	sobre la piel	100 %	5 H
a 1	c/m debajo de la piel	60 %	3 H
a 2	» » » »	45 %	2'25 H
a 3	» » » »	30 %	1'50 H

Ahora bien, si en igualdad de circunstancias se irradiase el cuerpo con rayos X duros, en lugar de emplear radiaciones semiblandas, entonces, en vez de las cantidades expresadas—siendo la misma la cantidad incidente sobre la piel—tendríamos que a 3 c/m quedaría no un 30 sino el 40 % de la radiación y 2 H de dosis, con lo cual a cuatro centímetros debajo de la piel hallaríamos aproximadamente, con el uso de las citadas radiaciones duras, igual cantidad porcentual que la obtenida a 3 c/m en el caso de irradiar con rayos semiblandos. Así, pues, con el aumento del grado de penetración de la radiación Röntgen se ha logrado alcanzar un efecto a mayor profundidad con la misma cantidad de radiación. Perthes expuso al propio tiempo, que con la interposición de una lámina de aluminio de  $1 \frac{m}{m}$  de espesor se observa que la intensidad de la radiación entre una y otra de las citadas profundidades disminuía mucho más lentamente, o en otros términos, que las diferencias con el empleo del filtro no eran tan acentuadas.

El resultado de estas investigaciones de Perthes no era muy favorable para esperar la posibilidad de que con radiaciones Röntgen poco duras pudiéramos obrar en la profundidad de los tejidos con intensidad suficiente para lograr de ellas un efecto terapéutico sin provocar grave daño en la piel, utilización que se pretendió a raíz del descubrimiento de los rayos Röntgen por Despeignes (1896), Lortet y Genoud (1898), Ausset y Redard (1898) y más tarde nuevamente por Oudin, Barthélemy y Darier, Albers-Schönberg y Heinecke y del mismo Perthes (1904). Hemos citado los anteriores trabajos de Perthes por el hecho de marcar una nueva etapa de trabajos en el campo de la röntgenoterapia.

Casi simultáneamente a los trabajos de Perthes, emprendió también Dessauer la resolución del problema de la irradiación profunda. Este muy distinguido ingeniero, a quien tanto debe la ciencia röntgenológica, abrigaba, en verdad muy acertadamente, la idea de que es preciso emplear en la terapéutica de afecciones de órganos internos una radiación Röntgen homogénea y dotada de gran poder de penetración, en lugar de servirse de la radiación Röntgen compleja, tal cual emerge, en general, de los tubos para rayos X, teniendo en cuenta, de una parte, la disminución de la intensidad de los efectos de la radiación Röntgen según la ley del cuadrado de la distancia y la absorción y transformación que sufren tales rayos al atravesar los tejidos situados entre el foco radiógeno y la región enferma objeto de tratamiento, y de otra, la acción bioquímica enérgica que producen los rayos blandos sobre los tejidos que hay que atravesar para llevar su acción en la profundidad del organismo, enfrente de la muy escasa de las radiaciones penetrantes.

En realidad, aumentando considerablemente la distancia entre el foco de emisión y la superficie del cuerpo, se lograría homogeneizar la radiación Röntgen por absorción en el aire de las radiaciones más blandas, con lo cual, según Holz knecht, se alcanzaría que la intensidad en la superficie y la correspondiente a gran profundidad fuesen iguales, mas la debilitación tan considerable que implica la ley del efecto Röntgen según la distancia, priva de la utilización de semejante recurso.

A la cifra que resulta de la relación entre la cantidad de dosis aplicada (medida por absorción y transformación) en la superficie de la región irradiada y de la cantidad hallada en una determinada profundidad (la elegida para hacer obrar una cantidad o dosis prefijada con objeto terapéutico o experimental), la llamó Christen *cociente de dosis*. Concíbese claramente que el desiderátum sería que dicho cociente fuese igual a 1. Cuanto mayor sea el cociente de dosis menos adecuado será su empleo para acciones terapéuticas a profundidad y al revés.

Dessauer, después de una serie de trabajos, a fin de hacer posible una notable reducción de la distancia entre el foco Röntgen y la superficie del cuerpo, se esforzó en resolver la manera de obtener la necesaria homogeneidad de radiación.

Uno de los modos de obtener un mayor efecto bioquímico de la radiación Röntgen sobre un órgano o tejido situado en la profundidad del cuerpo —aun empleando la radiación Röntgen compleja o heterogénea sin tener que recurrir a grandes distancias entre el foco radiógeno y la piel— es el que resulta si a irradiación se practica utilizando distintos puntos de la superficie cutánea para la introducción de la radiación (irradiación multipolar, *à feu croisé*). Este recurso permite obtener, por el cruzamiento de los haces de rayos, una intensidad de efecto en lo profundo que puede llegar a ser varias veces mayor que la intensidad de la irradiación practicada por una sola región o zona de la piel. El efecto resulta favorecido dada la forma cónica con que las radiaciones Röntgen emergen del anticátodo del tubo; en consecuencia, cuantas más puertas de entrada se elijan en la piel, tanto más influido será el órgano situado en el interior del organismo o en otras palabras, tanto mayor efecto bioquímico podremos producir en los tejidos u órganos objeto de irradiación. La radiación Röntgen sufre, al atravesar los cuerpos o tejidos vivos, una alteración en el sentido de que las radiaciones que han atravesado una determinada capa pasan por otra igual de la misma materia con un tanto por ciento mayor que el que pasó por la primera (Ley de Röntgen). Antes que Dessauer insistiese acerca de la necesidad de que para el empleo en terapéutica de procesos morbosos que asientan en órganos internos, la radiación Röntgen primaria había de ser de gran poder penetrante, creíase que bastaba la interposición de un filtro cualquiera para depurar y hasta para endurecer la radiación heterogénea emergente de un tubo semiblando; mas como ocurre que si al tanto por ciento de radiaciones duras contenidas en la radiación global, de sí ya escaso, restamos cierta cantidad de radiaciones semiblandas por interposición de un filtro y se tiene en cuenta que el filtro absorbe también un no despreciable tanto por ciento de radiaciones relativamente duras, de las cuales deja pasar cierta cantidad a su través, la cantidad que de estas últimas nos quedará para utilizar con fines terapéuticos será tan escasa que aun para administrar pequeñas dosis de radiación Röntgen en la terapéutica de afecciones que radican en el interior del organismo se requeriría tanto tiempo que su empleo

no resultaría práctico. Ya que de filtros tratamos, referiremos que los ensayos practicados por Walter y confirmados por los trabajos de otros físicos notables, demostraron que los rayos secundarios producidos por la incidencia de rayos Röntgen en cuerpos específicamente ligeros, están dotados de gran poder de penetración y, al revés, los que se producen en un cuerpo de peso atómico elevado tienen en ciertos casos menor fuerza de penetración que la de la radiación primaria que se empleó para producirlos.

De los importantes trabajos de Barkla resulta que los rayos secundarios emitidos por un cuerpo irradiado con rayos Röntgen, constan de tres componentes:

1.º De rayos difusos, cuyas propiedades físicas son iguales a las de los primarios;

2.º De los rayos secundarios llamados característicos o de resonancia, o rayos Röntgen fluorescentes; éstos poseen un poder de penetración característico, según sea el cuerpo irradiado; y

3.º De rayos Beta (radiación secundaria corpuscular).

Señala Barkla que sólo las dos últimas pueden considerarse como radiaciones secundarias propiamente dichas.

Para que se produzca la radiación secundaria fluorescente o de resonancia en un metal de peso atómico determinado (esta radiación en los cuerpos de peso atómico inferior al azufre no está bien demostrada), se requiere que la radiación Röntgen que lo indica contenga radiaciones desde luego de corta longitud de onda (rayos duros), siempre de alguna mayor fuerza de penetración que la que tendrá la radiación secundaria fluorescente que se desea producir, y que es característica en cada metal. Esta radiación secundaria, que tiene algo menos fuerza de penetración que la primaria, es absorbida a poca distancia del cuerpo en que aparece, siendo su poder de penetración independiente del de los rayos Röntgen primarios que la han despertado; no se observa polarización de la misma, presentando una intensidad de radiación por igual en todas direcciones. Algunos autores manifiestan que mientras radiaciones Röntgen cuyo grado de penetración corresponde al grado 7 Benoist excitan la radiación secundaria fluorescente o de resonancia del hierro, en cambio una vez filtradas, las mismas radiaciones no la provocan.

Si nos hemos detenido en estos detalles de la radiación Röntgen secundaria, es por el hecho de haberse ensayado, en distintas ocasiones, utilizarla con fines terapéuticos recurriendo, para producirlas, al empleo o administración previa de ciertas substancias como la plata en estado sólido y coloidal, cobre en estado coloide, sales de hierro y bismuto, etc., sin que hasta el presente los resultados obtenidos permitan esperar positivas ventajas de tal método.

De los trabajos realizados por Dessauer y Ernst, resulta que la mayor parte de las radiaciones secundarias emitidas por un cuerpo, de las cuales la más importante es la característica o fluorescente como ya habían indicado Barkla, Walter, etc., corresponde a radiaciones blandas. Este hecho, que a primera vista parece tener escasa importancia, puede tener, según ciertos autores, sus consecuencias, como en el caso de que el filtro empleado siendo de peso atómico elevado haya sido colocado muy próximo a la piel, toda vez que puede llegar a ocasionar una quemadura Röntgen de las más graves, debido a los intensos efectos bioquímicos de la radiación secundaria excitada, toda vez que posee escaso poder de penetración. Tal vez a esta misma

radiación secundaria de fluorescencia puede atribuirse la discordancia que en gran parte se ha observado en las mediciones de cantidades de energía Röntgen basadas exclusivamente en la acción fotoquímica de los rayos Röntgen; así por ejemplo, de las mediciones practicadas simultáneamente empleando las pastillas de platino-cianuro de bario (de Saboureaux y Noiré) y la tira de papel al cloro-bromuro de plata que sirve de reactivo en el procedimiento cuantimétrico de Kienböck, resultan diferencias que pueden ser hasta tres veces más o menos considerables en uno de ellos con respecto a lo indicado por el otro, influyendo en gran manera el grado de dureza de la radiación empleada para producir la alteración o cambio de color del reactivo.

Antes de terminar esta primera parte de nuestro discurso insistiremos nuevamente en el hecho citado en 1914 por Dessauer, de que el espectro de las radiaciones de Röntgen emitidas por un tubo depende en gran parte de la clase de carga del mismo o sea del instrumental. El citado ingeniero ha demostrado, por una serie de trabajos, que los componentes más o menos duros de una radiación Röntgen se hallan en relación con la frecuencia, curva de descarga y de la densidad de la corriente eléctrica que se aporta al tubo. El empeño de Dessauer en lograr en el espectro Röntgen radiaciones extremadamente duras, obedecía a la circunstancia de que mientras el radio con su radiación sumamente penetrante, permitía suponer cuál era la dosis de radiación que había que emplear para producir un determinado efecto en la profundidad del cuerpo humano, encontrábase los röntgenólogos en condiciones muy distintas, ya que les era difícil presumir qué cantidad de radiación obraba a 3, a 5 ó a 8 centímetros de profundidad, dependiendo principalmente, aparte de la cierta deficiencia de los métodos de medición, de la clase de aparato y tubo Röntgen empleados; en cambio, tal apreciación resulta cómoda con el empleo del radio, pues posee un coeficiente constante de penetración en el cuerpo. Según la Comunicación presentada por Dessauer en el Congreso de la Sociedad Röntgen Alemana en 1914, dicho autor afirma que es posible obtener artificialmente la radiación *gamma* del Radio, con lo cual resultará una notable superioridad para la radiación Röntgen, «pues aun el preparado de Radio más potente produce mil veces menos rayos *gamma* que la radiación Röntgen parecida a ésta». Para completar este punto de trascendencia terapéutica añadiremos que en su trabajo refiere que el mejor resultado para la producción de rayos Röntgen ultra-penetrantes lo ha obtenido empleando el aparato «Reform», observando que la mezcla de rayos se hace más dura cuando se disponen los empalmes del citado aparato de manera que se cortan los vértices de las ondas que se dirigen al tubo; por otra parte logró hacer funcionar no sólo tubos duros, en forma tal, que la radiación blanda resultaba escasa, sino que aun con tubos muy blandos permite obtener rayos muy duros, particularmente aumentando la densidad de la corriente. Añade que los rayos Röntgen producidos bajo aquellas condiciones resultan de 10 a 20 veces más penetrantes que los usuales y muy parecidos a los rayos *gamma* y hasta idénticos a ellos. El espectro de un tubo que emite estos rayos, pone de manifiesto una mayor extensión de aquél, aun cuando el tanto por ciento de rayos *gamma* artificiales sea pequeño. Los pacienzudos y difíciles estudios de Cermack, realizados en el Instituto Físico de la Universidad de Gissen, siguiendo el procedimiento de de Broglié, parecen confirmar la existencia de estas radiaciones extraordinariamente duras en los espectros analizados.

Dessauer manifestó que «una máquina Röntgen construída de modo

que permita la utilización de los citados rayos gamma artificiales, representa un preparado de radio que podría costar uno o varios millones de marcos, opinando que mientras el radio en cortas cantidades será solamente empleado para la irradiación de las cavidades del cuerpo y los rayos Röntgen usuales se aplicarán para obrar a profundidades de 2 ó 3 centímetros, los rayos Röntgen extraordinariamente penetrantes (gamma artificiales) permitirán ejercer una acción terapéutica hasta 10 c/m de profundidad» (1).

Si tenemos, pues, en cuenta que se ha conseguido obtener del tubo de rayos X una radiación en cuyo espectro figuran rayos Röntgen, parecidos, en cuanto a su poder de profundizar en los tejidos, a los rayos gamma del radio y que podemos emplear aquéllos en cantidad considerablemente mayor que éstos, lo que permitirá alejar el foco de rayos X de la superficie cutánea sin que sufra marcada debilitación en el efecto que buscamos en la profundidad, si previamente eliminamos los rayos blandos (por filtraje) no será ilusorio entrever que con su precavido empleo en la terapéutica de afecciones internas, tal vez llegue pronto el día en que la curación de ciertos procesos neoplásicos sea un hecho, sin provocar o exponer a daño grave las células de las capas basales del dermis y las células de los vasos de la piel, como se ha observado después de la aplicación de importantes cantidades del cuerpo radioactivos.

Con lo anteriormente expuesto hemos procurado indicar los principales puntos sobre los que hoy día gira la resolución de los problemas de orden técnico, base de los métodos röntgenoterápicos de afecciones que radican en órganos situados en el interior del cuerpo. A fin de orientar al médico no especialista, daremos a conocer las acciones biológicas y hasta daños que del empleo de tales radiaciones pueden derivarse y que se han descrito después de observadas clínica y experimentalmente.

Lo hasta aquí esbozado permite comprender en cuán estrecha relación se hallan la construcción del instrumental y aparatos, régimen del mismo, manera de manejarlo, etc., con la producción y modificación de la calida y cantidad de las radiaciones Röntgen y en consecuencia con la distinta acción fisiopatológica que con los rayos producidos—según sean ellos—podrá obtenerse.

Del grado de penetración, de la cantidad y de la dosis administrada en una unidad de tiempo, por lo que toca al agente físico, dependerán principalmente la acción biológica y bioquímica y los resultados terapéuticos que se obtengan al tratar una determinada afección, pero téngase presente que si las células del tejido que nos proponemos influir, modificar o destruir, no poseen una marcada y más acentuada sensibilidad a las radiaciones Röntgen, enfrente de la de los demás tejidos vecinos, otros muchos elementos celulares (de sensibilidad igual o parecida a estas últimas) serán también alterados o aniquilados, antes, durante o transcurrido algún tiempo después de aquel en que el tejido contra el cual se dirigía la acción terapéutica, manifieste las alteraciones que el práctico se propuso obtener de las radiaciones Röntgen empleadas, con lo cual en vez de un beneficio puede ocasionarse un grave y hasta mortal perjuicio.

---

(1) También de los tubos Coolidge pueden lograrse radiaciones muy duras,

## ACCION BIOLÓGICA DE LOS RAYOS RÖNTGEN

Entre las manifestaciones de la acción biológica de los rayos Röntgen existen todavía algunas, acerca de las cuales los investigadores no han obtenido iguales resultados, cosa explicable en gran parte por la distinta forma y manera como realizaron los experimentos. La omisión por multitud de autores de consignar en sus trabajos todos aquellos datos de técnica empleada, es tanto más de lamentar por cuanto sin su exacta descripción no es posible formar juicio acerca del valor de las conclusiones por ellos establecidas, pues tampoco permiten equiparar lo observado.

Consideramos indispensable la reseña siquiera, sea abreviada e incompleta, de la acción biológica de los rayos Röntgen, como fundamento de la higiene Röntgen, aquella nos dirá el por qué deben manejarse con gran precaución los rayos Röntgen.

En la exposición de la acción biológica seguiremos, para mejor claridad, la forma empleada por el Profesor Pablo Krause, de Bonn, en su interesante Comunicación presentada en el Congreso Röntgen de Berlín 1914, de la cual no sólo citaremos las investigaciones personales del autor sino que también en algún capítulo expondremos la traducción de varios párrafos de tan valioso trabajo, dada su concisión y claridad.

### Acción biológica sobre los vegetales

En dosis débiles ejercen los rayos Röntgen en el interior de las células vegetales una acción estimulante sobre la corriente plasmática. En cambio las células irradiadas intensamente se alteran en modo considerable (Lapriore, Leckt, etc.). Herrera y Schaubert, en 1896, dedujeron de sus observaciones que los rayos Röntgen no producen excitaciones fototrópicas.

De los trabajos realizados por Maldiney y Touvenin, Koernicke y algún otro autor, se deduce en general que la irradiación de semillas en reposo excita su germinación. Albers de Schönberg en 1910 y 1911 experimentó acerca de si la irradiación con rayos Röntgen de la tierra de jardín destinada a la siembra de semillas, ejercía o no algún efecto sobre el desarrollo de estas últimas. Empleó garbanzos, habichuelas y berros, y pudo observar que mientras las que había puesto en tierra intensamente irradiada presentaban su crecimiento retrasado, las que se habían colocado en tierra escasamente irradiada germinaban más rápidamente que las semillas testigo colocadas en tierra sin irradiar. Koernicke cita que Rüediger (1911-1912) en garbanzos y habichuelas no pudo comprobar lo indicado por Albers Schönberg.

Respecto a la influencia de los rayos Röntgen sobre las semillas en germinación y en plantas recién salidas, según parece deducirse de los trabajos de Koernicke y de Wetterer, influyen refrenando el crecimiento,—hecho que aparece después de un período de tiempo más o menos largo y que está en relación según sea el objeto de ensayo y el estado de desarrollo en que se encuentra este último al practicar la irradiación—cuando las radiaciones han obrado intensamente.

En la mimosa púdica y en la oxalis corniculata observó Seckt movimientos nictitrópicos fugaces atribuibles a oscilaciones de turgor.

Los trabajos de Gauss y Lembecke prueban cuánta importancia tiene la circunstancia de ser filtrada la radiación Röntgen de mediana dureza con la que se irradia un vegetal, encontrando como resultado de la irradiación de retoños de vicia-faba, que con dosis intensas e iguales los rayos Röntgen que habían sido filtrados dañaban más que aquellos mismos rayos sin interposición de filtro, con la particularidad de que el daño era hasta cierto límite proporcional al grueso del filtro empleado. Lo mismo si la irradiación era practicada de cerca, que irradiando la planta desde lejos, el mayor daño se pudo observar en los casos en que la irradiación heterogénea que emergía del tubo Röntgen había sido filtrada.

De los trabajos de Körnicke y de Casimir, parece desprenderse que de las células vegetales el núcleo es más sensible, a los rayos Röntgen, que el citoplasma.

### Bacterias; protozoos

Contradictorios han sido los resultados obtenidos por distintos autores acerca de si los rayos Röntgen ejercen o no alguna influencia sobre las bacterias y micro-organismos. Algunos autores como Rieder, afirman que han conseguido producir, *in vitro*, la suspensión del desarrollo y en ocasiones hasta la muerte de determinadas bacterias, hechos confirmados por autores como Aschkinass y Capari, Bonomo y Gros, Danysz y otros; en cambio no han podido observar ninguna modificación, en los sentidos indicados, Atkinson, Beauregard y Guichard, Beck y Schültz, Bergonié, Berton, Destot y Duvard, Krause, Sabrazés y Rivière, etc.

Con acción positiva sobre el paramecium caudatum, informan Joseph y Prowazek, quienes comprobaron la reducción de frecuencia de la pulsación de la vacuola después de una irradiación de quince minutos.

De los trabajos que de 1908 a 1909 realizaron Gunther y Krause resulta que tampoco pudieron apreciar que la radiación de la lecitina que se encontraba en el líquido de cultivo y en las vacuolas nutritivas de los infusorios así como de la eosina al 1/30,000 perjudicase a los microorganismos. Los protozoos irradiados no presentaron röntgenotaxis.

### Acción sobre los fermentos

Tampoco son concluyentes los trabajos realizados para poner en claro la influencia de las radiaciones Röntgen sobre los fermentos. Krause en su notable trabajo (1914) habla de que han obtenido resultados negativos: en la pepsina pura de Merck, tripsina pura de Grüber, glicerina-pancreatina Grüber, y ptialina, Günther y Krause, Jodbauer en la invertina y Krause en fermento proteolítico, añadiendo que en cambio Meyer y Bering observaron algún efecto, mediante la irradiación de peroxidasa y del jugo de levadura prensada parecidamente a lo expresado por Richter y Gerhartz concerniente a la influencia que los rayos Röntgen tienen sobre el fermento Lab y papayotina y en el fermento de levadura.