

Uso de la Radioactividad de los Cuerpos en la Medicina, Biología y Química

Productos radioactivados de utilidad terapéutica

Por el Dr. JOSÉ BOFILL DUMAS

- A) Formas de obtención:
 1. Radioactividad artificial, el ciclotrón.
 2. Productos secundarios en las pilas atómicas, cuando se produce la bomba atómica.
- B) Uso en Biología y Química:
 1. Radiofósforo
 2. Radioyodo
 3. Radioestroncio
 4. Radiohierro
 5. Radiosodio
- C) Uso terapéutico y acción en los órganos hematopoyéticos.
- D) Efectos en los órganos hematopoyéticos similares producidos por el estallido de la bomba atómica.

A) Formas de Obtención:

Desde el día en que el hombre logró la desintegración del átomo, se abrió un nuevo campo para las investigaciones y puede decirse sin lugar a dudas que la medicina será grandemente favorecida por esta nueva ciencia.

Hasta hace muy poco tiempo los físicos a menudo nos recordaban que no había nadie en el mundo que pudiera haber visto un átomo y menos aún su pequeño núcleo, En un reciente libro titulado Nuclear Physics in Photographs, dos científicos de la Universidad de Bristol (Inglaterra), ofrecen unas vistas espectaculares de lo que sucede en el mundo submicroscópico de los átomos. Ellos explican que esto fue posible por el uso de una emulsión mucho más fina que las usadas ordinariamente en fotografías, haciendo posible que sea tomada la acción.

De esta manera nos damos cuenta que cosas que parecían completamente imposibles hoy son completamente factibles.

Por tanto, pudiéramos hacernos una pregunta con posibilidades de afirmación. ¿Llegará el día en que el hombre domine las leyes que gobiernan la actividad celular ?

1. Radioactividad artificial: el ciclotrón

Todos los cuerpos del universo parecen estar constituidos de tres tipos de partículas: Protón, Neutrón y Electrón y aún cuando cada una de ellas es idéntica a otra de su tipo, sus combinaciones, sólo diferentes en número y agrupación forman todos los

cuerpos. Estas partículas son archimicroscópicas, todo esfuerzo que hagamos por dar idea de su pequeñez, bien hablando del número de ellas contenidas en la unidad de volumen, o por cualquier símil, resultaría baldío porque la mente no está preparada para sentir el significado físico de esas cantidades fantásticas, concluiríamos pensando que son muy pequeñas, baste decir que no podrán ser vistas ni aún con el auxilio de los más potentes microscopios de visión directa, porque son más pequeñas que el mismo rayo de luz.

No es extraño, dicho lo anterior, que el individuo no dedicado a estas disciplinas, sienta cierto escepticismo casi condescendiente cuando oye hablar a los físicos de las dimensiones, el peso, la carga eléctrica y la velocidad de estas partículas y decir que pasan tanto miles de millones por segundo, etc., como si las estuvieran viendo pasar.

No obstante lo anterior, los físicos, valiéndose de métodos ingeniosísimos y curiosos por su simpleza, han efectivamente pesado, contado el número de ellas y hasta fotografiado su paso, o mejor el rastro que dejan a su paso. Lástima que este tema se salga de la intención, de estas líneas porque comprendo que el espíritu humano por alguna razón, no considera como adquirido el conocimiento de los fenómenos físicos hasta tanto no vislumbra la posibilidad que el hombre tuvo de palpar este fenómeno. Nótese que he dicho vislumbra porque no le interesan los detalles de esa técnica, sino sólo la posibilidad de su apreciación. Hoy nos hemos de contentar con la visión panorámica, de esas experiencias se concluye: El neutrón no tiene carga eléctrica y pesa 1,849 veces más que el electrón; el protón tiene carga eléctrica positiva y pesa igual que el neutrón, 1,849 veces más que el electrón; el electrón es tan ligero que podemos considerarlo como libre de materia y con una carga eléctrica negativa igual a la del protón, al mismo tiempo su volumen parece ser muchas veces mayor al de los corpúsculos anteriores.

Los electrones abundan, en los cuerpos conductores están en un estado semilibre constituyendo lo que se llama el fluido electrónico, no están, ligados a los átomos (corpúsculos compuestos de las tres partículas señaladas en combinaciones distintas para cada cuerpo). Son obtenidos con relativa facilidad, basta con calentar en el vacío un metal cualquiera para que salten del mismo y puedan ser recogidos por una placa colocada en el mismo vacío *y cerca de esos electrones hacia donde son atraídos por el potencial positivo de ésta, encargándose el voltaje aplicado, de retirar esos electrones y llevarlos de nuevo al cuerpo carente, lo cual constituye una corriente eléctrica, pues la misma no es más que un desplazamiento de electrones en una misma dirección en un momento dado.

Los protones y neutrones no andan libres, sino que están las más de las veces ligados fuertemente entre sí, constituyendo el núcleo de los átomos. La fuerza que los atan, son fantásticas y aunque de naturaleza poco conocida, parecen ser análogas a las fuerzas de Coulomb, que se desarrollan entre los cuerpos eléctri-

camente cargados. Este conjunto del núcleo, a pesar de estar formado de varios protones y neutrones, están tan íntimamente unidos que resultan mucho más pequeños que 103 electrones que giran a su alrededor. Estos electrones giran a su vez a distancias de muchas veces su propio diámetro y como unos átomos, están separados de los otros, resulta que aun los cuerpos de apariencia más pesada y sólida, tienen poco de materia propiamente dicha, hay, para una sección cualquiera, tantos millonés de estas fuerzas como corpúsculos, lo que da la sensación de rigidez.

El número total de protones y neutrones del núcleo, da la masa atómica y el número de protones es el número atómico. Como los protones son los únicos que tienen carga, habrá alrededor del núcleo tantos electrones girando como protones hay en el núcleo, lo que constituye un átomo neutro. Las combinaciones entre los distintos átomos entre sí; o con otros átomos para formar cuerpos compuestos, es por medio de estos electrones en sus órbitas y para que esas reacciones se verifiquen sabemos que se necesita a veces dar energía y otras veces se produce espontáneamente la combinación liberándose grandes cantidades de energía en forma de luz o calor, etc., constituyendo los explosivos químicos o reacciones exotérmicas.

A un cuerpo se le pueden quitar electrones de sus órbitas externas, convirtiendo sus moléculas en iones, sin que cambie su naturaleza, operación que se verifica con relativa facilidad, basta que en el camino de los electrones en el vacío de que ya hemos hablado, queden algunas moléculas de gas residual para que los electrones al chocar con ellas desprendan estos electrones orbitales, dejándola como ion positivo.

Cada cuerpo tiene un número! determinado y fijo de protones en su núcleo, si por cualquier método, se le aumenta o disminuye en un protón, en el primer caso atraerá de inmediato de esos electrones que abundan, tomando un electrón para sus órbitas volviendo al estado neutro; en el segundo caso, perderá un electrón que queda suelto. Lo curioso es, que tanto en uno como en el otro caso y en general, siempre que cambie el número de protones del núcleo, el cuerpo queda convertido en otro. Los físicos han hallado pues, la piedra filosofal de los alquimistas de la edad media.

Pensemos un poco en las dificultades antes de darnos a soñar con nuestra libra de plomo convertida en oro. Ni aún con el dispositivo mecánico más sutil, podemos concebir el introducirnos hasta uno de estos núcleos para quitar o poner protones. La investigación sigue su curso y ya- desde las experiencias de Becquerel en 1896 y de los esposos Curie en 1910, se vio que los cuerpos radioactivos emitían ciertas radiaciones que atravesaban los cuerpos opacos y producían algunos otros efectos como la impresión de las placas fotográficas, efectos fisiológicos, etc. Estudiando esas radiaciones se vio que estaban compuestas de tres tipos distintos: los rayes alfa, que eran núcleos de gas helio, siendo desviados en un sentido por los campos magnéticos. El rayo beta, constituido por electrones negativos ■ a grandes velocidades y que eran des-

viados por el campo magnético en sentido contrario al anterior y los rayos gamma, que no parecen ser corpúsculos, sino radiaciones análogas a la luz, pero mucho más finas y que no eran desviados por los imanes, eran radiaciones análogas a los rayos X o de Roengen, pero más penetrantes, como correspondientes a tubos de millones de volts.

Cabía pensar que esas partículas se filtraban por los espacios vacíos entre átomos o entre electrones y núcleos cuando atravesaban los cuerpos, pero también que sus efectos eran debido a que algunas de ellas chocaban con los núcleos de los átomos. Es decir, el hombre había encontrado el instrumento sutil para llegar al núcleo pequeñísimo: otro núcleo o uno de sus componentes. El problema estaba en que estos proyectiles, las partículas, al acercarse al núcleo recibían la fuerza repulsiva a estas distancias pequeñas, excesivamente grandes; luego, la partícula no chocaba, sino que se iba desviando de su camino a la vez que desviaba los núcleos a su paso. Se podía lograr el choque, bien acelerando excesivamente la partícula para que venciera sin desviarse la repulsión o empleando partículas sin carga, los neutrones. Más adelante insistiremos sobre este punto, por el momento respetemos el **orden** histórico.

Rutherford, descubridor de la partícula alfa en 1904, logra, en 1919, gracias al avance de la técnica de concentración de la materia radiactiva, en un sencillo experimento en que bombardea nitrógeno con las partículas que emite el polonio, probar que el nitrógeno se convierte en oxígeno. Se había realizado la primera transmutación de los elementos.

El oxígeno así obtenido, aún cuando era oxígeno en cuanto a todas sus propiedades químicas y era estable, tenía un neutrón de más en su núcleo, era pues, más pesado, era lo que se llama isótopo. Surgía la duda de si siendo los neutrones de carga eléctrica cero y por tanto, no influyendo su presencia en el núcleo para acrecentar el número de electrones externos o cambiar la naturaleza del cuerpo ¿hasta qué punto se podría por estos procedimientos añadir neutrones a los núcleos sin cambiar los cuerpos.

Los esposos Joliot-Curie, dedicados a estas investigaciones atómicas, nos dieron la respuesta descubriendo la radioactividad artificial en 1934, bombardeando el boro con partículas alfa y comprobando que el nitrógeno en que quedaba convertido era radioactivo. A este nitrógeno, le faltaba un neutrón, teniendo los siete protones característicos del nitrógeno tenía sólo seis neutrones. La consecuencia era, que este nitrógeno abandonado a sí mismo, resultaba inestable, emitiendo espontáneamente un electrón positivo perdiendo su carga uno de los protones que pasaba a neutrón, quedando sólo seis protones, que ya corresponde al número atómico del carbón. Resumiendo, el nitrógeno formado resultaba inestable porque a costa de gasto de energías, se le había introducido en su núcleo una carga extra, carga que lo obligaba a tener un electrón más en sus órbitas externas, dando sus características químicas de nitrógeno. Ese exceso de energía, lo devolverá imprimiéndoselo en forma de velocidad a la partícula que

emite, el positrón y convirtiéndose en el cuerpo que tiene una carga menos en el núcleo, un electrón menos en sus órbitas externas, el carbón.

Quedó pues, aclarado con estas experiencias que a los cuerpos se les pedía añadir neutrones en sus núcleos dando los isótopos sin cambios en sus propiedades químicas y que estos isótopos, podían resultar estables o inestables, en este segundo caso, los núcleos inestables buscaban por sí mismos las combinaciones estables emitiendo el exceso de energía que habían recibido en forma de radiaciones de partículas, o en su efecto secundario, las radiaciones gamma que constituían los rayos X. La radioactividad, tanto natural como artificial, no es más que la transmutación espontánea de un elemento que desintegra su núcleo transformándose en otro cuerpo con la emisión de su exceso de energía, en forma de partículas alfa, beta u otras, y de radiaciones gamma.

La importancia del descubrimiento de la radioactividad artificial, con las posibilidades de investigaciones biológicas y la aplicación de la radioterapia en partículas radioactivas asimilables, impulsaron notablemente estas investigaciones hasta tal punto que ya en 1941 se conocían 370 cuerpos radioactivos artificiales. Todos estos avances de la ciencia unidos a que ya Einstein había previsto con su teoría las cantidades fabulosas de energía que podrían liberarse de estas desintegraciones, caídos de lleno en el acicate sin igual de la guerra, impulsó notablemente las investigaciones, diremos en honor de la ciencia, no por afán de destruir al enemigo, sino por el de preservarse ellos. La conclusión de todo ello fue, que se necesitaban partículas de más velocidad.

El hombre, para agarrar la partícula y acelerarla, no ha encontrado otro asidero que la carga eléctrica, de tal manera, que a los neutrones, que sólo tienen masa y no carga eléctrica, no ha sido posible hasta ahora, acelerarlos a pesar de la ventaja que reporta como proyectil el hecho de que pueden acercarse al blanco núcleo, sin ser repelidos por éste, sólo se usan los que emiten otros núcleos como consecuencias de su desintegración bien por el bombardeo con otras partículas o por su radioactividad.

De la misma manera que un peine u otro objeto frotado, que contiene carga eléctrica, atrae los pedacitos de papel que resultan cargados por inducción, las partículas cargadas sometidas a las diferencias de potencial de las máquinas, son aceleradas. Las primeras máquinas del tipo electrostático de Van der Graaf, resultaban voluminosas, las dificultades se elevan a medida que sube el voltaje, para que se tenga una idea de esta máquina, que lo-aró potenciales hasta de dos millones quinientos mil volts, basta decir que fue construida en un hangar donde podían verse dos esferas de metal de 15 pies de diámetro cada una, montada en pilares aislantes a cuarenta pies de altura. Entre las dos esferas se colocaba el tubo en cuyo interior se había hecho el vacío y que constituía el cañón a través del cual se aceleraban las partículas de una esfera a la otra. En el interior de la esfera receptora, se colocaba el blanco a cargo del investigador también situado dentro de ella.

Crear los altos voltajes y trabajar con ellos, resulta muy engorroso y hasta ahora, poco efectivo en cuanto al hecho de que no se ha podido llegar a los voltajes que se necesitan. Existe una serie de aparatos que permite acelerar las partículas, de impulso en impulso de mucho menor voltaje en cada impulso. De estos aparatos el ciclotrón, descrito por su inventor, el norteamericano Lawrence en 1934, es indiscutiblemente el más ingenioso y efectivo y los pocos que existen en los Estados Unidos constituyen hoy una de las fuentes de cuerpos de radioactividad artificial. Con ellos se han obtenido partículas de hasta cerca de 10 veces más energía que con los aparatos de aceleración directa.

El Ciclotrón

Consiste como se ve en la figura, en un cilindro hueco de poca altura, cortado por uno de sus diámetros en dos mitades que llamaremos Des, separados entre sí como una pulgada, todo lo cual está colocado en una cámara en que las bombas mantienen el vacío. A estas Des conductoras está conectada la salida de una corriente alterna de alta frecuencia el secundario de cuyo transformador se ve en la figura, capaz de producir un voltaje de 100.00 volts o más, esto quiere decir que durante un corto intervalo es positiva en 100.000 volts una de las Des con respecto a la otra negativa y durante el instante siguiente cambia la polaridad siendo positiva la que antes era negativa y así sucesivamente.

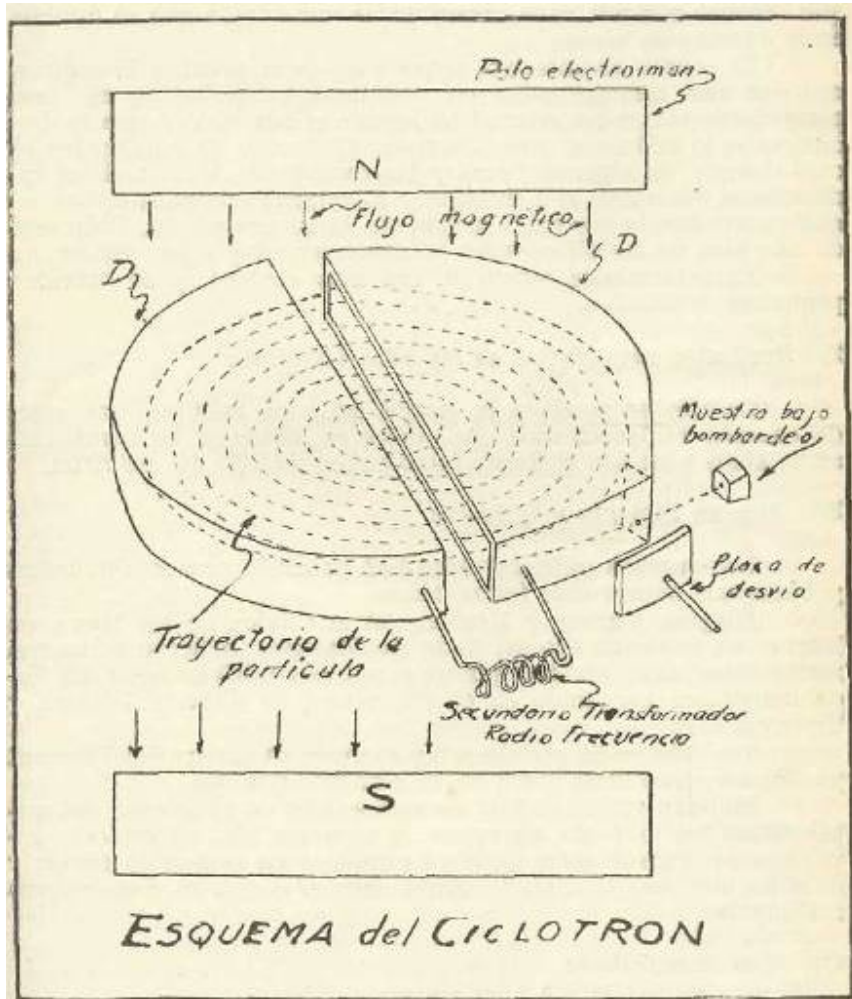
Como fuente de iones, tiene en su centro un filamento de tungsteno que en caliente, emite electrones como el de los tubos de radio, estos electrones son atraídos hacia la parte superior por un ánodo de cobre, no representado en la figura. En la cámara, después de hecho el vacío, ha sido introducido el gas cuyos iones van a ser acelerados y los electrones producidos como se ha descrito en su movimiento de ascensión chocan con las moléculas residuales, ionizando el gas.

Es ley de la electricidad elemental, que en el interior de los cuerpos conductores cargados, no hay campo electrostático, luego, - el voltaje aplicado a las Des, no ejercerá influencia sobre la partícula mientras ésta se encuentre en el interior de las mismas y sí ejercerá atracción cuando esté en el espacio entre ellas.

Los campos magnéticos, aplican a las partículas cargadas que los atraviesan perpendicularmente, una fuerza perpendicular a su movimiento, lo cual da por resultado que una partícula lanzada entre los polos de un imán describa un círculo.

En el interior de las Des, existe el campo magnético que hace que la partícula que nace, digamos en A de la figura 2, que representa una sección de las Des, sea acelerada hasta B por el potencial de las Des, donde la abandona la fuerza y como está solamente bajo el efecto del campo magnético inicia la descripción de un semicírculo hasta C, donde *de nueve* es acelerado por el cambio de polaridad de las Des y enviada con mayor fuerza inicial al semicilindro de la izquierda, lo cual hace que describa un semicírculo de mayor radio, saliendo por tanto en E, donde de

nuevo es acelerada por el potencial de las Des, describiendo un nuevo círculo de mayor radio, y de este proceso continuado resulta la trayectoria de la partícula como una espiral hasta llegar al punto F, en que es desviada por el potencial de la plaquita Q hacia la ranura de salida.



Se demuestra por simple matemática, que la velocidad angular de la partícula en el interior de los cilindros huecos es siempre la misma, esto es, que la partícula recorre el medio círculo de cada D en el mismo tiempo, condición que hace posible que el voltaje que surge en tiempos iguales entre los cilindros, las acelere en cada momento en que sale.

Sólo restan dos palabras sobre esa radioactividad artificial. La muestra a radio activar debe ser colocada en el chorro de partículas, este bombardeo calienta enormemente la muestra de manera que la primera dificultad está en que el cuerpo soporte las altas temperaturas necesarias a pesar de que se le enfría bañándolo con agua o aceite. Si el cuerpo a bombardear es volátil, hay que cubrirlo con una capa impermeable que impida -que se difunda en la cámara de vacío.

El cuerpo radioactivo, sobre todo para pruebas biológicas, necesita casi siempre estar en compuestos asimilables, en esos compuestos por regla, general no resiste el bombardeo que lo desintegra o lo reduce a otros cuerpos. El tiempo de bombardeo es casi siempre de algunas horas y las cantidades de materiales radioactivos obtenidos son ínfimas y mezcladas con sustancias no radioactivas, lo que exige a menudo, la concentración. Todo esto da una idea de las dificultades técnicas vencidas y por vencer.

Esta forma de obtención era muy costosa, y se obtenían pequeñas cantidades.

%. Productos secundarios en las pilas atómicas:

Cuando se produce la bomba atómica resultan una serie de cuerpos radioactivos, los cuales se obtienen en cantidades apreciables y no tan costosas como con el método del ciclotrón.

B) Uso en Biología y Química:

Los cuerpos radioactivos han aclarado procesos químicos y biológicos sumamente interesantes.

Higgins, Larson y Keating, en la Clínica de los Mayo, en Rochester, haciendo uso del Yodo Radioactivo, pudieron aclarar el metabolismo del Yodo inorgánico, o sea, la transformación del Yodo inorgánico penetrado en el organismo, en Diyodo Tiroxina y Tiroxina.

También se ha podido saber el modo de actuar del Tiouracil y algunos otros inhibidores de la glándula tiroides.

Bollman **utilizó** el fósforo radioactivo en el estudio del metabolismo del músculo, en reposo y en actividad, así como en investigaciones de la permeabilidad muscular en estado de shock, y en algo que se ha aclarado grandemente, o sea, el metabolismo fosfolípido.

C) Uso Terapéutico:

Hasta el momento actual, los cuerpos que se han usado son Fósforo, Yodo, Estroncio, Hierro y Sodio, pero los que han rendido verdadera utilidad son el Fósforo y el Yodo.

Los cuerpos radioactivos tienen la propiedad de localizarse activamente en determinados lugares del organismo, y de actuar sobre un seleccionado grupo de células (las de crecimiento rápida o en mitosis).

Estudiaremos cada uno de esos cuerpos radioactivos por orden de utilidad **terapéutica**.

1) Radiofósforo:

Este isótopo (se denomina isótopos a los átomos trasmutados de peso molecular próximo, pero distinto al de los átomos ordinarios correspondientes) y el Yodo son hasta este momento los únicos radiocativos artificiales que se han podido demostrar que sin duda, poseen valor desde el punto de vista médico.

El Fósforo radioactivo P^{32} , el cual tiene una vida de 14.3 días, produce tres tipos de radiaciones, alfa, gamma y beta. Son estas últimas las que producen los efectos sobre los tejidos, teniendo un máximo de penetración de 0.7 centímetros.

La radioactividad de estos isótopos se mide en milicuries (un milicurie es la cantidad de radioactividad que se produce por la desintegración de 37 millones de átomos por segundo).

El Radiofósforo tiene afinidad por ciertos tejidos del organismo que en orden de frecuencia son: 1o. Médula Osea, 2o. Huesos, 3o. Hígado, 4o. Bazo, 5o. Piel, 6o. Músculos y 7o. Nódulos Linfáticos. En el cerebro se acumula en muy pequeñas cantidades-Como podemos ver, es en la Médula Osea donde el Radio-fósforo se ha acumulado en mayor proporción, habiendo siempre mayor concentración que en la sangre.

Utilizando esta afinidad por la Médula Osea, es como se ha usado el Radiofósforo para tratar los trastornos de los órganos hematopoyéticos. Pero es el caso; que la cantidad suficiente de Radiofósforo que necesitamos no puede destruir todas las células leucémicas sin destruir, al mismo tiempo, los elementos eritrocíticos y megacariocíticos.

En los casos en que aumenta un solo tipo de célula, con la disminución concomitante de la otra, como ocurre en la leucemia, al ser usado, el Radiofósforo baja las cifras celulares produciendo un empeoramiento.

Está completamente demostrado que es satisfactorio el uso del Radiofósforo en casos en que están grandemente aumentadas las células sanguíneas, como ocurre en la policitemia vera. Con el uso de este isótopo, durante largos períodos de tiempo, se ha podido controlar esta afección en casos que antes eran fatales.

El Fósforo radioactivo se usa en esta afección en una sola inyección intravenosa de una solución isotónica estéril de Fosfato ácido de sodio, que contenga de tres a siete milicuries, según el peso del enfermo y la gravedad de la afección. La inyección se repite de acuerdo con los conteos y se tratará de que se vayan alejando, pues no deben de repetirse más a menudo que de ocho a doce semanas, ya que no se recomienda mayor frecuencia en las inyecciones.

Conclusiones

I^a El P^{32} es la mejor terapéutica que existe hoy para la policitemia vera.

2ª La terapia con P^{32} tiene muy pocos efectos en el curso clínico de los pacientes con leucemia mieloide aguda o subaguda.

3º La terapia con P^{23} rinde resultados satisfactorios en los casos de leucemia mieloide crónica, devolviendo la normalidad clínica y hematológica.

4 La duración de la vida, desde el primer síntoma hasta la muerte, indica que la terapia por P^{32} prolonga la vida aproximadamente seis meses, aunque existen algunos^m casos de prolongación de la vida hasta un año o más.

5ª En la gran mayoría dⁿ los casos de la leucemia linfática^l aguda, el curso clínico de la enfermedad no varía por el uso del P^{32} .

6º El P^{32} no tiene valor en el tratamiento de las leucemias monocíticas.

7ª Hodgkin's, linfoma, mieloma múltiple, sarcoma de células reticulares, no son influenciados bien por P^{32} .

8ª No hay razón para creer que el P^{32} es un agente terapéutico satisfactorio para tratar linfopiteliomas, melanomas malignos, tumores carcinomatosos, micosis fungoides o xantomatosis.

9 El P^{32} realiza desórdenes grandes en los órganos hematopoyéticos. En la periferia las células decrecen en la siguiente forma: 1^o Leucocitos, 2º Trombocitos y 3ª Eritrocitos.

10' En tipos de leucemia crónica, los Rayes X pueden ser una ayuda en el tratamiento, pues pueden ser usados para la pronta reducción de los nódulos.

Radioyodo

Los isótopos del yodo T^{131} e I^{131} con vidas medias de 12.6 y 8 días respectivamente.

Se obtienen por el bombardeo del núcleo del metal tellurium que lo transmuta hacia Yodo.

El Radioyodo se emplea con éxito en el tratamiento de los casos de hipertiroidismo, pero en los casos en que el riesgo operatorio es muy grande es donde el Radioyodo parece tener un lugar definido en el tratamiento del bocio exoftálmico.

Los casos para estos tratamientos hay que escogerlos con cuidado, pues tienen que tener los síntomas clásicos del hipertiroidismo.

Al comenzar el tratamiento *es* necesario que, durante las cuatro semanas anteriores no se haya recibido ningún tipo de medicación, y menos de yodo.

Para la administración del Radioyodo se debe de hospitalizar al paciente por un tiempo adecuado para obtener un nivel estable en la cifra de su metabolismo basal. Se emplea por vía oral en una actividad total entre 0.7 y 28 milicuries.

La crina debe ser colectada durante los tres días siguientes a la administración del Radioyodo, midiéndose la cantidad excretada, que debe ser alrededor del 25 por ciento del Radioyodo administrado.

Los únicos trastornos que aparecen en el curso del tratamiento son: náuseas y fiebre, no observándose trastornos locales en la cavidad bucal o intestinos.

Una elevación en la cifra del metabolismo basal, después de parar el tratamiento por Radioyodo, debe ser considerado como un fracaso del mismo.

El mantenimiento de la cifra del M. B. debe considerarse como una mejoría.

La desaparición de los síntomas clínicos y la regulación del M. B. significa curación.

El tratamiento puede prolongarse, si el caso va mejorando, por seis meses, un año, dos, tres o hasta cinco años, pudiendo aplicarse con milicurios el primer año, diez milicurios el segundo y 14.5 milicurios el tercer año.

Radioestroncio

S^{89} es muy afín al calcio, pero, aunque tiene afinidad por los huesos en proceso de evolución, su vida media breve y la radiación débil no lo hacen de utilidad. Se está, experimentando su acción en las fracturas y se cree sea de utilidad.

Radiohierro

Se ha usado para el estudio del metabolismo de este metal y de la formación y destrucción de la hemoglobina, de esta manera se ha demostrado que el hierro sólo se absorbe cuando es necesario, o sea cuando ha disminuido grandemente la reserva orgánica.

También se ha demostrado que el volumen eritrocítico verdadero es el de 8.5 por ciento o sea, una cifra inferior a la obtenida hasta el momento con el método del hematocrito.

Radiosodio

Se distribuye en todos los líquidos intra y extra celulares, y se mantiene en un nivel de radiación casi constante en la sangre. Actúa de manera similar a los Rayos X.

Sintomatología y efectos similares en los órganos hematopoyéticos producidos por el estallido de la bomba atómica

Estos efectos pueden ser causados hasta en, un radio de 2,000 metros, como pudo comprobar el Coronel Paul D. Keller, M, D_M en veintiún pacientes afectados por estas radiaciones.

Síntomas en los cinco primeros días:

Anorexia, náuseas, vómitos y fiebre ondulante durante veinticinco días después de la explosión; algunos con síntomas de Hemorragia en enrias, nariz, subcutánea, caída del pelo de la cabeza, axilas, pubis, cejas. Algunas diarreas, disnea, dificultad al tragar y adenopatías cervicales.

Trastornos de laboratorio

Alteraciones en el conteo diferencial, global (anemia microcítica y macrocítica), disminución de la hemoglobina, aumento de la velocidad de sedimentación (150 mm. en una hora), alteración de las proteínas plasmáticas, en la orina albuminuria y uro-

bilinuria, granulocitopenia, linfofocitosis, leucopenia, trombocitopenia (plaquetas), alteraciones de la coagulabilidad y del Van Den Berght.

De lo anterior deducimos que los efectos padecidos por las personas expuestas a la radioactividad emitida al estallar la bomba atómica, son similares a los producidos por la exposición excesiva a los Rayos X.

B I B L I O G R A F Í A

1. Radioactividad artificial y Ciclotrón. Por Ing. J. Eche-goyen.
 2. Radiology Scott. 46:173-175, Feb. 1946.
 - 3 American Journal Roentgenology, N° 1, 55-44, January 1946,
 4. Cook S. F. Scott K. G. and Alelson P. Deposition of Radio Phosphorus tissues of growing clucks, Proc. Nat. Acad. Se, 1937, 23, 528.
 5. Graver L. F. Treatment of leukemia by radioactive phosphorus Bull, New York Acad. Med., 1942, 18, 254.
 6. Hamilton J. G. The use of radiocative tracers in biology and medicina radiology, 1942, 39, 541.
 7. Hempelmann L. H. Jr., Reinhard E. EL, Moore, C. V. Beerhan, O. S. and Moore S. Hematologic complication s of the-rapy with radioactive phosphorus, Lab. Clin. Med., 1944, 29, 1020.
 8. Jone, H. B. Wroble, C J. and Lyons W. R. A. method of distributing betarradiation to the reticulo-endothelial system and adjacent tissues, J. Clin. Invest. 1944, 23, 73B.
 9. Kenney J. M. Radioactive phosphorus as therapeutic agent in malignant neoplastic disease. Cáncer Research, 1942, 2, 130.
 10. Lawrence J. H. Low Beer, B. V. A. and Brown B. R. Chronic leukemia: Results or radiations therapy with roentgen rays and radiophosphorus (In Press).
 11. Laurence J. H. Nuclear physics and therapy preliminary report on a new methol for treatment of leukem'a and polycythe-mia, Radiology, 1940, 35, 51.
 12. Scott K. G. and Laurence J. H. Effect of radiophospho-rus on blood of monkeys. Proc. Soc. Exper. Biol. Med. 1941, 48,155.
 13. Warren S. The therapeutic use of radioactive phospho-rus. Am. J. M. Soc. 1945, 209, 701..
 14. Jom Lab. Clin. Med. Vol. 31 N* 2, Feb. 46, pág. 107. Radiocative Phosphorus as a Therapeutic agent.
 15. Primary Polycytremia: Remission duced by therapy with radiophosphorus. By Lowell, A. Erj. M. D. Bllood. Vol. 1, N' 3, May 1946.
 16. Radioactive Yodine in the study of thyroid Phisiology- Saul Hertz M. D., and Arthur Roberts. Ph. D.
 17. The 'treatment of liyperthyroidism mith radioactive Yo-dine. Earle M. Chapman Robley D. Evans.
 18. J. A. M. A. Vol. 131-504, June 46, Colonel P.D. Keller.
- (Tomado de Informaciones Médicas, de enero y marzo de 1948).