

**PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN EL MANEJO DE PACIENTES
HOSPITALIZADOS, SOMETIDOS A RADIOISOTOPOTERAPIA
CON IODO-131 (¹³¹I) EN EL INSTITUTO ONCOLOGICO NACIONAL
“Dr. JUAN TANCA MARENGO”**

Por: Eduardo Montero Carpio

Directora de Tesis: Dra. Rosalía Morán

Resumen

Este trabajo presenta las facilidades (instalaciones, procedimiento y personal) en SOLCA-Guayaquil para el uso terapéutico del ¹³¹I. Se realiza una revisión de las Regulaciones Nacionales e Internacionales para el uso terapéutico del ¹³¹I y se analizan los datos estadísticos dosimétricos de 107 pacientes portadores de CA diferenciado de tiroides ingresados en SOLCA en el período 1999-2002 para recibir tratamiento con ¹³¹I. El objetivo fundamental de este trabajo es determinar el grado de cumplimiento de las normas nacionales e internacionales en esta actividad en SOLCA-Guayaquil.

Introducción

La protección radiológica es una disciplina científico-técnica que tiene como finalidad la protección de las personas y del medio ambiente frente a los riesgos derivados de la utilización de las radiaciones naturales, ya sean procedentes de fuentes radiactivas o bien de generadores de radiaciones ionizantes.

El sistema de protección radiológica actualmente recomendado por la ICRP está basado en tres principios fundamentales:

- ◆ Justificación
- ◆ Optimización
- ◆ Limitación de dosis

a los que se han de añadir las restricciones de dosis asociadas a la práctica.

La limitación de los efectos derivados de las radiaciones ionizantes se consigue evitando las exposiciones no justificadas y manteniendo tan bajas como sea posible las justificadas (principio ALARA: As Low As Reasonably Achievable).

La aplicación de estos principios constituye la base para establecer medidas de protección que deben asegurar un riesgo individual justificado por el beneficio obtenido y suficientemente bajo, y adicionalmente mantener niveles totales de exposición a las radiaciones lo más bajos posibles.

La dosis de radiación recibida por un individuo al permanecer en las proximidades de un emisor o generador de radiaciones ionizantes, depende de tres factores:

- ◆ El tiempo de permanencia
- ◆ La distancia entre la fuente y el individuo
- ◆ La materia interpuesta entre uno y otro

Los seres vivos, al resultar expuestos a las radiaciones ionizantes sufren una serie de efectos biológicos. Al incidir la radiación sobre un tejido biológico, parte o toda su energía resulta absorbida. La magnitud dosis es precisamente esta energía absorbida por

unidad de masa de tejido biológico. Se trata de una magnitud con una buena correlación con la cuantificación del daño biológico (tanto referido a su severidad como también referido a la probabilidad de que se manifieste). No obstante, a igualdad de dosis, la probabilidad de daño inducido por la radiación, también presenta una dependencia con el tipo de radiación, dando lugar a la denominada dosis equivalente, siendo la dosis multiplicada por un factor de ponderación (w_R) que depende del tipo de radiación. El valor del factor de ponderación está definido de modo que a igualdad de dosis equivalente, se presente la misma probabilidad de daño, independientemente del tipo de radiación.

De modo genérico, en las mediciones tanto del material radiactivo como de las radiaciones ionizantes, es usual el recurrir a las siguientes magnitudes y unidades:

Actividad de un radionucleido, que se define en un instante determinado y desde un estado de energía definido, como el número de núcleos que se transforman por unidad de tiempo. Su unidad de medida en el sistema internacional es el Becquerel (Bq). Históricamente también se ha utilizado el curio (Ci) ($1 \text{ Ci} = 37 \text{ GBq}$).

Dosis absorbida, que es la cantidad de energía absorbida por unidad de masa de material irradiado y su unidad de medida es el Gray (Gy).

Exposición, que se emplea para medir la capacidad de la radiación para producir iones en el aire. Su unidad de medida es el coulomb por kilogramo (C/kg). Históricamente también se ha utilizado el Röentgen (R).

Dosis equivalente, que se correlaciona con la probabilidad de daño por parte de los diferentes tipos de radiación. Adicionalmente se dispone de la magnitud dosis efectiva, que además de tener presente el tipo de radiación, también tiene presente el grado de radio sensibilidad del órgano irradiado. En ambos casos, la unidad de medida en el sistema internacional es el sievert (Sv). Históricamente se ha utilizado el rem (equivalencia: $1 \text{ rem} = 10 \text{ mSv}$).

El cáncer de tiroides representa el 1 % de todos los cánceres. Hay 4 tipos principales de cáncer de tiroides: papilar, folicular, medular y anaplásico.

La causa del cáncer de tiroides no se conoce, pero se han identificado algunos factores de riesgo. Por ejemplo, las personas que hayan recibido radiación en la cabeza, el cuello o el tórax durante la infancia tienen un riesgo mayor que la población general de desarrollar cáncer de tiroides, y por ello se aconseja que se revisen cada 1 ó 2 años por este motivo.

El síntoma más frecuente de cáncer de tiroides es un nódulo que se nota en el cuello, y otros síntomas (dolor, dificultar al tragar, ganglios) son raros e inespecíficos (se pueden dar en otros muchos procesos leves).

Ante un nódulo tiroideo, la única manera de saber si es canceroso o no es examinarlo (punción con una aguja o extirpación para biopsia). Otras exploraciones frecuentes suelen ser una gammagrafía tiroidea, que consiste en ingerir una pequeña cantidad de yodo (^{131}I) o tecnecio (Tc-99m) radiactivos, que se fijan en el tiroides, dibujándose las

áreas anormales en un registro; y la ecografía de tiroides, por la que se produce una imagen de la tiroides a partir de los ecos generados por ondas de ultrasonido.

El tratamiento a seguir en el caso de un cáncer de tiroides está constituido por la siguiente secuencia de acciones terapéuticas:

CIRUGIA. La extirpación total o parcial del tiroides (o tiroidectomía) es el tratamiento más frecuente del cáncer de tiroides no diseminado.

YODO RADIOACTIVO. Se administra de una vez en forma de cápsula o solución; radia directamente el tejido tiroideo, destruyéndolo. El ^{131}I puede utilizarse a dosis altas en algunos cánceres papilares o foliculares localizados.

HORMONOTERAPIA. Tras la cirugía del tiroides o su ablación con yodo radiactivo, suele ser necesaria la reposición de las hormonas tiroideas con la hormona sintética levotiroxina. En algunos casos, cuando existe diseminación del cáncer, puede ser necesario utilizar radioterapia. En todos los casos, será necesario un seguimiento posterior regular.

Hay dos tipos de efectos biológicos de la radiación ionizante: los efectos determinísticos y los efectos estocásticos. Los efectos deterministas se deben a la reducción o pérdida de una función orgánica por deterioro o muerte celular. Los efectos estocásticos se deben a cambios inducidos por la radiación en células que, sin embargo, mantienen su capacidad de división.

En el caso del tratamiento del cáncer de tiroides o metástasis se busca la destrucción de todas las células de la glándula tiroides o las metástasis. El tratamiento no debería afectar a otros órganos de modo que se produzcan efectos deterministas. Por ello, el radionucleido elegido a menudo para estos tratamientos es el ^{131}I emisor de radiación β , aunque la emisión asociada de radiación γ expone también a otros órganos del paciente y otras personas.

El yodo es un componente esencial de las hormonas tiroideas, por lo que la glándula tiroidea lo absorbe muy fácilmente. Normalmente, el yodo entra en el organismo a través de los alimentos y el agua potable, siendo poco frecuente que una dieta normal provoque una ingesta excesiva de yodo. Tras su entrada en el organismo, el yodo se concentra en el tejido tiroideo y se utiliza en la síntesis de hormonas. Si el organismo recibe una cantidad adicional de yodo, la tiroides absorbe por término medio más o menos el 25% de la misma. Dicha cantidad depende en gran medida de la cantidad de yodo que se ingiera normalmente cada día con la alimentación. Si la cantidad de yodo ingerida es baja, la absorción puede representar fácilmente el 50%. Si se ingieren cada día grandes cantidades, puede no ser más que del 5 al 10%. El resto sale del organismo rápidamente en algunos días, en su mayor parte por la orina, pero también en otras excreciones, tales como las heces, el sudor, la saliva y el aire espirado. El yodo utilizado por la glándula tiroides se libera lentamente de las hormonas, pasando a los fluidos corporales, con lo que vuelve a circular. Por último, el organismo lo expulsa en un plazo de varios meses.

Dado que el organismo no distingue entre yodo estable y yodo radiactivo, el ^{131}I se comporta del mismo modo que el yodo estable. Esto significa que una gran parte de la

cantidad ingerida se concentrará en la tiroides en un plazo de 24 a 48 horas. Durante la retención inicial y el periodo de reciclado, en que el yodo radiactivo permanece en el organismo, irradia al tejido tiroideo, matando las células tumorales en el caso de cáncer de tiroides o una gran cantidad de células tiroideas normales en el de una enfermedad benigna de tiroides.

La vida media física del yodo radiactivo es de unos 8 días, lo que implica que la mitad de la cantidad de yodo radiactivo se desintegra en un plazo de 8 días. El principal producto de desintegración es el ^{131}Xe , que desaparece rápidamente del organismo. Además, las células tiroideas dañadas pierden su capacidad de transformar el yodo, que, por ello, se envía a la corriente sanguínea y se expulsa. De este modo, el yodo radiactivo desaparece del organismo en un plazo razonablemente corto por desintegración radiactiva o excreción metabólica. La cantidad total de yodo radiactivo retenido en el cuerpo se reduce a la mitad de su valor original a un ritmo dependiente del estado de la enfermedad: de 1 a 5 días en el caso de cáncer de tiroides con la extirpación total de la glándula.

La radiación gamma procedente del ^{131}I existente en el cuerpo del paciente puede afectar a las personas que están cerca del paciente. La intensidad de esta dosis externa puede medirse utilizando una cámara de ionización y el valor puede convertirse a una tasa de dosis equivalente en el momento de que se trate.

Además de la irradiación del personal, la contaminación externa e interna son riesgos potenciales al personal que entra en la habitación del paciente después de la administración de la dosis. Una vez que el paciente recibe la dosis, las regulaciones pueden requerir un periodo corto de aislamiento del paciente en la Institución médica, típicamente 2 a 8 días (según las regulaciones de cada país), hasta que la tasa de exposición a la radiación pase a los niveles aceptables. Es durante este tiempo que existe el mayor potencial para la contaminación y problemas de exposición a la radiación. Una planificación cuidadosa, educación de seguridad radiológica adecuada para el personal ocupacionalmente expuesto y medidas preventivas apropiadas tomadas por el tecnólogo y el físico médico pueden minimizar problemas potenciales asociados con tales terapias.

Para evaluar la magnitud de problemas potenciales asociados con dosis orales terapéuticas de ^{131}I , debemos recordar el comportamiento biológico de ^{131}I en forma de yoduro de sodio. En la administración de la dosis, el compuesto radioactivo es rápidamente absorbido por el tracto gastrointestinal y es distribuido en el fluido extracelular del cuerpo, concentrándose en el tejido tiroideo remanente, el estómago, y las glándulas salivales, con una porción recirculada nuevamente a estos tejidos. Para la mayoría de los pacientes, el 35%-75% de la dosis administrada puede esperarse que sea excretada en la orina, transpiración y saliva dentro de las primeras 24 a 48 horas después de dosificar. Desde una perspectiva de seguridad radiológica práctica, se espera que el cuerpo del paciente origine altas tasas de exposición y decaiga continuamente durante el periodo de aislamiento.

Materiales y métodos

Para la realización de este trabajo se ha contado con la colaboración del personal del Instituto Oncológico “Dr. Juan Tanca Marengo” en lo que se refiere al análisis de las

facilidades que prestan sus instalaciones para el tratamiento de pacientes con cáncer de tiroides, así como a los equipos utilizados para dichos tratamientos. Además, en el Departamento de Estadísticas del Instituto, se pudo obtener la información necesaria para poder realizar el análisis estadístico de los pacientes que han sido tratados en SOLCA-Guayaquil en los últimos años.

La Sociedad de Lucha contra el Cáncer del Ecuador (SOLCA) viene luchando contra esta enfermedad en el País, para lo cual presta una gran atención a todas las actividades relacionadas con el uso diagnóstico y terapéutico de las radiaciones ionizantes en cáncer.

Dispone para ello de Radioncólogos, Físicos Médicos, Médicos Nucleares, Radiólogos, Dosimetristas, Tecnólogos Médicos, Enfermeras y Auxiliares de Enfermería y desarrolla una intensa actividad docente mediante convenios establecidos con la Universidad Estatal de Guayaquil, la Escuela Superior Politécnica del Litoral y la Universidad de Manta tanto para la realización de entrenamientos en servicios, como de postgrados en Física Médica, Radiología, Radioterapia, Tecnología Médica y Enfermería Oncológica.

El Departamento de Medicina Nuclear tiene a su cargo dos actividades en el manejo del cáncer: a) diagnóstico mediante gammagrafía y b) terapéutica de los tumores malignos mediante radioisótopos. Dispone de una cámara gamma SPECT (Figura 1), que se emplea en pacientes oncológicos y de otras especialidades médicas. Se realizan alrededor de 2000 gammagrafías promedio por año y más de 100 tipos de tratamientos de cáncer de tiroides con ^{131}I y de metástasis óseas con ^{153}Sm . Cuenta también con un laboratorio de dosimetría interna e higiene de las radiaciones para estudios de pacientes que reciben dosis diagnósticas y terapéuticas con radioisótopos, así como para el control de protección radiológica mediante pruebas “in vitro” de sangre y diferentes fluidos del organismo humano del personal ocupacionalmente expuesto. Este laboratorio cuenta con un contador γ automático de muestras (figura 2), único en el Ecuador, un contador Geiger especialmente diseñado para mediciones de contaminación β y γ y un Sistema de Captación de Tiroides y de Pruebas Biológicas del personal ocupacionalmente expuesto, Atomlab 930 (figura 3).



Figura 1
Gammacámara SPECT



Figura 2
Contador γ automático de muestras



Figura 3
Sistema de captación de tiroides
Atomlab 930

Para realizar las mediciones del nivel de exposición de los materiales radioactivos utilizamos el monitor de radiación Alert 4 (Figura 4), el cual es sometido a pruebas estabilidad, de calibración de escalas y de verificación de certificados para determinar su correcto funcionamiento.

La actividad de las muestras radioactivas se la realiza en el calibrador de dosis Atomlab 200 (Figura 5). Este calibrador es sometido a controles de calidad periódicos que nos permiten verificar el funcionamiento óptimo del mismo. Entre los principales controles de calidad están:

- rango de trabajo
- nivel de precisión
- linealidad de respuesta
- geometría
- fondo radioactivo
- contaminación de la columna
- estabilidad de las mediciones
- respuesta de energía



Figura 4
Monitor de radiación Alert 4



Figura 5
Calibrador de dosis Atomlab 200

Las diferentes dosis de radiofármacos se preparan en el cuarto caliente utilizando stands plomados (figura 6), contenedores plomados y los portajeringuillas plomados.



Figura 6
Stands plomados en
el cuarto caliente

La dosificación de los pacientes se prepara en el cuarto caliente de Medicina Nuclear y se transporta desde aquí hasta la sala de tratamientos mediante el uso de un carro blindado (figura 7). Durante este trayecto, el Tecnólogo Médico encargado del traslado de las dosis debe tomar todas las precauciones de seguridad radiológica debido a que tendrá que transitar por zonas donde se encuentran pacientes, visitantes y personal de la Institución. Una vez que llega a la habitación, se coloca la dosis en una bandeja cromada o plástica, cubierta con papel absorbente desechable.

Al paciente y a un familiar acompañante, el Físico encargado de Medicina Nuclear lo entrevista para obtener información sobre la residencia y habitantes de la misma y llenará el formulario correspondiente. Luego de la administración de la dosis, el Físico de Medicina Nuclear mide la tasa de exposición y llena el formulario correspondiente (figuras 8, 9, 10 y 11).



Figura 7
Carro blindado para el traslado de las dosis
radioactivas



Figura 8
Administración de la dosis



Figura 9
Medición de la tasa de exposición a 5 cm del cuello



Figura 10
Medición de la tasa de exposición a 1 m del cuello



Figura 11
Llenado del formulario de control

Análisis de resultados

Se trabajó con una muestra de 105 pacientes sometidos a este tipo de terapia desde fines de 1999 hasta mediados del 2002, obteniéndose que la edad promedio del grupo total es 45.5 años, y la dispersión de la variable edad respecto a la media, medida por la desviación estándar de los datos, es de 13.7 años mientras que la mediana nos indica que el 50% de los pacientes tiene una edad menor o igual a 46 años; la edad que más se repite en el grupo de los pacientes es 48 años, así también tenemos que la edad mínima de un paciente es 15 años y la edad máxima 74 años, produciendo un rango de 59 años. La fecha referencial para la edad es el día de hospitalización.

La dosis de ^{131}I recibida por los pacientes presenta una media de (3.93 ± 1.34) GBq ((106.2 ± 36.2) mCi). Se observa también que el 50% de los pacientes recibieron una dosis menor o igual a 3.7 GBq (100 mCi). La dosis más común fue de 3.7 GBq (100 mCi), mientras que la menor dosis recibida fue de 1.48 GBq (40 mCi) y la mayor de 9.25 GBq (250 mCi), produciendo un rango de 7.77 GBq (210 mCi).

La mayoría de los pacientes (71 enfermos) estuvieron hospitalizados de 4 a 6 días, mientras 8 pacientes estuvieron de 1 a 3 días y los restantes 28 pacientes lo estuvieron más de 6 días. Los días de hospitalización fueron proporcionales a la dosis del radioyodo administrada.

Las habitaciones donde se hospitaliza a los pacientes sometidos a radioisótopoterapia con ^{131}I están diseñadas para las fuentes de ^{137}Cs utilizadas en Braquiterapia, por lo que el nivel de exposición entre habitaciones y en los corredores es mínimo.

Durante el traslado de los pacientes a control gammagráfico, los mismos deben pasar por diferentes departamentos lo que produce una exposición innecesaria a las personas que se encuentran en estos lugares. La supervisión de una enfermera que lleva las protecciones adecuadas y la indicación a las personas de que se alejen de la zona durante el traslado del paciente, son normas de protección radiológica que permiten que la exposición en estos lugares sea mínima.

Conclusiones

Los pacientes portadores de esta enfermedad y son tratados con ^{131}I , son en su mayoría mujeres (83%), lo que está de acuerdo a lo que ocurre en otros países.

Las normas internacionales indican que es suficiente que los pacientes sometidos a este tipo de radioisótopoterapia permanezcan internados de 1 a 2 días. La Vida Media Efectiva (VME) del ^{131}I en los pacientes de este grupo fue de alrededor de 2 días, lo que justifica la norma anterior, pero, sin embargo, por las condiciones sociales propias de este país, debido a los pocos conocimientos médicos generales de la población, dada la poca divulgación popular en estos temas, y al riesgo inherente en pacientes que toman altas dosis del ^{131}I , no existiendo garantías de que los enfermos cumplan las regulaciones recomendadas, se hace necesario mantenerlos por un tiempo mayor de hospitalización, para de esa forma evitar daños a personas en el entorno de los pacientes que reciben este tratamiento.

El manejo de los desechos radioactivos en SOLCA-Guayaquil se lo realiza de acuerdo a las normas internacionales.

Bibliografía

1. Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP). Disponible en: <http://www.icrp.org>
2. Protección radiológica después de una terapia con yodo 131 (exposición debida al contacto con pacientes ambulatorios o dados de alta). Protección radiológica 97. Comisión Europea
3. Procedure Guideline for Therapy of Thyroid Disease with 131Iodine. The Journal of Nuclear Medicine 2002; 43: 856-861.
4. Origen y gestión de los residuos radioactivos. Disponible en: <http://www.cofis.es/actividad/publica/origen.htm>
5. ICRP-60. Recomendaciones 1990. Comisión Internacional de Protección Radiológica.
6. Office of Nuclear Regulatory Research. U.S. Nuclear Regulatory Commission Regulatory Guide 8.39 - Release of Patients Administered Radioactive Materials. Disponible en: <http://www.nrc.gov/NRC/RG/08/08-039.html>.
7. Conferencia Internacional sobre Protección Radiológica del Paciente: Radiodiagnóstico y Radiología Intervencionista, Medicina Nuclear y Radioterapia. Disponible en: <http://www.pruma.uma.es/ci2001.htmlx>.
8. Seguridad radiológica, precauciones y consejos a los pacientes que reciben dosis terapéuticas de ¹³¹I. Disponible en <http://www.alasbimnjournal.cl/revistas/4/amaral.htm>.
9. Protocolo dosimétrico y de protección radiológica para los tratamientos con ¹³¹I en cáncer de tiroides (CT) en pacientes con insuficiencia renal crónica terminal (IRCT) sometidos a hemodiálisis. R. García. A. Soto. E. Navarro. J. Luis. J. Rodríguez. J. Castilla. M. Herrador. R. Vazquez. R. Astorga. Hospitales Universitarios Virgen del Rocío. Sevilla (España).
10. Manual explicativo para la aplicación del reglamento de la Organización Internacional de energía Atómica para el transporte seguro de materiales radioactivos. 1985
11. Regulation for the safe transport of radioactive material. 1988