

Aplicaciones clínicas de las radiaciones ionizantes en patologías cerebrales.

Estefanía Chica Mayorga

Resumen — Se abordan las aplicaciones clínicas de las radiaciones ionizantes, particularmente los rayos gamma, en el tratamiento de patologías cerebrales que pueden comprometer las funciones cognitivas, motoras y sensoriales de quien lo padece. Pueden ser tratadas de manera sencilla y rápida mediante máquinas que hacen uso de tecnologías avanzadas como el Gamma Knife que emplea isótopos radiactivos de Cobalto-60 (Co^{60}) para generar necrosis celular.

Palabras Clave — Radiación ionizante, Rayos Gamma, Gamma Knife, Dosis.



1. INTRODUCCIÓN

Existen distintas enfermedades que pueden acabar con la salud de quienes las padecen en tan solo unos pocos meses; entre estas se encuentran las patologías cerebrales como tumores (benignos o malignos), patologías funcionales y patologías vasculares que comprometen gravemente la vida del paciente. Actualmente, existen diferentes tratamientos para el tratamiento de estas patologías, teniendo como herramienta principal la radiación ionizante, la cual cuenta con la capacidad de arrancar electrones de los átomos del tejido con el que interactúan. El Gamma Knife es un equipo que cuenta con 192 fuentes de Co^{60} que emiten rayos gamma que generan daño en las células tumorales o vasculares para evitar su reproducción y generar necrosis celular.

El cerebro es el órgano responsable de las funciones motoras, cognitivas y sensoriales, entre otras; por lo que para evitar comprometer estas funciones, cruciales para el desempeño normal del día a día, durante el tratamiento de patologías propias, se han propuesto múltiples técnicas de tratamiento. La radiocirugía con Gamma Knife es una de las técnicas más exactas y eficaces atacando únicamente al tejido tumoral y garantizando protección al tejido sano. Esta máquina es un claro ejemplo de la implementación de la física, la química y la tecnología en la medicina y ha significado un gran avance en el tratamiento de patologías cerebrales.

2. RADIACIONES IONIZANTES

La radiación se clasifica en dos tipos principales: ionizante y no ionizante, según su capacidad para ionizar la materia.

Radiación no ionizante: no tiene suficiente energía

para ionizar la materia, ya que su energía es inferior al nivel requerido para liberar electrones de los átomos.

Radiación ionizante: tiene suficiente energía para ionizar la materia, es decir, para arrancar electrones de los átomos. Se divide en dos categorías:

Radiación ionizante directa: partículas cargadas como electrones, protones, partículas alfa e iones pesados, que interactúan directamente con los átomos causando ionización mediante interacciones electrostáticas con los electrones orbitales.

Radiación ionizante indirecta: Está compuesta por partículas neutras como los fotones (rayos X y rayos gamma) y neutrones, que no ionizan directamente pero pueden causar ionización en el medio de manera indirecta.

2.1. Radioactividad

La radioactividad es un proceso por el cual elementos inestables, como los isótopos radiactivos, liberan partículas o radiación para alcanzar un estado más estable. Este proceso implica la emisión de energía, ya sea en forma de partículas o radiación electromagnética.

Tipos de desintegración radiactiva:

Es el proceso en el que un núcleo inestable libera energía al emitir radiación

Desintegración alfa (α): En este proceso, el núcleo expulsa una partícula alfa, que está compuesta por 2 protones y 2 neutrones. Lo que genera una disminución de 2 unidades en el número atómico y de 4 unidades en el número másico del elemento.

Desintegración gamma (γ): Durante la desintegración gamma no se emiten partículas, sino radiación electromagnética de alta energía en forma de rayos gamma. Cuentan con una longitud de onda corta y una alta frecuencia, lo que le permite al rayo gamma tener una capacidad de penetración en la materia extremadamente alta, debido a su alta energía, los rayos gamma pueden tener aplicaciones en la medicina moderna.

Desintegración Beta negativa (β^-): Un neutrón en el núcleo se transforma en un protón, emitiendo un electrón y un antineutrino. Como consecuencia, el número atómico del elemento aumenta en 1.

Desintegración Beta positiva (β^+): Un protón en el núcleo se convierte en un neutrón, emitiendo un β^+ y un neutrino. Este proceso reduce el número atómico del elemento en 1.

Captura electrónica: En este proceso, un electrón de la capa interna es absorbido por el núcleo, donde se combina con un protón para formar un neutrón, liberando un neutrino durante el proceso. Lo que provoca una reducción de 1 en el número atómico del elemento [1].

3. PATALOGÍAS CEREBRALES

Las patologías cerebrales son trastornos que afectan el cerebro y sus funciones, es por esto por lo representan una verdadera amenaza para la vida. Estas afecciones alteran las distintas capacidades que se van desarrollando al crecer y durante la maduración del cerebro, capacidades cognitivas, motoras, conductuales o emocionales, dependiendo de la zona del cerebro más afectada. Las patologías cerebrales pueden tener origen infeccioso, degenerativo, traumático o genético.

Las patologías cerebrales se pueden dividir en patologías tumorales, funcionales y vasculares.

3.1. Patologías Tumorales

Los tumores cerebrales se originan debido a un crecimiento anómalo de las células dentro del cerebro generando una masa que debe ser eliminada. Estos tumores pueden ser primarios, cuando se originan directamente en el cerebro, o secundarios, cuando se desarrollan en otras partes del cuerpo y propagan al cerebro, proceso al cual se le llama metástasis. Los tumores cerebrales pueden ser benignos o malignos; los primeros no tienen un comportamiento cancerígeno mientras que los

segundos si. Su impacto en la salud depende de factores como el tamaño, la ubicación en el cerebro y tipo de tumor.

3.2. Patologías Funcionales

Las patologías funcionales del cerebro son trastornos que impactan su funcionamiento habitual, sin que haya un daño estructural evidente dentro de sus regiones. Estos trastornos modifican la manera en que el cerebro procesa la información, maneja las emociones, controla las acciones corporales o ejecuta otras funciones cognitivas.

3.3. Patologías Vasculares

Las patologías cerebrales vasculares son padecimientos que afectan los vasos sanguíneos en el cerebro, lo que puede alterar la circulación sanguínea del área. Estos padecimientos se producen debido a problemas en las arterias o venas cerebrales, lo que ocasiona daño en el cerebro por una reducción en el suministro de oxígeno y nutrientes (isquemia) o por un sangrado (hemorragia) [2].

4. GAMMA KNIFE

El Gamma Knife es una máquina de tecnología avanzada para radiocirugía estereotáctica que emplea 192 fuentes Co^{60} . En el decaimiento radioactivo de este isótopo se emite radiación beta de 0.31 MeV y dos fotones gamma de 1.1732 MeV y 1.3325 MeV. Los rayos beta emitidos son absorbidos por el blindaje que alberga las fuentes radiactivas y los 192 haces de radiación gamma convergen a un punto específico del cerebro. Cada uno de estos haces, al interactuar con el tejido a tratar, depositan energía suficiente para ionizar un gran número de átomos lo que a su vez conlleva alteraciones moleculares y finalmente muerte celular del tejido irradiado preservando el tejido sano circundante.

En el caso de patologías tumorales, se busca reducir el crecimiento tumoral hasta llegar a su eliminación completa; esto puede tardar hasta 4 años dependiendo de la patología del tumor. Para las patologías funcionales, se busca generar una interrupción de la señal eléctrica que genera la alteración funcional. Cuando se trata de patologías vasculares, se busca cerrar el paso de la alimentación del flujo sanguíneo al nido vascular [3].

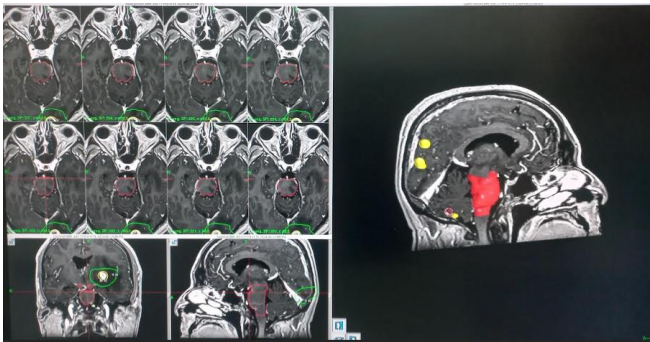


Tomada del Servicio de Radiocirugía GammaKnife de la Fundación Clínica Shaio de Bogotá, Colombia

4.1. Planificación

Antes de que se pueda iniciar el tratamiento, se realizan estudios detallados del cerebro del paciente, por medio de resonancias magnéticas, tomografías computarizadas y/o angiografías, según la patología, con el fin de identificar con precisión la localización del tumor, malformación o región a tratar. Con las imágenes un grupo interdisciplinario de profesionales delimita el volumen a tratar, define la dosis de radiación que se dará y el sistema calcula el tiempo que tardará el tratamiento.

Se le coloca un marco estereotáctico en la cabeza al paciente, que es un dispositivo que permite que las coordenadas de las imágenes y las del tratamiento coincidan y asegura que la entrega de dosis a la región a tratar se realice con precisión submilimétrica [4].



4.2. Administración de radiación

El paciente se recuesta sobre la camilla según las imágenes lo indiquen. Mediante los haces de radiación enfocados en el tumor, la dosis de radiación se dirige a la zona deseada, mientras que el tejido cerebral sano alrededor de esa área recibe una cantidad mínima de radiación que no resulte perjudicial. El procedimiento puede durar desde algunos minutos hasta un par de horas, dependiendo de la dosis de radiación, del volumen a irradiar y del tiempo que tienen las fuentes [4].

5. BENEFICIOS DEL TRATAMIENTO CON GAMMA KNIFE

Al ser un procedimiento no invasivo, el paciente no es sometido a craneotomía ni a ninguna otra forma de intervención abierta en el cerebro, por lo general, no requiere hospitalización ni anestesia, lo que permite que la recuperación sea rápida, de tal forma que el paciente puede retomar sus actividades cotidianas en poco tiempo.

El tratamiento se caracteriza por su alta exactitud y su precisión submilimétrica, lo que reduce al mínimo el daño al tejido cerebral saludable.

España cuenta con dos centros de Radiocirugía Gamma Knife; uno de ellos, con 30 años de experiencia en el Hospital Ruber de Madrid y otro instalado hace cerca de 2 años en el Hospital Vigen de las Nieves de Granada.

6. AGRADECIMIENTOS

Se les agradece a todos los lectores por su atención. Se agradece al personal del Servicio de Radiocirugía GammaKnife de la Fundación Clínica Shaio de Bogotá, Colombia por compartir fotografías e información de la técnica.

7. REFERENCIAS

- [1] E.B. Podgorsak, Radiation Physics for Medical Physicist, Springer (2005).
- [2] Lunsford LD, Sheehan JP: Intracranial Stereotactic Radiosurgery. Thieme 2nd ed. (2016).
- [3] Ganz JC, Gamma Knife Neurosurgery. Springer (2011).
- [4] Leksell Gamma Knife® Icon™, Instrucciones de uso, ELEKTA (2020).