

CFGS IMAGEN PARA EL DIAGNÓSTICO Y
MEDICINA NUCLEAR
PROYECTO FINAL DE CICLO

Detección y seguimiento de metástasis tumoral.

SPECT óseo

Comprar
TFG 

Autor: Nombre y apellidos

DNI autor: DNI del autor

Tutor: Nombre del tutor

Fecha de entrega: dd/mm/aaaa

Convocatoria: Semestre – Años

Documentos del proyecto: Enlace a la carpeta de Google Drive



Índice de contenidos

1. Abstract.....	2
2. Introducción.....	3
3. Exposición del caso clínico.....	4
a. Recepción del paciente e interpretación de la solicitud.....	4
b. Descripción de las estructuras anatómicas implicadas.....	7
c. Estructura y funcionamiento del equipo.....	12
d. Protocolo de exploración	22
e. Valoración de la imagen obtenida y posibles artefactos	25
f. Medidas de seguridad y protección	28
4. Contexto laboral.....	31
5. Futuros avances en la técnica.....	32
6. Conclusiones	33
7. Bibliografía - Webgrafía.....	34

1. ABSTRACT

The development of this project has allowed the design and corresponding approach of a clinical case of a 43-year-old woman who, due to the scope of radiographic images, has suspected bone metastasis, because years ago she was diagnosed with bone cancer ovary. Given this, the general process aimed at detecting bone metastasis was discussed; taking into account at all times the role of the imaging technician for diagnosis and nuclear medicine. According to the information reflected, the patient has been experiencing low back pain radiating to the sciatic nerve for approximately 2 months. He comes to the consultation since he has opted for over-the-counter administration of analgesics and no positive responses have been given. Due to the diagnosis with which he was related years ago, he underwent treatments based on chemotherapy. Taking all the data into account, the specialists chose to use the SPECT technique through the intravenous administration of contrast, where the bone metastasis will be confirmed.

Keywords: SPECT, cancer, bone metastasis, radiodiagnosis.

2. INTRODUCCIÓN

El término de metástasis hace referencia a la propagación de células cancerígenas desde su origen hasta distintas partes del cuerpo, la cual si no es diagnosticada de forma temprana puede avanzar de manera considerable evitando que los tratamientos aplicados logren mejorar el estado del paciente. No obstante, si bien esta palabra trae consigo distintas alteraciones tanto físicas como mentales, su situación ha de depender de distintos factores, como el tipo de cáncer que se padece, y, a su vez, la velocidad con la cual se propaga por distintas partes del cuerpo humano.

En ese sentido, para saber en qué situación se posiciona el desarrollo de la patología, es fundamental llevar a cabo distintos procedimientos dirigidos a la exploración de la enfermedad, siendo los más destacados aquellos orientados en la adquisición de imágenes para reflejar las lesiones que se han producido en este caso a nivel óseo.

La metástasis ósea, es un tipo de cáncer que se ha propagado en los huesos de un sujeto, que ocasiona el 75% de los fallecimientos en pacientes que se han asociado a esta enfermedad.

Es por ello que, ante la letalidad de la metástasis ósea en los pacientes, ha sido interesante como estudiante de imagen para el diagnóstico diseñar un proyecto en el cual se refleje la necesidad, importancia y beneficios alcanzados de la técnica SPECT para desarrollar un diagnóstico exhaustivo de la patología, y, de esta manera, examinar el progreso de la fase metastásica, en donde, ha de ser fundamental la utilización de un disfosfonato marcado con tecnecio-99m el cual se ha de dirigir a áreas esqueléticas.

El SPECT-OSEO es una técnica especial que permite observar información asociada a la presencia de lesiones, logrando evaluar las posibles alteraciones que se producen en los huesos. En este método entra la gammagrafía, que requiere de la inyección de una cantidad mínima de marcador dentro de la vena del paciente, con la finalidad de emitir radiación dentro del cuerpo humano y por consiguiente permitir el alcance de imágenes de calidad que dan a lugar a una mayor y mejor exploración.

El proyecto en cuestión, refleja distintos aspectos del SPECT-OSEO, la enfermedad y el papel del Técnico en todo el procedimiento.

3. EXPOSICIÓN DEL CASO CLÍNICO

a. Recepción del paciente e interpretación de la solicitud

Una paciente de sexo femenino, con 43 años de edad, casada, con 2 hijos, ingeniera industrial, actualmente dedicada a las labores del hogar acude al departamento de Medicina Nuclear derivada por parte del área de oncología, con la cual se ha relacionado los últimos 8 años de su vida por padecer cáncer de ovario estadio III.

De acuerdo a la evaluación del historial clínico se ha logrado visualizar que la paciente asiste de manera regular a procesos de revisión en donde es explorada a nivel físico mediante técnicas de palpación y ante pruebas basadas en citología, con el propósito de identificar si en el área de la pelvis se presencia algún tipo de tumor. De igual manera, según lo reflejado, se ha podido observar que en el proceso de seguimiento de su condición la paciente es sometida a pruebas analíticas y a radiografías de tórax de manera regular.

En la última revisión realizada a través de la utilización de marcadores se encontró una alteración significativa de las zonas evaluadas, visualizando incluso la presencia de manchas a nivel de tórax y en columna vertebral. De esta forma, el departamento de atención de oncología ha desarrollado una sospecha sobre la posibilidad de que la paciente se asocie a un cuadro de metástasis ósea, por lo cual solicitan en el área de medicina nuclear que se lleve a cabo la aplicación de la técnica denominada como SPECT óseo.

Antes de adentrarnos a la exposición del caso clínico, conviene destacar que la técnica mencionada es una de las usadas en el ámbito sanitario debido a que proporcionar imágenes 3D de alta calidad que permiten visualizar de manera exhaustiva aspectos tanto anatómicos como funcionales del metabolismo del esqueleto de los seres humanos.

La técnica en cuestión, requiere de la aplicación fundamental de un radiofármaco, siendo el más usado hoy en día para la exploración del área ósea los difosfonatos tecnecio-99m, los cuales son absorbidos por parte del sistema de forma proporcional a la tarea ejecutada por parte de los osteoblastos y a los elementos vasculares de los huesos.

En ese sentido, ante la aplicación de la técnica, la exploración en la paciente ha de permitir la observación de radiación gamma establecida por el denominado isótopo.

En el proceso de recepción de la paciente, como Técnico en imagen para el diagnóstico y medicina nuclear es fundamental que se cumplan una serie de criterios y parámetros de manera previa al procedimiento. En líneas iniciales, se ha de comprobar la identidad de la paciente, la historia clínica, la solicitud de la exploración, el tipo de prueba y la necesidad de la realización de la prueba, teniendo en cuenta que ha de ser necesario la administración de contraste vía intravenosa y debe evitarse a toda costa el desarrollo de errores debido a información inadecuada.

Al comprobar los datos personales de la paciente y del tipo de prueba a ejecutar, se realiza un análisis sobre si la paciente es alérgica al contraste a utilizar, teniendo en consideración los antecedentes tanto personales como familiares y a los métodos terapéuticos a los cuales ha debido someterse.

La información recogida permitió conocer que la paciente hasta el momento no es alérgica a ningún tipo de medicamento, tampoco se encuentra consumiendo algún tipo de medicamento y desde hace aproximadamente año y medio no recibe tratamientos de radioterapia ni quimioterapia.

El estudio del SPECT-PSEP no requiere de preparaciones especiales de manera previa al desarrollo de la exploración, no obstante como técnico es conveniente que ante de la realización del análisis se garanticen conocimientos a la paciente sobre el tipo de procedimiento que se ha de llevar a cabo, reflejando el paso a paso e incluso comentándole sobre los beneficios de su uso, al igual que las posibles complicaciones o reacciones adversas que pueden surgir tras el estudio.

La paciente manifiesta sentirse emocionalmente inestable, aunque se mantiene en control, pero indica estar preocupada y ansiosa, temiendo por su situación; necesita conocer su nuevo diagnóstico. Desde esta perspectiva, como técnico se hace uso de conocimientos tanto profesionales como humanos, aplicando una serie de valores y especialmente la escucha activa, ya que en efecto la paciente tiene años padeciendo con una enfermedad que impacta de manera potencial la calidad de vida a nivel tanto físico como psicológico y por supuesto emocional.

Durante el proceso comunicativo entre el Técnico y la paciente, una de las preguntas que surge por parte de la misma se enfoca en saber si es posible que este profesional le dé el diagnóstico una vez alcanzadas las imágenes, lo que provoca indicarle una rotunda negativa, explicando que esto debe ser informado por parte de su médico de cabecera.

Antes de la exploración se mantiene una conversación fluente, dinámica y dosificada para tranquilizar el estado emocional de la paciente y permitir que adquiriera una mayor confianza y comodidad en la medida de lo posible. Las acciones comunicativas han logrado beneficiar la condición psicológica de la paciente (al menos de manera momentánea).

Tras lo mencionado, se le indica la necesidad de entregar el consentimiento informado con sus datos y firmas para poder llevar a cabo la aplicación de la técnica del SPECT. Una vez esto, el especialista en el ámbito de la radiología revisa nuevamente los documentos y determina el protocolo a seguir para evitar errores durante la exploración.

Desde este momento las funciones a ejecutar como Técnico para el diagnóstico y medicina nuclear están enfocadas para supervisar el protocolo a seguir, garantizando que cada uno de los parámetros establecidos se encuentre presentes y se sigan de manera adecuada durante el desarrollo de la exploración. Se colabora con la paciente para retirar objetos metálicos explicándole que estos podrían provocar artefactos que afectarían considerablemente el alcance de las imágenes.

Durante la exploración se finaliza la gestión dirigida al control de la calidad de la dosis del radiofármaco y el enfoque del equipo usado. Tras ello, se le solicita que espere en la sala de inyectados y que durante el tiempo de espera ingiera mucho líquido (de preferencia agua) para garantizar una adecuada hidratación.

Posteriormente, se pasa a la paciente a la sala de exploración y se da inicio a la prueba, colaborando con la misma para que adopte una posición decúbito supino, indicando que no debe moverse durante el estudio. Se indica que deberá permanecer de esta manera durante 40 minutos, mientras el técnico se ha de encontrar cerca para garantizar que se encuentre bien. Asimismo, ha de ser el encargado de indicarle el cambio de posición durante la evaluación.

Tras la culminación de la exploración, se le ayuda a levantarse y a vestirse, asegurándose de que la misma se encuentre bien. Se le son entregadas sus pertenencias y se le explica sobre un documento que se le proporciona sobre las medidas a considerar posteriormente a la exploración.

Se realiza una despedida cordial.

b. Descripción de las estructuras anatómicas implicadas

El cuerpo humano es una de las materias más complejas que existen en el mundo. En él se encuentran millones de células, de sustancias como la sangre, arterias, ligamentos, huesos, articulaciones, músculos y órganos que permiten que una persona pueda realizar sus actividades diarias con normalidad. Todo lo que compone el cuerpo humano tiene una razón de ser y ayudan a funcionar todo lo demás. Por ejemplo, un cuerpo no podría tener un corazón saludable sino bombeara sangre o un músculo no podría sostenerse si el hueso no estuviera. Así sucede con todo lo que existe dentro de la piel. Debido a que el cuerpo humano cuenta con diferentes medios que ayudan a que pueda funcionar correctamente todos los días, requiere de atenciones distintas (Ruiz, et al., 2021).

El esqueleto del ser humano se encuentra formado por 206 huesos. Estos son órganos bastante fuertes y duros, que, en relación a todos los músculos, permiten brindar movilidad y estabilidad suficiente al organismo. Todos estos a su vez, son sujetados por ligamentos que se unen gracias a las articulaciones. Mediante todo esto se forma una base de apoyo donde los músculos ayudan a proteger los órganos internos a través de cavidades. Con la hematopoyesis originan a los glóbulos rojos específicamente en la médula ósea roja. Tales glóbulos están formados por minerales, entre los que se encuentra el calcio y fósforo y también por aquellas células que componen al tejido óseo, los osteoblastos y los osteoclastos (Alzate, Giraldo y Alvarán, 2016).

Cada una de las células presentes en el cuerpo humano cuenta con funcionalidades distintas, motivo por el cual cada una de ellas tiene su razón de ser. Las primeras de estas se encargan de la descomposición del tejido óseo que previamente fue mineralizado para hacer más sencilla la reutilización y reabsorción; por otra parte, los osteoblastos se encargan de componer al hueso al sintetizar la sustancia osteoide, el cual está formado en mayor porcentaje de colágeno (motivo por el cual permite el crecimiento de los huesos). Tal "remodelación" ósea nombrada como osteogénesis, realiza su función debido a las labores coordinadas de los conjuntos diferentes de células que existen en el cuerpo, las cuales se denominan como unidades de remodelado. Tal como se conoce, los huesos se encuentran mayormente compuestos por calcio, sin embargo esto no los hace ser precisamente un tejido inerte. Teniendo en cuenta esto, es posible mencionar que un poco más del 9% de todo el esqueleto se regenera todos los años, ocurriendo un proceso de reemplazo total luego de 7 años.

Las unidades multicelulares básicas (BMU) pasan por un procedimiento celular que se compone de las siguientes etapas: (Villalobos, Villalba y Álvarez, 2017)

- Activación. Resorción. Inversión Formación. Reposo.

La primera mencionada, ocurre un proceso donde los preosteoclastos se maduran y actúan debido a la incitación previamente causada por parte de los osteocitos que se encuentran posicionados en los alrededores de una herida paralelamente a las células de revestimiento. Tal maduración provoca la siguiente etapa. La resorción, por su parte, permite que los osteoclastos comiencen a deshacer el hueso al disolver el mineral y actuando directamente a través de enzimas en la zona orgánica. Cuando sucede esto, se producen las lagunas de Howship, las cuales durante la inversión o el reposo se colonizan por las células mononucleares tales como los preosteoblastos para, posteriormente, iniciado con la etapa de desarrollo óseo, donde todos los osteoblastos localizados en la etapa de remodelación van obteniendo una matriz orgánica nueva (Guzmán, et al., 2015).

En la última etapa que es la de reposo, más del 50% de osteoblastos mueren, mientras que, los restantes, se modifican hasta convertirse en osteocitos llegando a adherirse a la matriz ósea; si esto no sucede, pues tales osteoblastos permanecen en la superficie adoptando la funcionalidad de células planas de revestimiento (Alzate, Giraldo y Alvarán, 2016).

Ahora bien, en casos de metástasis, algunas de las células cancerosas que tuvieron su origen en la primera enfermedad (como serían los ovarios) deciden cambiar de lugar y conducen por todo el sistema linfático o el torrente sanguíneo hasta los huesos donde posteriormente exponen sustancias que alteran el normal funcionamiento del mismo. Cuando estas células se trasladan, el balance se desestabiliza y se pueden observar dos diferentes escenarios: (Moore, Dalley y Agur, 2014)

- En el primero de ellos, el hueso se descompone y no se da oportunidad alguna de la regeneración de uno nuevo.
- Contrariamente al primero, se origina el hueso nuevo, pero sin aún descomponer el primero o al menos no en su totalidad, situación que hace que ambos se vuelvan más fuertes en comparación al resto.

La metástasis ósea es una de las tres principales ubicaciones que suele tomar el cáncer, solo luego del cáncer de hígado y pulmón. Se estima que un poco más del

60% de tal patología se localiza en la columna vertebral. Este hueso tiene su ubicación desde el cráneo hasta llegar a la pelvis, cumpliendo con distintas funcionalidades principales siendo la primera la de protección al sistema nervioso central (SNC) (Guzmán, et al., 2015).



Imagen 1. Columna vertebral

Fuente: <https://drrafaelcastro.com/blog/huesos-de-la-columna-vertebral/>

En la zona interior de la columna vertebral se ubica la médula espinal, donde se encuentran diferentes impulsos nerviosos que, mediante los nervios periféricos, se extienden al resto del cuerpo en su totalidad. De igual manera, la médula permite la inclusión de los músculos, tejidos y ligamentos al esqueleto, logrando de esta manera la estabilidad estructural que necesita el cuerpo. En el sistema óseo, esta zona representa el núcleo o el punto central, precisamente porque tiene control sobre prácticamente todo el cuerpo y permite realizar tareas cotidianas como el desplazamiento, el mantenerse erguido y la correcta locomoción (Alzate, Giraldo y Alvarán, 2016).

Esta se encuentra compuesta de ligamentos y nervios que permiten la adecuada relación entre las vértebras. Un ser humano que se encuentra en sus primeros años de vida, únicamente cuenta con 33 vértebras. Sin embargo, en la edad adulta estas suelen agruparse hasta llegar a ser solo 26. De cualquier manera son compuestos bastante fuertes que permiten un estado de robustez y están posicionadas cada una encima de otra, pero manteniendo una pequeña separación gracias a una especie de almohada que previene la fricción y es nombrada como disco intervertebral. Dichos discos también funcionan como medios que permiten al ser humano realizar movimientos que necesiten que las vértebras se muevan, flexiones o giren sin

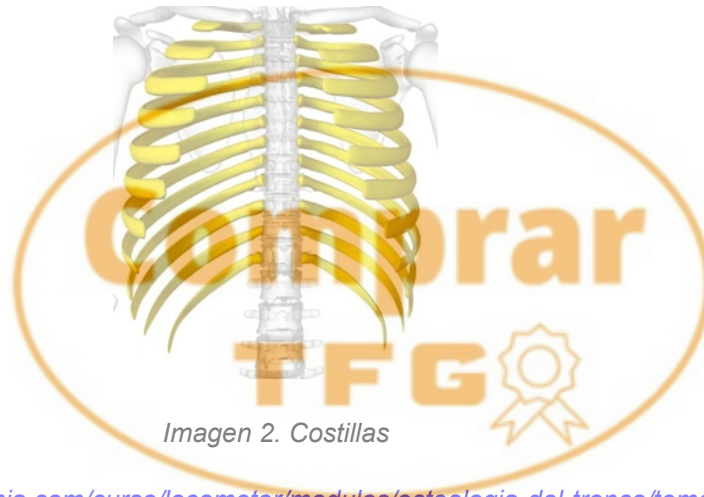
necesidad de afectar de alguna manera a la médula espinal. Tales discos se componen por: (Moore, Dalley y Agur, 2014)

- Anillo fibroso

Este se posiciona en los alrededores del núcleo y está formado por fibras de colágeno y agua, manteniendo un estado de fortaleza y protección hacia el disco intervertebral. De igual manera asegura que el núcleo pulpos se vea afectando mientras previene su movimiento o desplazamiento fuera de su ubicación específica, ya que, en caso de suceder, se pueden desarrollar las hernias discales. De igual manera, estos anillos cuentan con tamaños distintos ya que tal característica depende de la zona de la columna donde se encuentran; es importante mencionar que, mientras más sea el grosor de estos anillos, la movilidad será menor (Tortora y Derrickson, 2013).

- Núcleo pulposo central Es de textura suave y no tiene color, ya que es transparente, lo cual se debe a que se encuentra compuesto por 70 o 90% de agua y pequeñas fibras de colágeno. En este núcleo no existe algún tipo de corriente sanguínea. Su funcionalidad principal es el de brindar flexibilidad suficiente a la columna mientras la protege de alteraciones como golpes (Tortora y Derrickson, 2013). Por su parte, la columna vertebral se encuentra compuesta de algunas zonas diferentes que se componen a su vez de variados tipos de vértebras, entre las cuales se pueden nombrar la zona cervical (7), la lumbar (5), torácica (12 vértebras) y la sacra (con 5 vértebras que se agrupan entre sí para dar formación al coxis y al hueso sacro). Una de las enfermedades que afectan frecuentemente a la columna vertebral es la escoliosis, siendo una patología que no tiene origen muy claro, pero se diagnóstica durante la pubertad. Es una condición que desvía de forma lateral a la columna y, por tal motivo, también desplaza a las vértebras de su ubicación normal. Generalmente la escoliosis se presenta de forma mínima, sin embargo puede llegar a afectar considerablemente el estilo y calidad de vida de quien lo padece si la desviación es bastante extensa y notoria. En estos casos, no sólo se ve afectada la movilidad sino también otros factores como la correcta funcionalidad respiratoria. En el área torácica de la columna vertebral se encuentran posicionadas las costillas, los cuales son huesos extensos y curvados que son componentes del tórax y tienen como principal objetivo el resguardar los órganos del sistema respiratorio y cardiovascular, es decir, los pulmones y corazón. En estas, se presentan los músculos intercostales que también tienen lugar durante el proceso respiratorio puesto que son los encargados de

permitir la movilidad del esternón y costillas durante la inhalación y exhalación (Ruiz, et al., 2021).



Fuente: <https://paradigmia.com/curso/locomotor/modulos/osteologia-del-tronco/temas/costillas/>

Teniendo en cuenta la estructura general, se pueden especificar dos tipos de costillas, las cuales son: típicas (3 y 9) y atípicas (1, 2, 10, 11 y 12). Las típicas cuentan con dos carillas articulares en su inicio y se fusionan al esqueleto mediante el cuello. En esta zona y el cuerpo de la costilla se posiciona el tubérculo. En la parte interior de las costillas atípicas, la 1 es mucho más gruesa, curvada y corta en comparación al resto. Así mismo, la 10 y 12 únicamente cuentan con una carilla, mientras que la 2 tiene un par (Tortora y Derrickson, 2013).

Verdaderamente se trata de 12 pares de costillas que se posicionan en los laterales del tórax. Las primeras siete costillas son llamadas las esternales o verdaderas puesto que son las únicas que se encuentran fusionadas o agrupadas con el esternón mediante el cartílago costal. Las otras tres que les siguen son las asternales o falsas porque están sujetados mediante el cartílago de las últimas costillas, las cuales se conocen como flotantes debido a que no están sujetados al esternón sino que finalizan su posicionamiento hacia el interior del abdomen. El esternón por su parte, se ubica en el área media de la estructura torácica previa, siendo un hueso extenso, fuerte y plano que se encarga de la protección de los órganos vitales del ser humano siendo estos el corazón y los pulmones. Este se puede dividir en: (Moore, Dalley y Agur, 2014)

- Apófisis xifoides. En los primeros años de vida mantiene una textura cartilaginosa, pero con el paso del tiempo se calcifica. Se posiciona en la zona baja del esternón.

- Manubrio: Se encuentran la clavícula y las cuatro primeras costillas. Se posiciona en la zona alta del esternón.
- Cuerpo del esternón: Se ubica en el área baja del manubrio, donde se posicionan las otras costillas restantes.

c. Estructura y funcionamiento del equipo

GAMMACAMARA

La gammacámara es un equipo que permite la obtención de imágenes del cuerpo humano a través de una actuación de fotones gamma que se originan gracias a un trazador radioactivo aplicado antes del proceso al paciente. Con este dispositivo es posible obtener las nombradas gammagrafías óseas que pueden ser planares o bajo la metodología SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography) y que es considerada como uno de los equipos que permiten un mejor diagnóstico de diferentes afectaciones en las estructuras musculares y esqueléticas. Comúnmente y por la funcionalidad que tiene este dispositivo, suelen utilizarse evaluaciones adicionales específicas según sea la sospecha de diagnóstico y lo que señala la gammacámara, entre tales pruebas pueden encontrarse el análisis con Galio-67, con leucitos marcados (de ^{111}In , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ o piezas de inmunoglobulina conectados con $^{99\text{m}}\text{Tc}$) (Briones, Eiber y Luna, 2020).



Imagen 3. Gammacámara

Fuente: <https://sanidadprivada.publicacionmedica.com/noticia/hospitales-universitarios-san-roque-estrena-gammacamara-spec-tac>

En la actualidad la gammacámara es considerada como un equipo de primera línea de elección para realizar diagnósticos de diferentes caracteres, como traumatismos, tumorales, inflamatorios o infecciosos. Las gammagrafías cuentan con una alta seguridad, sensibilidad y facilidad en utilización que permiten brindar diagnósticos precisos y verídicos. Sin embargo es importante mencionar que en algunos casos la

especificidad puede llegar a ser limitada, aunque pueden presentarse ciertos factores que, de igual manera, permiten dar orientación de una enfermedad o afectación a otra. A pesar de ser una característica negativa que puede influenciar de alguna manera sobre la sensibilidad, es un factor que pasa a ser positivo cuando se cuenta con una elevada valoración negativa de carácter predictivo (Jabeen, et al., 2016).

De igual manera, desde hace algunos años han sido incluidos a la gammacámara ciertos completos que han aumentado su reconocimiento y elección en los centros médicos, como por ejemplo las evaluaciones donde se utilizan SPECT, SPECT-RM o SPECT-TC precisamente porque han ayudado considerablemente a la mejoría de seguridad y especificidad en diagnósticos. En otra línea, el análisis e interpretación del análisis bajo el contexto hospitalario y, en relación con otras evaluaciones, ha dado paso a lograr posicionar a este equipo como uno de los mejores en referencia a desempeños diagnósticos (Ziessman, O'Malley y Thrall, 2014).

Las gammagrafías se consideran procesos diagnósticos seguros donde los pacientes no sienten dolor, no manejan efectos secundarios y además pueden llegar a ser accesibles a nivel económico en la mayoría de países. Por otra parte, como se ha mencionado antes, es aplicada una sustancia de radiación que varía en sus dosis según las características de los pacientes. En individuos sanos se aplica una dosis básica de 99m Tc-fosfonatos que posteriormente pasa a ser de 0.0057mSv/MB (Perera, et al., 2017).

Mediante un equipo y proceso complejo, la gammacámara permite la obtención de imágenes bidimensionales que ayudan a una mejor visualización del organismo, lo cual es posible no solo a las fotografías tomadas sino también a la radioactividad que se extiende por todo el cuerpo. Las gammagrafías permiten a los profesionales médicos el tener nuevos datos informativos a nivel morfológico y funcional del área a evaluar (aunque también se pueden obtener imágenes del cuerpo entero a la misma vez). Este proceso es parte de la medicina nuclear y puede ser aplicado en diferentes estructuras del cuerpo como a nivel endocrino, respiratorio, genital, cerebral, osteoarticular, digestivo y cardiovascular. Por otra parte es necesario especificar la sustancia que es utilizada para lograr obtener tales fotografías. Se trata de un compuesto que fue creado para que actúe como un medicamento de isótopo radioactivo capaz de "soltar" una radiación gamma. A partir de esto, se puede observar la trayectoria del radiomedicamento por el isótopo. Tal radiación es analizada a nivel exterior por los dispositivos a utilizar, justo como la gammacámara. El tipo de análisis

fotográfico que es desarrollado se presenta en diferentes proyecciones, obteniendo imágenes (como se ha mencionado previamente) de una zona específica o todo el cuerpo (Villalobos, Villalba y Álvarez, 2017).

Previamente se comentó sobre los tipos de metodologías que suelen ser aplicadas para utilizar la gammacámara y obtener las imágenes para realizar diagnósticos. Generalmente es algo que varía según el tipo de exploración que desea llevarse a cabo. Es posible especificar los siguientes: (Vásquez, et al., 2024)

- Galio 67. El citrato de este componente es usado comúnmente para la detección de afectaciones e inflamaciones en las articulaciones y huesos, mayormente usado en la visualización del esqueleto axial. Fue una metodología muy famosa y demandada en su momento, sin embargo perdió relevancia cuando se incluyeron las evaluaciones con leucocitos y la introducción del PET en la medicina nuclear.
- Leucocitos autólogos. Primero se realiza una extracción de sangre al paciente para posteriormente realizar una separación entre los leucocitos y así reinyectarlos nuevamente al organismo de la persona, pero con ^{99m}Tc -HMPAO o ^{111}In -Oxima. Este método es comúnmente usado para el diagnóstico de agentes infecciosos en estados agudos. La sensibilidad de este puede llegar a ser de 90% al igual que su especificidad.
- Difosfonatos con ^{99m}Tc . Son aquellas sustancias mayormente utilizadas para las evaluaciones a nivel óseo.
- ^{201}Tl io y ^{99m}Tc -MIBI. Son radiotrazadores que, anteriormente, se usaban antes de la inclusión del PET en las evaluaciones de enfermedades de origen tumoral. Funciona correctamente para dar diferencia a los procedimientos benignos y malignos del cáncer y los resultados que se van obteniendo mediante la aplicación de un tratamiento determinado.
- Péptidos quimiotácticos. Se originan a través de las bacterias donde se agrupan con los receptores de la membrana celular en los leucocitos polimorfonucleares, impulsando la quimiotaxis. Este es utilizado para la detección de infecciones.

La manera en la que funciona una gammacámara al momento de realizar su proceso de evaluación es de la siguiente manera:

- Etapa principal nombrada como angiograma con radionúclidos: Es la fase donde se suministra el radiomedicamento al organismo del paciente. Posteriormente se obtienen diferentes fotografías por cada 3 segundos en las zonas sanguíneas donde este fármaco se ha extendido, las cuales se van mostrando progresivamente en el computador.
- Segunda etapa nombrada como rastreo vascular de pool: Durante los primeros tres minutos de la administración del radiomedicamento, el equipo localiza ciertas actividades en el arranque extracelular y vascular previamente a la captación por parte del hueso.
- Tercera etapa nombrada como rastreo estático óseo: Se toman las fotografías necesarias luego de haber esperado al menos 3 horas desde la administración del medicamento, donde se puede observar la expansión de este por los huesos. Todos los radiomedicamentos requieren de tiempos diferentes para este proceso, no obstante todos son capaces de ayudar en la captación de imágenes eficientes para los diagnósticos.
- Última etapa: Obtención de una fotografía estática pasadas 24 horas desde la administración del radiomedicamento.

Entre los tipos de metodologías que se aplican en las gammagrafías se pueden mencionar: (Vásquez, et al., 2024)

- SPECT: Hace referencia a una toma volumétrica del cuerpo. Se diferencia de las demás ya que brinda unas imágenes con mayor resolución y contraste. Desde hace algunos años los profesionales prefieren utilizar esta técnica debido a que muestra una mayor sensibilidad en las lesiones y ubicaciones anatómicas, haciendo que el diagnóstico sea mayormente verídico. En el caso de afectaciones óseas, el SPECT resulta ser la metodología más eficiente, sobre todo al tratarse de lesiones complejas y extensas.
- Gammagrafía planar: Se obtienen imágenes con una o dos dimensiones de carácter estático. Pueden tomarse de una zona específica o del cuerpo en su totalidad.
- Gammagrafía planar dinámica: Imágenes donde se pueden observar la llegada del radiomedicamento a nivel del tejido diana.

En este contexto, fue usado el tecnecio 99 metaestable con disfosfonatos, esto debido a que tiene una mayor probabilidad de adherirse a los huesos correctamente y permitió observar adecuadamente aquello que se pretendía evaluar. Esta metodología permite la activación de una sustancia radioactiva capaz de emitir gamma 140 Kev, una medida eficiente para la obtención y visualización de imágenes que permitieron un adecuado radiodiagnóstico. El tecnecio99-m cuenta con un estado de lo que se denomina como “semivida” debido a que su efecto termina pasadas 6 horas desde su administración, motivo por el cual el organismo del paciente lo elimina por completo luego de un día, lo cual resulta beneficioso para prevenir peligros futuros debido a radiación. Sin embargo, es un factor que se debe considerar debido a la cuantificación que sucede. Es por esto que es necesario que los profesionales gestionen adecuadamente la actividad, preparación y calidad del radionúclido que será usado para la obtención de fotografías eficientes que puedan evidenciar y permitir un correcto y verídico diagnóstico. Por otra parte es necesario mencionar el control de calidad, para el cual se debe considerar su pureza radionuclídica que siempre debe contar con una cantidad menor de 0.1% de molibdeno-99 en la sustancia. Estos controles pueden realizarse mediante el uso de activímetro, quien se encarga de localizar la energía que ha sido emitida por el radionúclido (siendo el molibdeno-99 el utilizado en este contexto) o bien, por la colorimetría al administrativo una materia que actúa en conjunto con esta sustancia (Villalobos, Villalba y Álvarez, 2017).

Siguiendo la misma línea, también debe considerarse el nivel de pureza radio química que existe en la sustancia. En otras palabras, el porcentaje de tecnecio-99m que posee el eluido. Con el objetivo de cumplir tal proceso, se desarrolla un análisis que permita dividir a los líquidos de los gases (a través de la cromatografía). Este proceso de análisis es de gran importancia, debido a que, si existen muchas impurezas en el proceso, el radiomedicamento no tendrá el mismo efecto y, por tal motivo, no será posible obtener imágenes deseadas para el diagnóstico. Por otra parte, es importante mencionar que el tecnecio99-m es producido en un generador (Jabeen, et al., 2016).

Mediante el radionúclido (molibdeno-99) que posee una vida larga, es posible producir otro radionúclido nombrado como “hijo”, el cual posee una vida aún más corta, pero igual de seguro y eficiente para el proceso de evaluaciones diagnósticas. Este radionúclido hijo sería el tecnecio 99-m que, como se ha comentado anteriormente, posee una vida de 6 horas, mientras que el radionúclido padre (que es el molibdeno-99) mantiene una vida larga de más de 60 horas. El molibdeno-99 hace referencia a un

radionúclido de origen artificial que es desarrollado en la fisión nuclear. Este componente ingresa a los centros médicos mediante el uso del generador, donde posteriormente es eluido en conjunto con una solución salina para lograr la extracción del radioisótopo usado en las evaluaciones con gammacámaras. Verdaderamente, esta división es muy sencilla de desarrollar debido a que, físicamente, presentan muchas diferencias. El Tc99-m se desplazará por la columna que posee la solución salina, logrando de esta manera la obtención del eluido que es utilizado en la prueba (en este sentido sería, eluyente con radionúclido hijo sería igual al eluido) (Urbano, et al., 2019).

Es importante mencionar que el uso, manipulación y resguardo del radiomedicamento por parte del personal médico es muy importante para que este no pierda sus propiedades y los efectos sean los deseados. Es debido a esto que se deben seguir las normas de seguridad y conservación desde antes que la sustancia ingrese al centro médico. El tecnecio99-m es capaz de “soltar” radiación gamma, lo cual, al momento de suceder, debe ser blindado o recubierto con plomo o algún material parecido para posteriormente resguardarlo en una ubicación específica. Siguiendo la misma línea, los radiomedicamentos se denominan como fármacos, motivo por el cual deben ser procesados y analizados por parte de la Real Farmacopea Española, quien posteriormente confirmará si su calidad es segura o no para el uso humano. Esta organización cuenta con una especie de guía que debe ser utilizada como proceso de acción cuando tales sustancias se ingresan en el cent hospitalario. La primera regla afirma que deben ser recibidos por un personal específico, quienes deben resguardarse de los posibles peligros mientras analizan que el pedido esté en orden (con respecto al embalaje y albarán); esto se realiza con el objetivo de resguardar aun con más detalle el medicamento en un lugar de alta seguridad (Ziessman, O'Malley y Thrall, 2014).

Ahora bien, es necesario especificar cómo el equipo de gammacámara tiene la capacidad de recibir o localizar la radiación gamma producida por estos medicamentos al ser aplicados en los pacientes. La funcionalidad de este dispositivo se centra en el proceso de luminiscencia. La radiación gamma hace referencia a una radiación de carácter electromagnético que se encuentra formada por fotones que tienen una capacidad elevada de penetración que dan paso a una localización de la misma desde el exterior hacia el paciente (Vásquez, et al., 2024).

Los fotones de este tipo de radiación impactan contra el cristal centelleador que posee el dispositivo, provocando de esta manera un destello de luz que suele ser localizado gracias a los tubos multiplicadores, los cuales se encargan de enviar una respuesta paralela a la iluminación que previamente fue recibida, modificándola de tal manera hasta convertirla en un signo eléctrico que puede ser medido. En base a la distancia, se puede desarrollar un impacto de distintos niveles, donde generalmente se produce una mejor respuesta si se encuentran en una distancia aproximada. El proceso y estructura de posicionamiento del equipo se encarga de analizar tales pulsos de luz para posteriormente colocarlos en las coordenadas correspondientes (siendo éstas x-y). Cuando se tienen todos los pulsos resguardados en la localización determinada y, mediante una modificación digital o analógica, es posible la obtención de una representación codificada de la matriz en diferentes escalas, las cuales pueden ser de color o grises, siendo las primeras denominadas como "gammagrafía planar" (Urbano, et al., 2019).

Los fotones gamma que se emiten al inicio, se analizan y permanecen resguardados por un detector, el cual posteriormente cambia cuando el procesador del equipo se encarga de contar a todos estos para brindar una estructura gráfica con escala de grises en la matriz. Durante la evaluación se evidencia un plano en la división del radiomedicamento, sin embargo no se presentaron especificidades de la radiación (Briones, Eiber y Luna, 2020).

Por otra parte, para lograr una mejor profundidad en la obtención de las imágenes es posible hacer uso del SPECT, el cual fue mencionado anteriormente. A través de este, la gammacámara no permanece en un solo lugar sino que adquiere la capacidad de girar sobre el paciente en al menos 6° con una velocidad fija por toda el área a evaluar. Gracias al uso del SPECT es posible realizar mediciones en diferentes ángulos a través de diferentes proyecciones y reconstruyendo fotografías de mayor resolución y constante en comparación a las que tendría una imagen plana. Esto se debe a la nula influencia de procesos estructurales en la parte trasera y delantera del mismo (Urbano, et al., 2019).

El computador tiene la capacidad de modificar la imagen a una tridimensional mediante el uso de distintos procesos y metodologías. Con un conjunto de tomografías emitidas en 2D es posible la transformación a fotografías tridimensionales gracias a la expansión del radiomedicamento en un volumen específico. Cuando el gantry se mueve en los alrededores del paciente, es posible una mayor localización de la

radiación ya que se realiza la evaluación desde diferentes ángulos, los cuales varían según sea el área analizada (Jabeen, et al., 2016).

Componentes de la gammacamara

- Computadoras. Son las encargadas de obtener, analizar, guardar y evidenciar la información que fue previamente procesada por el equipo hacia los pacientes.
- Tubos fotomultiplicadores. Se encuentran compuestos por diferentes circuitos electrónicos en dinodos, ánodos y cátodos capaces de incrementar el voltaje de energía desarrollando de esta manera los signos de luz que el cristal de centelleo recibe, transformándolos en pulsos de luz. Estos tubos están posicionados en la zona interna de los cristales de centelleo.
- Espectómetro. Se encarga de analizar, observar y controlar los rayos gamma emitidos.
- Cristales de centelleo. Se posicionan en la parte superficial del detector y se encargan de modificar a los fotones gamma para que se conviertan en destellos de luz. Los más utilizados son aquellos producidos por yoduro de sodio con talio INa (TI).

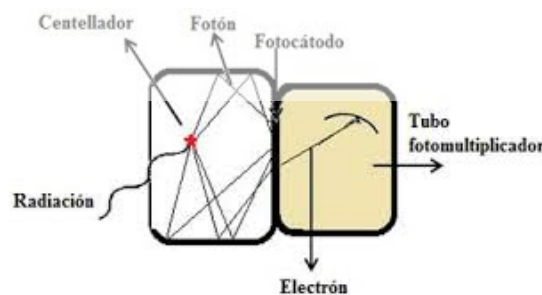


Imagen 4. Partes de una gammacámara

Fuente: <https://images.app.goo.gl/RdVSv7dkPxb6jvfdA>

- Gantry. Proceso mecánico que ayuda en la movilidad y realización de giro de los cabezales que se encuentran en el equipo.
- Cabezal. Puede variar según la cantidad de cabezales detectores que posea, siendo estos:
 - Monocabezal. Menos frecuente, pero que es el encargado de brindar una resolución más elevada de la fotografía obtenida; también ayuda en

los acercamientos hacia el paciente, permitiendo no sólo mejores tomas de imágenes sino que pasa a ser fundamental para pacientes en estados de hospitalización.

- Multicabezal. Cuenta con dos cabezales que disminuyen más del 50% la cantidad de tiempo invertido en la evaluación.

Componentes que son parte del cabezal

- Colimadores. Son placas que tienen orificios organizados, los cuales suelen ser de tungsteno o plomo, y que tienen la capacidad de anteponerse al detector permitiendo que los fotones puedan llegar hacia el cristal y ahí tomar una dirección específica. Estos colimadores previenen la adherencia de fotones que están “sin rumbo” por causa del efecto Compton, siendo este el mayor impedimento que se tiene al momento de querer obtener imágenes de calidad. En conjunto con la ventana detectora, los colimadores son los encargados de la resolución que tenga la fotografía obtenida al concluir la evaluación.
- Ventana de detección. Hace referencia a un lapso de energía establecida por la gammacámara, la cual elimina los fotones que no cumplen con los requisitos establecidos al momento de finalizar la evaluación y obtener las fotografías deseadas.

Es posible mencionar distintos modelos de colimadores, los cuales pueden variar según diferentes factores como lo son la orientación, profundidad, grosor, anchura y diámetro de los agujeros. Entre estos se encuentran: (Perera, et al., 2017)

- Convergentes: Cuando se dirigen estos orificios al paciente es posible obtener un mayor acercamiento hacia la zona a evaluar. A pesar de ser usadas, han ido perdiendo relevancia en el campo de medicina nuclear. Por otra parte, en este conjunto de orificios convergentes se encuentra el colimador Pinhole que cuenta con un único orificio que permite la obtención de fotografías invertidas y con acercamiento de elevada resolución en zonas muy pequeñas.
- Divergentes: Mediante estos orificios que se dirigen hacia el paciente, es posible incrementar el espacio a visualizar por los técnicos. Estos son usados comúnmente cuando se desean observar a profundidad los órganos mas grandes y los tejidos. Desde hace algunos años se encuentran en estado de desuso.

- Paralelos: Desde hace algunos años son los más utilizados. Cuentan con orificios en posición perpendicular hacia el cristal; no reducen la resolución de la fotografía ni modifican la proporcionalidad o posición de la misma.



Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Figura-10-Colimadores-de-una-Gammacamara-29_fig6_282914800

En esta línea resulta importante comentar sobre la resolución que presentan los colimadores, la cual es la habilidad que tienen estos equipos de especificar dos diferentes pulsos de iluminación que varían según la sensibilidad de los mismos, los cuales a su vez, representan la interacción que tienen no sólo los pulsos emitidos sino también los recibidos por la fuente. En este sentido, es posible encontrar colimadores de las siguientes resoluciones: (Perera, et al., 2017)

- Sensibilidad elevada: Mínima resolución. Sensibilidad baja: Resolución alta. Sensibilidad media: Resolución media (siendo la más usada dentro de la medicina nuclear y la gammacámara).

De igual manera, también se puede dividir la cantidad de energía que presenta el equipo, la cual es emitida a través del radiotrazador: (Ziessman, O'Malley y Thrall, 2014).

- Energía baja: Menor a 160 KeV. Energía intermedia: Varía entre 160 KeV a 300 Kev. Energía elevada: Superior a 300 KeV.

Tales tipos o variaciones de energía son posibles de encontrar en los diferentes colimadores que se usan en estos equipos de medicina nuclear: (Briones, Eiber y Luna, 2020)

- Low Energy All Purpose (LEAP): poseen orificios en posición paralela y son los más usados en estos equipos. Tienen una energía mínima, pero una

sensibilidad y resolución intermedia. Low Energy High Sensibility (LEHS): Tiene la capacidad de localizar distintos movimientos con energía radioactiva en lapsos mínimos de tiempo, lo cual permite que la evaluación sea mucho más sencilla al utilizar radiomedicamentos que se modifican con rapidez. Low Energy High Resolution (LEHR): Presentan orificios en posición paralela y manejan una energía mínima, pero con elevada resolución. High Energy All Purpose (HEAP): Con energía elevada. Medium Energy All Purpose (MEAP): Con energía intermedia.

d. Protocolo de exploración

A lo largo de los años se ha determinado debido a los resultados alcanzados que el método SPECT es uno de los mayormente indicados para llevar a cabo el desarrollo de diagnósticos sobre enfermedades que ocasionan algesia a nivel lumbar o dorsal que no puede ser explicado a simple vista.

En ese sentido, esta técnica puede reconocer lesiones que se produzcan a nivel vertebral, patologías metabólicas o infecciosas a nivel óseo, al igual que permite detectar metástasis ósea generando resultados que permiten confirmar la presencia de tumores según su patología de impacto, es decir, benigna o maligna. La técnica SPECT puede diagnosticar diversas enfermedades en el sistema óseo del cuerpo humano.

Teniendo en cuenta lo mencionado en el párrafo anterior, la literatura científica durante los últimos años ha determinado que la técnica en cuestión sigue una serie de protocolos de exploración para diagnosticar correctamente una enfermedad. En ese sentido, teniendo en cuenta el caso presentado y atendiendo el papel del Técnico en Imagen para el diagnóstico y medicina nuclear, los pasos a seguir comprenden:

- Se recibe a la paciente, la cual no debe tener alguna preparación especial de manera previa.
- Se identifica si está administrándose algún tipo de medicación, en donde, según el caso expuesto entendemos no es así.
- Ante la recepción de la misma el Técnico analiza el historial clínico de la paciente, tomando en consideración los tratamientos aplicados, la existencia de prótesis, entre otros.

- Una vez identificada la situación de la paciente, se procede a realizar la explicación a la misma sobre lo que comprende el proceso de examinación mediante el equipo.
- La paciente debe asociarse a la administración de contraste intravenoso, la cual conlleva a la dosis máxima de 30mCi – 1110 MBq o 0,3mCi * peso (kg).
- Normalmente, las mujeres tienden a utilizar joyería y afines, elementos que pueden traer consigo artefactos en las imágenes alcanzadas, por lo cual se procede a la retirada de los mismos.
- Se menciona la necesidad e importancia de permanecer inmóvil durante el proceso de exploración. En este caso la paciente ha de adoptar una posición decúbito supino, manteniendo los brazos por fuerza del enfoque de análisis mediante la técnica.
- Se inicia con el análisis de vascularización con una duración inicial variable entre 1 a 3 minutos. En esta etapa se alcanzan múltiples imágenes en planos 2D para examinar el radionúclido.
- Se establece en el proceso de exploración una matriz de 64*64.
- Se inicia una segunda etapa para evaluar el vascular estático haciendo uso de una matriz de 256-256 con una duración variable entre 5-15 minutos.
- Al encontrar la información inicial se procede al registro de datos alcanzados.
- Debido a que la exploración requiere de otra fase de intervención se le manifiesta a la paciente la necesidad de que ingiera líquidos para que orine previamente a la exploración.

El protocolo de exploración continua con la siguiente etapa de adquisición de imágenes, la cual se realiza entre 2-4 horas posteriores a la aplicación del contraste, llevando a cabo los siguientes pasos:

- La paciente no debe ser sedada, aunque es un aspecto que puede evaluarse teniendo en cuenta el estado de la paciente. En cuestión, deberá permanecer inmóvil, adquiriendo la misma posición que en la fase anterior.
- Se verifica que el área a analizar se encuentre en el campo de visión, y, a su vez, que los denominados cabezales tengan la capacidad de girar de manera libre sin que se toque a la paciente.
- Se centra la ventana a un 20% en 140 KeV. Por otra parte, se establece un enfoque de la órbita no circular, aplicando el contorno de manera manual.

- Asimismo, durante el procedimiento se aplica un proceso de evaluación de carácter estático de rastreo, con el propósito de adquirir imágenes en una única secuencia en el plano 2D mientras se realiza la rotación sobre un mismo eje a fin de permitir por consiguiente la adquisición de imágenes en 3D.
- Se inicia una segunda etapa para evaluar el vascular estático haciendo uso de una matriz de 256-256 con una duración variable entre 5-15 minutos en enfoque estático. Se aplica para el rastreo una matriz 512x2048. Se establece un enfoque magnificado de 64x64 o sin magnificar de 128x128.
- Se realizan de manera conjunta proyecciones anteriores y posteriores.
- Se establece la ejecución de un proceso de rotación a 180° para la columna vertebral y un 360° desde para tórax.
- Para el eje a 180° se plantea la adquisición de 30 imágenes, mientras que para 360° un total de 60 imágenes.
- El tiempo de ejecución para adquirir las imágenes ha de establecerse entre un mínimo de 20 segundos y un máximo de 40 segundos.
- Se aplica el modo step and shoot desarrollando un nivel de Zoom 2 en el área de la columna.
- Se establece un proceso de retroproyección filtrada con la finalidad de eliminar el ruido, y, por otra parte, garantizar la conservación de la señal.
- Se determinan límites por encima y debajo del área a analizar.
- Aplicación del filtro Butterworth orden 5.
- Se establece un zoom de post reconstrucción de acuerdo al tipo de área analizada en la fase en cuestión.
- Al finalizar la exploración se procede a la selección de imágenes según tipo de cortes del equipo en cuestión, provocado de manera continua una reconstrucción 3D de las superficies evaluadas.

Teniendo en cuenta lo mencionado con anterioridad, cabe destacar que el SPECT es un tipo de técnica en el cual podrán encontrarse imágenes planares convencionales del área que se analiza, al igual que del esqueleto humano en su totalidad.

En ese sentido, desde la perspectiva mencionada es necesario garantizar la inclusión bien sea de imágenes de tipo dinámica o estáticas tempranas que hayan sido alcanzados con el propósito de identificar la vascularización de la zona que ha sido afectada por parte de la enfermedad.

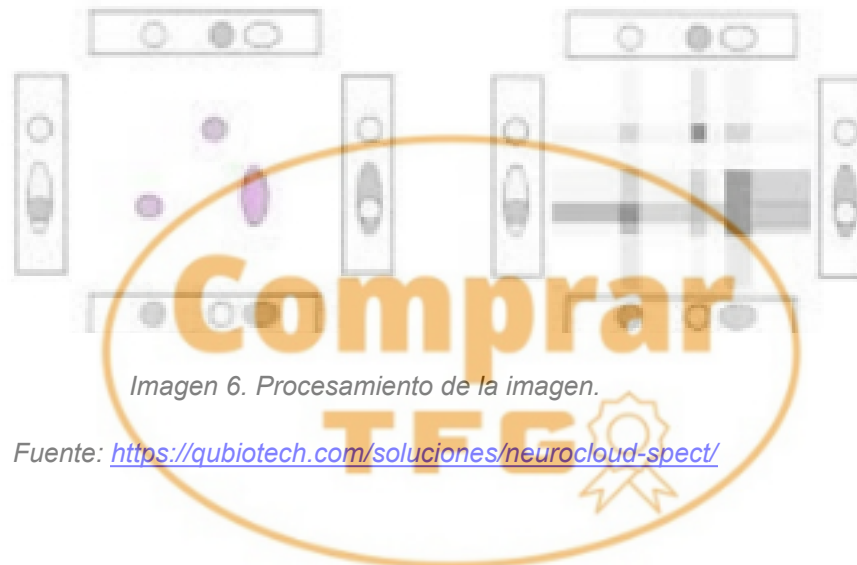


Imagen 6. Procesamiento de la imagen.

Fuente: <https://qubitech.com/soluciones/neurocloud-spect/>

e. Valoración de la imagen obtenida y posibles artefactos

El desarrollo del proceso evaluativo mediante el SPECT-ÓSEO ha permitido que se diagnostique metástasis ósea en la paciente de acuerdo a las imágenes obtenidas. Cabe destacar que el procedimiento se realizó con éxito y no se produjeron artefactos durante el mismo.

Las imágenes en cuestión lograron demostrar tras la evaluación del esqueleto que la enfermedad (cáncer) logró erosionar y por tanto su metabolismo está más activo.

La gammagrafía planar permitió encontrar lo reflejado en las siguientes imágenes:

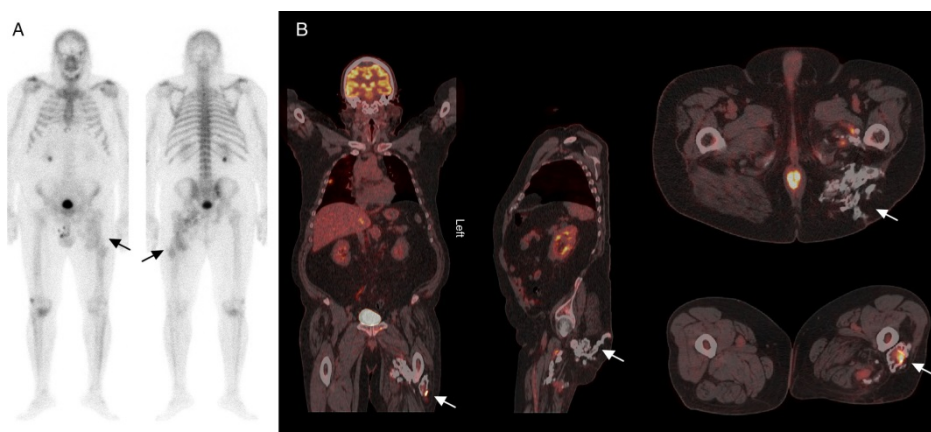


Imagen 7. Incremento de la actividad osteoblástica.

Fuente: <https://www.reumatologiaclinica.org/en-miositis-osificante-gammagrafia-osea-tomografia-articulo-S1699258X17300384>

En la imagen anterior se lograron visualizar distintos focos de incremento sobre el radiofármaco administrado por vía intravenosa, que revelan una considerable afectación a nivel de columna y región lumbar.

En cuestión, el SPECT-ÓSEA ha permitido diagnosticar en detalle el avance de la enfermedad, y, en efecto de la metástasis. Asimismo, en la siguiente imagen se visualiza la clara afectación de la enfermedad a nivel de columna vertebral, visualizando un incremento de la actividad del sistema esquelético para reparar las lesiones ocasionadas por el cáncer.

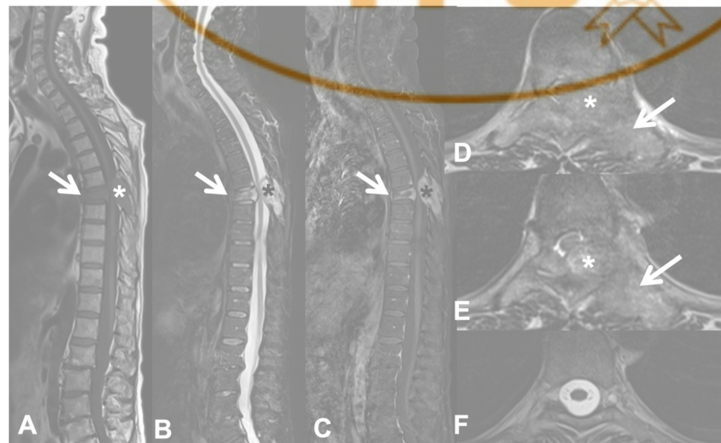


Imagen 8. Metástasis ósea a nivel de la columna vertebral.

Fuente: <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.elsevier.es%2Fes-revista-revista-espanola-cirugia-ortopedica-traumatologia-129-avance-resumen-diagnostico-por-imagen-metastasis-vertebrales-S1888441523001248&psig=AOvVaw1jx8tDDJOiSMVzLQ31dXcg&ust=1732378316396000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBcQjhxqFwoTCNiPsKOq8lkDFQAAAAAdAAAAAAAE>

Ahora bien, si bien se ha mencionado que durante el proceso de exploración las imágenes alcanzadas no sufrieron de artefactos, es importante mencionar que en este tipo de prueba es muy probable que se desarrollen este tipo de inconvenientes, especialmente, por su larga duración que provoca que en un momento determinado el paciente se estrese y sin querer se mueva.

Otro de los errores comúnmente desarrollados se basa en el inadecuado seguimiento del protocolo establecido, por la incorrecta preparación del radiofármaco o su negativa administración. De igual manera puede que surjan desperfectos mecánicos del equipo

debido a una errónea calibración o durante el proceso de construcción de las imágenes.

Si bien, existen una serie de artefactos que pueden generarse en el SPECT, en el caso del enfoque del SPECT-ÓSEO, los más comunes son:

- Incorrecto control y manejo por parte del personal sanitario, provocando la extravasación del denominado radiotrazador. Desde este punto se acumula la vía en la entrada.



Imagen 9. Artefactos en SPECT-OSEO.

Fuente:

https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.goconqr.com%2Fficha%2F35036103%2Fcentellograma-oseo&psig=AOvVaw37DtqvCyk3nfqGsJGj58AE&ust=1732379018619000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBcQjhxqFwoTCPC_pPys8IkDFQAAAAAdAAAAABAE

- Otros artefactos vienen dados ante el movimiento que ejerce el paciente durante la exploración. Si poseen prótesis, entre otros, que dan a lugar a una inadecuada detección de la radiación por la gamma cámara.

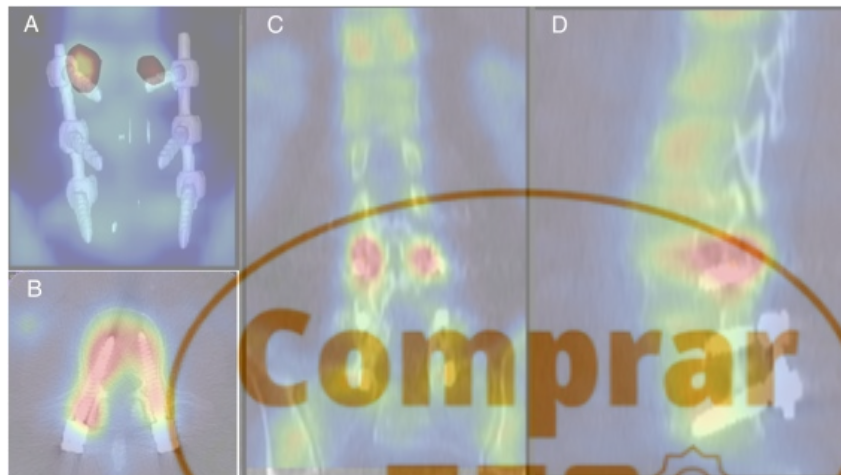


Imagen 10. Artefactos por prótesis.

Fuente:

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.sciencedirect.com%2Fscience%2Farticle%2Fpii%2FS2253654X20301670&psig=AOvVaw3t98HYLs5Ez5PFI0AEiywR&ust=1732379229791000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBcQjhxqFwoTCICX896t8IkDFQAAAAAdAAAAABAK>

f. Medidas de seguridad y protección

La seguridad y la protección en el ámbito de medicina nuclear son de gran necesidad e importancia para poder brindar una adecuada calidad de vida tanto a los pacientes como para los respectivos trabajadores, quienes día a día debe exponerse a radiación para realizar procedimientos radiodiagnósticos.

En ese sentido, en líneas generales, se ha conocido a lo largo de los años que es necesario proteger el área laboral, y, a su vez, brindar una serie de recomendaciones tanto para pacientes como para trabajadores para evitar el riesgo de exposición. Entre las sugerencias más relevantes es posible mencionar:

Consejos para pacientes:

- Limitar el contacto de radiación para aquellas mujeres que se encuentren en estado de gestación, al igual que para niños recién nacidos o en edades pediátricas, ya que suelen ser los más afectados con la exposición a este tipo de elemento.

- Evitar el uso de baños comunes en el área hospitalaria luego de la primera etapa de la exploración, debido a que a través de los fluidos corporales se puede expulsar el radiofármaco.
- Es necesario abstenerse de mantener contacto con personas que pueden presentar un constante riesgo de exposición a la radiación.
- Evitar dormir con otra persona, debido a que puede contaminarse con elementos radioactivos, por lo cual se debe garantizar el período necesario a su respectiva eliminación.

Consejos para el centro hospitalario:

- Es necesario que la exposición a la dosis de radiación sea la adecuada, evitando la contaminación en el centro sanitario, y, por supuesto para adquirir una adecuada imagen, en la cual, se evite repetir el procedimiento.
- Es necesario evitar la pérdida de fuentes de radioactividad.
- Los residuos deberán ser eliminados, y, por otra parte, se debe garantizar la higiene y la limpieza de la ropa de los empleados, la cual utilizan durante el procedimiento de intervención en medicina nuclear para evitar la contaminación del respectivo entorno.
- Es fundamental que el área de radiación exista un asesor de protección quién ha de encargarse de enseñar y de garantizar el cumplimiento de aquellas necesidades destinada a la protección de empleados y pacientes.
- En el ámbito hospitalario es importante que se creen comités de seguridad de radiación diseñe comités de seguridad para determinar medidas.
- De manera periódica se debe supervisar que las zonas estén controladas y vigiladas, evaluando la calidad del equipo de medición de radiación.
- En cada área controlada debe existir una serie de normas que manifiesten aquellos aspectos a tener en cuenta para entrar a la zona de radiación, exponiendo los procedimientos necesarios a llevar a cabo.
- Se deben plantear medidas de seguridad para la adecuada manipulación del radiofármaco.

Teniendo en cuenta lo mencionado en relación a la delimitación de zonas cabe destacar que están reflejan aspectos determinantes, es decir, por su parte, las zonas vigiladas harían referencia a la sala de control, pasillos, sala de aseo de pacientes inyectados con contraste, el área de operación del operador, el cual deberá

permanecer por su parte blindado con una barrera estructural. Por otro lado, las zona controladas, se refiere a la sala de exploración o intervención, áreas que deben contar con detectores de contaminación de radiación.

Las zonas de exploración deben poseer un sistema de emergencia tanto manual como automático, así como también, distintos puntos de acceso. De igual manera, es fundamental la señalización de las zonas, definida en la siguiente imagen:



Imagen 11. Señalización en proceso radiodiagnóstico.

Fuente:

https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Ffriconeducativo.org%2Fcontenidoextra%2Fradiacio%2F6proteccion_radiologica.html&psig=AOvVaw3XqmM4b_yDywYbEgiOyjhr&ust=1732365979442000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBcQjhxqFwoTCOCd-qj874kDFQAAAAAdAAAAABAE

Ahora bien, teniendo en cuenta el tipo de técnica a utilizar, así como también, el proceso de intervención, es conveniente indicar que en el caso del SPECT el papel protagonista es adquirido por parte de los rayos gamma, el cual si bien no tiene masa tiene una cantidad considerable de energía, lo que lo convierte de manera automática en un procedimiento relacionado a una elevada radiación de frecuencia, que en efecto supone un alto riesgo para la vida de los seres humanos.

En ese sentido, teniendo en cuenta la exposición a la cual se somete el técnico constantemente por las funciones que debe cumplir con su trabajo, debe exponerse a una dosis determinada que no puede superarse, esta mencionada por parte de la Comisión Internacional de Protección Radiológica de la siguiente manera:

- No superar los 50 mSv/año o 100 mSv en 5 años.
- No superar la dosis equivalente de 150 mSv/año de cristalino y 500 mSv/año en piel y extremidades.

De igual manera, los técnicos deberán cumplir con el abordaje de los siguientes aspectos de protección:

- Distancia. El riesgo de exposición reduce de manera significativa con la distancia.
- Tiempo. Al menor tiempo de exposición menor dosis de radiación absorbida.
- Blindaje. Se deben establecer barreras primarias para el bloqueo directo del haz, y, de igual manera barreras secundarias para bloquear cualquier fuga. De la misma manera, barreras estructurales y no estructurales.

Finalmente, la vestimenta de los técnicos es fundamental, ya que los mismos deberán contar con una vestimenta adecuada, tales como:

- Bata plomada.
- Gafas de protección.
- Guantes.
- Biombas.
- Protección auditiva.
- Bata de bioseguridad.
- Dosímetro personal.

4. CONTEXTO LABORAL

La adquisición del trabajo como Técnico de Imagen para el Diagnóstico y Medicina Nuclear, desde esta perspectiva, atendiendo el caso expuesto en los capítulos anteriores se ha llevado a cabo a través de un centro clínico privado especializado en radiología. Como requisito principal para optar por el empleo han solicitado la titulación y las notas certificadas. Asimismo, dentro del contexto en concreto solicitan licencias asociados a la exposición de radiación, fundamentales para poder trabajar.

Por otro lado, se ha destacado en la oferta la necesidad e importancia de que el Técnico en cuestión desarrolle aptitudes en su desempeño, estableciendo valores humanos en conjunto de los conocimientos tanto teóricos como prácticos adquiridos durante la formación, basados en la atención del paciente, la escucha activa y afines.

Tras la adquisición del empleo ante el cumplimiento de las menciones indicadas con anterioridad es importante destacar que:

- Se llevó a cabo un tipo de contrato indefinido.
- Se ejecuta una jornada laboral de 8 horas diarias de lunes a viernes, con 1 hora para almorzar.
- Se puede optar por un proceso vacacional de 30 días continuos una vez se alcance el primer año de prestación de servicios.
- Se ofrece un salario de 1.200,00€ mensuales más servicios sociales.

5. FUTUROS AVANCES DE LA TÉCNICA

En consideración a la información expuesta en el presente proyecto, acompañado del caso clínico expuesto, es fundamental mencionar que el SPECT actualmente se asocia a avances futuros innovadores, que de manera principal tendrían el reemplazamiento de detectores compuestos por parte de cristales liminiscentes, sólidos o semiconductores hechos por distintos componentes.

Otra de las características que pretender ser actualizadas será la temperatura, al igual que la sensibilidad, esto con el propósito de permitir el alcance de una mejor resolución de las imágenes adquiridas durante la respectiva exploración.

Algunos de las innovaciones sobre el equipo SPECT están dirigidas en:

- Sistemas híbridos SPECT/TC. Desarrollaron nuevos detectores y colimadores para el alcance de imágenes de perfusión cardíaca. De esta manera las imágenes serán adquiridas en un tiempo mucho más inferior que el método anterior, comprendiendo un máximo de 3 minutos.
- SPECT/TC con mejor calidad de imagen y procesamiento de datos, el cual ha de permitir la disminución de dosis de contraste en el paciente.
- SPECT/TC para mamografía. Nuevos equipos que han de lograr alcanzar una especificidad y sensibilidad >90% para un único tumor.
- Sistema SPECT/CT/PET. Se combina un sistema único combinado en una sola unidad.
- Sistema SPECT/RM.
- Micro SPECT/CT. Utilizados para exploraciones preclínicas, detectando cantidades pequeñas de sustancias con una elevada sensibilidad, ofreciendo la alternativa para analizar lesiones que se produzcan a nivel tanto celular como

tisular. De igual manera, se menciona que este sistema ha de permitir el análisis de las conductas de las moléculas radiomarcadas.

En concreto, el SPECT es un tipo de técnica perteneciente al ámbito de medicina nuclear que tiene una capacidad potencial de avanzar de manera favorable y exitosa en el futuro, especialmente al ser combinada con otras técnicas radiológicas, logrando el diagnóstico temprano de enfermedades, especialmente óseas, permitiendo de esta forma aplicar tratamientos que logren mejorar la condición, y, por tanto, la calidad de vida de los pacientes.

6. CONCLUSIONES

El desarrollo del presente proyecto ha permitido determinar, y, por tanto reconocer, que el ámbito del diagnóstico y de medicina nuclear es una rama de la radiología de gran importancia, que permite a un paciente conocer su diagnóstico y acceder a un tratamiento determinado según la patología encontrada.

En ese sentido, teniendo en cuenta tanto el equipo utilizado, es decir, el SPECT, así como también, el tipo de patología abordada, es decir, la metástasis ósea, es posible mencionar que el uso de la técnica permite otorgar a un paciente una mayor y mejor calidad de vida debido a la capacidad que posee la denominada gammagrafía.

En concreto, el alcance de imágenes 3D del área de interés en la exploración con la realización de distintos cortes proporciona al ámbito de la oncología un impulso precoz sobre la morfología de un tumor y sus respectivas ramificaciones.

No obstante, si bien en efecto el SPECT ha demostrado ser una técnica sumamente ventajosa en el ámbito clínico, de igual manera se asocia a desventajas, siendo una de las más características la necesidad de colimación física, la cual trae consigo la pérdida de fotones y la correspondiente calidad de las imágenes alcanzadas. De igual manera, la misma necesidad de manera fundamental de una especialización por parte de los profesionales que conforman el equipo de administración de contraste, eliminación de residuos, entre otros.

En conclusión, desde el punto de vista personal, el desarrollo del presente proyecto coloca en evidencia las capacidades, habilidades y destrezas adquiridas a lo largo del ciclo formativo para llevar a cabo el desempeño de funciones como Técnico en Radiodiagnóstico, alcanzando habilidades prácticas para ejecutar de manera

adecuada el manejo de equipos radiográficos, ecográficos y de mamografía, entre otros.

Asimismo, se ha aprendido a realizar enfoques no solo desde el punto de vista profesional, sino también, humanos, teniendo en cuenta el tipo de situación por la cual atraviesa el paciente. El proyecto ha permitido ejercer medidas dinámicas que lograron la mejor adquisición de los conocimientos, y, a su vez, aumentando de manera considerable la motivación por la profesión.

7. BIBLIOGRAFÍA – WEBGRAFÍA

Ruiz-Alva, SK, Cortes-Cerda, R, Mora-Ríos, FG, Benítez-Romero, A, Isunza-Ramírez, A, & Mejía-Rohenes, LC. (2021). Tumores que producen metástasis óseas. *Acta ortopédica mexicana*, 35(2), 201-205.

Villalobos LML, Villalba YA, Álvarez-Mon SM. Protocolo de manejo clínico de las metástasis óseas. *Protocolos de práctica asistencial. Medicine*. 2017; 12(33): 1995-9.

Guzman ESI, Ruiz YVH, Craviotto RAB, Montelongo MEA. Abordaje diagnóstico de la enfermedad ósea metastásica. *Rev Sanid Milit Mex*. 2015; 69(5): 455-66.

Briones-Velázquez, Eiber Alexis, & Luna-de-la-Luz, Cristian. (2020). Recidiva de osteosarcoma: detección por gammagrafía y SPECT/CT empleando ^{99m}Tc-sestamibi. *Revista mexicana de pediatría*, 87(1), 38-40.

Ziessman H, O'Malley J, Thrall J. *Nuclear medicine: the requisites*. 4th ed. Philadelphia, USA: Elsevier/Saunders; 2014

Tortora G, Derrickson B. *Principios de Anatomía y Fisiología*. 13th ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2013.

Urbano N, Scimeca M, Bonanno E, Schillaci O. ^{99m}Tc sestamibi SPECT: a possible tool for early detection of breast cancer lesions with high bone metastatic potential. *Future Oncol*. 2019; 15(5): 455-457.

Moore K, Dalley A, Agur A. *Moore Anatomía con orientación clínica*. 7th ed. Barcelona: Wolters Kluwe; 2014.

Perera-Pintado A, Torres-Aroche LA, Vergara Gil A, Batista Cuéllar JF, Prats Capote A. SPECT/CT: principales aplicaciones en la medicina nuclear. *Nucleus*. 2017; 62: 2-9.

Jabeen A, Raza H, Ahmed B, Minhaj M, Mushtaq S, Khan L et al. (99mTc-MIBI Scintigraphy to differentiate malignancies from benign lesions detected on planar bone scans. *Egypt J Radiol Nucl Med*. 2016; 47: 267-273.

Alzate-Mejía, Oscar Andrés, Giraldo-Hoyos, Nicolás, & Alvarán-Arango, Liz Verónica. (2016). Recuento de los huesos del esqueleto humano. *Revista de la Facultad de Medicina*, 64(2), 331-338.

Vázquez Gómez JA, Salvá Arteaga M, Roncero Sánchez-Cano I, Fernández Marín A, Garrastachu Zumarán MDP, Ruiz Del Prado MY. Usefulness of bone gammagraphy as a reflection of the patient's nutritional status, a case of scurvy. *Rev Esp Med Nucl Imagen Mol (Engl Ed)*. 2024 May-Jun;43(3):500012. doi: 10.1016/j.remnie.2024.500012. Epub 2024 Apr 16. PMID: 38636825.

Kapoor G, Toms AP. Current status of imaging of the musculoskeletal system. In: Adam A, Dixon AK, Gillard JH, Schaefer-Prokop CM, eds. *Grainger & Allison's Diagnostic Radiology*. 7th ed. Philadelphia, PA: Elsevier; 2021:chap 38.

Ribbens C, Namur G. Bone scintigraphy and positron emission tomography. In: Hochberg MC, Gravallesse EM, Smolen JS, van der Heijde D, Weinblatt ME, Weisman MH, eds. *Rheumatology*. 8th ed. Philadelphia, PA: Elsevier; 2023:chap 47.

<https://www.breastcancer.org/es/pruebas-deteccion/exploracion-osea>

<https://www.medicalnewstoday.com/articles/es/cancer-de-mama-metastasis-en-los-huesos>

<https://www.drrobertovelez.com/index.php/2018/03/23/gammagrafia-para-que-sirva-esta-prueba-diagnostica/>

<https://www.mayoclinic.org/es/tests-procedures/bone-scan/about/pac-20393136>

<https://www.radiologyinfo.org/es/info/bone-scan>

<https://www.breastcancer.org/es/tipos/metastasis/metastasis-en-los-huesos>

https://www.revistasamas.org.ar/revistas/2020_v39_n141/05.pdf

<https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/003833.htm>

