



FACULTAD DE MEDICINA HUMANA Y DE CIENCIAS DE LA SALUD

ESCUELA PROFESIONAL DE TECNOLOGÍA MÉDICA

ÁREA DE RADIOLOGÍA

RELACIÓN TASA DE EXPOSICIÓN Y ELIMINACIÓN DEL RADIOFÁRMACO EN PACIENTES DE GAMMAGRAFÍA CON MIBI-TC99m DEL SERVICIO DE MEDICINA NUCLEAR, HOSPITAL NACIONAL CARLOS ALBERTO SEGUÍN ESCOBEDO, AREQUIPA, 2016.

Katherine Rossemary Hinojosa Arenaza

Tesis presentada a la Universidad Alas Peruanas como requisito para la obtención del Título de Licenciado en Tecnología Médica en el Área de Radiología.

Asesor Principal: Lic. TM. Jesús Roger Salazar Cordero

Asesor Metodológico: Dra. Yuli Rodríguez Sueros

Asesor de Redacción: Dr. Manuel Linares Pacheco

Arequipa-Perú

2018

Hinojosa Arenaza, K. 2018. **RELACIÓN TASA DE EXPOSICIÓN Y ELIMINACIÓN DEL RADIOFÁRMACO EN PACIENTES DE GAMMAGRAFÍA CON MIBI-TC99m DEL SERVICIO DE MEDICINA NUCLEAR, HOSPITAL NACIONAL CARLOS ALBERTO SEGUÍN ESCOBEDO, AREQUIPA, 2016.** / Universidad Alas Peruanas. Páginas 104.

Asesor: Jesús Roger Salazar Cordero: Licenciado en Tecnología Médica en el área de Radiología.

Disertación académica para optar el Título Profesional de Licenciado en Tecnología Médica en el Área de Radiología – UAP 2018.



FACULTAD DE MEDICINA HUMANA Y DE CIENCIAS DE LA SALUD

ESCUELA PROFESIONAL DE TECNOLOGÍA MÉDICA

ÁREA DE RADIOLOGÍA

Katherine Rossemary Hinojosa Arenaza

RELACIÓN TASA DE EXPOSICIÓN Y ELIMINACIÓN DEL RADIOFÁRMACO EN PACIENTES DE GAMMAGRAFÍA CON MIBI-TC99m DEL SERVICIO DE MEDICINA NUCLEAR, HOSPITAL NACIONAL CARLOS ALBERTO SEGUÍN ESCOBEDO, AREQUIPA, 2016.

“Esta tesis fue evaluada y aprobada para la obtención del título de Licenciado en Tecnología Médica en el área de radiología, por la Universidad Alas Peruanas”

Lic. TM. Jesús Roger Salazar Cordero Presidente -----

Lic. TM. Christian Felipe Rodríguez Zamora Secretario -----

Lic. TM. Fernando Florian Candela Cáceres Miembro -----

Arequipa- Perú.

2018

DEDICATORIA

La presente tesis la dedico a Dios, gracias a Él por darme la vida y permitirme culminar mi carrera.

A mi casa de estudios, Universidad Alas Peruanas Filial Arequipa, donde he obtenido los conocimientos teóricos y prácticos como Tecnólogo médico.

A los docentes por inculcarme sus conocimientos y enseñarme amar la carrera.

A mis padres, hermanos y a mi esposo gracias por su apoyo incondicional y por ser mi fuente de inspiración y de superación en la vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios todopoderoso, por ser mi fortaleza, mi sustento, con tu bendición todo es posible padre bueno.

A la Universidad Alas Peruanas Filial Arequipa, por haberme aceptado ser parte de ella y por los conocimientos adquiridos.

Al Lic.TM. Jesús Roger Salazar Cordero y a la Lic. TM. Giovanna Rojas Cuadros por su contribución para el desarrollo de esta tesis, por compartir sus conocimientos y experiencia así dar un gran aporte para el logro de la presente investigación.

Al Servicio de Medicina Nuclear del Hospital Nacional Carlos Alberto Segúin Escobedo por darme la autorización y su amplia colaboración en el desarrollo de la investigación.

EPIGRAFE

"As Low As Reasonably Achievable"(ALARA).

"Tan bajo como razonablemente sea posible".

(Principio de Radiología)

RESUMEN

El título de la siguiente investigación es: Relación Tasa de Exposición y Eliminación del Radiofármaco en pacientes de Gammagrafía con MIBI-Tc 99m del Servicio de Medicina Nuclear, Hospital Nacional Carlos Alberto Seguí Escobedo, Arequipa, 2016.

El Objetivo de la presente investigación fue: Determinar la relación entre la Tasa de exposición y eliminación del Radiofármaco en pacientes de gammagrafía con MIBI- Tc 99m. Estudio relacional, longitudinal y prospectivo.

La unidad de estudio son 64 pacientes que reunían los criterios de inclusión; y mediante una ficha de recolección de datos se obtuvo información de la tasa de exposición de los pacientes al inicio del estudio post inyección y al término de su gammagrafía, considerando dos distancias en contacto y otra a 1 metro.

De los 64 pacientes, fueron 29 mujeres y 35 varones, representando el 45 % y 55 % respetivamente. La edad promedio de los pacientes es de 61 a 70 años representando el (45%). La actividad administrada promedio de los pacientes es de 20 ± 1 mCi. Así mismo la tasa de exposición al término del estudio en contacto es de 200.1 a 300 $\mu\text{Sv/h}$ es la más frecuente con 30 casos (47%), la tasa de exposición al término del estudio a 1 metro es de 15.1 a 20 $\mu\text{Sv/h}$ es la más frecuente con 37 casos (58%), la contingencia de la eliminación Hepatobiliar por tasa de exposición al término del estudio en contacto es 300.1 a 500 $\mu\text{Sv/h}$ se presentaron 4 casos en que no se utilizó esta vía de eliminación y la contingencia de la eliminación renal por tasa de exposición al término del estudio a 1 metro es 15.1 a 25 $\mu\text{Sv/h}$ presentan 10 casos en donde no se utilizó esta vía de eliminación.

Así también al comparar la tasa de exposición en contacto y a un metro, al inicio del estudio post inyección y al término del estudio se observa una amplia variación donde la tasa de exposición en contacto que es mucho mayor que la tasa de exposición a 1 metro tanto en sus valores mínimos como máximos.

Se concluye que la tasa de exposición tiene relación directa y significativa con la eliminación del Radiofármaco por vía hepatobiliar principalmente en pacientes que se realizan gammagrafía con MIBI- Tc 99m, quedando validada la hipótesis de estudio.

PALABRAS CLAVES: Gammagrafía con MIBI-Tc 99m, Tasa de Exposición y Eliminación del Radiofármaco.

ABSTRACT

The title of the following research is: Exposure Rate Ratio and Elimination of Radiopharmaceutical in MIBI-Tc 99m Gammagraphy Patients from the Nuclear Medicine Service, Carlos Alberto Seguín Escobedo National Hospital, Arequipa, 2016.

The objective of the present investigation was to determine the relationship between the exposure rate and radiopharmaceutical elimination in patients with MIBI-Tc 99m scintigraphy. Relational, longitudinal and prospective studies.

The study unit was 64 patients who met the inclusion criteria; and by means of a data collection card, information was obtained on the rate of exposure of patients at the start of the post injection study and at the end of their scintigraphy, considering two distances in contact and another at 1 meter.

Of the 64 patients, there were 29 women and 35 men, representing 45% and 55% respectively. The average age of patients is 61 to 70 years representing (45%). The average administered activity of the patients is 20 ± 1 mCi. Likewise, the exposure rate at the end of the study in contact is 200.1 to 300 $\mu\text{Sv} / \text{h}$ is the most frequent with 30 cases (47%), the exposure rate at the end of the study at 1 meter is 15.1 to 20 $\mu\text{Sv} / \text{h}$ is the most frequent with 37 cases (58%), the contingency of Hepatobiliary elimination by exposure rate at the end of the study in contact is 300.1 to 500 $\mu\text{Sv} / \text{h}$ there were 4 cases in which this route of elimination was not used and the contingency of the renal elimination by rate of exposure at the end of the study at 1 meter is 15.1 to 25 $\mu\text{Sv} / \text{h}$, there are 10 cases where this route of elimination was not used.

Thus also when comparing the rate of exposure in contact and one meter at the beginning of the study post injection and at the end of the study shows a wide variation where the rate of exposure in contact that is much higher than the rate of exposure to 1 meter in their minimum values as maximums.

It is concluded that the exposure rate has a direct and significant relationship with the elimination of the radiopharmaceutical by hepatobiliary route, mainly in patients who undergo MIBI-Tc 99m scintigraphy, and the study hypothesis is validated.

KEY WORDS: Gammagraphy with MIBI-Tc 99m, Exposure Rate and Radiopharmaceutical Elimination.

Lista de contenidos

	Pág.
Carátula.....	i
Ficha catalográfica.....	ii
Hoja de aprobación.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento.....	v
Epígrafe.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract o resumen en lengua extranjera.....	ix
Lista de contenidos.....	xi
Lista de tablas.....	xiv
Lista de gráficos.....	xv
Lista de figuras.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	17
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	18
1.1. Problema de Investigación.....	18
1.1.1.Descripción de la realidad Problemática.....	18
1.1.2.Formulación del Problema.....	19
1.1.3.Horizonte de investigación.....	19
1.1.4.Justificación.....	20
1.2. Objetivos.....	21
1.2.1. Objetivo General.....	21
1.2.2.Objetivos Específicos.....	21
1.3. Variables.....	21
1.3.1.Identificación de Variables.....	21
1.3.2.Operacionalización de Variables.....	22
1.4.Antecedentes investigativos.....	22
1.4.1.Nivel Internacional.....	22
1.4.2. Nivel Nacional.....	24
1.4.3. Nivel Local.....	24
1.5. Base Teórica.....	25

1.6. Hipótesis	58
1.6.1. Hipótesis Principal.....	58
1.6.2. Hipótesis Secundarias.....	58
CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO	59
2.1. Nivel, Tipo y Diseño de la Investigación	59
2.1.1. Nivel de la Investigación.....	59
2.1.2. Tipo de investigación.....	59
2.1.3. Diseño de Investigación	59
2.2. Población, Muestra y Muestreo	59
2.2.1. Población	59
2.2.2. Muestra	59
2.3. Técnicas e Instrumentos	59
2.3.1. Técnica.....	60
2.3.2. Instrumento	60
2.3.3. Procedimiento	60
2.4. Técnicas de Procesamiento y análisis de datos.....	61
2.4.1. Matriz de base de datos	61
2.4.2. Sistematización de cómputo	61
2.4.3. Análisis estadístico.....	61
CAPÍTULO III: RESULTADOS	62
3.1. Resultado de la población	62
3.2. Resultado de la variable dependiente	65
3.3. Resultado de la variable independiente	73
3.4. Resultados del Problema de Investigación	77
3.5. Discusión de los resultados.....	89
4. Conclusiones.....	90
5. Recomendaciones.....	91
6. Referencias Bibliográficas	92
7. Anexos	94
7.1 Anexos N°1: Mapa de Ubicación	95

7.2 Anexos N°2: Glosario	96
7.3 Anexos N°3: Instrumento	98
7.4 Anexos N°4: Protocolo del Instrumento	99
7.5 Anexos N°5: Matriz de Base de Datos	101
7.6 Anexos N°6: Matriz de Consistencia	104

Lista de tablas

Pág.

1.Tabla N° 1	62
2.Tabla N° 2	63
3.Tabla N° 3	64
4.Tabla N° 4	65
5.Tabla N° 5	67
6.Tabla N° 6	69
7.Tabla N° 7	71
8.Tabla N° 8	73
9.Tabla N° 9	75
10.Tabla N° 10	77
11.Tabla N° 11	79
12.Tabla N° 12	81
13.Tabla N° 13	83
14.Tabla N° 14	85
15.Tabla N° 15	87

Lista de gráficas

Pág.

1.Gráfica N° 1.....	66
2.Gráfica N° 2.....	68
3.Gráfica N° 3.....	70
4.Gráfica N° 4.....	72
5.Gráfica N° 5.....	74
6.Gráfica N° 6.....	76
7.Gráfica N° 7.....	78
8.Gráfica N° 8.....	80
9.Gráfica N° 9.....	82
10.Gráfica N° 10.....	84
11.Gráfica N° 11.....	86
12.Gráfica N° 12.....	88

Lista de figuras

Pág.

1. Figura N° 1	41
2. Figura N° 2	56
3. Figura N° 3	57

INTRODUCCIÓN

Los estudios de Gammagrafía con MIBI- Tc 99m son de gran utilidad, pero tienen alto riesgo de exposición radiológica, la tasa de exposición debe ser medida y monitorizada, la eliminación del radiofármaco es vital para lograr disminuir la tasa de exposición.

Los profesionales y familiares que tienen contacto con el paciente deben protegerse porque son susceptibles de exponerse a la radiación, situación observada con relativa frecuencia, y por ese motivo se presenta este trabajo de investigación.

En el capítulo I: se desarrolla el problema de investigación: ¿Cuál es la Relación Tasa de Exposición y Eliminación del Radiofármaco en pacientes de Gammagrafía con MIBI- Tc 99m del Servicio de Medicina Nuclear, Hospital Nacional Carlos Alberto Segúin Escobedo, Arequipa, 2016?, los objetivos, las variables, el marco teórico y la hipótesis de estudio.

En el capítulo II: se desarrolla el planteamiento metodológico, donde principalmente se define la muestra y se construye el instrumento de investigación.

En el capítulo III: se presentan los resultados, descripción e interpretación de los mismos y finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Problema de Investigación

1.1.1. Descripción de la realidad Problemática

Aunque en medicina nuclear se utilizan distintos tipos de radionúclidos, el problema de la exposición externa se da principalmente por el ^{99m}Tc debido a que es el más usado, los pacientes inyectados experimentan un incremento temporal en la cantidad de material radiactivo en su organismo, son fuentes de radiación ionizante durante cierto tiempo, en la mayoría de estudios como: Gammagrafía con AMD- ^{99m}Tc , MAG3- ^{99m}Tc , DTPA- ^{99m}Tc y otros con el consumo abundante de líquido, el paciente elimina gran porcentaje de la tasa de exposición. Porque su vía de eliminación es principalmente renal disminuye así fácilmente al término de su estudio la tasa de exposición emitida a familiares y al público en general.

Lo observado en el Servicio de Medicina Nuclear del Hospital Nacional Carlos Alberto Segúin Escobedo es que cuando se administra MIBI-Tc 99m , para estimular la eliminación del radiofármaco que es principalmente hepatobiliar al paciente se le recomienda consumir abundante alimento graso, pero al término del estudio la tasa de exposición final es mayor que el resto de estudios gammagráficos con AMD- ^{99m}Tc , MAG- ^{99m}Tc , DTPA- ^{99m}Tc y otros.

Por lo expuesto anteriormente es importante estudiar la relación entre la tasa de exposición y la eliminación del radiofármaco en los pacientes que se realizan estudios gammagráficos con MIBI-Tc 99m .

1.1.2. Formulación del Problema

1. Problema Principal

¿Cuál es la Relación Tasa de Exposición y Eliminación del Radiofármaco en pacientes de Gammagrafía con MIBI-Tc 99m del Servicio de Medicina Nuclear, Hospital Nacional Carlos Alberto Segúin Escobedo, Arequipa, 2016?

2. Problema Secundarios

A. ¿Cuál es la tasa de exposición en pacientes de gammagrafía con MIBI- Tc 99m del Servicio de Medicina Nuclear, Hospital Nacional Carlos Alberto Segúin Escobedo?

B. ¿Cuál es la eliminación del Radiofármaco en pacientes de gammagrafía con MIBI- Tc 99m del Servicio de Medicina Nuclear, Hospital Nacional Carlos Alberto Segúin Escobedo?

1.1.3. Horizonte de investigación

- a) Campo: Salud
- b) Área: Tecnología Médica- Radiología
- c) Línea: Medicina Nuclear

1.1.4. Justificación

La trascendencia de este trabajo de investigación, radica en el uso de la gammagrafía con MIBI- Tc99m en la actualidad el aporte científico que brinda para el diagnóstico diferencial de múltiples patologías principalmente cardiológicas, endocrinológicas y en la detección de neoplasias ocultas. Lo convierte en uno de los estudios de medicina nuclear que cada vez son más solicitados por las especialidades ya mencionadas.

Los resultados de esta investigación serán de utilidad porque, proporcionarán al tecnólogo médico mayor información sobre la relación tasa de exposición y eliminación del Radiofármaco en pacientes de Gammagrafía con MIBI-Tc 99m del Servicio de Medicina Nuclear, Hospital Nacional Carlos Alberto Seguí Escobedo, Arequipa, 2016. Este trabajo de investigación es viable porque en el Hospital Nacional Carlos Alberto Seguí Escobedo (HNCASE) de la ciudad de Arequipa, servicio de medicina nuclear, se realiza estudios gammagráficos con MIBI- Tc 99m, en el cual los pacientes participarán de dicha investigación.

Se realizaron diferentes trabajos de investigación sobre los Niveles de exposición a la radiación, tasa de dosis en estudios gammagráficos con AMD-Tc 99m, que el grado de eliminación es alto, pero no estudios donde resalte la importancia de la relación la tasa de exposición y eliminación del radiofármaco en pacientes de gammagrafía con MIBI- Tc 99m, que tiene menor grado de eliminación al término del estudio. Es por ello que este trabajo de investigación está enfocado en determinar la relación tasa de exposición y eliminación del radiofármaco en pacientes de gammagrafía con MIBI- Tc 99m. Al término del estudio se evaluará la variación de la tasa de exposición en función de la eliminación del radiofármaco.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Determinar la relación tasa de exposición y eliminación del radiofármaco en pacientes de gammagrafía con MIBI- Tc 99m del Servicio de Medicina Nuclear, Hospital Nacional Carlos Alberto Seguín Escobedo, Arequipa, 2016.

1.2.2 Objetivos Específicos

- A. Identificar la tasa de exposición en pacientes de gammagrafía con MIBI- Tc 99m del Servicio de Medicina Nuclear, Hospital Nacional Carlos Alberto Seguín Escobedo.
- B. Analizar la eliminación del radiofármaco en pacientes de gammagrafía con MIBI- Tc 99m del Servicio de Medicina Nuclear, Hospital Nacional Carlos Alberto Seguín Escobedo.

1.3 Variables

1.3.1 Identificación de Variables

- a) Variable dependiente: Tasa de exposición
- b) Variable independiente: Eliminación del Radiofármaco

1.3.2. Operacionalización de Variables

Variables	Indicador	Subindicador	Ítem
Tasa de exposición	Contacto (0cm)	Al inicio del estudio post inyección ($\mu\text{Sv/h}$)	3
		Al término del estudio ($\mu\text{Sv/h}$)	5
	1 metro	Al inicio del estudio post inyección ($\mu\text{Sv/h}$)	4
		Al término del estudio ($\mu\text{Sv/h}$)	6
Eliminación del radiofármaco	Hepatobiliar	Observable	7.a
		No observable	7.b
	Renal	Observable	8.a
		No observable	8.b

1.4 Antecedentes investigativos

1.4.1 Nivel Internacional

A. Trujillo Zamudio F. et al 2006. Niveles de exposición a la radiación en pacientes de diagnóstico inyectados con $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{67}Ga y ^{131}I en el Instituto Nacional de Cancerología Servicio de Medicina Nuclear de México.

Resultados: indican que los niveles promedio de la tasa de exposición de cada grupo fueron: a) $0,57 \pm 0,17 \text{ mR / h}$, b) $0,47 \pm 0,20 \text{ mR / h}$, y c) $0,86 \pm 0,14 \text{ mR / h}$.

Conclusión: Este estudio ha demostrado que el Servicio de Medicina Nuclear en el INCA cumple con la NOM-013-NUCL-1995 regulación mexicana (1).

B. Martínez Hernández I. et al. 2009. Análisis de Dosis Equivalente (H) a partir de la Exposición (X) recibida por Familiares de Pacientes en Estudio de Perfusión Miocárdica con $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Sestamibi.

Resultados: Inmediatamente después de la inyección de 15 mCi (555 mBq) de ^{99m}Tc Sestamibi, los valores de la DAM (1.37 ± 0.43 rem, 13.7 ± 4.3 μSv) difieren significativamente de la DAT (1.04 rem, $p < 0.05$) (10.4 μSv). La segunda inyección de 30 mCi (1110 mBq) de ^{99m}Tc -Sestamibi se realizó en un tiempo promedio de 2.57 ± 0.02 hrs, teniendo el grupo de pacientes una actividad inicial calculada de 11.14 ± 0.76 mCi (412.2 ± 28.12 mBq). No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre la DAM (2.76 ± 0.87 mrem) respecto a la DAT (2.86 ± 0.05 mrem, $p = 0.58$) (28.6 ± 0.5 μSv), después de la segunda inyección del radiofármaco. Sin embargo, el índice de correlación de Pearson entre ambas mediciones fue de 0.22 con una significancia de $p = 0.12$. Asumiendo que posterior a la segunda inyección el familiar del paciente se mantiene a una distancia de 1 metro durante las 3 horas restantes del estudio, la dosis absorbida por el familiar calculada por el MFP es de 6.93 ± 0.13 mrem (69.3 ± 0.13 μSv). Conclusiones: Los valores de la DAT y la DAM no son significativamente diferentes; sin embargo, el análisis de regresión plantea la necesidad de realizar un análisis de variabilidad y reproducibilidad de las mediciones que rutinariamente se realizan y/o explorar el cálculo la dosis equivalente mediante otro modelo diferente al MFP. La dosis equivalente máxima calculada para un familiar que acompaña al paciente que está en estudio de PM- ^{99m}Tc -Sestamibi equivale a la exposición de 8.4 días a la radiación natural de fondo, considerando que la radiación natural es de 300mrem/año (3mSv/año); por lo que dicho estudio no representa ningún riesgo, lo que disminuye aún más la relación costo-beneficio de dicho procedimiento (2).

1.4.2 Nivel Nacional

A. Quispe E y Taboada R .et al 2014 “Valores de la tasa de exposición a un metro de distancia del paciente al término de un estudio de gammagrafía ósea con tecnecio 99 meta estable. Servicio de medicina nuclear instituto nacional de enfermedades neoplásicas”

Resultados: De los 300 pacientes, 224 fueron mujeres y 76 varones, representando el 75% y 25% respetivamente. La edad promedio de los pacientes es de 58 ± 14 años. El tiempo post inyección hasta las mediciones de los datos es en promedio 3.5 ± 0.7 horas. La actividad administrada promedio de los pacientes es de 21.4 ± 2.1 mCi. La tasa de exposición medida a un metro de distancia del paciente es en promedio $10.3 \pm 3.1 \mu\text{Sv/h}$, su mediana es $9.5 \mu\text{Sv/h}$, la moda es $9 \mu\text{Sv/h}$, el valor mínimo es $4.92 \mu\text{Sv/h}$ y el máximo $16 \mu\text{Sv/h}$. Además, se puede observar que existe una correlación significativa alta y negativa (-0.92) entre el tiempo post inyección con la tasa de exposición; debido a que la vida media del tecnecio es de 6.02 horas. Se observa que existe una correlación no significativa y positiva ($+0.113$) entre la actividad administrada y la tasa de exposición, ya que esta última depende de varios factores. Conclusión: se encontraron que Los valores de tasa de exposición a un metro de distancia del paciente al término de su estudio de gammagrafía ósea con tecnecio 99m, son menores de $40 \mu\text{Sv/h}$, en conformidad con el cumplimiento de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) (3).

1.4.3 Nivel Local

No se encontró a la fecha (2016).

1.5 Base Teórica

1.5.1 Medicina Nuclear

La OMS ha definido a la Medicina Nuclear como la especialidad que se ocupa del diagnóstico, el tratamiento e investigación médica mediante el uso de radioisótopos como fuentes abiertas (4).

Su campo de acción comprende los siguientes aspectos:

- **Prevención:** En este aspecto, la medicina nuclear aplica los conocimientos y técnicas que le son propios a la higiene, medicina profiláctica y preventiva y a la protección radiológica.
- **Investigación:** La medicina nuclear se desarrolla en la investigación básica y aplicada, utilizando isótopos radiactivos y técnicas biofísicas afines.
- **Diagnóstico:** Incluye fundamentalmente la realización de pruebas funcionales, morfológicas, dinámicas, morfofuncionales y analíticas, basadas en principios bioquímicos, fisiológicos y fisiopatológicos, encaminadas a conseguir un mejor conocimiento y comprensión de la estructura y función del cuerpo humano en estado de salud o de enfermedad.
- **Terapéutica:** Además del importante impacto que tienen las técnicas diagnósticas de la medicina nuclear sobre el tratamiento y manejo de los pacientes, esta especialidad incluye, en su campo de acción, algunas indicaciones terapéuticas concretas realizadas mediante la administración a los pacientes de radiofármacos (terapia metabólica, endolinfática, intracavitaria, etc.). También comprende el tratamiento y prevención de los

efectos biológicos provocados por la exposición a radiaciones ionizantes, especialmente cuando esta exposición se debe a irradiación externa o contaminación provocada por sustancias radioactivas no encapsuladas (5).

a) Radio farmacia

Estudia los aspectos farmacéuticos, químicos, bioquímicos, biológicos y físicos de los radiofármacos. Aplica dichos conocimientos en los procesos de diseño, producción, preparación, control de calidad y dispensación de los radiofármacos, tanto en su vertiente asistencial (diagnóstica y terapéutica), como en investigación. Se responsabiliza del buen uso de los radiofármacos a través de la adecuada selección, custodia y gestión de los mismos, en aras de conseguir una óptima utilización con calidad, segura y coste-efectiva, de acuerdo con las exigencias de la buena práctica radio farmacéutica (6).

b) Radiofármaco

Un radiofármaco es un compuesto radiactivo utilizado para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades (6).

Los radiofármacos están formados por una sustancia que actúa como vehículo y un isótopo radiactivo. La sustancia (vehículo o equipo reactivo) aporta al radiofármaco la característica de dirigirse hacia un órgano o tejido concreto (diana) por el cual, debido a sus características fisicoquímicas o biológicas, presenta una afinidad selectiva, incluso puede participar en la función fisiológica del mismo. Por tanto, no presenta ninguna actividad

farmacodinámica. El isótopo radiactivo (radionúclido), aporta al radiofármaco la emisión de radiación que servirá para el diagnóstico o tratamiento según sea el caso (7).

Cuando son utilizados con un propósito diagnóstico, se aprovecha la propiedad emisora de los radioisótopos para detectarlos a distancia; cuando la intención es terapéutica, se aprovecha el efecto deletéreo que la radiación puede tener sobre un tejido (6).

Los radiofármacos se administran en cantidades de trazas no producen modificaciones fisiológicas visibles por interacción con biomoléculas específicas del organismo (no tienen efecto farmacológico o es mínimo) (6).

c) Mecanismos de acción de los radiofármacos

Los radiofármacos no suelen presentar acción farmacodinámica por lo que su mecanismo de acción es en realidad un mecanismo de afinidad selectiva por el órgano diana.

Existen varios mecanismos clave a través de los cuales un radiofármaco puede localizarse se han agrupado en mecanismos “sustrato no- específicos” y “sustrato específico”. En los primeros el compuesto no participa en ninguna reacción química específica y su localización se basa en procesos fisiológicos sencillos.

En este grupo se incluye la localización por difusión simple, transporte activo, bloqueo capilar, secuestro celular, fagocitosis, localización compartimental y adsorción. En los “sustrato específico”, la localización deriva de una reacción

química o de una interacción definida que experimenta el compuesto. Típicamente estos mecanismos incluyen a las reacciones antígeno-anticuerpo y a las interacciones ligando- sustrato (6).

d) Mecanismos sustrato no- específicos

Difusión simple: Es el proceso que produce un flujo neto de moléculas a través de una membrana permeable desde un medio donde se encuentran en mayor concentración hacia otro donde se encuentran en menor concentración. El gradiente de concentración a ambos lados de la membrana es la fuerza impulsora de la reacción, este tipo de transporte no requiere de un aporte externo de energía para ocurrir (6).

Las membranas biológicas son de naturaleza lipídica y que la difusión simple supone atravesarlas sin mediar la existencia de ningún canal transportador, es necesario que los radiofármacos que se localizan por este mecanismo sean de naturaleza lipofílica y de poco tamaño. Como ejemplos: pueden mencionarse los radiofármacos utilizados para estudiar perfusión cerebral ^{99m}Tc - etilcisteinatodimérico (ECD) y ^{99m}Tc hexametilpropilenoaminaoxima (HMPAO) que atraviesan la barrera hematoencefálica por difusión simple. Asimismo, los agentes de estudio de Perfusión cardíaca ^{99m}Tc - isonitrilos atraviesan por este mecanismo la membrana plasmática del cardiomiocito y dentro de la célula la membrana mitocondrial (6).

Difusión facilitada: Es el proceso mediante el cual se produce un flujo neto de moléculas a través de proteínas específicas (canales transportadores)

anclados en una membrana permeable desde un medio donde se encuentran en mayor concentración hacia otro donde se encuentran en menor concentración. Este tipo de transporte, al igual que la difusión simple, no requiere de un aporte externo de energía para ocurrir. Dado que los canales transportadores son específicos para ciertas moléculas endógenas, para que un radiofármaco se localice por este mecanismo es necesario que su estructura química sea igual al de la molécula endógena o muy parecida a ella. El ejemplo típico es la ^{18}F - 2- fluoro- 2 desoxi- D- glucosa (^{18}F - FDG), un análogo de la glucosa, que ingresa a la mayoría de las células del organismo por difusión facilitada a través de los canales de glucosa denominados GLUT (6).

Transporte activo: El radiofármaco es captado en contra de una gradiente de concentración, éste tipo de transporte requiere de un aporte externo de energía para ocurrir y siempre está mediado por proteínas. Los radiofármacos que pueden ingresar a la célula por transporte activo son sustancias que poseen un transportador endógeno o que mimetizan a una molécula que lo tiene (6).

El ^{131}I - yoduro de sodio (^{131}I - NaI) se incorpora a las células del folículo tiroideo por transporte activo a través de un transportador de yoduro y entra a formar parte de la síntesis de hormonas tiroidea (6).

Este mecanismo da información de la morfología y función del órgano estudiado (7).

Las características de carga y de masa del ^{99m}Tc - perrtecneciato ($^{99m}\text{Tc-NaTcO}_4$) le permiten también localizarse en la glándula tiroides a través del transportador de yoduro, si bien no se incorpora en la síntesis de hormonas. El $^{201}\text{Tl}^+$, análogo del K^+ , se incorpora a los cardiomiocitos por transporte activo a través de la bomba Na-K ATP- asa. Sumado a que ambos son cationes monovalentes, su tamaño es similar (6).

Bloqueo capilar: Los vasos sanguíneos más pequeños poseen un diámetro luminal promedio de $10\mu\text{m}$. El bloqueo capilar es una microembolización intencional del lecho capilar, con partículas en suspensión. Los radiofármacos tienen partículas de diámetros entre 20 y $80\mu\text{m}$ capaces de quedarse atrapados en el lecho pre capilar (6).

En este mecanismo se basa la gammagrafía de perfusión pulmonar. Se administra una suspensión de micro esferas o macro agregados de albúmina con un tamaño superior al de los capilares pulmonares donde quedarán atrapadas. La distribución de las partículas administradas es proporcional a la perfusión regional (7).

Secuestro celular: El bazo es el órgano encargado de retirar los eritrocitos alterados o dañados de la circulación. Inyectando eritrocitos marcados y sensibilizados con algún agente químico o con calor, éstos son retirados por el bazo obteniendo una imagen del órgano (7).

Fagocitosis: Los radiofármacos que forman “suspensiones coloidales”, es decir que se encuentran formando partículas de diámetro menor a $1\mu\text{m}$, pueden circular libremente por el lecho vascular y ser captadas por células

fagocíticas del sistema retículo endotelial. El sistema retículo endotelial es un conjunto de elementos celulares de origen mesenquimatoso, difundidos por todo el cuerpo, pero principalmente en el hígado (células de Kuffer), en el bazo, linfáticos, médula ósea (clasmatocitos). Tienen caracteres reticulares (forman una red) y endoteliales (por dentro de los vasos) Se le atribuyen funciones principalmente fagocitarias, así como relacionadas con la inmunidad, el metabolismo y la formación de pigmentos (7).

Las suspensiones coloidales radiomarcadas que circulan por los vasos sanguíneos son captadas principalmente por los macrófagos del hígado y en menor medida por los macrófagos del bazo y de la médula ósea roja, tal como sucede con ^{99m}Tc - azufre coloidal y ^{99m}Tc - albúmina coloidal (7).

Las suspensiones coloidales que son atrapadas en el ganglio centinela de forma diferente. En esta técnica el radiofármaco es administrado localmente, por ejemplo, por una inyección subdérmica, en una mama con un tumor. En ese caso, el coloide no circula por sangre, sino que es captado por los capilares linfáticos del lugar y drenado hacia un ganglio de la estación linfática más próxima (en el ejemplo, habitualmente es la axila). En esta forma de administración, el coloide no es captado por el sistema retículoendotelial sino por un ganglio próximo al sitio de inyección. Hay una pequeña porción (las partículas de menor tamaño) que atraviesa y no “marca” el ganglio centinela y termina en el torrente sanguíneo (llega con la linfa por el Conducto Torácico), para ser atrapada en el hígado o el bazo por el sistema retículo Endotelial (6).

Localización Compartimental: La distribución espacial inicial del radiofármaco se restringe a un compartimiento definido, como puede ser el sistema circulatorio, líquido cefalorraquídeo y otros (7).

Este mecanismo de localización se propone para aquellos radiofármacos que una vez introducidos en un compartimiento orgánico (el más común es la sangre) no son capaces de difundir fuera de dicho compartimiento ni sufren transporte activo para salir de éste (7).

Este mecanismo explica cómo es la localización de ^{99m}Tc -albúmina en el compartimiento sanguíneo (luego de ser inyectado en la sangre) y del ^{133}Xe en las vías aéreas (luego de ser administrado por inhalación) (6) .

Adsorción química: Es la retención de una sustancia en la superficie de un material, este mecanismo explica, al menos parcialmente, la retención de los radiofármacos del tipo difosfonato en la superficie ósea, tal es el caso del ^{99m}Tc - metiléndifosfonato (^{99m}Tc - MDP) (6).

El radiofármaco se fija a la superficie de una estructura sólida como es el caso del In-111-plaquetas que luego de ser administrado se fija sobre la superficie de un trombo activo (7).

e) Mecanismos sustrato- específicos

Reacción antígeno-anticuerpo: Es una unión altamente específica, reversible y no covalente. Este tipo de interacción es la base de muchas estrategias de diagnóstico y terapia que buscan aumentar la especificidad de la radiactividad. Involucra la utilización de anticuerpos monoclonales

radiomarcados, que se unen específicamente a una molécula de superficie del órgano blanco/ lesión/ tejido que se busca alcanzar (6).

Es el caso de los anticuerpos anti- CD20 marcados con ^{90}Y que son específicos para la molécula de superficie CD20 de los linfocitos B (Yamil Chain, 2015) y del In-111-Oncoscint para localizar carcinoma colorectal (7).

Unión a receptores: La interacción entre un receptor de la superficie celular y su ligando es una reacción específica, no covalente y reversible, que en general “dispara” un aserie de reacciones bioquímicas en el interior de la célula. Esta interacción se utiliza como base del diseño de radiofármacos de alta especificad (6).

Esta interacción se da cuando el radiofármaco presenta alta afinidad por los sitios de unión de un determinado receptor (7).

La localización de los análogos radiomarcados de somatostatina como el ^{90}Y - DOTA- Tyr3- octreótido (^{90}Y - DOTA- TOC) y de noradrenalina como ^{131}I metayodobencilguanidina (^{131}I - MIBG) en los receptores de somatostatina de la superficie celular y en las vesículas de almacenamiento adrenérgico respectivamente, puede explicarse por este mecanismo (6).

El In-111-octotrido para localizar tumores neuroendocrinos (7).

f) Distribución y eliminación de los radiofármacos

Después de la absorción o tras la inyección intravenosa, los radiofármacos se distribuyen y eliminan del organismo de forma similar a la de cualquier otro fármaco. Dependiendo de factores fisiológicos como flujo sanguíneo,

situación fisiopatología del paciente y de las propiedades fisicoquímicas del radiofármaco como liposolubilidad, unión a proteínas plasmáticas; pueden eliminarse inalterados o después de sufrir un proceso de biotransformación metabólica.

Los radiofármacos se unen en distinto grado a las proteínas plasmáticas, principalmente a la albúmina, aunque alguno se une específicamente a otras proteínas, como es el caso de los iones metálicos de In y Ga, los cuales se unen firmemente a la transferrina del plasma. En la unión del radiofármaco a las proteínas plasmáticas influyen factores debidos al radiofármaco como son la carga de éste y su pH y factores debidos a las propias proteínas como su naturaleza y la concentración de aniones en el plasma (7).

De estos factores cabe destacar el papel que juega la composición de la proteína en grupos carboxilos, aminos e hidroxilos, así como la configuración de estos grupos en la estructura molecular. Estos factores determinan el alcance y la fuerza de unión con el radiofármaco lo que afecta a la distribución y aclaramiento plasmático del radiofármaco, así como a su captación por el órgano diana (7).

g) Radiofármacos de uso diagnóstico

Están compuestos por un radionúclido emisor de radiación procedente del núcleo del átomo (gamma o positrones) unido a una molécula (marcaje) cuyo comportamiento biológico dentro del organismo es el adecuado para el

estudio morfológico y funcional de un órgano o tejido proporcionando una información solo diagnóstica.

Sistema nervioso: Están autorizados radiofármacos de tecnecio-99m marcando la exametazima, y el bicisato. También se utiliza el Yodo-123 marcando el Ioflupano. Su solubilidad les permite atravesar la barrera hematoencefálica, siendo metabolizado un máximo de un 10% de la dosis administrada en el cerebro. El resto de actividad sigue una ruta de excreción por vía urinaria y entérica (7).

Sistema renal: Se dispone de diferentes radiofármacos de tecnecio-99m, bien marcando el ácido dimercaptosuccínico (DMSA), el ácido dietilaminopentacético (DTPA) o la betiatida (MAG3). Su eficacia diagnóstica radica en que permiten obtener imágenes del parénquima renal (DMSA) o bien permiten obtener imágenes dinámicas y morfológicas a la vez al ser eliminados específicamente por filtrado glomerular (DTPA) o son representativos del flujo plasmático renal (MAG3) (7).

Sistema retículo endotelial: Se utilizan diversos radiofármacos marcados con tecnecio-99m. Su eficacia radica en el carácter coloidal de la molécula, según sea su tamaño permite estudiar el sistema retículo endotelial (hígado, bazo, médula ósea) o bien para valorar los vasos linfáticos. En el primer caso se administra por vía endovenosa y en el segundo caso por vía subcutánea. Su dosimetría es del orden de 5 mSv/exploración (7).

Sistema cardíaco: Se utilizan diferentes radiofármacos marcando radioisótopos de tecnecio, talio y emisores de positrones cuya característica

común es que son captados por el miocito en un alto porcentaje. Marcados con tecnecio-99m se están utilizando la tetrofosmina y el metoxi-isobutilisonitrilo (MIBI). El talio-201 en forma de cloruro tiene un comportamiento similar al potasio. Como radioisótopos emisores de positrones hay varios descritos, como el amonio-13, en la bibliografía científica, no estando disponible en nuestro país. Los propios hematíes del paciente marcados con tecnecio-99m también se utiliza para valorar la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (7).

Se requiere de procesos informáticos sofisticados para el tratamiento de las imágenes y delimitar las áreas de interés respecto al resto de su distribución en el organismo. Su eficacia radica en la valoración de zonas isquémicas del miocardio, así como su funcionalidad y su valoración en diferentes condiciones del paciente entre situación de estrés y de reposo (7).

La dosimetría del talio-201 es la más alta respecto al resto, lo cual le ha hecho ser desplazado en la práctica clínica por los radiofármacos de tecnecio-99m que presentan controles de calidad superiores al 95% (7).

Sistema pulmonar: La eficacia diagnóstica con radiofármacos en el pulmón radica en que permite valorar dos funciones distintas según la vía de administración:

- La ventilación alveolar.
- La perfusión sanguínea del parénquima.

En el primer caso se administra el radiofármaco por vía inhalatoria en forma de aerosol y se obtienen imágenes de su distribución alveolar. En la práctica

se utilizan aerosoles de tecnecio-99m marcando el dietilaminopentacético (DTPA) o bien radioisótopos de gases nobles como el Xenon-133 y el Criptón-81m (7).

La perfusión sanguínea se determina por la administración intravenosa de macroagregados de albúmina humana marcada con tecnecio-99m que se localizan en los capilares del parénquima pulmonar permitiendo obtener imágenes de la perfusión sanguínea pulmonar (7).

La seguridad viene condicionada por el riesgo de espasmo bronquial en la ventilación y de la existencia de shunt cardiopulmonar en los estudios de perfusión. El control de calidad radica en la comprobación de las partículas de macroagregados de albúmina en un tamaño inferior a 150 μm y en un número no superior a 800.000 por dosis. Un lote de un radiofármaco de macroagregados de albúmina humana procedente de un donante inglés afectado de la enfermedad de la encefalopatía espongiiforme fue motivo de retirada por las Autoridades Sanitarias, con los consiguientes problemas a causa de que se utilizó el sistema de retirada habitual pero los radiofármacos no están siendo distribuidos por los canales farmacéuticos reglamentarios lo que dificultó la retirada y la identificación de los pacientes que habían recibido dicho lote (7).

Sistema óseo: Para estos estudios existen diferentes radiofármacos marcados con tecnecio-99m. El principio activo del radiofármaco suele ser un complejo fosforado que se localiza en los huesos por fenómenos de adsorción sobre los cristales de hidroxapatita (7).

Cerca del 50 por ciento de la actividad se elimina por orina. Las áreas de mayor actividad osteogénica suelen captar mayor cantidad de radiofármaco, hecho que se traduce en una localización más intensa de la imagen gammagráfica del hueso. Su eficacia diagnóstica radica en la diferenciación de las distintas patologías del hueso, desde la localización de infección hasta la determinación de metástasis óseas derivadas de diferentes neoplasias (7). Su seguridad dosimétrica se expresa en 6 mSv/exploración, teniendo que ser valorada su administración en pacientes con hipocalcemia. Al igual que el resto de radiofármacos marcados con tecnecio-99m presentan una alta pureza radioquímica superior al 90%(7).

Sistema endocrino: Se utilizan radiofármacos del tecnecio-99m y de diferentes radioisótopos del yodo (yodo-123, yodo-131) y otros radionúclidos como el indio-111. El tecnecio-99m en forma de pertecnectato se distribuye dentro del organismo en el tiroides, estómago y plexos coroideos. Su eficacia diagnóstica radica en las diferentes patologías que cursan con afectaciones de estas áreas (7).

Radiofármacos del yodo-123 y yodo-131 como sal sódica son utilizados en las valoraciones del tiroides, ya que se metabolizan específicamente en esta glándula. Aunque las dosimetrías de las dosis radiactivas absorbidas por el organismo son más altas para los radioisótopos del yodo, continúan utilizándose por ser mejor su especificidad metabólica (7).

Sistema hematológico: Normalmente se utiliza el marcaje de las diferentes células sanguíneas disponiéndose de varios radiofármacos marcados con

cromo-51, tecnecio-99m, indio-111. Básicamente, el marcaje radica en la obtención de una muestra sanguínea del paciente, su purificación o enriquecimiento de la muestra en la célula de interés, su marcaje y purificación posterior antes de su readministración al paciente. La eficacia diagnóstica varía según el tipo de célula marcada y su función dentro del organismo (7).

El marcaje de hematíes permite la visualización de los vasos sanguíneos y se utilizan para la determinación de la volemia, masa celular (cromo-51), función ventricular y búsqueda de sangrados ocultos (tecnecio-99m) (7).

Una modalidad específica es la alteración morfológica final de los hematíes marcados con tecnecio- 99m permite valorar la imagen esplénica al ser este órgano el responsable de su catabolización. Si las células marcadas con tecnecio-99m son los propios leucocitos del paciente, su localización permite valorar la existencia de focos infecciosos en las distintas zonas del organismo, ya sea en los huesos o en abscesos ocultos (7).

Finalmente, si las células marcadas con indio-111-oxina son las plaquetas, permite valorar su cinética y establecer la supervivencia plaquetaria en trombocitopenias. La seguridad de estas exploraciones radica en garantizar las condiciones asépticas de la manipulación de la sangre del paciente y evitar errores de identificación de las muestras (7).

El control de calidad además de la pureza radioquímica del radiofármaco se establece en el rendimiento del marcaje y en la viabilidad final de las propias células marcadas (7).

Tumores sólidos: Radionúclidos como el galio-67 en forma de citrato se ha venido utilizando con este fin. Aunque no se conoce bien su tropismo se discute que su carácter catiónico sea el responsable de su localización.

En este sentido otro radionúclido como el talio-201 en forma de cloruro parece tener el mismo comportamiento (7).

Precisamente este carácter catiónico de la molécula se ha utilizado en el radiofármaco del tecnecio- 99m marcando el metoxi-isobutil-isonitrilo (MIBI), estando autorizado su uso en el estudio de las neoplasias de mama. Las ventajas que a priori presenta este radiofármaco es su mejor detección externa con una menor radiación absorbida indeseable por el paciente (7).

El yodo-123 marcando la metilbencilguanidina (MIBG) se utiliza para la localización y estudio de tumores originarios embriológicamente de la cresta neuronal como los neuroblastomas (6).

Otro radiofármaco utilizado en este campo es el indio- 111 marcando un análogo de la somatostatina cómo es el octeótrido, que se utiliza en localizar tumores portadores de receptores de somatostatina (7).

Recientemente se han desarrollado radiofármacos de tecnecio-99m marcando anticuerpos monoclonales específicos de diversos tumores. Su amplia biodistribución los hace muchas veces inespecíficos para la localización tumoral a estudiar (6).

Avances recientes de la utilización de emisores de positrones como el fluor-18 marcado con desoxiglucosa parece obtener una mayor sensibilidad en la detección y localización de metástasis, estando su utilización en un proceso

de desarrollo tecnológico en nuestro país. La eficacia diagnóstica de estos radiofármacos radica obviamente en la localización y control de recidivas de masas tumorales neoplásicas. Su seguridad viene condicionada o por su dosimetría como es el caso del galio-67 y talio-201 o por la sensibilización a anticuerpos murínicos en el caso de los radiofármacos monoclonales (7).

1.5.2 MIBI

Aunque se han empleado diversos derivados de la estructura del isonitrilo, actualmente el que se emplea y está autorizado es el Tetrafluoroborato de Tetrakis (2-metoxi isobutilisonitrilo) cobre (I), o Sestamibi (8).

Sestamibi ^{99m}Tc , es un complejo catiónico lipofílico, que penetra en las células atraído por los potenciales transmembrana negativos y se acumula en el compartimento celular de carga más negativa, las mitocondrias. (9) Figura 1.

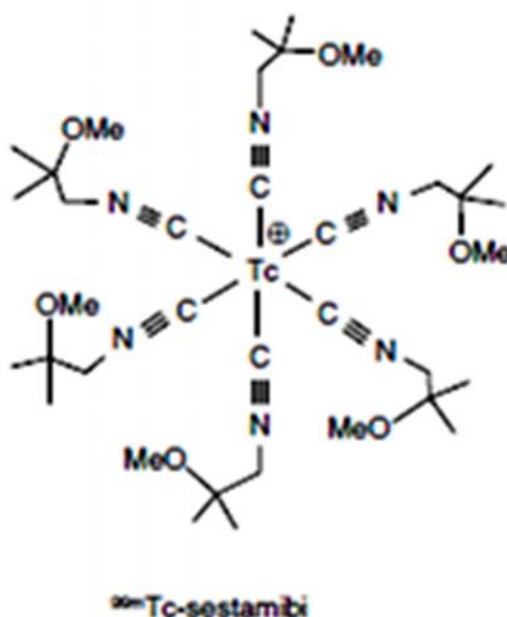


Figura 1: Estructura molecular de (^{99m}Tc) Sestamibi (9).

MIBI es un radiofármaco para uso diagnóstico, la gammagrafía con tecnecio (99mTc) Sestamibi se utiliza como medio de:

- Exploración en casos de trastorno cardíaco isquémico
- Exploración para la detección y localización de zonas infartadas
- Exploración para ver cómo bombea el corazón y/o cuánta sangre bombea en cada latido (función ventricular total, es decir el funcionamiento de las cavidades cardíacas; o uso del método de primer paso para determinar el volumen sistólico y/o la movilidad local de la pared) (9).
- Examen para la detección del cáncer de mama cuando la mamografía es dudosa (9).
- Examen para localizar tejido paratiroideo con sobreproducción de hormona paratiroidea (hiperparatiroidismo), y previamente a una intervención glándulas paratiroideas enfermas (9).

a) Propiedades farmacocinéticas del MIBI

El complejo catiónico se acumula en el tejido miocárdico viable de manera proporcional al flujo sanguíneo coronario de la zona. El tecnecio (99mTc) Sestamibi presente en la sangre se distribuye rápidamente en los tejidos 5 minutos después de la inyección, sólo aproximadamente un 8 % de la dosis inyectada continúa en la circulación (9).

b) Semivida

La semivida ($T_{1/2}$) biológica en el miocardio es de aproximadamente 7 horas en condiciones de reposo y tras esfuerzo. La semivida ($T_{1/2}$) efectiva (que

incluye la semivida biológica y el periodo de semidesintegración) es de aproximadamente 3 horas (9).

c) Eliminación del MIBI

La principal vía de eliminación metabólica del tecnecio (^{99m}Tc) Sestamibi es el sistema hepatobiliar. La actividad de la vesícula biliar aparece en el intestino en el plazo de una hora desde la inyección. Aproximadamente el 27 % de la dosis inyectada se aclara mediante eliminación renal transcurridas 24 horas y aproximadamente un 33% de la dosis inyectada se elimina en las heces en el plazo de 48 horas. Cinco minutos después de la inyección permanece en circulación en torno a un 8 % de la dosis inyectada (9).

d) Captación miocárdica

La captación miocárdica, que depende del flujo coronario, es de un 1,5 % de la dosis inyectada en condiciones de esfuerzo y un 1,2 % de la dosis inyectada en reposo. Puesto que el radiotrazador entra en la célula mediante difusión, infra - estimará el flujo sanguíneo cuando sea elevado ($>2,0$ ml/g/minuto) (9).

Con flujo coronario variable entre 0,52 y 3,10 ml/g/minuto, se obtuvo un valor promedio de extracción miocárdica del tecnecio (^{99m}Tc) Sestamibi de 0,38 \pm 0,09. Se puede utilizar como gammagrafía sincronizada (gated SPECT) con el ECG para monitorizar los cambios (o la estabilidad) de la función ventricular izquierda a lo largo del tiempo (9).

e) MIBI estudios gammagráficos

J) Gammagrafía de perfusión miocárdica (esfuerzo)

Objetivo: Reflejar las alteraciones de la perfusión miocárdica, y en el diagnóstico, pronóstico, evolución y respuesta de cardiopatía isquémica.

Preparación: Es aconsejable suspender los betabloqueantes, calcio antagonistas y nitratos 48 horas antes de la exploración.

Procedimiento: Primero procederemos a canalizar una vía al paciente, a continuación, realizará una prueba de esfuerzo electro cardiográfica convencional, limitada por sintomatología, sobre tapiz rodante (2).

Se administrará el radiofármaco en el momento que el paciente alcance su máximo esfuerzo, procurando que lo mantenga un minuto más, o bien ante la aparición de sintomatología (2).

La adquisición de imágenes se realiza habitualmente a los 60 minutos de haberse administrado el radiofármaco, en este periodo de tiempo de espera el paciente puede y debe de tomar alimentos ricos en grasas (2).

Duración: La toma de imágenes viene a durar entre 20 y 40 minutos

Recomendaciones: Es aconsejable que el paciente se encuentre en ayuno previo a la prueba de esfuerzo unas cuatro horas.

Observaciones: Suele suceder que el paciente tenga que volver otro día para la realización de una gammagrafía de perfusión miocárdica en reposo y así poder realizar un estudio comparativo (2).

) Gammagrafía de perfusión miocárdica (reposo)

Objetivo: Reflejar las alteraciones de perfusión del miocardio cuando el paciente se encuentre en reposo.

Preparación: No es necesario ningún tipo de preparación.

Procedimiento: El radiofármaco se administrará directamente en vena, previa canalización de una vía. La toma de imágenes se realiza habitualmente a los 60 minutos de haberse administrado el radiofármaco, en este periodo de tiempo de espera el paciente puede y debe de tomar alimentos ricos en grasas (2).

Duración: El tiempo de la adquisición de imágenes suele ser entre 20 y 40 minutos.

Recomendaciones: El paciente debe estar en reposo relativo previo a la administración del trazador (2).

) Gammagrafía miocárdica de perfusión tras estimulación farmacológica

Objetivo: Reflejar las alteraciones de la perfusión miocárdica, y en el diagnóstico, pronóstico, evolución y respuesta de cardiopatía isquémica, en pacientes que no pueden realizar un esfuerzo convencional (2).

Preparación: El paciente debe encontrarse en ayuno previo de 4 horas (excepto los diabéticos). Debe eliminar desde 24 horas antes de la realización de la prueba el té, café, colas, cacao y sus derivados. Se suspenderán por lo menos 48 horas antes la toma de los betabloqueantes y 24 horas los nitritos y calcio antagonistas.

Procedimiento: Verificar que se dispone de todo el material necesario, se realiza una recogida de datos de interés, monitorizaremos al paciente y se canalizan dos vías, de buen calibre, a ser posible en distinto brazo. Se administrará el radiofármaco en el momento protocolizado, dependiendo del fármaco (dobutamina o adenosina) que se utilice para la estimulación o bien en el caso de tener que interrumpir la prueba ante la aparición de sintomatología. La adquisición de imágenes se realiza habitualmente a los 60 minutos de haberse administrado el radiofármaco, en este periodo de tiempo de espera el paciente puede y debe de tomar alimentos ricos en grasas (2).

Duración: La toma de imágenes viene a durar entre 20 y 40 minutos. Suele suceder que sea necesario que el paciente tenga que volver otro día para la realización de una gammagrafía de perfusión miocárdica en reposo y así poder realizar un estudio comparativo (2).

) Gammagrafía de paratiroides

Objetivo: Valorar la presencia de adenoma paratiroideo o hiperplasia en pacientes con hiperparatiroidismo primario o secundario (2).

Preparación: No es necesario ningún tipo de preparación previo a la realización de la exploración (2).

Procedimiento: La administración del radiofármaco se realiza por vía intravenosa. Tras 20 minutos de espera se le realiza una primera adquisición de imágenes. El paciente volverá a las 2 horas para una nueva toma de imágenes. En algunas ocasiones es necesaria alguna sesión más (2).

Duración: Cada sesión viene a durar entre 10 a 20 minutos (2).

) Gammagrafía con MIBI estudio de mamas

Objetivo: Colaborar en el diagnóstico de malignidad en pacientes con sospecha de cáncer de mama.

Preparación: No es necesario ningún tipo de preparación (2).

Procedimiento: La administración del trazador se realiza mediante inyección intravenosa y la obtención de imágenes puede dar comienzo pasados 5 ó 10 minutos. Unas se realizan con el paciente en decúbito supino y otras con el paciente en decúbito prono, sobre una camilla especial, para que la mama quede colgando y así obtener una imagen lateral (2).

Duración: La adquisición de imágenes suele durar entre 40 y 60 minutos (2).

1.5.3 Dosimetría

El tecnecio ^{99m}Tc se produce por medio de un generador de $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ y decae mediante emisión de radiación gamma con una energía media de 140 keV y un período de semidesintegración de 6,02 horas, a tecnecio (^{99}Tc), que en vista de su prolongado período de semidesintegración de $2,13 \times 10^5$ años, puede ser considerado casi estable. A continuación, se indican las dosis de radiación proyectadas en órganos y tejidos de un paciente de peso medio (70 kg) tras la inyección intravenosa de tecnecio (^{99m}Tc) Sestamibi (9).

Los datos corresponden a las recomendaciones ICRP 80 y están calculados en base a las suposiciones siguientes: Tras la inyección intravenosa el producto

desaparece rápidamente de la sangre y se acumula principalmente en los tejidos musculares (incluido el corazón), el hígado, los riñones y en menor cantidad en las glándulas salivares y tiroideas. Cuando la sustancia se inyecta durante una prueba de esfuerzo se produce un aumento considerable de la captación en órganos y tejidos. El producto se excreta en el hígado y los riñones en proporciones del 75 % y el 25 % respectivamente. La dosis efectiva por unidad de actividad administrada se ha calculado para una frecuencia de micción de cada 3,5 horas en adultos. La dosis efectiva resultante de la administración de una actividad (máxima recomendada) de 2.000 MBq de tecnecio (^{99m}Tc) Sestamibi a un adulto con un peso de 70 kg es de aproximadamente 18 mSv en reposo y 15,8 mSv en condiciones de esfuerzo (9).

a) Tipos de radiación

La radiactividad emitida puede ser en forma de partícula (alfa, beta+, beta-) o de onda electromagnética (gamma, rayos x).

- Radiación (alfa): Un núcleo inestable emite un núcleo de helio (formado por dos protones y dos neutrones); el núcleo original se transforma en otro (10).
- Radiación (beta): Existen dos tipos de esta radiación: si un núcleo inestable emite un electrón, se llama beta menos (-), y si emite un positrón se llama beta más (+); el núcleo original se transforma en otro (10).
- Radiación neutrónica: Es la emisión de neutrones en procesos nucleares (10).

- Rayos X: Son fotones de alta energía que se producen cuando los electrones atómicos cambian de órbita o cuando inciden electrones sobre un material y son frenados (10).
- Radiación (gamma): Son fotones usualmente de muy alta energía, emitidos por núcleos inestables u otros procesos. El núcleo no cambia su identidad, sino que únicamente pierde energía (10).

b) Radio dosimetría

La Radio dosimetría trata con magnitudes asociadas a un campo de radiación. Tales son, cantidad (fluencia de partículas) y calidad (distribución espectral) de un haz de radiación (4).

Se han desarrollado diferentes unidades y medidas por parte de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), la Comisión Internacional de Unidades y Medidas de la Radiación (ICRU) y organismos similares (10).

Existen tres unidades inconfundibles entre las principales formas de medida de la radiación:

- El Roentgen o unidad de exposición a la radiación,
- El rad o unidad de dosis de radiación absorbida y
 - El rem o unidad de dosis biológica (10).

c) Actividad

Es el número de desintegraciones que ocurren por unidad de tiempo, es pues, la velocidad con que una muestra se desintegra.

$$A_f = A_o \cdot e^{-\lambda t}$$

A_f= Actividad final

A_o= Actividad inicial

e= Logaritmo natural

λ = constante de decaimiento

t= tiempo transcurrido

Donde la actividad final será igual a la actividad inicial por el logaritmo natural elevado al producto negativo de la constante de decaimiento por el tiempo transcurrido (10).

d) Período de semidesintegración

El período de semidesintegración efectivo es el tiempo que debe transcurrir para que la mitad del radiofármaco desaparezca del organismo. Dos fenómenos son responsables de esta desaparición: el decaimiento físico del radionúclido y la eliminación del radiofármaco del organismo por distintas vías de excreción (fecal, urinaria, respiración, entre otras). Ambos procesos siguen leyes exponenciales caracterizadas por constantes de decaimiento :

- Constante de decaimiento físico $\lambda_{\text{físico}} = \ln 2 / T_{1/2} \text{ físico}$
- Constante de decaimiento biológico $\lambda_{\text{biológico}} = \ln 2 / T_{1/2} \text{ biológico}$ (15).

Donde $T_{1/2} \text{ físico}$ es el tiempo necesario para que la mitad del radionúclido desaparezca por decaimiento radiactivo y $T_{1/2} \text{ biológico}$ el tiempo que debe transcurrir para que la mitad del radiofármaco desaparezca del sistema biológico por excreción (15).

Considerando que en cualquier sistema biológico la pérdida del radiofármaco se debe al decaimiento físico más la eliminación biológica, se puede escribir la constante de decaimiento efectivo como:(15).

$$\text{efectivo} = \text{físico} + \text{biológico}$$

En cuanto a los requerimientos para un radiofármaco de diagnóstico, el período de semidesintegración efectivo debe ser relativamente corto y no mayor al tiempo que se requiere para realizar el estudio (15).

En cuanto a este último punto se debe considerar el tiempo de espera entre la administración del radiofármaco y la toma de la imagen que depende de la farmacocinética in vivo del radiofármaco (a más veloz la acumulación del radiofármaco, más rápido se hará el estudio) y el tiempo de adquisición de la imagen que depende esencialmente de la cantidad de actividad administrada y de la fracción del radiofármaco que se acumula en el órgano blanco (15).

El período de semidesintegración efectivo ideal de los radiofármacos terapéuticos suele ser mayor. En general se busca una solución de compromiso entre $T_{1/2}$ efectivo que sean lo suficientemente largos como para que el radiofármaco se concentre en el órgano blanco antes de que el radionúclido decaiga, pero no demasiado largos para que no causen innecesaria irradiación a tejidos normales (15).

El período de semidesintegración efectivo ideal de los radiofármacos terapéuticos suele ser mayor. En general se busca una solución de compromiso entre $T_{1/2}$ efectivo que sean lo suficientemente largos como para que el radiofármaco se concentre en el órgano blanco antes de que el

radionúclido decaiga, pero no demasiado largos para que no causen innecesaria irradiación a tejidos normales (15).

e) Dosis absorbida

Es una medida de la cantidad de energía impartida a la materia por cualquier tipo de radiación ionizante por unidad de masa del material irradiado en un punto de interés. Dos consideraciones a tener en cuenta: este concepto se aplica a todas las categorías de dosimetría, a todos los materiales y a todas las formas de radiación ionizante, y es solamente una medida de la energía absorbida por el material de interés y no está directamente relacionada con la cantidad e intensidad del campo de radiación (10).

La unidad del SI es el gray (Gy) que es definido como la energía depositada por 1 joule por kg de material. La unidad tradicional es el rad y 1 Gy equivale a 100 rads (10).

La mayoría de las dosis encontradas en el diagnóstico por imágenes son del orden del mGy o μ Gy. Si se conocen las características de atenuación del material absorbente, la dosis absorbida puede ser calculada de la exposición a la radiación y viceversa (10).

Las dosis absorbidas por el paciente durante la exploración dependen del estado de esfuerzo o reposo (8).

Las dosis estimadas para un paciente adulto de 70 kg, en función de la actividad administrada y del régimen esfuerzo/reposo, son las indicadas a continuación en la Tabla 1 (8).

f) Dosis equivalente

Es una cantidad que toma en cuenta el daño biológico producido en un tejido por diferentes tipos de radiación. Aun cuando la energía depositada es igual a nivel macroscópico (o sea que la dosis absorbida es la misma), los diferentes tipos y energías de radiación producirán diferente daño biológico. El daño producido por determinada cantidad de grays dependerá de la LET de la radiación o densidad de ionización producida a nivel microscópico por cada partícula de radiación en su trayecto a través de los tejidos (8).

La dosis equivalente es obtenida multiplicando la dosis absorbida por un factor de peso de la radiación, el cual tiene en cuenta el RBE de cada tipo de radiación. A las radiaciones de baja LET incluyendo rayos γ y x de todas las energías, se les asigna un factor de peso de radiación de 1(8).

Los factores de peso para otras radiaciones están basados en los valores de sus RBE observados. La unidad de dosis equivalente es el joule por kilogramo y se llama sievert (Sv), que reemplaza al rem en el sistema tradicional. Un Sv equivale a 100 rem. Para las radiaciones ionizantes utilizadas en imagenología médica, el factor de peso de las radiaciones es igual a 1, por lo tanto, la dosis equivalente en Sv es numéricamente igual a la dosis absorbida en Gy. La mayoría de las dosis equivalentes encontradas en procedimientos diagnósticos imagenológicos estarán en el orden de los mSv o μ Sv (8).

g) Dosis efectiva

La dosis de radiación impartida a varios órganos del cuerpo debido a irradiación externa o a la presencia de radioactividad interna puede variar

considerablemente dependiendo del tipo de radiación y, en los casos de radioactividad interna, de las características biológicas del material (10).

La ICRP ha desarrollado el parámetro de riesgo relacionado para describir el efecto general de la distribución de dosis no homogénea, teniendo en cuenta la radio sensibilidad relativa de cada órgano y tejido. La dosis efectiva es obtenida calculando un promedio pesado de la dosis equivalente recibida por cada órgano y tejido que haya sido irradiado. Los órganos o tejidos que tengan mayor riesgo por radiación tendrán un factor de peso mayor. La dosis efectiva se expresa también en sievert (Sv) (10).

La dosis efectiva es similar, en términos de riesgo general, a una exposición uniforme de cuerpo entero en la cual cada órgano recibe una dosis equivalente igual a la dosis efectiva. Esto es utilizado extensamente en protección radiológica y es también útil para categorizar los procedimientos diagnósticos imagen lógicos (10).

1.5.4. Tasa de exposición

Las radiaciones α y β tienen la propiedad de producir iones, liberando carga eléctrica cuando interactúan con la materia. Un método común de determinar la intensidad de un rayo α o β es medir la magnitud de la carga eléctrica liberada en aire (10).

La cantidad que representa la magnitud de carga eléctrica por unidad de masa de aire es llamada exposición. Para rayos γ y X (fotones), la exposición es precisamente definida en términos de la cantidad de ionización producida en aire por la fuente de radiación (10).

Es medida en unidades de coulomb por kilogramo (C/kg) de aire a temperatura y presión normal y está directamente relacionada con el flujo de radiación (rayos α o β por unidad de área) y con la energía de la radiación (energía de rayos γ o incidentes en la unidad de área). La unidad sustituye al Roentgen usado en el sistema tradicional. Existen dos puntos importantes a considerar en la definición de la medida de exposición:

- Primero, la unidad de exposición mide la exposición total y no tiene en cuenta el tiempo durante el cual se ha administrado esta exposición;
- Segundo, este concepto sólo se aplica para radiación ionizante electromagnética en aire (10).

1.5.5. Equipo detector de Radiación

a) Detector Geiger-Mueller

Es un instrumento de salud y seguridad que ha sido optimizado para detectar radiación hipo energética. Realiza la medición de radiación alfa, beta, rayos gamma y rayos X.

Sus usos comprenden:

- Detección y medición de la contaminación superficial
- Vigilancia de la posibilidad de una exposición durante el manejo de radionúclidos
- Vigilancia de la posibilidad de contaminación ambiental (11).

b) Características del Detector Geiger-Mueller

Cuando el equipo esté funcionando, la luz roja de conteo destellará cada vez que se detecte un impulso (un fenómeno ionizante). El instrumento ha sido

optimizado para detectar pequeños cambios en los niveles de radiación y para tener alta sensibilidad a radionúclidos comunes.

El equipo usa un tubo Geiger de 5 cm (2 pulgadas), comúnmente llamado un tubo Panqueque. La pantalla en la parte posterior del Inspector se llama la ventanilla. Permite la penetración de la superficie de mica del tubo por la radiación Beta y Gamma hipo energético, la cual no puede traspasar la envoltura de plástico como se aprecia en la Figura 2 (11).

El pequeño símbolo de radiación en la etiqueta delantera indica el centro del tubo Geiger. Si la sonda no está completamente conectada, el instrumento no funcionará apropiadamente. El acceso de Entrada Cal, se utiliza para calibrar electrónicamente usando un generador de impulsos (11).



Figura 2: pantalla y ventanilla del Detector GM.

El acceso de Salida, por debajo del enchufe de entrada Cal posibilita la interfaz del Inspector con una computadora, un registrador de datos u otro dispositivo como se aprecia en la Figura 3.

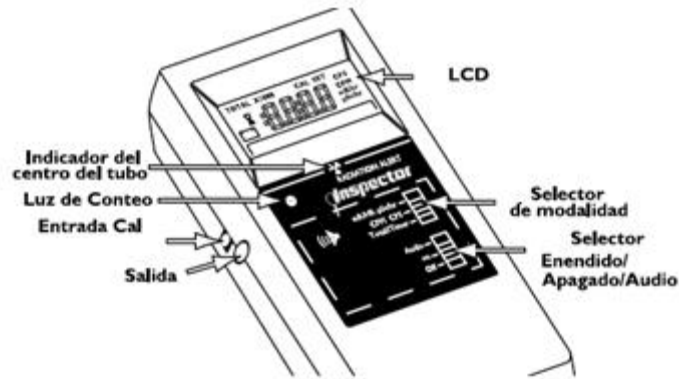


Figura 3: Detector GM parte frontal.

El Equipo Geiger está diseñado para uso en unidades convencionales (mili roentgenios por hora e impulsos por minuto) o unidades SI (micro sieverts por hora e impulsos por segundo) (11).

Antes de la puesta en marcha del Equipo Geiger, instale una pila alcalina normal de 9 voltios en el compartimento para pila en la parte posterior inferior. Encendido (On) o Audio. Entonces, el equipo iniciará una verificación del sistema que dura seis segundos. Se exhiben todos los indicadores y números (11).

Después de la verificación del sistema, el nivel de radiación se exhibe en la modalidad seleccionada. Treinta segundos después de poner el Inspector en marcha, un breve bip indica que se ha reunido suficiente información para asegurar la validez estadística. Cuando se alcanza el nivel máximo para la modalidad actual, el equipo emite bips por tres segundos, hace una pausa por tres segundos, y repite el ciclo. La visualización numérica destella. El patrón de bips y la visualización destellante continúan hasta que el nivel disminuye o se apaga (11).

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis Principal

La tasa de exposición disminuye con la eliminación del radiofármaco; y esta depende principalmente del consumo de alimentos grasos y abundante líquido durante la preparación del estudio así mismo de la situación fisiopatológica del paciente y de las propiedades fisicoquímicas del radiofármaco, después de sufrir un proceso de biotransformación metabólica y decaimiento es eliminado, disminuyendo así la tasa de exposición inicial, Es probable que la tasa de exposición tenga relación directa y significativa con la eliminación del radiofármaco en pacientes de gammagrafía con MIBI- Tc 99m del Servicio de Medicina Nuclear, Hospital Nacional Carlos Alberto Segúin Escobedo de Arequipa, 2016.

1.6.2 Hipótesis Secundarias:

- A. Es probable que la tasa de exposición en pacientes de gammagrafía con MIBI- Tc 99m sea variable.
- B. Es probable que la eliminación del radiofármaco en pacientes de gammagrafía con MIBI- Tc 99m sea variable en función del consumo de alimentos grasos e ingesta de líquido durante la preparación del paciente.

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

2.1. Nivel, Tipo y Diseño de la Investigación

2.1.1 Nivel de la Investigación:

Relacional.

2.1.2 Tipo de investigación:

Aplicada.

2.1.3 Diseño de Investigación:

Longitudinal

2.2. Población, Muestra y Muestreo

2.2.1 Población:

Es de 64 pacientes que ingresaron al servicio de medicina nuclear para realizarse un estudio de gammagrafía con MIBI -Tc99 m, entre los meses de Abril - Julio 2016 en el Hospital Nacional Carlos Alberto Seguí Escobedo (HNCASE).

2.2.2 Muestra:

No se determinará tamaño de la muestra porque se trabajará con toda la población siendo de 64 pacientes que cumplen los criterios de inclusión y exclusión.

2.3. Técnicas e Instrumentos

2.3.1. Técnica:

La técnica a utilizar en el presente trabajo de investigación será: la observación de campo.

2.3.2. Instrumento:

El instrumento a utilizar en el presente trabajo de investigación será: la ficha gammagráfica de recolección de datos. Ver anexo N°3

2.3.3. Procedimiento

- Autorización del Hospital Nacional Carlos Alberto Segúin Escobedo
- Autorización del servicio de Medicina Nuclear.
- Validación del instrumento
- Recolección de datos, aplicando el instrumento
- Procesamiento de la información (análisis, interpretación de datos obtenidos)
- Presentación de resultados
- Posibilidad de considerar la hipótesis estadística.
- Discusión de resultados en función de los objetivos
- Formulación de las conclusiones en función del problema principal y problemas secundarios.
- Planteamiento de las recomendaciones en función de las conclusiones.

2.4. Técnicas de Procesamiento y análisis de datos

2.4.3. Matriz de base de datos

Se elaboró una tabla donde se incluye el problema principal, objetivos, ambas variables e indicadores. Ver anexo N°5

2.4.4. Sistematización de cómputo

Se construirá la matriz de base de datos en una tabla Excel que considere, a las variables e indicadores de la investigación.

2.4.5. Análisis estadístico

Para la construcción de los resultados se utilizará el procesador Excel con el que se construirá resultados de población, tablas de frecuencia de la variable relacional 1 y variable relacional 2, así como tablas de contingencia del problema de investigación.

CAPÍTULO III

RESULTADOS

3.1. Resultados de la Población

3.1.1. Resultados de la Población, Distribución de la población por género.

A continuación, se presenta los resultados de la población en la Tabla N° 1: Distribución de la población por género, luego las interpretaciones en párrafos siguientes.

Tabla N° 01
Distribución de la población por género

GENERO	fi	%
MASCULINO	35	55
FEMENINO	29	45
TOTAL	64	100

Fuente: Elaboración propia

La tabla N° 1 muestra la distribución de la población según el género, es predominante el género masculino con el 55% de la población.

3.1.2. Resultados de la Población, Distribución de la población por grupo etario.

A continuación, se presenta los resultados de la población en la Tabla N° 2: Distribución de la población por grupo etario, luego las interpretaciones en párrafos siguientes.

Tabla N° 02

Distribución de la población por grupo etario

GRUPO ETARIO	Fi	%
< 50	4	6
51 - 60	13	20
61 - 70	29	45
71 - 80	3	5
81 - 90	15	24
TOTAL	64	100

Fuente: Elaboración propia

La Tabla N° 2 muestra la distribución de la población por grupo etario, predomina el grupo de 61 a 70 años con 29 casos (45%), seguido del grupo de 81 a 90 años con 15 casos (24%), y del grupo de 51 a 60 años con 13 casos (20%).

3.1.3. Resultados de la Población, Distribución de la población por patología estudiada.

A continuación, se presenta los resultados de la población en la Tabla N° 3: Distribución de la población por patología estudiada, luego las interpretaciones en párrafos siguientes.

Tabla N° 03

Distribución de la población por patología estudiada

PATOLOGÍA	fi	%
Enfermedad coronaria	42	65
Angina estable	2	3
Angina inestable	4	5
Nódulo frío	2	3
Hipertensión arterial	2	3
Fibrilación auricular	1	2
Dolor torácico no típico	2	3
Cáncer de tiroides	3	4
Hiperparatiroidismo	1	2
Bocio multinodular	1	2
Infarto agudo de miocardio	2	3
Arritmias cardiacas	1	2
Síndrome coronario agudo	1	2
TOTAL	64	100

Fuente: Elaboración propia

La Tabla N° 3 muestra la distribución de la población por patología estudiada, donde la frecuencia que predomina es la enfermedad coronaria con 42 casos (65%) de pacientes estudiados.

3.2. Resultados de la variable dependiente: tasa de exposición

3.2.1. Resultados de la Tasa de exposición al inicio del estudio post inyección en contacto

A continuación, se presenta los resultados de la variable dependiente en la Tabla N° 4: Tasa de exposición al inicio del estudio post inyección en contacto, luego las interpretaciones en párrafos siguientes y al final la gráfica correspondiente.

Tabla N° 04

Tasa de exposición al inicio del estudio post inyección en contacto

		Tasa de exposición						TOTAL
Inicio del estudio post inyección		300 – 400 μSv/h	400.1 – 500 μSv/h	500.1 – 600 μSv/h	600.1 – 700 μSv/h	700.1 – 800 μSv/h	800.1 – 900 μSv/h	Fi
Medición en contacto	N°	6	20	27	6	3	2	64
	%	9	31	43	9	5	3	100

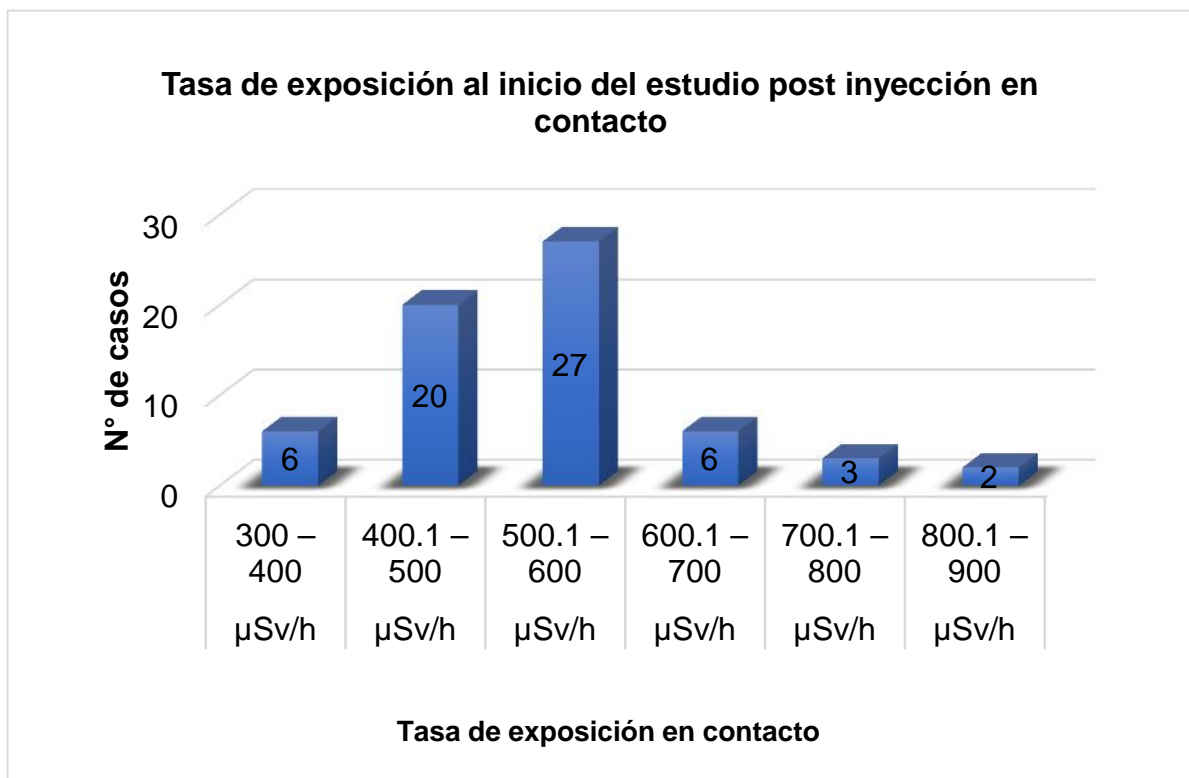
Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 4 se muestra los resultados de la tasa de exposición al inicio del estudio post inyección en contacto, en donde la tasa de 500.1 a 600 μSv/h predomina con el 43% de los casos, seguido de la tasa de 400.1 a 500 μSv/h con el 31% de los casos.

Nos ubica parcialmente en el nivel intermedio entre tasas de exposición medias y bajas.

Estos resultados nos indican que la Tasa de exposición al inicio del estudio post inyección en contacto, es principalmente media.

Gráfica N° 1: Tasa de exposición al inicio del estudio post inyección en contacto



Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Resultados de la Tasa de exposición al inicio del estudio post inyección a 1 metro
 A continuación, se presenta los resultados de la variable dependiente en la Tabla N° 5:
 Tasa de exposición al inicio del estudio post inyección a 1 metro, luego las interpretaciones en párrafos siguientes y al final la gráfica correspondiente.

Tabla N° 05

Tasa de exposición al inicio del estudio post inyección a 1 metro

Tasa de exposición					TOTAL	
Inicio del estudio post inyección	10 – 20 $\mu\text{Sv/h}$	20.1 – 30 $\mu\text{Sv/h}$	30.1 – 40 $\mu\text{Sv/h}$	40.1 – 50 $\mu\text{Sv/h}$	Fi	
Medición a 1 metro	N°	8	30	19	7	64
	%	13	46	30	11	100

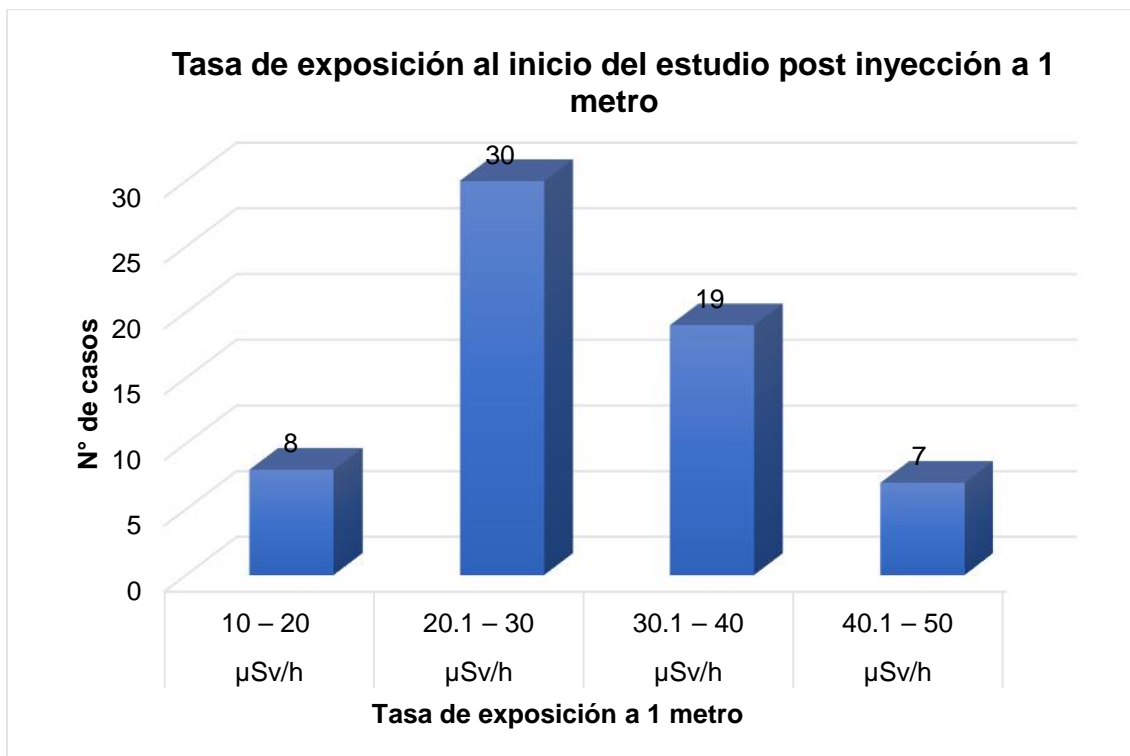
Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 5 se muestra los resultados de la tasa de exposición al inicio del estudio post inyección a 1 metro de distancia, en donde la tasa de 20.1 a 30 $\mu\text{Sv/h}$ es la más frecuente con 30 casos (46%), seguida de la tasa de 30.1 a 40 $\mu\text{Sv/h}$ con 19 casos (30%).

Nos ubica en el nivel medio de la tasa de exposición.

Estos resultados indican que la Tasa de exposición al inicio del estudio post inyección a 1 metro, es principalmente media.

Gráfica N° 2: Tasa de exposición al inicio del estudio post inyección a 1 metro



Fuente: Elaboración propia

3.2.3. Resultados de la Tasa de exposición al término del estudio en contacto

A continuación, se presenta los resultados de la variable dependiente en la Tabla N° 6: Tasa de exposición al término del estudio en contacto, luego las interpretaciones en párrafos siguientes y al final la gráfica correspondiente.

Tabla N° 06

Tasa de exposición al término del estudio en contacto

Tasa de exposición						TOTAL	
Término del estudio		100 – 200 μ Sv/h	200.1 – 300 μ Sv/h	300.1 – 400 μ Sv/h	400.1 – 500 μ Sv/h	500.1 – 600 μ Sv/h	Fi
Medición en contacto	N°	3	30	25	4	2	64
	%	5	47	39	6	3	100

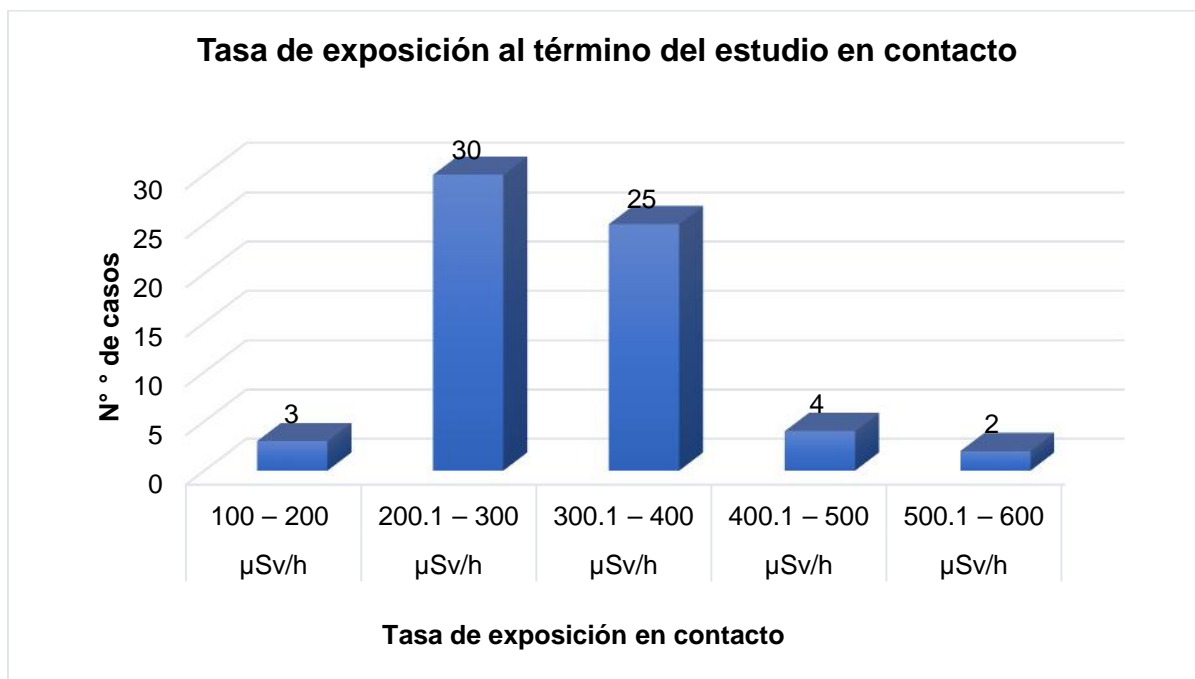
Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 6 se muestra los resultados de la tasa de exposición al término del estudio en contacto, donde la tasa de 200.1 a 300 μ Sv/h es la más frecuente con 30 casos (47%), seguida de la tasa de 300.1 a 400 μ Sv/h con 25 casos (39%).

Nos ubica en el nivel intermedio entre un rango de valores bajos y medios de la tasa de exposición.

Estos resultados indican que la Tasa de exposición al término del estudio en contacto, es principalmente baja.

Gráfica N° 3: Tasa de exposición al Término del estudio en contacto



Fuente: Elaboración propia

3.2.4. Resultados de la Tasa de exposición al término del estudio a 1 metro

A continuación, se presenta los resultados de la variable dependiente en la Tabla N° 7: Tasa de exposición al término del estudio a 1 metro, luego las interpretaciones en párrafos siguientes y al final la gráfica correspondiente.

Tabla N° 07

Tasa de exposición al término del estudio a 1 metro

Tasa de exposición					TOTAL	
Término del estudio		10 – 15 μSv/h	15.1 – 20 μSv/h	20.1 – 25 μSv/h	25.1 – 30 μSv/h	Fi
Medición a 1 metro	N°	14	37	10	3	64
	%	21	58	16	5	100

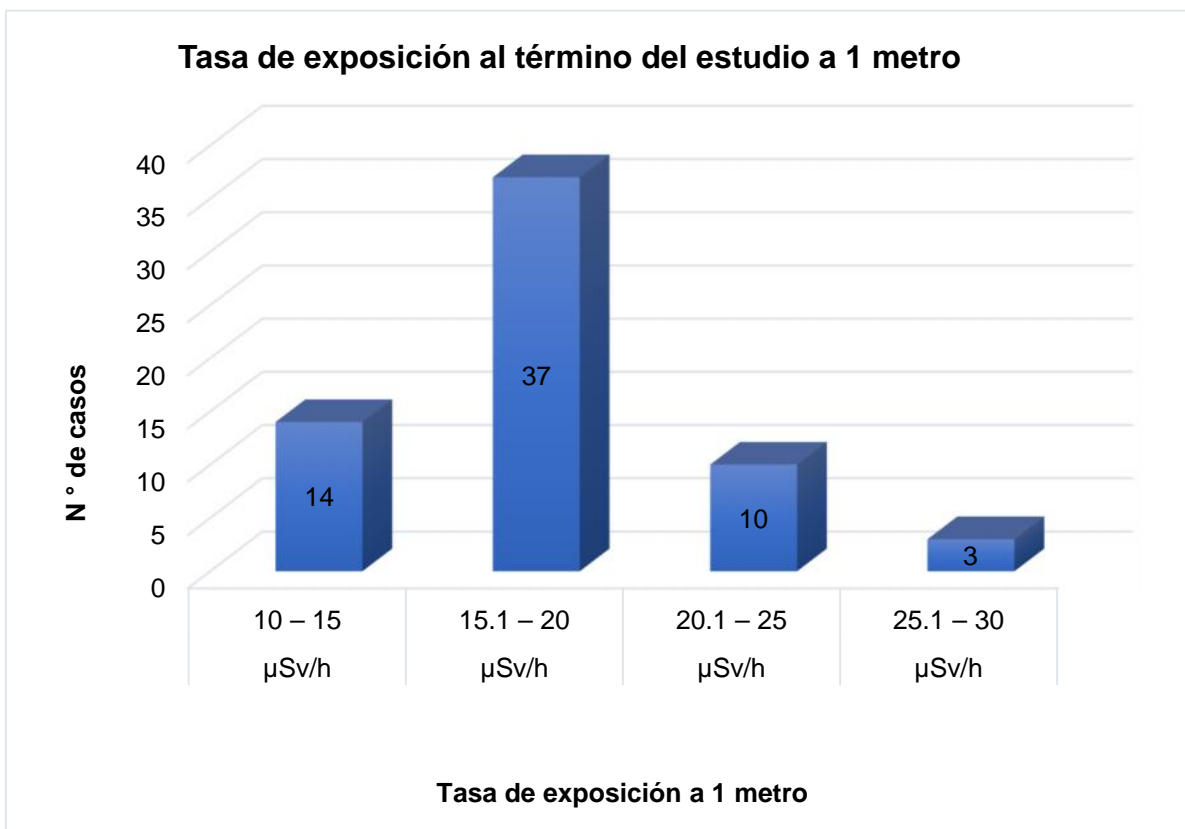
Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 7 se muestra los resultados de la tasa de exposición al término del estudio a 1 metro, la tasa de 15.1 a 20 μSv/h es la más frecuente con 37 casos (58%), seguida de la tasa de 10 a 15 μSv/h con 14 casos (21%) y de la tasa de 20.1 a 25 μSv/h con 10 casos (16%).

Nos ubica en el nivel intermedio entre un rango de valores bajos y medios de la tasa de exposición.

Estos resultados indican que la Tasa de exposición al término de estudio a 1 metro, es principalmente media.

Gráfica N° 4: Tasa de exposición al Término del estudio a 1 metro



Fuente: Elaboración propia

3.3. Resultados de la variable independiente: Eliminación del radiofármaco

3.3.1. Resultados de la Eliminación hepatobiliar del radiofármaco

A continuación, se presenta los resultados de la variable independiente en la Tabla N° 08: Eliminación Hepatobiliar del radiofármaco, luego las interpretaciones en párrafos siguientes y al final la gráfica correspondiente.

Tabla N° 08

Eliminación Hepatobiliar del radiofármaco

Eliminación del radiofármaco				TOTAL
Hepatobiliar		SI	NO	Fi
	N°	58	6	64
	%	91	9	100

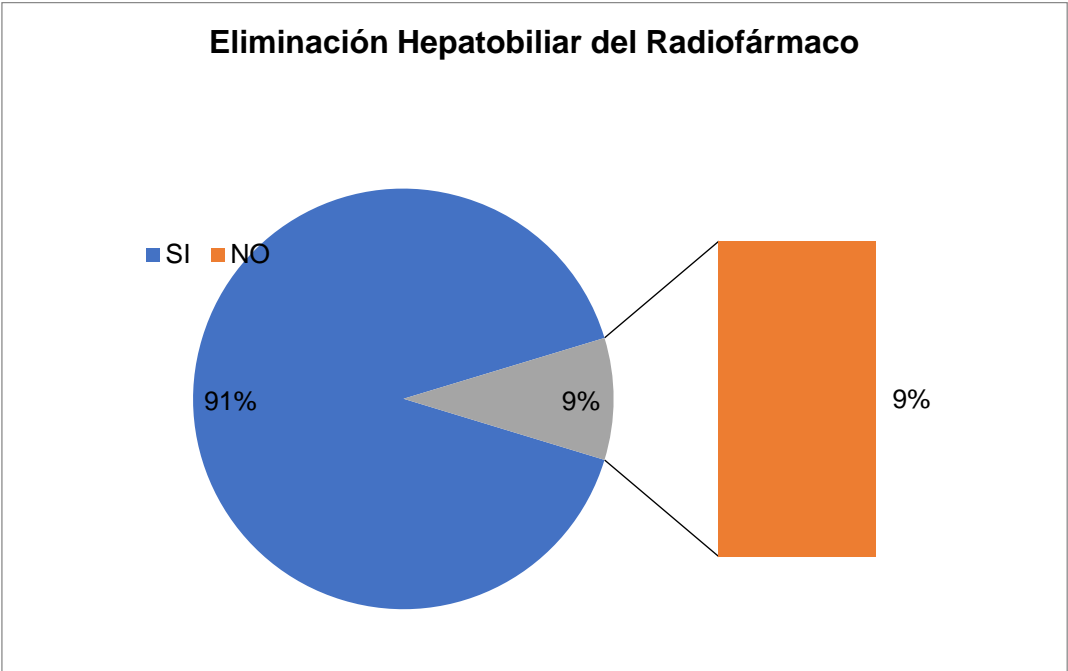
Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 8 se muestra los resultados de la eliminación Hepatobiliar en donde se observa que el 91% con 58 casos utilizaron esta vía de eliminación, y solo el 9% (6 casos) no la utilizaron.

Nos indica que la eliminación Hepatobiliar se da satisfactoriamente en casi toda la población de estudio.

La eliminación del radiofármaco por vía Hepatobiliar, es alta.

Gráfica N° 5: Eliminación Hepatobiliar del radiofármaco



Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Resultados de la Eliminación Renal del radiofármaco

A continuación, se presenta los resultados de la variable independiente en la Tabla N° 9: Eliminación Renal del radiofármaco, las interpretaciones en párrafos siguientes y al final la gráfica correspondiente.

Tabla N° 9
Eliminación Renal del radiofármaco

Eliminación del radiofármaco				TOTAL
Renal		SI	NO	Fi
	N°	52	12	64
	%	81	19	100

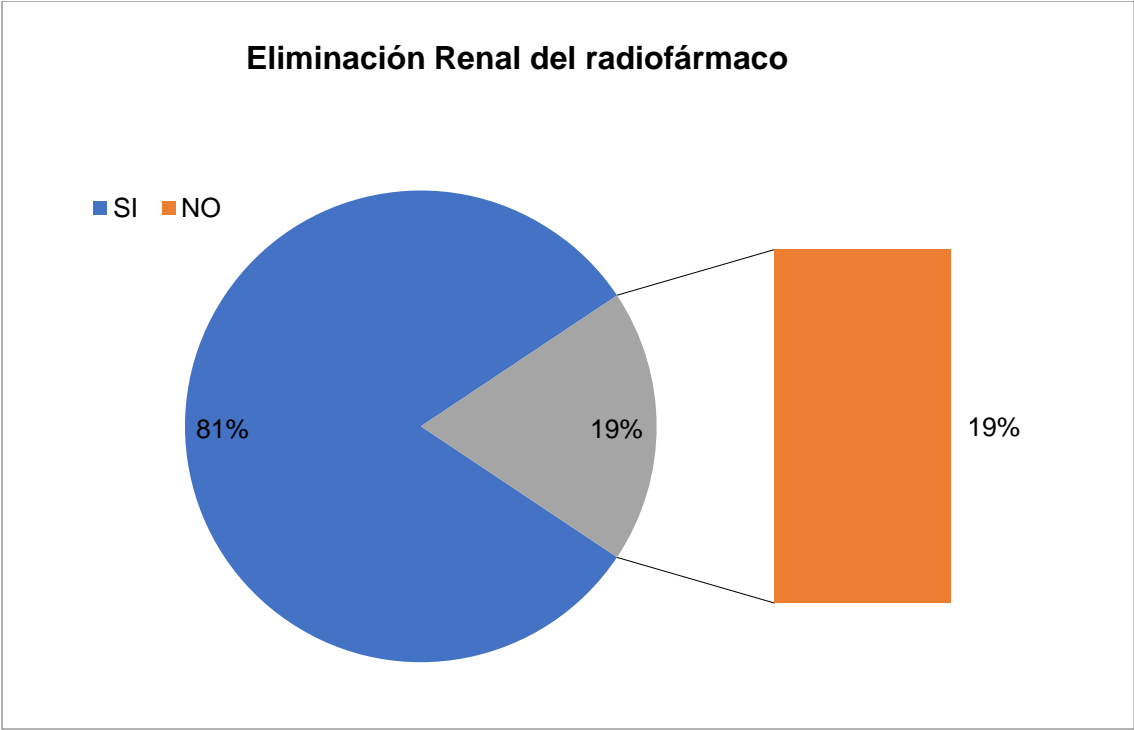
Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 9 se muestra los resultados de la eliminación renal, el 81% con 52 casos utilizaron esta vía de eliminación, y solo el 19% (12 casos) no la utilizaron.

Nos indica que la eliminación renal se da satisfactoriamente en casi toda la población de estudio.

La eliminación del radiofármaco por vía renal, es alta.

Gráfica N° 6: Eliminación Renal del radiofármaco



Fuente: Elaboración propia

3.4 Resultados del Problema de Investigación

3.4.1. Resultados de la Contingencia de la eliminación Hepatobiliar por la tasa de exposición al Término del estudio en contacto

A continuación, se presenta los resultados del Problema de Investigación en la Tabla N° 10: Contingencia de la eliminación Hepatobiliar por la tasa de exposición al Término del estudio en contacto, luego las interpretaciones en párrafos siguientes y al final la gráfica correspondiente.

Tabla N° 10

Contingencia de la eliminación Hepatobiliar por la tasa de exposición al
Término del estudio en contacto

Eliminación		Término del estudio en contacto					total	
		100 – 200 μ Sv/h	200.1 – 300 μ Sv/h	300.1 – 400 μ Sv/h	400.1 – 500 μ Sv/h	500.1 – 600 μ Sv/h	fi	%
Hepatobiliar	SI	3	29	23	2	1	58	90.6
	NO	0	1	2	2	1	6	9.4
TOTAL		3	30	25	4	2	64	100

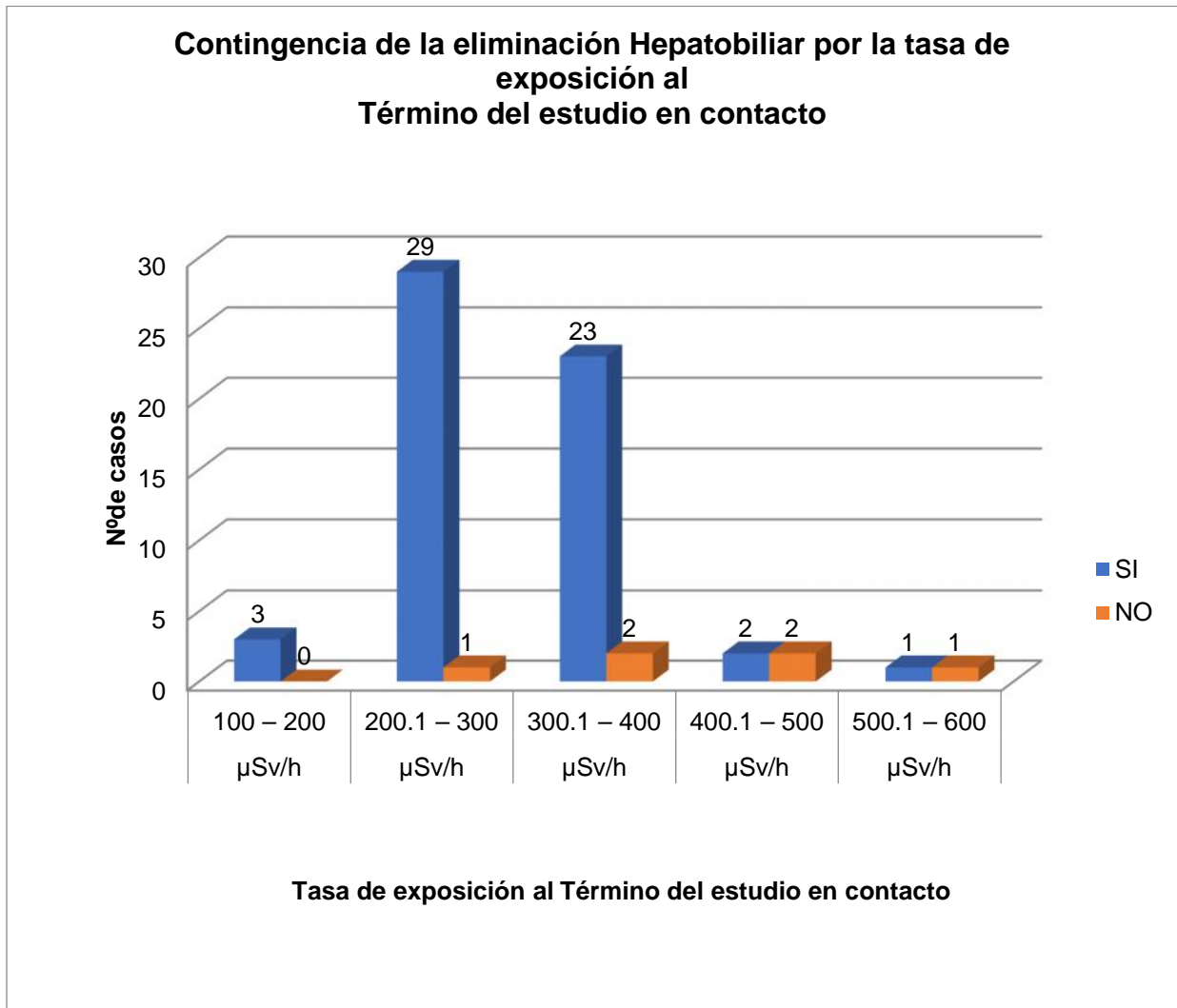
Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°10 se muestra los resultados de la contingencia de la eliminación Hepatobiliar por tasa de exposición al término del estudio en contacto, en las tasas de 300.1 a 500 μ Sv/h se presentaron 4 casos en que no se utilizó esta vía de eliminación.

Nos muestra que las diferentes tasas de exposición al término del estudio en contacto presentan un alto grado de eliminación Hepatobiliar.

La Tasa de exposición al término de estudio en contacto se relaciona con la eliminación Hepatobiliar.

Gráfica N° 7: Contingencia de la eliminación Hepatobiliar por la tasa de exposición al Término del estudio en contacto



Fuente: Elaboración propia

3.4.2. Resultados de la Contingencia de la eliminación Hepatobiliar por la tasa de exposición al Término del estudio a 1 metro

A continuación, se presenta los resultados del Problema de Investigación en la Tabla N° 11: Contingencia de la eliminación Hepatobiliar por la tasa de exposición al Término del estudio a 1 metro, luego las interpretaciones en párrafos siguientes y al final la gráfica correspondiente.

Tabla N° 11

Contingencia de la eliminación Hepatobiliar por tasa de exposición al término del estudio a 1 metro

Eliminación		Término del estudio a 1 metro				Total	
		10 – 15 μSv/h	15.1 – 20 μSv/h	20.1 – 25 μSv/h	25.1 - 30 μSv/h	Fi	%
Hepatobiliar	SI	12	36	9	1	58	90.6
	NO	2	1	1	2	6	9.4
TOTAL		3	30	25	4	64	100

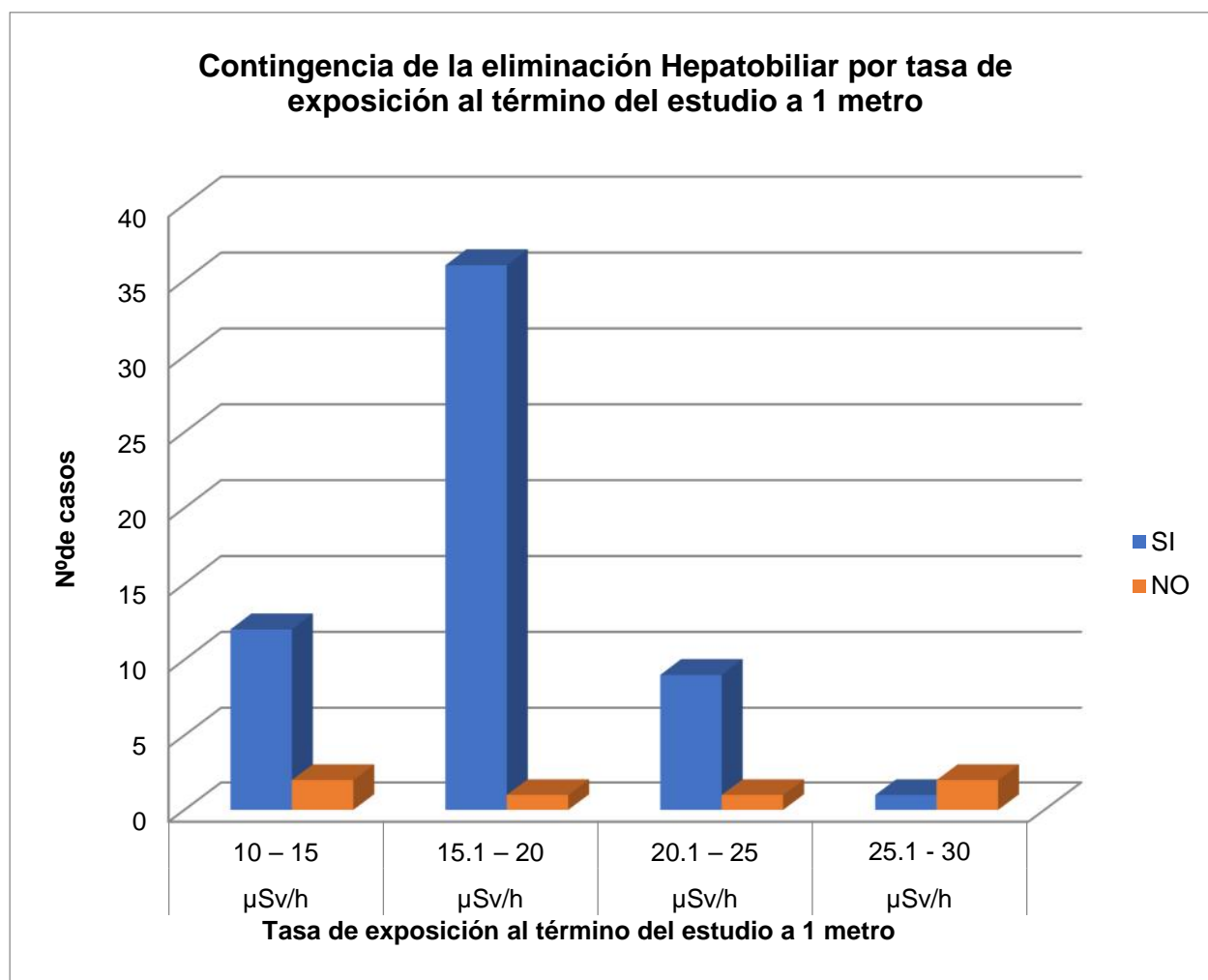
Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 11 se muestra los resultados de la contingencia de la eliminación por tasa de exposición al término del estudio a 1 metro, donde se presentan 6 casos en que no se utilizó esta vía de eliminación distribuidas en todas las tasas de exposición.

Nos muestra que las diferentes tasas de exposición al término del estudio a 1 metro presentan un alto grado de eliminación Hepatobiliar.

La Tasa de exposición al término de estudio a 1 metro se relaciona con la eliminación Hepatobiliar.

Gráfica N° 8: Contingencia de la eliminación Hepatobiliar por tasa de exposición al término del estudio a 1 metro



Fuente: Elaboración propia

3.4.3. Resultados de la Contingencia de la eliminación Renal por tasa de exposición al término del estudio en contacto

A continuación, se presenta los resultados del Problema de Investigación en la Tabla N° 12: Contingencia de la eliminación Renal por tasa de exposición al término del estudio en contacto, luego las interpretaciones en párrafos siguientes y al final la gráfica correspondiente.

Tabla N° 12

Contingencia de la eliminación Renal por tasa de exposición al término del estudio en contacto

Eliminación		Término del estudio en contacto					TOTAL	
		100 – 200 $\mu\text{Sv/h}$	200.1 – 300 $\mu\text{Sv/h}$	300.1 – 400 $\mu\text{Sv/h}$	400.1 – 500 $\mu\text{Sv/h}$	500.1 – 600 $\mu\text{Sv/h}$	fi	%
Renal	SI	2	27	19	3	1	52	81
	NO	1	3	6	1	1	12	19
TOTAL		3	30	25	4	2	64	100

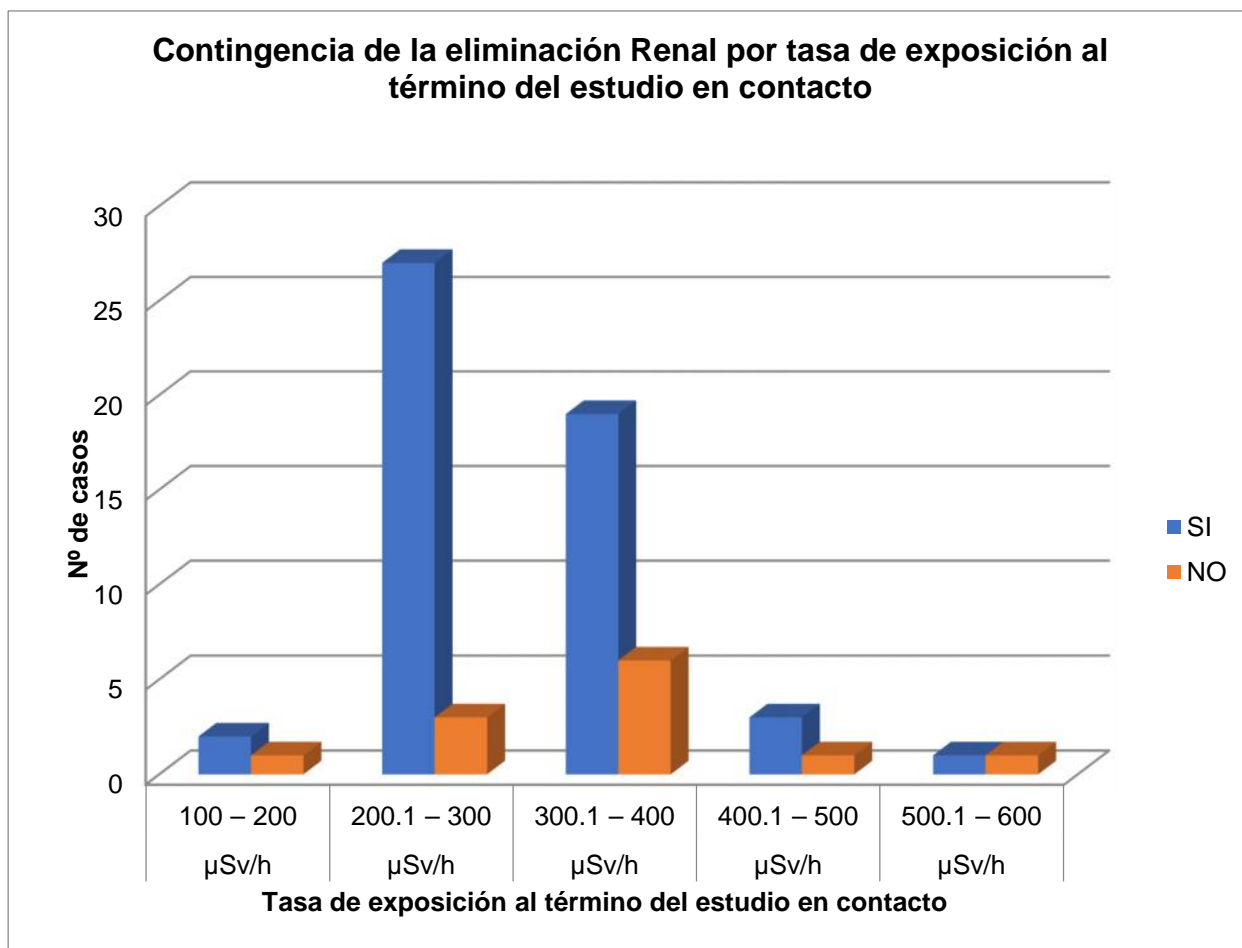
Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N° 12 se muestra los resultados de la contingencia de la eliminación renal por tasa de exposición al término del estudio en contacto, donde las tasas de 200.1 a 400 $\mu\text{Sv/h}$ presentan 9 casos en que no se utilizó esta vía de eliminación.

Nos muestra que las diferentes tasas de exposición al término del estudio en contacto presentan un alto grado de eliminación renal.

La Tasa de exposición al término de estudio en contacto se relaciona con la eliminación renal.

Gráfica N° 9: Contingencia de la eliminación Renal por tasa de exposición al término del estudio en contacto



Fuente: Elaboración propia

3.4.4. Resultados de la Contingencia de la eliminación Renal por tasa de exposición al término del estudio a 1 metro

A continuación, se presenta los resultados del Problema de Investigación en la Tabla N° 13: Contingencia de la eliminación Renal por tasa de exposición al término del estudio a 1 metro, luego las interpretaciones en párrafos siguientes y al final la gráfica correspondiente.

Tabla N° 13

Contingencia de la eliminación Renal por tasa de exposición al término del estudio a 1 metro

Eliminación		Término del estudio a 1 metro				TOTAL	
		10 – 15 $\mu\text{Sv/h}$	15.1 – 20 $\mu\text{Sv/h}$	20.1 – 25 $\mu\text{Sv/h}$	25.1 – 30 $\mu\text{Sv/h}$	Fi	%
Renal	SI	13	31	6	2	52	81
	NO	1	6	4	1	12	19
TOTAL		14	37	10	3	64	100

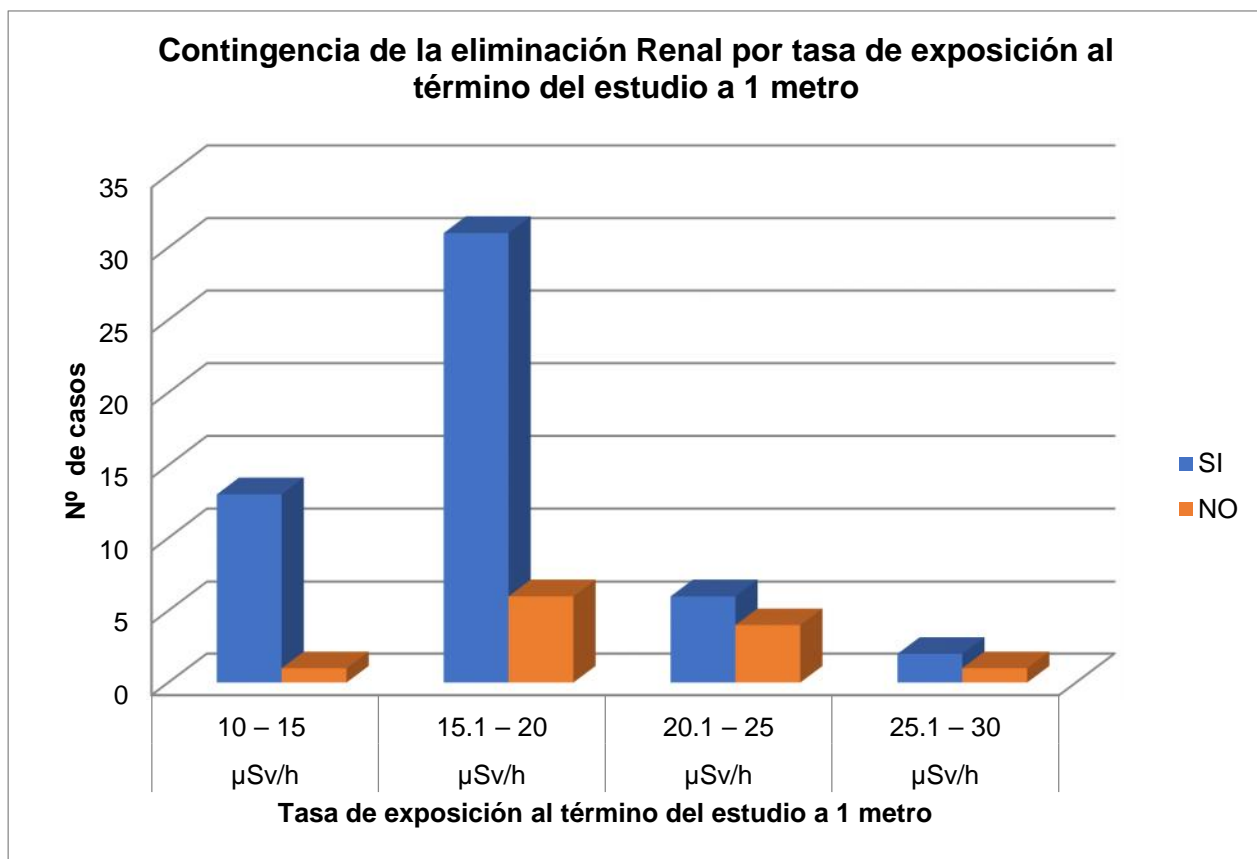
Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N°13 se muestra los resultados de la contingencia de la eliminación renal por tasa de exposición al término del estudio a 1 metro, en donde las tasas de 15.1 a 25 $\mu\text{Sv/h}$ presentan 10 casos en donde no se utilizó esta vía de eliminación.

Nos muestra que las diferentes tasas de exposición al término del estudio a 1 metro presentan un alto grado de eliminación renal.

La Tasa de exposición al término de estudio a 1 metro se relaciona con la eliminación renal.

Gráfica N° 10: Contingencia de la eliminación Renal por tasa de exposición al término del estudio a 1 metro



Fuente: Elaboración propia

3.4.5. Resultados de la Comparación de la Tasa de exposición al inicio del estudio post inyección en contacto y a 1 metro

A continuación, se presenta los resultados del Problema de Investigación en la Tabla N° 14: Comparación de la Tasa de exposición al inicio del estudio post inyección en contacto y a 1 metro, luego las interpretaciones en párrafos siguientes y al final la gráfica correspondiente.

Tabla N° 14

Comparación de la Tasa de exposición al inicio del estudio post inyección en contacto y a 1 metro

Tasa de exposición al inicio del estudio post inyección		
Medición	Contacto $\mu\text{Sv/h}$	1 metro $\mu\text{Sv/h}$
Valor mínimo	340.5	18.2
Valor promedio	532.5	29.96
Valor máximo	806.5	48

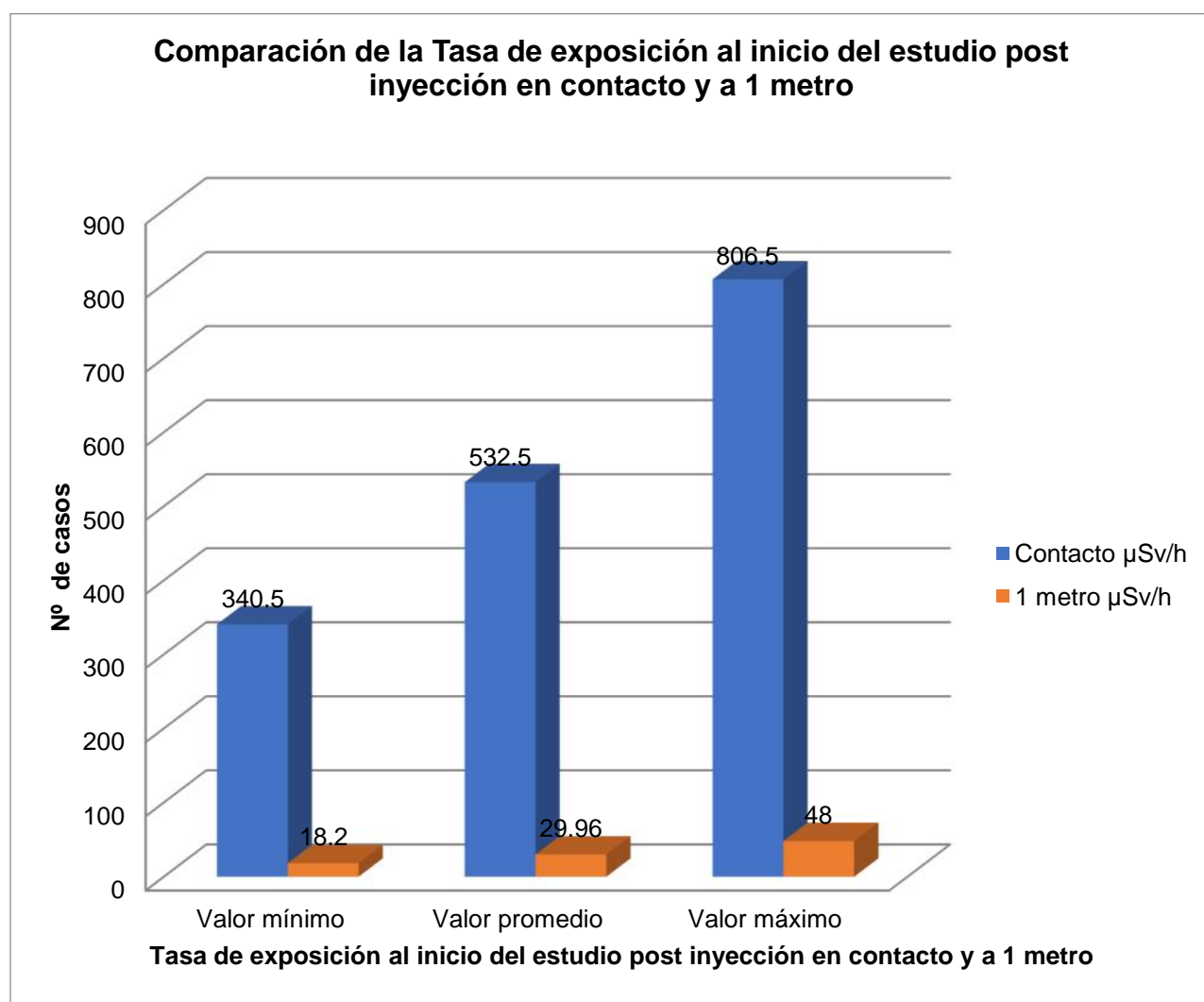
Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 14 se muestra los resultados de la comparación entre la tasa de exposición en contacto y a 1 metro, al inicio del estudio post inyección, y se observa que la tasa de exposición promedio en contacto es mucho mayor que la tasa de exposición promedio a 1 metro.

Nos muestra que las diferentes tasas de exposición al inicio del estudio post inyección en contacto son altamente mayores que las tasas de exposición a 1 metro.

La Tasa de exposición al inicio del estudio post inyección a 1 metro es menor tanto en sus valores mínimos como máximos.

Gráfica N° 11: Comparación de la Tasa de exposición al inicio del estudio post inyección en contacto y a 1 metro



Fuente: Elaboración propia

3.4.6. Resultados de la Comparación de la Tasa de exposición al término del estudio en contacto y a 1 metro

A continuación, se presenta los resultados del Problema de Investigación en la Tabla N° 15: Comparación de la Tasa de exposición al término del estudio en contacto y a 1 metro, luego las interpretaciones en párrafos siguientes y al final la gráfica correspondiente.

Tabla N° 15

Comparación de la Tasa de exposición al término del estudio en contacto y a 1 metro

Tasa de exposición al término del estudio		
Medición	Contacto $\mu\text{Sv/h}$	1 metro $\mu\text{Sv/h}$
Valor mínimo	170.9	15.2
Valor promedio	304.9	18.7
Valor máximo	520.4	24

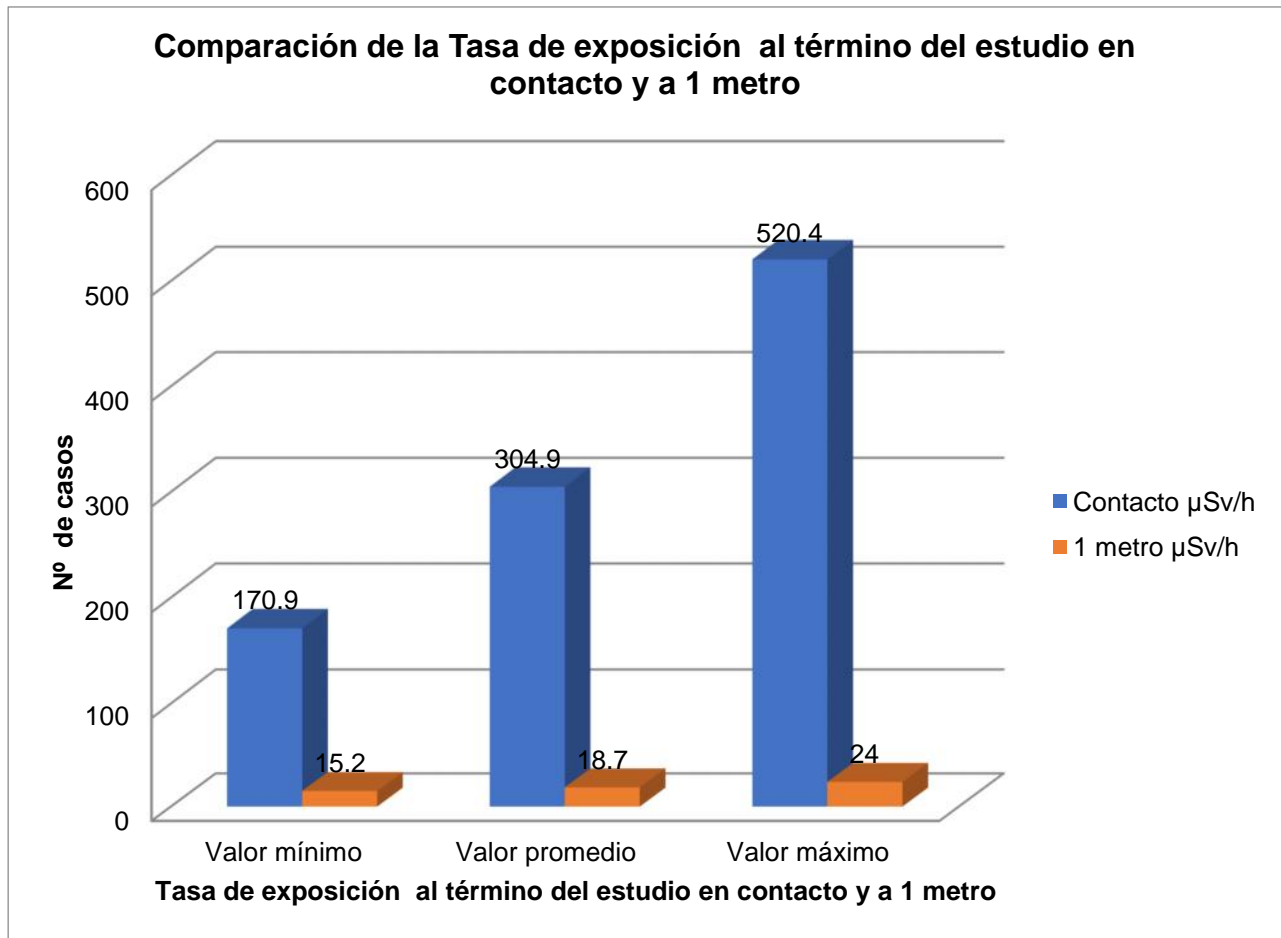
Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 15 se muestra los resultados de la comparación entre la tasa de exposición al término del estudio en contacto y a 1 metro, y se observa que la tasa de exposición mínima en contacto es mucho mayor que la tasa de exposición mínima a 1 metro.

Nos muestra que las diferentes tasas de exposición al término del estudio en contacto son altamente mayores que las tasas de exposición a 1 metro.

La Tasa de exposición al término del estudio a 1 metro es menor tanto en sus valores mínimos como máximos.

Gráfica N° 12: Comparación de la Tasa de exposición al término del estudio en contacto y a 1 metro



Fuente: Elaboración propia

3.5. Discusión de los resultados

3.5.1. Discusión de los resultados a nivel de la variable dependiente: tasa de exposición

De las tablas 4, 5, 6 y 7 la tasa de exposición, pacientes de gammagrafía con MIBI- Tc 99m al inicio del estudio post inyección en contacto es principalmente 500.1 – 600 $\mu\text{Sv}/\text{hm}$, y a 1 metro es principalmente de 20.1 – 30 $\mu\text{Sv}/\text{h}$, asimismo la tasa de exposición al término del estudio en contacto es principalmente de 200.1 – 300 $\mu\text{Sv}/\text{h}$, y a un metro es principalmente de 15.1 – 20 $\mu\text{Sv}/\text{h}$.

3.5.2. Discusión de los resultados a nivel de la variable independiente: eliminación del radiofármaco

De las tablas 8 y 9 la eliminación del Radiofármaco, pacientes de Gammagrafía con MIBI- Tc 99m es principalmente de eliminación Hepatobiliar.

3.5.3. Discusión de los resultados a nivel del problema

De las tablas 10 a 15 la tasa de exposición tiene relación directa con la eliminación del Radiofármaco por vía Hepatobiliar en pacientes de Gammagrafía con MIBI- Tc 99m, en donde la tasa de exposición en contacto es mucho mayor que la tasa exposición a 1 metro tanto al inicio del estudio post inyección como al término del estudio.

4. CONCLUSIONES

PRIMERA

Se ha demostrado en esta investigación que la tasa de exposición en pacientes de gammagrafía con MIBI- Tc 99m es variable.

SEGUNDA

Se ha demostrado en esta investigación que la eliminación del radiofármaco en pacientes de gammagrafía con MIBI- Tc 99m es variable en función del consumo principalmente de alimentos grasos e ingesta de líquido durante la preparación del paciente.

TERCERA

Se ha demostrado en esta investigación que la tasa de exposición se relaciona con la eliminación del radiofármaco, disminuyendo así la tasa de exposición inicial. La tasa de exposición tiene relación directa y significativa con la eliminación del radiofármaco en pacientes de gammagrafía con MIBI- Tc 99m del Servicio de Medicina Nuclear, Hospital Nacional Carlos Alberto Seguí Escobedo, de esta manera queda validada la hipótesis de estudio y logrados los objetivos de esta investigación.

5. RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS

5.1. Se recomienda a los profesionales tecnólogos médicos, tener en consideración los resultados de la presente investigación para disminuir la tasa de exposición estimulando su eliminación con una adecuada preparación que incluya el consumo de alimentos ricos en grasa y abundante líquido durante las 48h siguientes a la inyección del radiofármaco. Se debe también estar a una distancia no menor de 1 metro del paciente debido a que la tasa de exposición es menor comparada con la tasa de exposición en contacto del paciente.

5.2. Se sugiere a los profesionales tecnólogos médicos en Radiología y tesisistas, realizar investigaciones sobre la tasa de exposición en los diferentes estudios gammagráficos así también ampliar los estudios realizados sobre la tasa de exposición con MIBI- Tc 99m, en una población mayor que permita un mejor análisis estadístico de los resultados.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

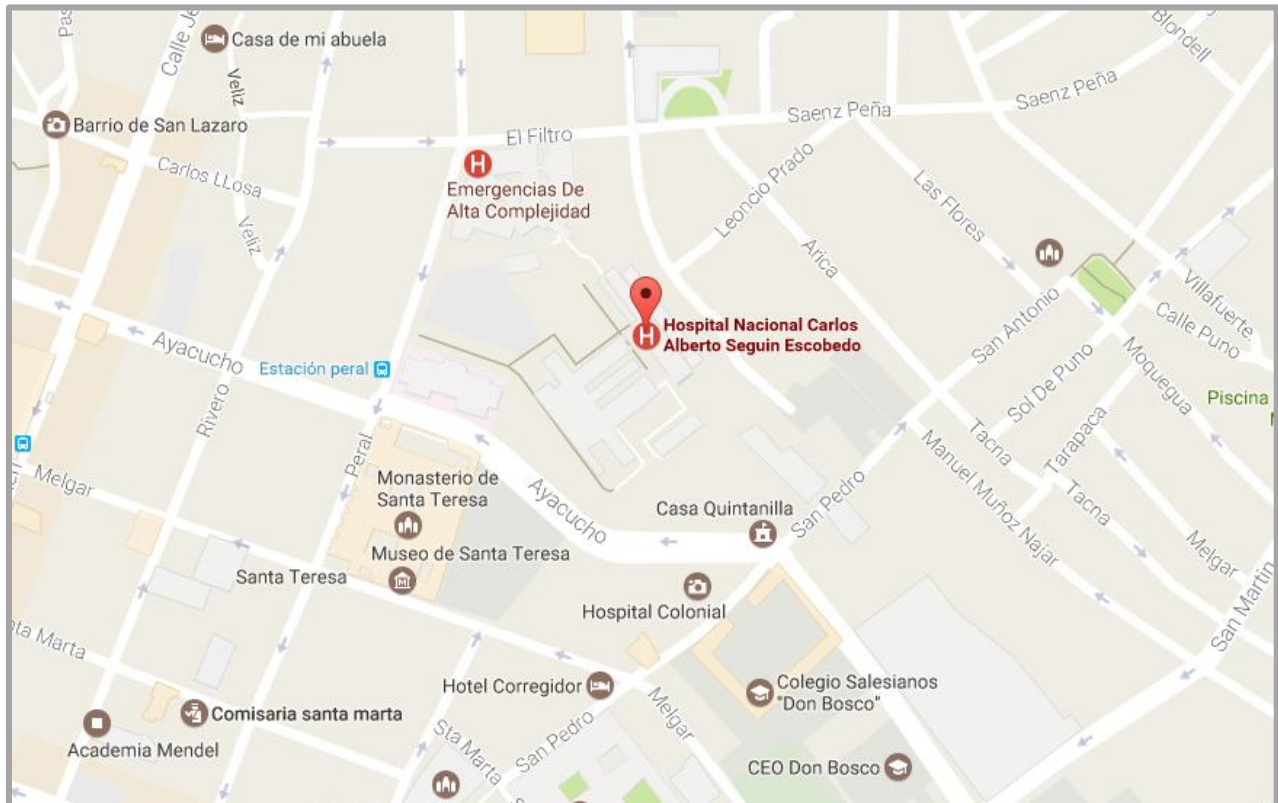
1. Trujillo Zamudio F. Niveles de exposición a la radiación en pacientes de diagnóstico inyectados con ^{99m}Tc , ^{67}Ga y ^{131}I en el Instituto Nacional de Cancerología Servicio de Medicina Nuclear de México [Tesis de grado profesional]. México: 2011.
2. Martínez Hernández I. Análisis de dosis equivalente (H) a partir de la exposición (X) recibida por familiares de pacientes en estudio de perfusión miocárdica con ^{99m}Tc -Sestamibi. México D.F: Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, Departamento de Cardiología Nuclear, Sociedad Mexicana de Seguridad Radiológica A. C. (SMSR), Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares ; Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias; Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios; Universidad Autónoma de San Luis Potosí. México: Núm. de referencia 42000581 INIS Volumen 42; 2010.
3. Quispe Barriga E, Taboada Rosello C. Valores de la tasa de exposición a un metro de distancia del paciente al término de un estudio de gammagrafía ósea con tecnecio 99 metaestable Servicio de medicina nuclear instituto nacional de enfermedades neoplásicas. [Tesis de grado profesional Licenciado]. Lima:2014.
4. Hernández Falcón D, Marrero Riverón L, Ledea Lozano O. Empleo de la medicina nuclear y las técnicas de imágenes en las afecciones del sistema óseo. Revista Cubana de Ortopedia y Traumatología. 2012; 26(2):190-212.
5. Ministerio de Sanidad y consumo, Ministerio de Educación y Cultura, Consejo Nacional de Especialidades Médicas. Guía de formación de especialistas, Medicina Nuclear: 2015.

6. Chain Yamil, Illanes Luis. Radiofármacos en Medicina Nuclear Fundamentos y Aplicación Clínica. Universidad de la Plata Facultad de Ciencias Exactas: Edulp;2015
7. Soriano B, Mendarte L, San Martín E. Agentes de diagnóstico y Radiofarmacia. En: Carrio I, González P. Medicina Nuclear y Aplicaciones Clínicas. Barcelona: Masson; 2003. p.749-775.
8. Mallol J. Manual de Radiofarmacia. España: Díaz Santos; 2008.
9. National Centre for Nuclear Research. Prospecto de información para el usuario MIBI Institute of Atomic Energy; 2015.
10. González Sprinberg G, Rabin Lema C. Para entender las radiaciones Energía Nuclear, Medicina, Industria. Uruguay: DIRAC; 2011.
11. Peñuelas Sánchez. Radiofármacos PET. ELSEIVER (en línea) 6 de octubre 2001(07 de junio de 2017); 20. URL disponible en: <http://www.elsevier.es/es-revista-revista-espanola-medicina-nuclear-e-125-articulo-radiofarmacos-pet-13018738>.
12. López Isaura. Medidas de protección radiológica en enfermería. Universidad de Rioja (en línea) 2014 (07 de junio de 2017); 1. URL disponible en: http://biblioteca.unirioja.es/tfe_e/TFE001105.pdf.
13. Cayetano Fernández. Enfermería Radiológica. Universidad de Almería (en línea) 2005 (07 de junio de 2017).URL disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Cayetano_Fernandez-Sola/publication/277661749_Enfermeria_Radiologica/links/556f2ffc08aeccd777410cee/Enfermeria-Radiologica.pdf.

ANEXOS

7.1 Anexo N°1: Mapa de Ubicación

Hospital Nacional Carlos Alberto Seguín Escobedo (HNCASE) EsSalud, Distrito Miraflores, Ciudad de Arequipa, País Perú.



7.2 Anexo N°2: Glosario

Gammagrafía con MIBI-Tc99m: En este estudio se realiza inyectando el radiofármaco MIBI marcado con tecnecio 99 metaestable a un paciente, la sustancia se incorpora al miocardio por difusión es captado por las células mitocondrias del ventrículo izquierdo. La radiación emitida es detectada por una cámara que lentamente y permite detectar mediante la imagen obtenida la presencia de patología (6).

Radioisótopo o radionúclidos: Un isótopo radiactivo se caracteriza por tener un núcleo atómico inestable que emite energía en forma de radiación cuando cambia de esta forma a una más estable. Los isótopos radiactivos tienen usos en medicina nuclear y en este estudio se usará el tecnecio 99 metaestable (11).

Radiofármaco: Es aquel fármaco con finalidad terapéutica o diagnóstica en su preparación se le adicione uno o más radionúclidos o isótopos radiactivos (11).

MIBI: metoxi-isobutil-isonitrilo, es un agente de radiodiagnóstico que marcado con tecnecio 99 metaestable puede ser inyectado para poder visualizar mediante una cámara gamma, el flujo sanguíneo dentro de su corazón durante el ejercicio y el reposo (6).

Tecnecio 99 metaestable (99mTc): Es el radionúclido que se utilizará para la gammagrafía ósea y es el que originará la tasa de exposición para la medición de los datos. Además, es el más utilizado para estudios diagnósticos en medicina nuclear. Contador Geiger Müller: Es un detector de partículas y de radiaciones ionizantes. Es un equipo o instrumento que permite medir la radiactividad de un objeto o lugar (6).

Dosis efectiva anual: Esta magnitud es un indicador cuantitativo de la probabilidad de que pueda ocurrir un efecto adverso, generalmente cáncer, sobre una persona irradiada a cuerpo completo en un año (12).

Tasa de exposición: Son los valores que vamos a medir, se refiere a la situación en la que el público absorbe radiaciones ionizantes provenientes de un paciente que se le ha administrado tecnecio 99 metaestable (13).

Cámara gamma: Es también llamado Gamma cámara este equipo detecta la radiación gamma que procede del propio paciente a quien se le inyecta, generalmente por vía intravenosa, un trazador radiactivo luego de un tiempo adecuado para la distribución y fijación en el cuerpo del radiofármaco, se obtendrá la imagen correspondiente (6).

AMD: Ácido Metilén-difosfónico (6).

MAG3: Mercapto-acetil-triglicina (6).

DTPA: Ácidodietilen-triamino-pentacético (6).

DMSA: Ácidodimercaptosuccínico (6).

7.3 Anexo N°3: Ficha gammagráfica de Recolección de datos

Nombres y Apellidos: _____ Ficha Nro. _____

Estudio: _____

Edad: _____

Fecha: ___/___/___

Patología: _____

Peso: _____ Kg Talla: _____ m

1) Actividad administrada _____ mCi

2) Hora de administración _____

3) Al inicio del estudio post inyección _____ $\mu\text{Sv/h}$
(En contacto)

4) Al inicio del estudio post inyección _____ $\mu\text{Sv/h}$
(A 1 metro)

Hora _____

5) Al término del estudio _____ $\mu\text{Sv/h}$
(En contacto)

6) Al término del estudio _____ $\mu\text{Sv/h}$
(A 1 metro)

Hora _____

7) Eliminación Hepatobiliar Observable _____

8) Eliminación Renal Observable _____

 No Observable _____

7.4 Anexo N°4: Protocolo del Instrumento



Filial-Arequipa

Facultad de Medicina Humana y Ciencias de la Salud
Escuela Académico Profesional de Tecnología Médica

INFORME SOBRE JUICIO DE EXPERTO DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

1. Título del Proyecto:

Relación Tasa de exposición y Eliminación del Radiofármaco en pacientes de Gammagrafía con MIBI-Tc99m del Servicio de Medicina Nuclear, Hospital Nacional Carlos Alberto Seguí Escobedo, Arequipa, 2016.

2. Datos Generales:

2.1. Nombres y Apellidos del experto:

2.2. Institución donde labora: Servicio de Medicina Nuclear del Hospital Nacional Carlos Alberto Seguí Escobedo

2.3. Motivo de evaluación del Instrumento: Proyecto de Tesis presentado a la Universidad Alas Peruanas como requisito para la obtención del Título Profesional de Licenciado en Tecnología Médica en el Área de Radiología.

2.4. Autor del Instrumento:

Bachiller Katherine Rossemary Hinojosa Arenaza

3. Aspectos de Validación:

Criterios		Inaceptable						Mínimamente Aceptable			Aceptable 2			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.- Claridad	Está formulando con lenguaje apropiado													
2.- Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													
3.- Actualización	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													
4.-Organización	Existe una organización lógica.													
5.-Suficiencia	Comprende aspectos cuantitativos y cualitativos.													
6.-Intencionalidad	Está adecuado para valorar las variables de las hipótesis.													
7.-Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													
8.-Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos hipótesis, variables, dimensiones, indicadores con los ítems.													
9.-Metodología	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr las hipótesis.													
10.-Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.													

4. Opinión de aplicabilidad

4.1. El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación

SI	NO
----	----

4.2. Promedio de valoración

--

Fecha: / /

Firma del experto:

DNI:

7.5 Anexo N°5: Matriz de Base de datos

N°	Estudio	Edad (años)	Sexo	Patología	Peso (Kg)	Talla (m)	Actividad administrada	Mediciones al Inicio del estudio post inyección			Mediciones al término del estudio			Eliminación Renal		Eliminación Hepatobiliar	
								contacto	1 metro	Hora	contacto	1 metro	Hora	Si	No	Si	No
1	Stress	55	M	Enfermedad coronaria	92.3	1.73	21	489.70	31.19	09:55	277.02	23.18	11:20	X		X	
2	Stress	70	M	Angina estable	85	1.75	21	557.60	38.4	10:05	382.6	16.92	11:05	X		X	
3	Stress	71	F	Angina inestable	67.5	1.45	21	525.50	34.2	10:15	390.2	23.35	11:45	X		X	
4	Stress	70	M	Enfermedad coronaria	60.3	1.58	21	364.50	31.08	11:05	287.19	24.4	12:20	X		X	
5	Stress	66	M	Cardiopatía coronaria	74.8	1.54	21	588.30	28.6	11:20	297.7	17.8	13:20	X		X	
6	Reposo	66	M	Enfermedad coronaria	74.5	1.78	20	589.50	28.9	09:40	356.8	15.6	11:00	X		X	
7	Rastreo tiroideo	14	F	Nódulo frío	48	1.6	20	643.80	26.7	09:20	210.3	16.5	11:45	X		X	
8	Reposo	66	F	Cardiopatía coronaria	74.8	1.54	20	427.60	21.7	08:30	244.8	13.02	10:00	X			X
9	Reposo	70	M	Enfermedad coronaria	60.3	1.58	20	583.50	29.4	08:50	316.2	17.4	10:35	X		X	
10	Reposo	71	F	Angina inestable	67.5	1.45	20	489.50	20.9	09:12	281.3	17.2	11:00	X			X
11	Reposo	79	F	Hipertensión arterial	59	1.57	22	508.90	36.2	10:30	317.2	27.4	11:17	X			X
12	Stress	57	F	Enfermedad coronaria	81	1.6	20	584.03	34.3	09:40	416.7	27.5	10:50		X	X	
13	Stress	68	M	Fibrilación auricular	82	1.76	20	531.60	23.8	11:12	289.3	14.8	12:10	X		X	
14	Stress	63	M	Enfermedad coronaria	58	1.72	20	439.50	25.6	10:05	360.8	21.12	11:20	X			X
15	Stress	52	M	Angina estable	87	1.72	20	484.90	28.7	10:40	322.5	16.8	11:50	X		X	
16	Reposo	88	F	Dolor toraxico no típico	63	1.56	21	595.30	28.4	11:10	338.1	16.8	12:40	X		X	
17	Reposo	67	F	Hipertensión arterial	70	1.56	21	582.60	28.76	11:40	303.6	18.3	12:50	X		X	
18	Reposo	67	F	Enfermedad coronaria	69	1.51	21	584.50	29.2	11:50	350.3	17.6	13:20	X		X	
19	Reposo	63	M	Enfermedad coronaria	58	1.73	21	503.50	29.7	12:05	320.7	19.66	13:50	X		X	
20	Stress	88	F	Dolor toraxico no típico	63	1.56	21	630.60	39.8	10:05	520.4	26.8	11:20		X	X	
21	Viabilidad	56	M	Enfermedad coronaria	77	1.65	20	610.50	29.89	08:50	420.2	19.6	10:50	X		X	
22	Stress	77	F	Enfermedad coronaria	62	1.51	20	561.30	29.6	10:55	280.01	12.6	12:50	X		X	
23	Stress	67	F	Enfermedad coronaria	53	1.58	20	490.80	20.5	11:25	280.8	16.22	13:00	X		X	
24	Stress	80	F	Enfermedad coronaria	62	1.49	21	790.50	420.6	09:30	520	20.02	10:20	X			X
25	Reposo	59	F	Enfermedad coronaria	78	1.6	20	367.80	18.6	08:25	247.5	11.6	09:45	X		X	
26	Rastreo tiroideo	61	F	Cáncer de tiroides	48	1.4	20	496.80	24.38	08:20	184.8	14.3	11:30	X		X	

27	Stress	74	M	Enfermedad coronaria	99	1.69	20	448.70	19.4	09:35	237.5	14.5	10:10		X	X	
28	Reposo	52	M	Angina inestable	87	1.72	20	482.30	19.3	09:05	281.25	14.38	10:40	X		X	
29	Stress	64	F	Enfermedad coronaria	63	1.63	20	424.60	18.2	09:50	170.9	11.4	11:45	X		X	
30	Reposo	77	F	Enfermedad coronaria	80	1.45	20	460.80	18.4	10:25	320.5	17.8	12:20	X			X
31	Rastreo tiroideo	51	F	Nódulo tiroideo derecho	80	1.5	20	436.00	19.3	08:15	215	10.5	11:00	X		X	
32	Stress	53	F	Enfermedad coronaria	85	1.58	20	430.00	20	09:33	275	16	10:45	X		X	
33	Stress	51	M	Enfermedad coronaria	92	1.81	20	389.00	24.9	10:55	193.05	16.5	12:15	X			X
34	Rastreo tiroideo	70	F	Cáncer de tiroides	46	1.58	20	602.00	32	08:15	274.5	13.77	10:33	X		X	
35	Stress	67	M	Enfermedad coronaria	101	1.58	20	447.00	24.5	10:10	342	16.7	11:15	X			X
36	Rastreo tiroideo	64	F	Cáncer de tiroides	74	1.55	20	461.50	29.6	09:30	264.7	17.07	11:30	X		X	
37	Paratiroides	17	M	Hiperparatiroidismo	85	1.81	20	537.50	31.5	09:50	276.5	16.5	11:15	X		X	
38	Rastreo tiroideo	56	F	Bocio multilocular	78	1.59	20	560.50	28.25	08:35	202.8	16.5	10:55	X		X	
39	Reposo	80	F	Enfermedad coronaria	62	1.49	20	502.00	40	07:56	318.4	16	09:32	X		X	
40	Reposo	51	M	Enfermedad coronaria	90	1.75	21	544.50	31.4	10:25	214.7	19.2	11:45	X		X	
41	Reposo	69	M	Enfermedad coronaria	101	1.68	20	501.00	34.3	08:22	282.8	23.4	10:00	X		X	
42	Stress	63	F	Infarto agudo de miocardio	75	1.56	20	492.00	31.3	09:20	356	23.5	11:40	X			X
43	Stress	49	M	Enfermedad coronaria	94	1.81	20	361.70	27.9	10:20	200.5	12.9	11:50	X		X	
44	Stress	62	M	Enfermedad coronaria	74.5	1.74	20	392.50	32.6	10:55	209.5	11.6	12:20	X		X	
45	Stress	77	M	Enfermedad coronaria	60	1.61	20	340.50	23.5	10:15	220.5	16.5	11:00	X			X
46	Reposo	62	M	Enfermedad coronaria	74.5	1.72	21	504.00	21.9	14:47	248.6	14.6	16:00	X		X	
47	Reposo	54	F	Enfermedad coronaria	59.3	1.5	20	480.20	25.9	14:50	320.5	15.65	16:50	X		X	
48	Reposo	63	F	Infarto agudo de miocardio	75	1.56	21	595.30	35.8	12:00	394.8	21.5	14:20		X	X	
49	Reposo	76	M	Arritmias cardiacas	60	1.68	20	595.20	34.5	13:20	284.5	16.5	15:20	X		X	
50	Reposo	49	M	Enfermedad coronaria	94	1.81	20	420.50	28.3	13:30	226	18.8	16:30	X		X	
51	Reposo	80	M	Enfermedad coronaria	72	1.53	21	805.02	40.5	09:35	405.7	20.50	11:30		X	X	
52	Stress	58	F	Cardiopatía coronaria	92	1.65	21	806.50	41.5	10:05	299.6	15.4	11:05	X		X	
53	Stress	76	M	Enfermedad coronaria	101	1.55	20	490.50	33.6	11:00	308.8	15.2	13:15		X	X	
54	Stress	77	M	Enfermedad coronaria	78	1.54	20	566.50	35.50	11:40	336	18.6	13:40	X		X	
55	Reposo	80	M	Enfermedad coronaria	60	1.58	20	563.20	30.5	13:30	344	18.6	15:15	X		X	
56	Reposo	73	M	Enfermedad coronaria	68	1.75	20	534.50	24.5	13:40	347.5	16.3	16:50	X		X	

57	Stress	89	F	Síndrome coronario agudo	74	1.58	20	579.80	23.2	08:00	282.5	18.6	10:00	X		X	
58	Reposo	70	M	Enfermedad coronaria	67.2	1.62	20	761.50	32	08:10	280.5	23.5	10:10	X		X	
59	Stress	68	M	Enfermedad coronaria	74	1.68	20	438.50	24.5	09:20	233.5	16.5	12:20	X		X	
60	Stress	67	M	Enfermedad coronaria	69	1.67	20	615.00	39	09:30	350	18.5	11:00	X		X	
61	Stress	70	M	Angina inestable	71	1.64	20	529.00	43.5	10:30	357.2	19.3	11:50	X			X
62	Stress	68	M	Enfermedad coronaria	70	1.58	20	512.00	48	11:15	414	24	12:15	X			X
63	Stress	65	F	Enfermedad coronaria	51	1.43	20	792.00	44.5	11:40	328	18.5	13:50	X		X	
64	Stress	66	M	Enfermedad coronaria	55	1.58	20	655.80	42.8	11:50	380	19.6	13:25	X		X	

7.6 Anexo N°6: Matriz de consistencia del proyecto de investigación

Título: Relación tasa de exposición y eliminación del Radiofármaco en pacientes de Gammagrafía con MIBI- Tc 99m del Servicio de Medicina Nuclear, Hospital Nacional Carlos Alberto Seguín Escobedo, Arequipa, 2016.

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Instrumentos
<p>Principal</p> <p>¿Cuál es la relación Tasa de Exposición y Eliminación del Radiofármaco en pacientes de Gammagrafía con MIBI-Tc 99m del Servicio de Medicina Nuclear, Hospital Nacional Carlos Alberto Seguín Escobedo Arequipa, 2016?</p>	<p>General</p> <p>Determinar la relación tasa de exposición y eliminación del radiofármaco en pacientes de Gammagrafía con MIBI- Tc 99m del Servicio de Medicina Nuclear, Hospital Nacional Carlos Alberto Seguín Escobedo, Arequipa, 2016.</p>	<p>Principal</p> <p>La tasa de exposición disminuye con la eliminación del radiofármaco; y esta depende principalmente del consumo de alimentos grasos y abundante líquido durante la preparación del estudio así mismo de la situación fisiopatología del paciente y de las propiedades fisicoquímicas del radiofármaco, después de sufrir un proceso de biotransformación metabólica y decaimiento es eliminado, disminuyendo así la tasa de exposición inicial. Es probable que la tasa de exposición tenga relación directa y significativa con la eliminación del radiofármaco en pacientes de gammagrafía con MIBI- Tc 99m del Servicio de Medicina Nuclear, Hospital Nacional Carlos Alberto Seguín Escobedo de Arequipa, 2016</p>	<p>Variable dependiente: Tasa de exposición</p>	<p>De la variable dependiente:</p> <p>Contacto</p> <p>a) Al inicio del estudio post inyección b) Al término del estudio</p> <p>A un metro</p> <p>a) Al inicio del estudio post inyección b) Al término del estudio</p>	<p>Ficha de recolección de datos ítem 1,2,3,4,5,6.</p>
<p>Secundarios</p> <p>¿Cuál es la tasa de exposición en pacientes de Gammagrafía con MIBI- Tc 99m del Servicio de Medicina Nuclear, Hospital Nacional Carlos Alberto Seguín Escobedo?</p> <p>¿Cuál es la eliminación del Radiofármaco en pacientes de Gammagrafía con MIBI- Tc 99m del Servicio de Medicina Nuclear, Hospital Nacional Carlos Alberto Seguín Escobedo?</p>	<p>Específicos</p> <p>Identificar la tasa de exposición en pacientes de Gammagrafía con MIBI- Tc 99m del Servicio de Medicina Nuclear, Hospital Nacional Carlos Alberto Seguín Escobedo.</p> <p>Analizar la eliminación del radiofármaco en pacientes de Gammagrafía con MIBI- Tc 99m del Servicio de Medicina Nuclear, Hospital Nacional Carlos Alberto Seguín Escobedo.</p>	<p>Secundarias</p> <p>Es probable que la tasa de exposición en pacientes de Gammagrafía con MIBI- Tc 99m sea variable.</p> <p>Es probable que la eliminación del radiofármaco en pacientes de gammagrafía con MIBI- Tc 99m sea variable.</p>	<p>Variable independiente Eliminación del radiofármaco</p>	<p>De la variable independiente:</p> <p>Vía Renal a) Observable b) No Observable</p> <p>Vía Hepatobiliar a) Observable b) No Observable</p>	<p>Ficha de recolección de datos ítem 7,8.</p>