

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE MEDICINA**



**UANL**

**“FRECUENCIA DEL LAVADO RÁPIDO EN Gammagrafía  
PARATIROIDEA CON 99MTC-MIBI EN PACIENTES CON  
SOSPECHA DE ADENOMAS PARATIROIDEOS DURANTE 2023-  
2025”**

**Por**

**HERMANN ALEJANDRO ABRAHAM OSUNA**

**Como requisito parcial para obtener el Grado de  
ESPECIALIDAD EN MEDICINA NUCLEAR E IMAGEN  
MOLECULAR**

**Febrero, 2026**



**UANL**

**HOJA DE APROBACIÓN POR EL COMITÉ DE TESIS**

**“FRECUENCIA DEL LAVADO RÁPIDO EN GAMMAGRAFÍA  
PARATIROIDEA CON 99MTC-MIBI EN PACIENTES CON  
SOSPECHA DE ADENOMAS PARATIROIDEOS DURANTE 2023-  
2025”**

**Por**

**HERMANN ALEJANDRO ABRAHAM OSUNA**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
ESPECIALIDAD EN MEDICINA NUCLEAR E IMAGEN MOLECULAR**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "José", is written above a horizontal line.

**Dr. José Humberto Treviño Ortiz  
NOMBRE Y TÍTULO DEL MIEMBRO DEL COMITÉ DE TESIS  
DIRECTOR DE TESIS**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Irma Villarreal Garza", is written above a horizontal line.

**Dra. Irma Villarreal Garza  
NOMBRE Y TÍTULO DEL SEGUNDO MIEMBRO DEL COMITÉ  
CODIRECTOR DE TESIS**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Felipe", is written above a horizontal line.


**Dr. med Felipe Arturo Morales Martínez  
SECRETARIO O SUBDIRECTOR DE POSGRADOS**



**UANL**

**FRECUENCIA DEL LAVADO RÁPIDO EN GAMMAGRAFÍA  
PARATIROIDEA CON 99MTC-MIBI EN PACIENTES CON  
SOSPECHA DE ADENOMAS PARATIROIDEOS DURANTE 2023-  
2025.**

**Este trabajo fue realizado en el Hospital Universitario Dr. José  
Eleuterio González, del Departamento de Medicina Nuclear e  
Imagen Molecular de la Universidad Autónoma de Nuevo León,  
bajo la Dirección del Dr. José Humberto Treviño Ortiz y la  
Codirectora Dra. Irma Villarreal Garza.**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. José Humberto Treviño Ortiz  
DIRECTOR DE TESIS**

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Irma Villarreal Garza  
CODIRECTOR DE TESIS**

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento al Dr. José Humberto Treviño Ortiz, director de tesis, y a la Dra. Irma Villarreal Garza, codirectora de tesis, por acompañarme con generosidad y compromiso a lo largo de este proceso. Su guía, paciencia y confianza fueron un apoyo fundamental en los momentos de mayor exigencia. Sus observaciones y enseñanzas no solo orientaron este trabajo, también contribuyeron de manera significativa a mi formación profesional.

Agradezco con especial aprecio al personal del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” y al Departamento de Medicina Nuclear por su calidez, disposición y colaboración constante. Su apoyo logístico y humano hizo posible la realización de este estudio. Cada etapa del proceso se convirtió en una experiencia valiosa de aprendizaje. Asimismo, expreso mi reconocimiento al Comité de Evaluación, cuyas observaciones y recomendaciones enriquecieron de manera importante esta investigación, fortalecieron su calidad final.

Finalmente, agradezco de corazón a mi familia y a mis amigos por estar presentes en cada paso, por su paciencia, su aliento, su respaldo incondicional. Su compañía y motivación fueron el impulso que me sostuvo para no rendirme y llegar hasta el final. Este logro también les pertenece.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi familia, pilar fundamental de mi vida, de manera muy especial a mis padres, Alejandro Abraham Ruiz y Consuelo Osuna García, por su amor incondicional, sus enseñanzas, el ejemplo constante que me ha acompañado en cada etapa de mi formación. Gracias por creer en mí, por impulsarme siempre a seguir adelante.

Asimismo, lo dedico con mucho cariño a mis hermanos, Ivonne y Alejandro Abraham Osuna, por su apoyo, comprensión, compañía. Su presencia, sus palabras de ánimo, su confianza han sido un motor silencioso pero firme para alcanzar este logro.

# ÍNDICE

|  |             |
|--|-------------|
| <b>AGRADECIMIENTOS</b> .....                     | <b>IV</b>   |
| <b>DEDICATORIA</b> .....                         | <b>IV</b>   |
| <b>LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....               | <b>VI</b>   |
| <b>LISTA DE TABLAS</b> .....                     | <b>VII</b>  |
| <b>LISTA DE FIGURAS</b> .....                    | <b>VIII</b> |
| <b>RESUMEN</b> .....                             | <b>IX</b>   |
| <b>ABSTRACT</b> .....                            | <b>X</b>    |
| <b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....                     | <b>1</b>    |
| MARCO TEÓRICO.....                               | 2           |
| <b>II. JUSTIFICACIÓN</b> .....                   | <b>14</b>   |
| <b>III HIPÓTESIS</b> .....                       | <b>16</b>   |
| <b>IV. OBJETIVOS</b> .....                       | <b>17</b>   |
| 4.1 OBJETIVO PRINCIPAL .....                     | 17          |
| 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                  | 17          |
| <b>V. MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....               | <b>18</b>   |
| 5.1 DISEÑO DEL ESTUDIO.....                      | 18          |
| 5.2 POBLACIÓN DE ESTUDIO.....                    | 18          |
| 5.3 RECLUTAMIENTO DE PACIENTES.....              | 18          |
| 5.4 CRITERIOS DE INCLUSIÓN .....                 | 18          |
| 5.5 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN .....                 | 18          |
| 5.6 PROCEDIMIENTO .....                          | 19          |
| 5.7 PLAN DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....           | 19          |
| TABLA 1 DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES ..... | 20          |
| 5.8 CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA .....       | 21          |
| 5.9 ASPECTOS ÉTICOS .....                        | 22          |
| 5.10 MECANISMOS DE CONFIDENCIALIDAD.....         | 24          |
| <b>VI. RESULTADOS</b> .....                      | <b>26</b>   |
| <b>VII. DISCUSIÓN</b> .....                      | <b>28</b>   |
| <b>VIII. CONCLUSIÓN</b> .....                    | <b>33</b>   |
| <b>IX REFERENCIAS</b> .....                      | <b>35</b>   |

## Lista de abreviaturas

99mTc-----Tecnecio-99m metastable  
MIBI-----Sestamibi (metoxiisobutilisonitrilo)  
SPECT -----Tomografía computarizada por emisión de fotón único  
CT -----Tomografía computarizada  
SPECT/CT---Tomografía por emisión monofotónica / Tomografía  
computarizada (híbrido)  
HPTP-----Hiperparatiroidismo primario  
PTH-----Hormona paratiroidea  
CaSR-----Receptor sensor de calcio (*Calcium-Sensing Receptor*)  
trabajar  
MDR1-----Gen de resistencia a múltiples fármacos 1 (P-glicoproteína)  
P-gp-----P-glicoproteína (*P-glycoprotein*)  
trabajar  
MRP1-----Proteína asociada a resistencia a múltiples fármacos 1  
GST- $\pi$ ----Glutación S-transferasa pi  
trabajar  
ROI----- Región de interés  
OMS — Organización Mundial de la Salud  
CIOMS — *Council for International Organizations of Medical Sciences*  
MBq — Megabequerel  
ACR — *American College of Radiology*  
SNMMI — *Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*  
EANM — *European Association of Nuclear Medicine*  
4D-CT — Tomografía computarizada en cuatro dimensiones  
11C — Carbono-11  
18F — Flúor-18  
PET — Tomografía por emisión de positrones  
PET/CT — Tomografía por emisión de positrones / Tomografía  
computarizada (híbrido)  
US — Ultrasonido (ecografía)  
MRI / RM — Resonancia magnética (Imagen por resonancia  
magnética)  
RAIU — Captación de yodo radiactivo (*Radioactive Iodine Uptake*)  
Gy — Gray (unidad de dosis absorbida)  
trabajar  
SPSS — *Statistical Package for the Social Sciences*

## LISTA DE TABLAS

| <b>NUMERO</b> | <b>TITULO</b>                   | <b>PAGINA</b> |
|---------------|---------------------------------|---------------|
| <b>1</b>      | Operacionalización de variables | <b>19</b>     |

## LISTA DE FIGURAS

| <b>NUMERO</b> | <b>TITULO</b>  | <b>PAGINA</b> |
|---------------|--|---------------|
| <b>1</b>      | Gammagrafía de paratiroides con 99mTc-sestamibi en tejido tiroideo | <b>6</b>      |
| <b>2</b>      | Captación del 99mTc-sestamibi en tejido mitocondrial.              | <b>7</b>      |
| <b>3</b>      | Distribución por sexo  | <b>25</b>     |
| <b>4</b>      | Distribución por diagnóstico de envío                              | <b>25</b>     |
| <b>5</b>      | Distribución por lavado rápido                                     | <b>26</b>     |

## Resumen

**Antecedentes.** Se ha reportado que hasta el 30% de los pacientes con adenomas paratiroides pueden presentar lavado rápido del radiotrazador, lo cual se traduce en falsos negativos en la fase tardía de la gammagrafía. Esto puede llevar a estudios no concluyentes, necesidad de pruebas adicionales, retraso en el tratamiento quirúrgico o incluso abordajes quirúrgicos más extensos y riesgosos.

**Objetivo.** Determinar la frecuencia del lavado rápido en gammagrafía paratiroidea con  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI en pacientes con sospecha de adenomas paratiroides durante 2023-2025.

**Material y métodos.** Investigación con diseño observacional, descriptivo, transversal, retrospectivo. Tipo de estudio: transversal descriptivo. Los criterios de inclusión fueron: expedientes de pacientes mayores de 18 años, hombres y mujeres que acuden al servicio de imagen del Hospital Universitario, con sospecha de adenoma paratiroideo, con gammagrafía paratiroidea con  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI durante 2023-2025. Se recolectaron las siguientes variables: Edad, sexo, diagnóstico, hallazgos de gammagrafía, lavado rápido, fecha del estudio. Se realizó estadística descriptiva con medidas de tendencia central y dispersión para variables cuantitativas; en las variables cualitativas se usaron frecuencias y porcentajes

**Resultados.** La población estuvo conformada por 157 mujeres (78.5 %) y 43 hombres (21.5 %), con una edad media de 59.3 años. En total fueron 200 estudios de gammagrafía paratiroidea analizados, de los cuales solo 3 (1.5%) se reportaron con lavado rápido.

**Conclusión.** Se encontró una muy baja frecuencia de lavado rápido, los hallazgos permiten reflexionar sobre el papel de la gammagrafía paratiroidea dentro del algoritmo diagnóstico del hiperparatiroidismo primario.

## ABSTRACT

**Background.** It has been reported that up to 30% of patients with parathyroid adenomas may show rapid radiotracer washout, which can result in false-negative findings on the delayed phase of parathyroid scintigraphy. This may lead to inconclusive studies, the need for additional tests, delays in surgical treatment, or even more extensive and higher-risk surgical approaches.

**Objective.** To determine the frequency of rapid washout on <sup>99m</sup>Tc-MIBI parathyroid scintigraphy in patients with suspected parathyroid adenomas during 2023–2025.

**Materials and Methods.** Observational, descriptive, cross-sectional, retrospective study (descriptive cross-sectional). Inclusion criteria were: medical records of patients older than 18 years, both men and women, who underwent parathyroid scintigraphy with <sup>99m</sup>Tc-MIBI at the University Hospital's imaging department for suspected parathyroid adenoma between 2023 and 2025. The following variables were collected: age, sex, diagnosis, scintigraphic findings, rapid washout, and date of the study. Descriptive statistics were performed using measures of central tendency and dispersion for quantitative variables; frequencies and percentages were used for qualitative variables.

**Results.** The study population consisted of 157 women (78.5%) and 43 men (21.5%), with a mean age of 59.3 years. A total of 200 parathyroid scintigraphy studies were analyzed, of which only 3 (1.5%) were reported as showing rapid washout.

**Conclusion.** A very low frequency of rapid washout was found. These findings invite reflection on the role of parathyroid scintigraphy within the diagnostic algorithm for primary hyperparathyroidism.

## I. Introducción

El hiperparatiroidismo primario es una de las causas más frecuentes de hipercalcemia en la práctica clínica y, en la mayoría de los casos, se asocia a la presencia de un adenoma paratiroideo único (1). El tratamiento quirúrgico continúa siendo la estrategia definitiva en pacientes seleccionados, especialmente cuando existen criterios clínicos, bioquímicos o de riesgo para complicaciones (1). En este contexto, la localización preoperatoria del tejido paratiroideo hiperfuncionante es un componente clave para planificar abordajes dirigidos, reducir tiempos quirúrgicos y minimizar la morbilidad asociada a exploraciones cervicales extensas (2).

La gammagrafía paratiroidea con 99mTc-sestamibi (99mTc-MIBI) se ha consolidado como uno de los estudios de imagen funcional más utilizados para la localización de adenomas, ya sea en modalidad planar o complementada con SPECT/CT (3). Su utilidad se basa en la captación diferencial del radiotrazador por tejido paratiroideo hiperfuncionante en comparación con la glándula tiroides, así como en la retención relativa del radiofármaco en fases tardías (3). Sin embargo, el rendimiento diagnóstico puede variar por múltiples factores: tamaño y localización del adenoma, coexistencia de patología tiroidea, variaciones en la actividad mitocondrial y la perfusión, así como mecanismos celulares que favorecen la eliminación del radiotrazador (4,5).

Un fenómeno de particular relevancia clínica es el lavado rápido de 99mTc-MIBI en adenomas paratiroideos. Se ha descrito que un porcentaje de lesiones puede presentar aclaramiento acelerado, lo que condiciona falsos negativos en la fase tardía y, por tanto, estudios no concluyentes o discordantes (6). Esta situación puede incrementar la necesidad de pruebas complementarias, retrasar la toma de decisiones terapéuticas y, en algunos casos, influir en la extensión del abordaje quirúrgico (7).

Dado que la frecuencia reportada de lavado rápido varía entre poblaciones y protocolos de adquisición, resulta relevante estimar su ocurrencia en nuestro medio. (6,8) Por ello, el presente estudio busca determinar la frecuencia de lavado rápido en la gammagrafía paratiroidea con  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI en pacientes con sospecha de adenoma paratiroideo evaluados durante el periodo 2023–2025, aportando información útil para optimizar la interpretación del estudio y su integración dentro del algoritmo diagnóstico del hiperparatiroidismo primario (2,3).

### **Marco teórico**

El hiperparatiroidismo primario es una de las enfermedades endocrinas más frecuentes en la práctica clínica, con una prevalencia entre 0.2 y 1.3% en la población general e incidencias que oscilan de 25 a 120 casos por 100,000 habitantes/año (1). Se ha documentado que afecta con mayor frecuencia a mujeres, especialmente en la etapa postmenopáusica, donde la proporción es casi tres veces superior a la de los varones (1). Esta diferencia ha sido atribuida a factores hormonales y metabólicos que predisponen a las mujeres al desarrollo de adenomas paratiroideos en esta etapa de la vida (1).

La relevancia epidemiológica del hiperparatiroidismo primario ha impulsado múltiples estudios multicéntricos que confirman la necesidad de estrategias de detección temprana. En países desarrollados, la prevalencia se incrementa debido al tamizaje rutinario con bioquímica sérica, mientras que en contextos de menor acceso, la enfermedad suele diagnosticarse en fases más sintomáticas (2). En ese sentido, la presentación clínica del hiperparatiroidismo primario ha cambiado de manera significativa. En décadas pasadas predominaban manifestaciones graves como litiasis renal recurrente, osteítis fibrosa quística o fracturas patológicas (2).

En los últimos años es más común encontrar casos asintomáticos o detectados incidentalmente durante análisis bioquímicos de rutina, gracias a la disponibilidad de métodos automatizados que permiten la identificación temprana de

hipercalcemia. Este cambio en el perfil clínico ha modificado la estrategia diagnóstica y el abordaje quirúrgico del hiperparatiroidismo primario, privilegiando intervenciones menos invasivas y centradas en localización preoperatoria precisa (3).

El predominio de formas asintomáticas plantea un problema clínico, ya que aunque los pacientes no presenten síntomas evidentes, la persistencia de hipercalcemia y exceso de hormona paratiroidea (PTH) puede generar complicaciones a largo plazo, como deterioro óseo o cardiovascular. La fisiopatología del hiperparatiroidismo primario se basa en la secreción autónoma de PTH, siendo el adenoma paratiroideo único la causa principal en 80-85% de los casos (4-5).

El hiperparatiroidismo primario suele estar causado por un adenoma benigno solitario (80 a 85 %), pero también puede deberse a múltiples adenomas (2 a 5 %), hiperplasia difusa o nodular (10 a 15 %) o carcinoma paratiroideo (<1 %). La cirugía es el tratamiento de referencia para pacientes con hiperparatiroidismo primario y las opciones incluyen la exploración paratiroidea de cuatro glándulas o un abordaje focalizado y mínimamente invasivo para la cirugía paratiroidea, que se ha adoptado en muchos centros (6).

Desde un enfoque clínico, la identificación del tipo de lesión condiciona el éxito del tratamiento quirúrgico (7). Los adenomas únicos permiten abordajes mínimamente invasivos, mientras que la hiperplasia multiglandular exige exploraciones cervicales más amplias. La correcta diferenciación entre estas entidades evita cirugías incompletas o innecesarias (7).

Los adenomas paratiroideos se caracterizan por proliferación monoclonal de células principales y oxifílicas, acompañada de disminución en la expresión de receptores sensibles al calcio (CaSR) (8). Este defecto genera secreción de PTH independiente de los niveles séricos de calcio, produciendo hipercalcemia sostenida (8). La resolución definitiva del HPTP requiere paratiroidectomía, que

hoy en día se favorece mediante abordajes mínimamente invasivos cuando las condiciones lo permiten (8).

En este contexto, la localización preoperatoria adquiere relevancia fundamental, ya que el éxito terapéutico depende en gran medida de la identificación precisa de la glándula afectada y la elección del abordaje quirúrgico más adecuado (8). En la práctica clínica, los procedimientos mínimamente invasivos ofrecen ventajas en reducción del tiempo quirúrgico, menor riesgo de complicaciones y recuperación más rápida para el paciente. Sin embargo, estos beneficios solo se alcanzan cuando la localización del adenoma es exacta (8).

En ese sentido, la imagenología paratiroidea se utiliza principalmente para identificar pacientes candidatos a un abordaje mínimamente invasivo. También es importante en pacientes con enfermedad persistente o recurrente, o que se han sometido a una exploración cervical previa y requieren una reintervención (8). Los estudios de localización, junto con la determinación intraoperatoria de hormona paratiroidea, pueden ayudar a minimizar la extensión de la disección quirúrgica, identificar patología tiroidea concurrente y detectar tejido paratiroideo ectópico (9).

Sin embargo, los estudios de localización no influyen en el diagnóstico ni en la confirmación del hiperparatiroidismo primario, que se basa en el perfil bioquímico (9). De igual manera, las imágenes no determinan la necesidad de cirugía. El diagnóstico de hiperparatiroidismo primario debe basarse en los hallazgos bioquímicos (9). Los estudios de imagen no se utilizan como herramienta diagnóstica; más bien, los estudios de localización preoperatoria ayudan a planificar el abordaje quirúrgico en pacientes con diagnóstico de hiperparatiroidismo primario confirmado bioquímicamente y en quienes se han descartado adecuadamente otras patologías (10).

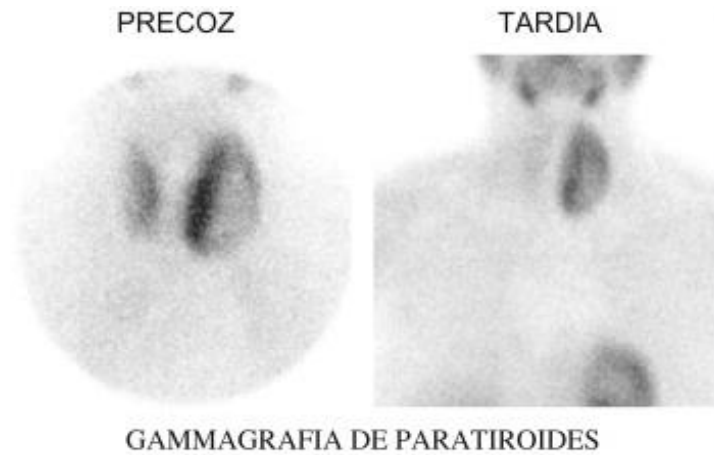
Los estudios de imagen, especialmente la gammagrafía con tecnecio 99m sestamibi, se han convertido en herramientas indispensables para lograr este objetivo. De este modo, la correlación entre los hallazgos histológicos,

fisiopatológicos y de imagen optimiza la planificación quirúrgica y fortalece los resultados del tratamiento definitivo (10).

La evolución de la imagen paratiroidea ha sido muy relevante. Los primeros intentos en la década de 1960 utilizaron  $^{75}\text{Se}$ -metionina, seguidos en los años 1970 por  $^{201}\text{Tl}$  (10). El verdadero punto de inflexión se dio en 1983, cuando Ferlin y colaboradores introdujeron la técnica de sustracción dual-trazador con  $^{201}\text{Tl}$  y  $^{99\text{mTc}}$ -pertechnetato. Este avance marcó el inicio de la gammagrafía paratiroidea moderna al permitir la diferenciación entre tejido tiroideo y paratiroideo (11). Estos logros sentaron las bases para el desarrollo de protocolos más precisos, que con el tiempo se consolidaron como herramientas indispensables en la localización preoperatoria (11).

La transición histórica en la tecnología de imagen ha sido clave para mejorar la precisión diagnóstica. Aunque los primeros métodos eran limitados por la baja especificidad, la introducción de nuevas técnicas permitió la discriminación progresiva entre tejidos y una mejor sensibilidad para lesiones pequeñas. Este camino abrió la posibilidad de protocolos multimodales que integran gammagrafía, y tomografía de emisión por fotón único (12).

Un hito importante ocurrió en 1989, cuando Coakley y Cols., observaron que el  $^{99\text{mTc}}$ -sestamibi, diseñado originalmente para estudios cardiacos, se retenía de forma diferencial en glándulas paratiroides hiperfuncionantes frente al tejido tiroideo. El hallazgo anterior impulsó el desarrollo del protocolo dual-phase, aún utilizado como referencia en la actualidad (12).



**Figura 1. Gammagrafía de paratiroides con  $^{99m}\text{Tc}$ -sestamibi en tejido tiroideo.** Se observan dos secuencias de imágenes, una precoz que es a los 20 minutos después de la administración del radiofármaco, y una tardía a los 90 minutos después de la administración del radiofármaco. Observe que en la imagen precoz el lóbulo tiroideo derecho se encuentra aumentado de tamaño con una concentración en la cara interna, en la fase tardía se observa la paratiroides en el lóbulo derecho y ausencia del izquierdo. Tomado de Verdú y colaboradores (13).

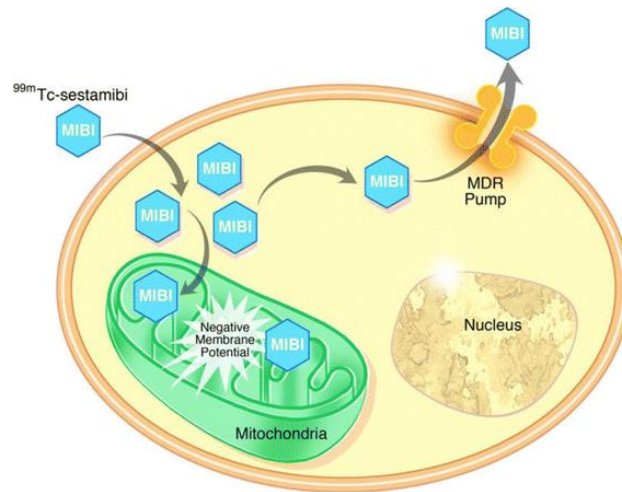
La gammagrafía con tecnecio-99-sestamibi combinada con la tomografía computarizada por emisión monofotónica (SPECT) con sestamibi presenta el mayor valor predictivo positivo entre las técnicas de imagen disponibles, y algunos la prefieren como procedimiento de localización de elección para la cirugía inicial. Sin embargo, la SPECT no está disponible en todos los centros, y algunos utilizan sestamibi planar como estudio de localización inicial (14).

Las modalidades de diagnóstico por imágenes que se han utilizado con éxito para localizar las glándulas paratiroides antes de la cirugía incluyen la gammagrafía con sestamibi con imágenes tridimensionales opcionales (SPECT/CT), la ecografía de cuello, la tomografía computarizada en cuatro dimensiones (4D-CT), la resonancia magnética y la tomografía por emisión de positrones (PET) (14).

El tecnecio- $^{99m}$ -metoxiisobutilisonitrilo ( $^{99m}\text{Tc}$ -sestamibi o MIBI) se utilizó por primera vez para la gammagrafía cardíaca y se observó que se concentraba en los adenomas paratiroides. El  $^{99m}\text{Tc}$ -sestamibi es captado por las mitocondrias en el tejido tiroideo y paratiroides; sin embargo, el radiotrazador es retenido por

las células oxífilas ricas en mitocondrias en las glándulas paratiroides durante más tiempo que en el tejido tiroideo (14).

Las imágenes planares se obtienen típicamente poco después de la inyección de  $^{99m}\text{Tc}$ -sestamibi y nuevamente aproximadamente a las dos horas para identificar focos de actividad retenida del radiotrazador consistentes con tejido paratiroideo hiperfuncionante (15).



**Figura 2. Captación del  $^{99m}\text{Tc}$ -sestamibi en tejido mitocondrial.** Se observa el proceso de captación y retención por la mitocondria del radiofármaco. Tomado de Rowe y colaboradores (16).

Una gammagrafía con  $^{99m}\text{Tc}$ -sestamibi negativa no niega el diagnóstico de hiperparatiroidismo primario, ya que ocurre en el 12 al 25 por ciento de los pacientes con enfermedad. Además, la gammagrafía con sestamibi a menudo no es reveladora o es engañosa en pacientes con hiperplasia paratiroidea, adenomas paratiroides múltiples y enfermedad tiroidea coexistente. La enfermedad tiroidea que requiere cirugía aumenta significativamente la tasa de falsos positivos y falsos negativos de la gammagrafía con sestamibi (15).

Las gammagrafías con falsos negativos también pueden ser causadas por bloqueadores de los canales de calcio que interfieren con la captación del isótopo por las células paratiroides. Otras características de la glándula que pueden

aumentar la probabilidad de una gammagrafía negativa incluyen tamaño pequeño, posición superior y escasez de células oxífilas (16).

En pacientes sin cirugía paratiroidea previa, la gammagrafía con sestamibi por sí sola presenta una sensibilidad del 41 al 96 %, pero proporciona un detalle anatómico limitado. La gammagrafía planar con sestamibi puede mejorarse mediante la combinación con imágenes tridimensionales (SPECT), una gammagrafía tiroidea por sustracción o la fusión con imágenes de TC (99Tc MIBI-SPECT/CT). En ese sentido, existe un creciente consenso en que la 99mTc MIBI-SPECT o 99mTc MIBI- SPECT/CT son superiores a MIBI por sí sola en la localización de adenomas paratiroides (17).

Además de lo anterior, existe el fenómeno de lavado rápido en la gammagrafía paratiroidea con 99mTc-MIBI, el cual se refiere a la rápida eliminación del radiotrazador por parte de algunos adenomas que inicialmente muestran captación en la fase temprana (10–15 minutos), pero que se atenúa o desaparece en la fase tardía (90–150 minutos). Este patrón constituye una de las principales causas de falsos negativos en la localización preoperatoria, con una incidencia estimada cercana al 20–30% de los casos de hiperparatiroidismo primario (18).

La base fisiológica de este fenómeno se relaciona con una menor densidad de células oxífilas y, por ende, menor contenido mitocondrial, así como con la sobreexpresión de transportadores de eflujo como la P-glicoproteína y MRP1, que facilitan la rápida salida del trazador desde las células paratiroides. Estos mecanismos reducen la conspicuidad lesional y dificultan la interpretación diagnóstica cuando se emplea exclusivamente la fase tardía como criterio de positividad (18).

La relevancia clínica del lavado rápido radica en que puede comprometer la planeación quirúrgica, obligando a cirugías exploratorias más extensas o incluso a reintervenciones. Para mitigar su impacto, se recomienda una revisión cuidadosa de la fase temprana, la adquisición de imágenes intermedias y el uso

de técnicas complementarias como el SPECT/CT temprano o los protocolos dual-trazador, que permiten diferenciar la captación paratiroidea de la tiroidea (18).

Asimismo, modalidades emergentes como la PET/CT con 18F-fluorocolina han demostrado un rendimiento superior en la detección de adenomas con lavado rápido, especialmente en pacientes con enfermedad multiglandular o lesiones ectópicas. Estas acciones fortalecen la sensibilidad diagnóstica y reducen los falsos negativos, consolidándose como herramientas esenciales en la optimización del manejo del hiperparatiroidismo primario (19).

Bénard et al., en 1995, describieron por primera vez el fenómeno de lavado rápido, especialmente en adenomas de gran tamaño, aportando bases conceptuales para comprender su fisiopatología y relevancia clínica en la práctica diagnóstica. El descubrimiento del lavado rápido transformó la interpretación de la gammagrafía paratiroidea, revelando que un subconjunto de adenomas puede eliminar rápidamente el trazador y simular una ausencia de captación patológica (20).

Este fenómeno genera falsos negativos si la lectura se limita a la fase tardía, por lo que la inclusión sistemática de imágenes tempranas se consolidó como paso indispensable. La investigación sobre sus bases fisiopatológicas continúa siendo un campo dinámico, ya que integra aspectos histológicos, moleculares y técnicos que modulan la visibilidad de los adenomas en las imágenes (20).

En la actualidad, la gammagrafía planar con 99mTc-MIBI es reconocida como el método de imagen funcional de elección para localizar glándulas hiperfuncionantes. Guías internacionales, como la de la EANM en 2021 y la de la SNMMI, recomiendan un protocolo dual-phase estándar: adquisición temprana entre 10-15 minutos tras la inyección y tardía a los 90-150 minutos. Este esquema se ha validado globalmente, garantizando homogeneidad diagnóstica y reduciendo la variabilidad entre centros de imagen. Su eficacia ha sido probada en múltiples contextos clínicos, tanto en lesiones típicas como ectópicas (21).

La implementación de guías estandarizadas ha permitido la optimización de recursos y la comparabilidad de resultados entre diferentes instituciones. Además, los protocolos internacionales promueven criterios uniformes que mejoran la calidad de la interpretación y fortalecen la utilidad clínica de la técnica. En ese sentido, el reconocimiento de la fase temprana como parte esencial del protocolo constituye un paso decisivo para abordar la problemática del lavado rápido, ya que amplía la ventana diagnóstica y aumenta la sensibilidad para adenomas con eliminación acelerada del trazador (21).

El principio del dual-phase se sustenta en la retención diferencial del  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI, que persiste en paratiroides hiperfuncionantes más tiempo que en tejido tiroideo. Este contraste se aprovecha para identificar adenomas en sitios habituales y ectópicos. La captación del trazador ocurre por su carácter lipofílico y catiónico, que facilita su acumulación mitocondrial. Células oxifílicas, abundantes en adenomas paratiroides, presentan densidad mitocondrial elevada, lo que explica su alta retención. Estudios histológicos de Carpentier et al. confirmaron esta correlación entre estructura celular y comportamiento en la imagen (22).

El análisis dual-phase se enfrenta al desafío del lavado rápido, definido como adenomas visibles en la fase temprana que se atenúan o desaparecen en la fase tardía. Este patrón se relaciona con mecanismos de eflujo celular mediados por sobreexpresión de P-glicoproteína (MDR1), bajo contenido oxifílico, tamaño tumoral pequeño y cambios degenerativos. La heterogeneidad histológica explica la variabilidad en la retención del trazador, convirtiendo este fenómeno en un reto diagnóstico para los médicos nucleares y generando riesgo de falsos negativos si no se evalúan ambas fases (22).

La investigación molecular ha demostrado que la expresión elevada de transportadores de eflujo, como P-glicoproteína, MRP1 y GST- $\pi$ , se asocia directamente con negatividad o lavado rápido en gammagrafía. Estos hallazgos explican la discrepancia observada en algunos adenomas que, pese a

confirmación histológica, no presentan captación en fase tardía. La comprensión de estas variables permite identificar pacientes con mayor riesgo de falsos negativos y plantea la necesidad de integrar análisis moleculares en protocolos de investigación para mejorar la precisión diagnóstica (22).

Los estudios de validación han resaltado la relevancia de la fase temprana. Burke et al. demostraron que esta etapa permite mejorar la localización preoperatoria, sobre todo cuando la fase tardía resulta equívoca. Sin embargo, la mayor parte de estudios cuantitativos han evaluado técnicas como SPECT/CT, existiendo poca evidencia sobre criterios estandarizados aplicables a la imagen planar. Esto ha generado una brecha en la práctica clínica, ya que gran parte de la interpretación aún depende del análisis visual sistemático y de relaciones básicas entre lesión y tiroides, lo que limita la precisión diagnóstica en algunos escenarios (23).

La falta de consensos universales sobre criterios visuales y semicuantitativos en imagen planar plantea un reto para la estandarización global. SPECT/CT ofrece ventajas diagnósticas claras, pero su disponibilidad es limitada. El lavado rápido tiene implicaciones diagnósticas y terapéuticas. Su omisión puede conllevar a localizaciones erróneas, planificación quirúrgica deficiente y reintervenciones innecesarias. Estudios documentan que alrededor de 27% de pacientes con gammagrafía negativa en fase tardía presentan adenomas con este patrón. Este fenómeno, por tanto, debe ser considerado en la interpretación sistemática para evitar consecuencias clínicas adversas (24).

El reconocimiento del lavado rápido como causa mayor de falsos negativos ha impulsado estrategias diagnósticas complementarias. El empleo de técnicas de sustracción dual-trazador y la integración de métodos cuantitativos avanzados han demostrado mejorar la precisión en casos complejos. Estas alternativas, aunque son más demandantes en recursos, ofrecen beneficios claros al incrementar la sensibilidad y reducir la probabilidad de errores en la localización

preoperatoria. De este modo, se optimiza la eficacia quirúrgica y se disminuyen las posibilidades de complicaciones asociadas a cirugías incompletas (24).

A partir del hallazgo del lavado rápido, se impulsaron técnicas de sustracción dual-trazador con  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI y  $^{99m}\text{Tc}$ -pertechnetato o  $^{123}\text{I}$ , que mostraron superioridad diagnóstica frente al protocolo dual-phase de un solo trazador. Esta innovación mejoró la capacidad para discriminar tejido tiroideo y paratiroideo, reduciendo los falsos negativos y aumentando la confianza en la interpretación diagnóstica. Además, constituyó el antecedente de métodos híbridos más avanzados, que integran información funcional y anatómica en un mismo procedimiento para optimizar la localización preoperatoria (25).

En la década de 2000 se consolidó la integración de SPECT y posteriormente SPECT/CT, lo que permitió mejorar la localización tridimensional y la precisión diagnóstica en comparación con planar y SPECT aislado. Las guías internacionales SNMMI y EANM contribuyeron a la estandarización de dosis, tiempos de adquisición y definiciones operativas, incluyendo la caracterización del fenómeno de lavado rápido. Estas recomendaciones enfatizaron estrategias para reducir la incidencia de falsos negativos y aumentar la reproducibilidad de los estudios (25).

El desarrollo de estas guías supuso un avance fundamental para uniformar la práctica en diferentes centros, disminuyendo la variabilidad interinstitucional y promoviendo el uso racional de recursos diagnósticos. La estandarización de parámetros técnicos también facilitó la investigación multicéntrica y la comparación de resultados entre poblaciones, contribuyendo a una mejor comprensión del impacto del lavado rápido en la detectabilidad de adenomas paratiroideos y a la optimización de la atención quirúrgica (25).

Los protocolos dual-phase han evolucionado desde la propuesta inicial de Taillefer en 1992 hasta las especificaciones actuales de EANM 2021 y ACR. Actualmente, se recomienda una actividad habitual de 740 a 1,110 MBq, imágenes tempranas a los 10–20 minutos, tardías a 1.5–3 horas, con campo de

exploración cuello-mediastino superior, matrices de al menos 128x128 y colimadores de alta resolución o pinhole. Ante sospecha de lavado rápido, se sugiere complementar con SPECT/CT temprano, imágenes intermedias y sustracción dual-trazador para mejorar la detectabilidad (26).

El rendimiento del dual-phase planar se ha mostrado inferior al de SPECT/CT. No obstante, la revisión sistemática de la fase temprana permite rescatar lesiones que desaparecen en la tardía, mejorando así la localización preoperatoria. Los análisis cuantitativos con SPECT/CT evidencian mayor captación inicial en adenomas y eliminación más lenta que en tiroides, lo que respalda su uso como método de referencia. Adicionalmente, los protocolos dual-trazador han mostrado ventajas técnicas y mayor precisión respecto a los basados en un único trazador (26).

Otras modalidades emergentes como la 18F-fluorocolina PET/CT han demostrado superioridad frente a gammagrafía convencional, especialmente en casos de enfermedad multiglandular o cuando MIBI/SPECT/CT ha resultado negativo. Por su parte, la 11C-metionina PET/CT ofrece alta especificidad, aunque su disponibilidad es limitada a centros altamente especializados. Estas alternativas representan opciones valiosas en el algoritmo diagnóstico, ya que permiten rescatar pacientes con estudios inconclusos y optimizar la planificación quirúrgica en escenarios desafiantes (27).

## II. Justificación

La presente investigación está plenamente justificada debido a la importancia clínica del hiperparatiroidismo primario y la necesidad de contar con métodos diagnósticos precisos y eficientes. La gammagrafía con  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI ha sido un pilar en la localización preoperatoria de adenomas paratiroides, y la técnica de doble fase permite aprovechar las propiedades farmacocinéticas del radiofármaco. Sin embargo, el fenómeno de lavado rápido puede dificultar la visualización del adenoma, afectando negativamente la sensibilidad del estudio. Dada la variabilidad interindividual en la captación y retención del  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI, es relevante entender con qué frecuencia ocurre este fenómeno y qué impacto tiene en la detección de lesiones, especialmente en pacientes que serán sometidos a cirugía mínimamente invasiva, donde el éxito depende de la localización precisa.

La magnitud del problema es significativa. Se ha reportado que hasta el 30% de los pacientes con adenomas paratiroides pueden presentar lavado rápido del radiotrazador, lo cual se traduce en falsos negativos en la fase tardía de la gammagrafía. Esto puede llevar a estudios no concluyentes, necesidad de pruebas adicionales, retraso en el tratamiento quirúrgico o incluso abordajes quirúrgicos más extensos y riesgosos. En algunos centros, esta situación se ha asociado a una disminución en la tasa de éxito quirúrgico o a la necesidad de reintervenciones.

La trascendencia del estudio radica en su impacto en la precisión diagnóstica, la planificación quirúrgica y el pronóstico del paciente. Este estudio permitirá mejorar los protocolos locales, con la adquisición de imágenes correctas, optimizar los tiempos de toma de fases precoz y tardía, o fusión con otras modalidades como SPECT/CT. Socialmente, una detección más precisa del adenoma disminuye el tiempo de hospitalización y mejora la recuperación del paciente. Económicamente, se evitarían procedimientos quirúrgicos innecesarios

o exploraciones fallidas, lo que representa un ahorro sustancial en un sistema de salud con recursos limitados.

Este fenómeno es vulnerable a intervención, ya que la mejora en las técnicas de imagen, el uso de algoritmos de interpretación más precisos, y la identificación de factores clínicos asociados al lavado rápido, permiten ajustar los protocolos de imagen y aumentar la tasa de detectabilidad. En ese sentido, la factibilidad del estudio es alta, ya que la gammagrafía paratiroidea con  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI es una técnica disponible en la mayoría de los servicios de medicina nuclear. Además de lo anterior, la viabilidad institucional también está garantizada, ya que este tipo de investigación se alinea con los objetivos de mejora continua en el diagnóstico por imagen y con los protocolos clínicos para el tratamiento del hiperparatiroidismo.

Desde un enfoque teórico, el estudio contribuye a ampliar el conocimiento sobre la fisiopatología de los adenomas paratiroideos y su comportamiento en estudios de imagen. Puede también establecer relaciones entre variables clínicas y el lavado rápido. Todo esto permitiría generar criterios predictivos y ajustar la técnica de imagen de forma personalizada.

Por todo lo anterior, la presente investigación sobre la frecuencia e impacto del lavado rápido en gammagrafía paratiroidea con  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI en la detectabilidad de adenomas paratiroideos se justifica ampliamente por la magnitud del fenómeno, su trascendencia clínica y económica, la posibilidad de intervención, la factibilidad operativa, la viabilidad institucional y el valor teórico que aporta al campo de la medicina nuclear y la cirugía endocrina. Los resultados podrían traducirse en mejoras sustanciales en el abordaje diagnóstico y terapéutico del hiperparatiroidismo primario, beneficiando tanto a pacientes como a nuestro hospital.

### **III Hipótesis**

Al ser un estudio descriptivo no aplica la hipótesis.

## **IV. Objetivos**

### **4.1 Objetivo principal**

Determinar la frecuencia del lavado rápido en gammagrafía paratiroidea con  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI en pacientes con sospecha de adenomas paratiroideos durante 2023-2025.

### **4.2 Objetivos específicos**

1. Conocer las características clínicas de los pacientes con hiperparatiroidismo primario que se sometieron a gammagrafía paratiroidea con  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI.
2. Identificar la frecuencia anual de lavado rápido en gammagrafía paratiroidea con  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI.
3. Describir los hallazgos más frecuentes de la gammagrafía paratiroidea con  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI.

## **V. Material y métodos**

### **5.1 Diseño del estudio**

- De acuerdo con su intervención es observacional.
- De acuerdo con su objetivo es descriptivo.
- De acuerdo con la temporalidad de la información es retrospectivo.
- De acuerdo con el número de mediciones es transversal.

Fue un estudio con muestreo por conglomerado al incluir a la totalidad de pacientes con estudio de gammagrafía paratiroidea con 99mTc-MIBI con sospecha de adenomas paratiroideos durante 2023-2025.

### **5.2 Población de estudio**

Pacientes mayores de 18 años con sospecha de adenomas paratiroideos con estudio de gammagrafía paratiroidea con 99mTc-MIBI durante 2023-2025 en el servicio de imagen del Hospital Universitario.

### **5.3 Reclutamiento de pacientes**

Se analizaron las gammagrafías paratiroideas con 99mTc-MIBI realizadas durante 2023-2025 por el servicio de imagen del Hospital Universitario.

### **5.4 Criterios de Inclusión**

1. Pacientes mayores de 18 años.
2. Hombres y mujeres que acuden al servicio de imagen del Hospital Universitario.
3. Expedientes de pacientes con sospecha de adenoma paratiroideo que cuenten con gammagrafía paratiroidea con 99mTc-MIBI durante 2023-2025.
- 4.

### **5.5 Criterios de exclusión**

1. Expediente con información incompleta.

## **5.6 Procedimiento**

Se buscaron de manera intencionada los expedientes de pacientes con sospecha de adenoma paratiroideo a quienes se le realizó una gammagrafía paratiroidea con 99mTc-MIBI durante 2023-2025. La gammagrafía se realizó solo con 99mTc en tomas planares en dos tiempos (temprana y tardía). No fue necesario el consentimiento informado al ser una investigación retrospectiva donde solo se incluirán datos del expediente.

Para la recolección de datos se buscaron los expedientes que cumplan los criterios de selección y se recolectaron las variables en una hoja de recolección de datos. Las variables a recolectar fueron las siguientes: edad, sexo, diagnóstico, presencia de lavado rápido, hallazgos de la gammagrafía paratiroidea con 99mTc-MIBI, y fecha de realización del estudio.

## **5.7 Plan de análisis estadístico**

Los datos obtenidos se integraron a las hojas de recolección de datos y se analizaron mediante el programa SPSS versión 30 en español. Se realizó estadística descriptiva; para variables cualitativas se utilizó frecuencias y porcentajes; para variables cuantitativas, media y desviación estándar.

**Tabla 1 de operacionalización de variables**

| <b>Variable</b>          | <b>Definición conceptual</b>   | <b>Definición operacional</b>  | <b>Tipo de variable</b>              | <b>Unidad de medición</b>                        |
|--------------------------|--|--|--------------------------------------|--|
| Edad                     | Tiempo de vida transcurrido desde el nacimiento hasta la fecha actual  | Edad reportada al momento del estudio  | Cuantitativa<br>continua             | Años   |
| Sexo                     | Se refiere a aquella condición de tipo orgánica que diferencia al hombre de la mujer                           | Se definió el sexo a partir de las características fenotípicas del paciente  | Cualitativa<br>Nominal<br>dicotómica | Hombre<br><br>Mujer                              |
| Diagnóstico              | Es el diagnóstico previo al estudio de gammagrafía   | Se refiere al diagnóstico de envío para realización de la gammagrafía  | Cualitativa<br>Nominal<br>dicotómica | HPTP<br><br>Adenoma<br><br>Carcinoma<br><br>Otro |
| Hallazgos de Gammagrafía | Resultado visual y funcional obtenido mediante gammagrafía paratiroidea con 99mTc-MIBI para detectar adenomas  | Se documentó si en la gammagrafía paratiroidea se identificó un foco de hipercaptación compatible con adenoma        | Cualitativa<br>Nominal<br>dicotómica | Descripción del hallazgo                         |
| Lavado rápido            | Fenómeno observado en estudios de doble fase con 99mTc-MIBI donde hay una rápida eliminación del radiotrazador | Se registró si se presenta lavado rápido del 99mTc-MIBI en las imágenes obtenidas a los 15 y 120 minutos del estudio | Cualitativa<br>Nominal<br>dicotómica | Si<br><br>No                                     |
| Fecha del estudio        | Fecha en que se realiza el estudio   | Fecha consignada en el estudio de gammagrafía  | Cualitativa<br>Nominal<br>dicotómica | Día, mes y año del estudio                       |

## 5.8 Cálculo del tamaño de la muestra

El objetivo principal del estudio fue determinar la frecuencia de lavado rápido en gammagrafía paratiroidea con 99mTc-MIBI, por lo que la fórmula de tamaño de muestra que se usó fue para estudios descriptivos de una proporción con población finita.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

**N** = Tamaño de la muestra que se requiere.

**p** = Proporción de sujetos portadores del fenómeno en estudio. En este caso se utilizará 20% (**0.20**) según la frecuencia de lavado rápido en algunos estudios.

**q** = 1 – p (complementario, sujetos que no tienen la variable en estudio). (1-0.20=**0.80**)

**e** = Precisión o magnitud del error que estamos dispuestos a aceptar. Se usó una precisión de ±5% (**0.05**).

**Z $\alpha^2$**  = Distancia de la media del valor de significación propuesto. Con un nivel de confianza de 95% ( $\alpha= 0.05$ ,  $Z\alpha^2= 3.8416$ )

**N**= número de estudios de gammagrafía durante el periodo de estudio = 200

**Despeje de la fórmula:**

$$N = \frac{(N)(1.96)^2(0.20)(0.80)}{(0.05)^2 (N-1) + (3.8416)(0.35)(0.65)} = N = \frac{(128)(3.8416)(0.20)(0.80)}{0.49 + 0.61} = N = \frac{78.6759}{1.1} = 71.5$$

$$(0.05)^2 (N-1) + (3.8416)(0.35)(0.65)$$

$$0.49 + 0.61$$

$$1.1$$

## **N= 72 estudios**

Se incluyeron 200 al final de la recolección.

### **5.9 Aspectos éticos**

El estudio fue realizado a partir de su aprobación por el Comité de Ética en Investigación del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González. Además, fue aprobado por las autoridades directivas de la unidad médica donde se realizó el estudio.

Se apega a la Declaración de Helsinki, adoptada en la 18ª Asamblea Médica Mundial, realizada en Helsinki, Finlandia, en junio de 1964 y su 13ª enmienda, desarrollada en Fortaleza, Brasil, octubre 2013; al Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud; a la Normatividad Institucional; y a la Declaración de Taipéi sobre consideraciones éticas de bases de datos de salud y biobancos, que complementa oficialmente a la Declaración de Helsinki desde 2016.

El deber como investigador es hacia el bienestar del paciente, que debe estar siempre por encima de los intereses científicos o sociales según lo dictado en el artículo 5. Esta investigación médica está sujeta a normas éticas que promueven y aseguran el respeto a todos los seres humanos y la protección de su salud y sus derechos individuales, conforme al principio 7. En esta investigación, se protegió la vida, la salud, la dignidad, la integridad, el derecho a la autodeterminación, la intimidad y la confidencialidad de la información personal de las personas que participan en la investigación, de acuerdo con el principio 9.

De acuerdo con el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, y con base en el Título Segundo, Capítulo I, se consideran los principios fundamentales de los siguientes artículos: artículo 13, el respeto a la dignidad y la protección de los derechos y bienestar de cada

participante debe prevalecer en toda investigación con seres humanos; artículo 14, la investigación deberá ofrecer mayores beneficios que riesgos; y artículo 16, se deberá salvaguardar la privacidad de los participantes, evitando su identificación, salvo que sea necesario y con autorización expresa.

En conformidad con el artículo 17 del mismo reglamento, este estudio se clasifica como investigación sin riesgo, ya que emplea métodos retrospectivos mediante revisión de expedientes clínicos e informes de estudios de imagen (gammagrafías), sin intervención o modificación alguna en las variables fisiológicas, psicológicas o sociales de los pacientes, y sin que se recaben datos sensibles de conducta.

Se solicita dispensa del consentimiento informado, conforme al punto 10 de las Pautas Éticas Internacionales para la investigación relacionada con la salud en seres humanos, elaboradas por el CIOMS en colaboración con la OMS. Dichas pautas permiten esta dispensa cuando se utilizan datos previamente recolectados, los participantes no son identificables y no existe riesgo para los mismos, siempre que el estudio cuente con la aprobación del comité de ética correspondiente. Esto se alinea con las pautas 3 y 7 del CIOMS, que exigen respeto a la dignidad humana, confidencialidad y justificación científica del uso de los datos, así como la revisión y supervisión ética adecuadas.

**Beneficios:** Esta investigación generará información relevante sobre el impacto del lavado rápido en la gammagrafía paratiroidea con  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI, lo cual podrá optimizar la interpretación diagnóstica, incrementar la detectabilidad de adenomas paratiroideos y mejorar las decisiones terapéuticas en cirugía endocrina.

**Riesgos:** Al tratarse de una revisión retrospectiva de expedientes clínicos e informes de imagen, no se incurre en ningún tipo de riesgo físico, psicológico o social para los participantes. Se garantizará en todo momento la protección de los datos personales y la confidencialidad de la información, conforme a la normativa vigente.

Relación riesgo-beneficio: El balance riesgo-beneficio es claramente favorable. Dado que el estudio no implica contacto directo con los pacientes ni riesgos inherentes, y la información generada puede contribuir a mejorar la precisión diagnóstica y el abordaje quirúrgico de la enfermedad paratiroidea, el beneficio esperado supera ampliamente cualquier posible afectación. Esta investigación representa un aporte valioso para la mejora continua de la calidad en la atención de pacientes con patología paratiroidea.

#### **5.10 Mecanismos de confidencialidad**

En la presente investigación, se obtuvo la información mediante expedientes clínicos e informes de gammagrafía paratiroidea con <sup>99m</sup>Tc-MIBI realizados en el periodo 2023–2025. En el instrumento de recolección de datos no se incluirán nombres ni datos de filiación, protegiendo así la identidad del paciente y evitando el tratamiento de información sensible.

Los documentos que integran la base de datos fueron gestionados de manera confidencial y respetuosa. Únicamente el equipo investigador tendrá acceso a esta información, y el investigador principal será responsable de su recolección y resguardo. Se garantizará la confidencialidad absoluta de acuerdo con lo dispuesto en la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares y la NOM-004-SSA3-2012, relativa al expediente clínico (apartados 5.4, 5.5 y 5.7).

Todos los datos fueron resguardados por el investigador principal. Las hojas de recolección impresas se almacenarán en un archivero con llave, y la información digital se protegerá mediante contraseñas de acceso. Los documentos relacionados con este estudio serán conservados durante al menos cinco años posteriores a su finalización, cumpliendo con las disposiciones vigentes de resguardo de información en investigación.

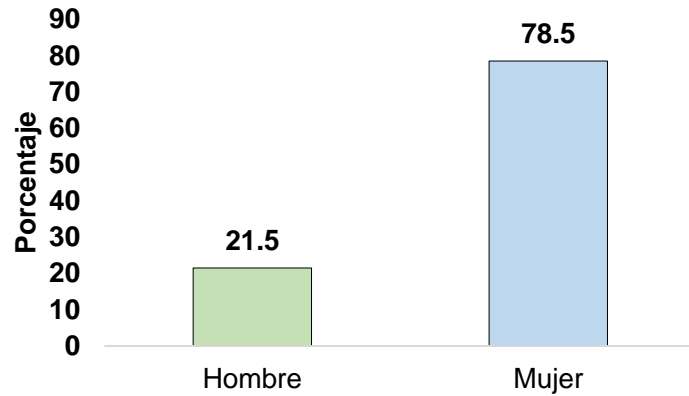
El acceso a la información será restringido exclusivamente al equipo investigador. Los datos clínicos serán anonimizados mediante el uso de códigos o folios y se

utilizarán exclusivamente con fines de investigación. No se compartirá ninguna información personal o médica con terceros. Se observará en todo momento la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares.

## VI. Resultados

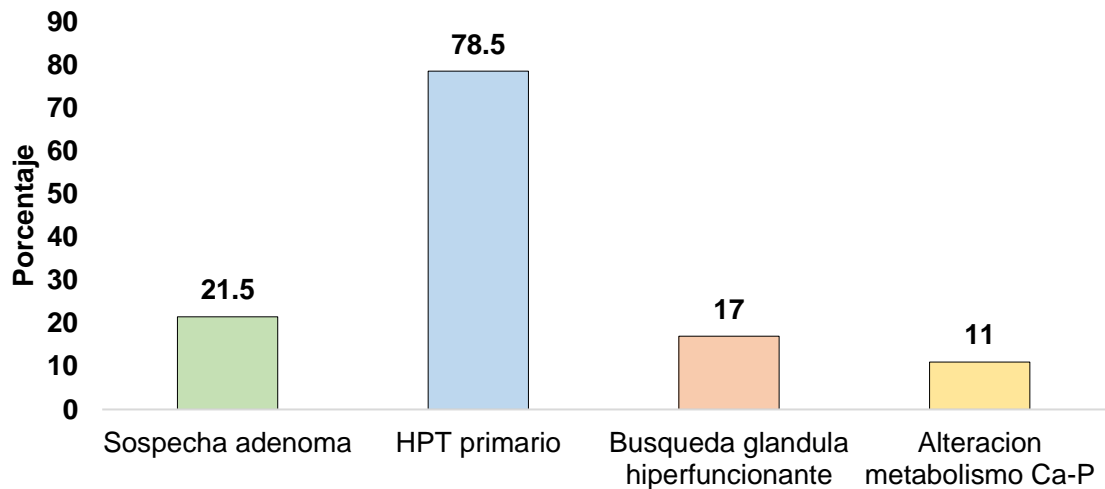
La población estuvo conformada por 157 mujeres (78.5 %) y 43 hombres (21.5 %). la población presentó una edad media de  $59.3 \pm 13.9$  años, con un rango de edad de 18 a 83 años.

Figura 1. Distribución por sexo



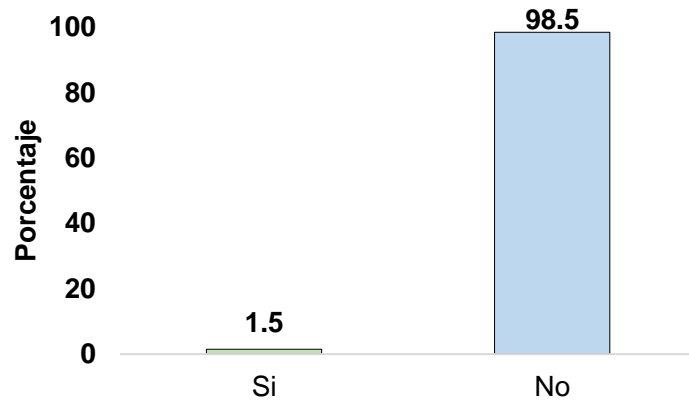
Los diagnósticos de envío más frecuentes fueron sospecha de adenoma paratiroideo con 81% (n= 162), hiperparatiroidismo primaria 10% (n= 20), búsqueda de glándula paratiroidea hiperfuncionante 7% (n= 14), alteraciones del metabolismo calcio-fósforo 2% (n= 4).

Figura 2. Distribución por diagnóstico de envío



En total fueron 200 estudios de gammagrafía paratiroidea analizados, de los cuales solo 3 (1.5%) se reportaron con lavado rápido.

Figura 1. Distribución por lavado rápido



## VII. Discusión

Al comparar nuestros resultados con el estudio de Lorberboym et al., se observan diferencias importantes en el enfoque metodológico, la población estudiada y el rendimiento diagnóstico reportado, aunque ambos trabajos coinciden en la relevancia de la gammagrafía con Tc-99m sestamibi en la evaluación preoperatoria de patología paratiroidea. En nuestro estudio se analizaron 200 gammagrafías paratiroideas en una población predominantemente femenina (78.5%), con una edad media de 59.3 años, lo cual es congruente con la epidemiología del hiperparatiroidismo primario, que afecta con mayor frecuencia a mujeres en la sexta década de la vida (28).

El principal diagnóstico de envío fue sospecha de adenoma paratiroideo (81%), seguido de hiperparatiroidismo primario confirmado y búsqueda de glándula hiperfuncionante. Un hallazgo relevante fue que únicamente 1.5% de los estudios presentaron lavado rápido del radiotrazador, lo que sugiere que la mayoría de las lesiones mostraron el patrón típico de retención tardía (28).

En contraste, Lorberboym et al. evaluaron específicamente el papel del SPECT con Tc-99m MIBI en 130 pacientes sometidos a cirugía, de los cuales un subgrupo importante presentaba bocio multinodular concomitante. Este aspecto es relevante, ya que la coexistencia de enfermedad tiroidea puede disminuir la precisión diagnóstica de la gammagrafía planar. En su estudio, la técnica planar identificó correctamente el 68% de los adenomas, mientras que el SPECT alcanzó una sensibilidad del 95% y una especificidad del 100%, demostrando una clara superioridad diagnóstica (28).

Una diferencia clave radica en que nuestro estudio describe principalmente características demográficas y patrones de captación, sin incluir un análisis formal de sensibilidad, especificidad o correlación quirúrgica como estándar de oro. En cambio, el estudio de Lorberboym et al. se enfocó directamente en el rendimiento diagnóstico comparativo y su impacto quirúrgico, mostrando que el uso de SPECT permitió seleccionar candidatos para paratiroidectomía

mínimamente invasiva radioguiada en más de la mitad de los casos con enfermedad tiroidea asociada (28).

Otro punto interesante es que Lorberboym et al. reportaron que el 61% de los adenomas mostró retención del trazador y que el índice de captación paratiroides/tiroides se correlacionó significativamente con los niveles preoperatorios de hormona paratiroidea. En nuestro estudio, aunque no se evaluó formalmente esta correlación bioquímica, la baja frecuencia de lavado rápido sugiere que el patrón predominante fue de retención sostenida, compatible con adenomas funcionalmente activos (28).

En otro estudio realizado por Kushchayeva et al., se identifican puntos de coincidencia importantes en relación con el fenómeno de lavado rápido del Tc99m-sestamibi, así como diferencias en el enfoque analítico y la profundidad de la correlación clínico-bioquímica. Un hallazgo particularmente relevante de nuestro estudio, fue la baja frecuencia de lavado rápido, observado únicamente en 1.5% de los estudios. Esto sugiere que, en nuestra cohorte, la mayoría de los adenomas o glándulas hiperfuncionantes presentaron el patrón clásico de retención tardía del radiotrazador, favoreciendo su identificación en estudios de doble fase (29).

En contraste, Kushchayeva et al. realizaron un análisis retrospectivo de 135 pacientes con distintos tipos de hiperparatiroidismo (primario, secundario y terciario) y reportaron una frecuencia considerablemente mayor de lavado rápido: 32% en hiperparatiroidismo primario, 26% en secundario y 6% en terciario. Esta diferencia es notable frente a nuestros resultados y puede explicarse por variaciones en la composición etiológica de la muestra, en el tamaño glandular o en los niveles preoperatorios de hormona paratiroidea (29).

Un aspecto clave del estudio en comparación es que identificaron como determinantes mayores de la positividad del Tc99m-sestamibi los niveles preoperatorios de PTH y el tamaño de la glándula. Las glándulas que permanecían positivas en la fase tardía eran significativamente más grandes, y

niveles elevados de PTH se asociaron con positividad en fase temprana. En nuestro estudio no se realizó una correlación directa entre tamaño glandular, niveles hormonales y patrón de captación, lo cual representa un área potencial de análisis adicional para comprender mejor los pocos casos de lavado rápido identificados (29).

Asimismo, Kushchayeva et al. demostraron que la gammagrafía por sustracción con <sup>123</sup>I fue positiva en 87.5% de los adenomas con lavado rápido, destacando el valor de técnicas complementarias en casos con posible falla diagnóstica en el protocolo convencional de doble fase. En nuestra cohorte, dado el bajo porcentaje de lavado rápido, la necesidad de métodos adicionales parecería limitada; sin embargo, sus resultados sugieren que en centros con mayor prevalencia de este fenómeno, la incorporación sistemática de técnicas de sustracción podría mejorar la localización preoperatoria (29).

En otro estudio por Moise et al., se identifican diferencias relevantes en la estrategia diagnóstica para la localización preoperatoria de adenomas paratiroides, particularmente en el papel de la gammagrafía con Tc<sup>99m</sup>-sestamibi frente al lavado de PTH guiado por ultrasonido. Moise et al. realizaron un estudio retrospectivo multicéntrico en 87 pacientes sometidos a paratiroidectomía mínimamente invasiva, en quienes se había realizado tanto lavado de PTH como gammagrafía con MIBI. Encontraron que 74.7% presentaron lavado positivo y, en ese subgrupo, la gammagrafía detectó correctamente 90.8% de los adenomas; sin embargo, concluyeron que el MIBI no aportó información adicional significativa cuando el lavado de PTH era positivo. Con base en ello, propusieron que un lavado positivo podría ser suficiente como único método de localización preoperatoria (30).

Mientras que nuestro estudio se centra en el comportamiento gammagráfico (incluyendo el fenómeno de lavado rápido) y en la frecuencia de hallazgos, el trabajo de Moise et al. cuestiona directamente la necesidad de la gammagrafía cuando el ultrasonido y el lavado de PTH ya confirman la lesión. Esto plantea un

contraste conceptual importante, en nuestra experiencia, la gammagrafía continúa siendo una herramienta ampliamente utilizada y con bajo porcentaje de patrones atípicos; en cambio, en el estudio comparado se sugiere un posible desplazamiento del MIBI en escenarios bien seleccionados (30).

Ambos estudios convergen en la importancia de optimizar la localización preoperatoria para favorecer la cirugía mínimamente invasiva. Sin embargo, Moise et al. enfatizan la reducción de pruebas, exposición a radiación y costos, mientras que nuestros resultados refuerzan la estabilidad del patrón gammagráfico clásico y la baja incidencia de lavado rápido en nuestra población (30).

Al comparar nuestros resultados con el estudio de Kushchayeva et al., se identifican hallazgos coincidentes y diferencias relevantes en cuanto a la frecuencia y los determinantes del lavado rápido del  $^{99m}\text{Tc}$ -sestamibi en hiperparatiroidismo. Kushchayeva et al. analizaron 135 pacientes sometidos a paratiroidectomía con hiperparatiroidismo primario, secundario y terciario. Identificaron lavado rápido en 27% de los casos con hiperparatiroidismo primario, 15% en el secundario y 4% en el terciario ( $p < 0.0001$ ), evidenciando una frecuencia considerablemente mayor que la observada en nuestros resultados. Además, demostraron que el lavado rápido se relacionó principalmente con el tamaño glandular, mientras que los niveles de PTH influyeron en la captación en fase temprana pero no en la retención tardía. También observaron que las glándulas con captación tardía positiva eran significativamente más grandes ( $p = 0.0036$ ) (31).

Un hallazgo importante del estudio comparativo fue la utilidad de la adquisición dual con  $^{123}\text{I}/^{99m}\text{Tc}$ -sestamibi mediante técnica de sustracción, la cual fue positiva en 88% de los adenomas con lavado rápido. Esto sugiere que la gammagrafía dual puede compensar la limitación diagnóstica que implica el lavado acelerado del radiotrazador (31).

La discrepancia en la frecuencia de lavado rápido entre ambos estudios puede explicarse por diferencias en la composición etiológica de la población, criterios de inclusión (quirúrgicamente confirmados en el estudio comparativo) y posiblemente por variaciones en la interpretación o protocolo de adquisición. Nuestro bajo porcentaje podría indicar una población predominantemente con adenomas de comportamiento clásico o una menor proporción de hiperparatiroidismo secundario y terciario (31).

La evidencia sugiere que el lavado rápido es un fenómeno clínicamente relevante, particularmente en hiperparatiroidismo primario, y que el tamaño glandular es un determinante clave. Aunque en nuestra cohorte su frecuencia fue baja, los datos de Kushchayeva et al. apoyan la consideración de técnicas complementarias como la sustracción con  $^{123}\text{I}$  en casos sospechosos de lavado rápido para evitar falsos negativos y optimizar la localización preoperatoria (31).

## VIII. Conclusión

La interpretación de los hallazgos obtenidos en esta investigación permite reflexionar sobre el valor diagnóstico de la gammagrafía paratiroidea en la práctica clínica, particularmente en el abordaje de pacientes con sospecha de adenomas paratiroideos.

La alta frecuencia de estudios realizados con esta indicación específica sugiere una tendencia creciente en el uso de esta herramienta imagenológica como parte integral del algoritmo diagnóstico del hiperparatiroidismo primario.

No obstante, la baja proporción de estudios que presentaron características compatibles con lavado rápido evidencia las limitaciones inherentes de esta técnica, especialmente en contextos donde las condiciones clínicas y bioquímicas del paciente no se correlacionan plenamente con el hallazgo gammagráfico esperado.

Para la práctica endocrinológica, estos resultados muestran la necesidad de una valoración integral que combine criterios clínicos, analíticos e imagenológicos, reconociendo que la gammagrafía debe ser considerada un complemento y no un criterio absoluto de confirmación diagnóstica.

En el ámbito de la imagenología, este estudio resalta la importancia de fortalecer la interpretación de estudios funcionales dentro de un marco de correlación multidisciplinaria, en el que la experiencia del médico de medicina nuclear puede enriquecer la toma de decisiones clínicas.

Para los pacientes con adenomas paratiroideos, estos resultados sugieren que si bien la gammagrafía puede apoyar en la localización prequirúrgica, no siempre ofrecerá un hallazgo concluyente, lo que destaca la necesidad de estrategias diagnósticas combinadas, que incluyan ecografía cervical, niveles de PTH, calcio sérico y fosfato.

Desde una perspectiva de salud pública, el uso racional y bien dirigido de esta tecnología podría optimizar los recursos disponibles, evitando estudios innecesarios en casos donde los criterios clínicos aún no justifican su realización. A su vez, en los servicios de endocrinología e imagenología, estos datos invitan a revisar los algoritmos institucionales de indicación de gammagrafía, priorizando su uso en pacientes con indicaciones precisas y evidencia bioquímica clara, lo que podría traducirse en una mejor eficiencia diagnóstica y en un uso más costo-efectivo de los servicios especializados.

## IX Referencias

1. Bilezikian JP, Khan AA, Silverberg SJ, et al. Evaluation and Management of Primary Hyperparathyroidism: Summary Statement and Guidelines from the Fifth International Workshop. *J Bone Miner Res.* 2022;37(11):2293-2314. doi:10.1002/jbmr.4677
2. Bandeira F, de Moura Nóbrega J, de Oliveira LB, Bilezikian J. Medical management of primary hyperparathyroidism. *Arch Endocrinol Metab.* 2022;66(5):689-693. doi:10.20945/2359-3997000000558
3. Palermo A, Tabacco G, Makras P, et al. Primary hyperparathyroidism: from guidelines to outpatient clinic. *Rev Endocr Metab Disord.* 2024;25(5):875-896. doi:10.1007/s11154-024-09899-5
4. Aggarwal P, Gunasekaran V, Sood A, Mittal BR. Localization in primary hyperparathyroidism. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab.* 2025;39(2):101967. doi:10.1016/j.beem.2024.101967
5. Minisola S, Arnold A, Belaya Z, et al. Epidemiology, Pathophysiology, and Genetics of Primary Hyperparathyroidism. *J Bone Miner Res.* 2022;37(11):2315-2329. doi:10.1002/jbmr.4665
6. Witowska A, Cieślewicz M, Suchecka W, Czepczyński R, Szczepanek-Parulska E, Ruchała M. Contemporary localization diagnostics in primary hyperparathyroidism. Review of visualization techniques including ultrasonography, PTH washout, 99mTc-MIBI scintigraphy, and 18F-choline PET. *Endokrynol Pol.* 2025;76(2):127-133. doi:10.5603/ep.103003
7. Kurtom S, Carty SE. Primary Hyperparathyroidism: Part Two: Surgical Management. *Surg Clin North Am.* 2024;104(4):799-809. doi:10.1016/j.suc.2024.02.009
8. Kurtom S, Carty SE. Primary Hyperparathyroidism: Part One: Evaluation. *Surg Clin North Am.* 2024;104(4):791-798. doi:10.1016/j.suc.2024.02.008
9. Petranović Ovčariček P, Giovanella L, Carrió Gasset I, et al. The EANM practice guidelines for parathyroid imaging. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2021;48(9):2801-2822. doi:10.1007/s00259-021-05334-y

10. Alemadi B, Rashid F, Alzahrani A. False-negative <sup>99m</sup>Tc-sestamibi scans: factors and outcomes in primary hyperparathyroidism. *Endocr Connect.* 2024;13(10):e240265. Published 2024 Sep 28. doi:10.1530/EC-24-0265
11. Robin P, Klein R, Gardner J, et al. Quantitative analysis of technetium-<sup>99m</sup>-sestamibi uptake and washout in parathyroid scintigraphy supports dual mechanisms of lesion conspicuity. *Nucl Med Commun.* 2019;40(5):469-476. doi:10.1097/MNM.0000000000000996
12. Zeng M, Liu W, Zha X, et al. <sup>99m</sup>Tc-MIBI SPECT/CT imaging had high sensitivity in accurate localization of parathyroids before parathyroidectomy for patients with secondary hyperparathyroidism. *Ren Fail.* 2019;41(1):885-892. doi:10.1080/0886022X.2019.1662804
13. Verdú J, Lizárraga C, Clavel J, Prata I, Calbo J, Pomares F. Intensa retención de (<sup>99m</sup>Tc)-MIBI en la fase tardía como causa de error diagnóstico en la gammagrafía combinada paratiroides-tiroides [High retention of (<sup>99m</sup>Tc)-MIBI in delayed phase as a pitfall in the combined parathyroid-thyroid scintigraphy]. *Rev Esp Med Nucl.* 2010;29(5):251-253. doi:10.1016/j.remn.2010.02.002
14. Özçevik H, Öner Tamam M, Tatoğlu MT, Mülazımoğlu M. Comparison of Planar Imaging Using Dual-phase Tc-<sup>99m</sup>-sestamibi Scintigraphy and Single Photon Emission Computed Tomography/Computed Tomography in Hyperparathyroidism. *Mol Imaging Radionucl Ther.* 2022;31(3):191-199. doi:10.4274/mirt.galenos.2022.60565
15. Lee SH, Shin E, Ha S, Oh JS, Song DE, Ryu JS. Is dual-phase SPECT/CT with <sup>99m</sup>Tc-sestamibi better than single-phase SPECT/CT for lesion localization in patients with hyperparathyroidism?. *Medicine (Baltimore).* 2020;99(19):e19989. doi:10.1097/MD.00000000000019989
16. Rowe SP, Gorin MA, Solnes LB, et al. Correlation of <sup>99m</sup>Tc-sestamibi uptake in renal masses with mitochondrial content and multi-drug resistance pump expression. *EJNMMI Res.* 2017;7(1):80. Published 2017 Oct 2. doi:10.1186/s13550-017-0329-5

17. Morris MA, Saboury B, Ahlman M, et al. Parathyroid Imaging: Past, Present, and Future. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2022;12:760419. Published 2022 Feb 25. doi:10.3389/fendo.2021.760419
18. Xue J, Liu Y, Yang D, et al. Dual-phase 99mTc-MIBI imaging and the expressions of P-gp, GST- $\pi$ , and MRP1 in hyperparathyroidism. *Nucl Med Commun*. 2017;38(10):868-874. doi:10.1097/MNM.0000000000000721
19. Chakrabarty N, Mahajan A, Basu S, D'Cruz AK. Imaging Recommendations for Diagnosis and Management of Primary Parathyroid Pathologies: A Comprehensive Review. *Cancers (Basel)*. 2024;16(14):2593. Published 2024 Jul 19. doi:10.3390/cancers16142593
20. Bénard F, Lefebvre B, Beuvon F, Langlois MF, Bisson G. Rapid washout of technetium-99m-MIBI from a large parathyroid adenoma. *J Nucl Med*. 1995;36(2):241-243.
21. Giovanella L, Avram AM, Iakovou I, et al. EANM practice guideline/SNMMI procedure standard for RAIU and thyroid scintigraphy. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2019;46(12):2514-2525. doi:10.1007/s00259-019-04472-8
22. Carpentier A, Jeannotte S, Verreault J, et al. Preoperative localization of parathyroid lesions in hyperparathyroidism: relationship between technetium-99m-MIBI uptake and oxyphil cell content. *J Nucl Med*. 1998;39(8):1441-1444.
23. Burke JF, Naraharisetty K, Schneider DF, Sippel RS, Chen H. Early-phase 99mTc-sestamibi review improves preoperative localization. *Am J Surg*. 2013;205(3):269-273. doi:10.1016/j.amjsurg.2013.01.001
24. Ning Y, Chen D, Huang Z, Lou C. Diagnostic value of clinical parameters and parathyroid scintigraphy for asymptomatic primary hyperparathyroidism. *Hell J Nucl Med*. 2020;23(2):148-157. doi:10.1967/s002449912104
25. Sandqvist P, Nilsson IL, Grybäck P, Sanchez-Crespo A, Sundin A. SPECT/CT's Advantage for Preoperative Localization of Small Parathyroid Adenomas in Primary Hyperparathyroidism. *Clin Nucl Med*. 2017;42(2):e109-e114. doi:10.1097/RLU.0000000000001447

26. Hunter K, Gavin N, McQuade C, Hogan B, Feeney J. Optimal timing of SPECT/CT to demonstrate parathyroid adenomas in 99mTc-sestamibi scintigraphy. *Nucl Med Rev Cent East Eur.* 2022;25(2):89-94. doi:10.5603/NMR.a2022.0020
27. Patel DD, Bhattacharjee S, Pandey AK, et al. Comparison of 4D computed tomography and F-18 fluorocholine PET for localisation of parathyroid lesions in primary hyperparathyroidism: A systematic review and meta-analysis. *Clin Endocrinol (Oxf).* 2023;99(3):262-271. doi:10.1111/cen.14875
28. Lorberboym M, Ezri T, Schachter PP. Preoperative technetium Tc 99m sestamibi SPECT imaging in the management of primary hyperparathyroidism in patients with concomitant multinodular goiter. *Arch Surg.* 2005;140(7):656-660. doi: 10.1001/archsurg.140.7.656.
29. Kushchayeva YS, Tella SH, Kushchayev SV, Van Nostrand D, Kulkarni K. Comparison of hyperparathyroidism types and utility of dual radiopharmaceutical acquisition with Tc99m sestamibi and 123I for localization of rapid washout parathyroid adenomas. *Osteoporos Int.* 2019;30(5):1051-1057. doi:10.1007/s00198-019-04846-6
30. Moise A, Abdulhaleem M, Bandargal S, Daniela da Silva S, Payne RJ, Forest VI. A Positive Parathyroid Washout May Obviate the Need for Nuclear Scintigraphy in Parathyroid Adenoma Localization: A Retrospective Study. *J Otolaryngol Head Neck Surg.* 2024;53:19160216241304366. doi:10.1177/19160216241304366
31. Kushchayeva YS 2017 Rapid washout in primary, secondary, and tertiary hyperparathyroidism and utility of dual radiopharmaceutical acquisition with 99Tc-sestamibi-123I for localization of parathyroid adenomas. 20th European Congress of Endocrinology, Barcelona, Spain. *Endocrine Abstracts* 56 PL1.