



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

Facultad de
MEDICINA

SPECT CEREBRAL CON ^{99m}Tc -ECD Y ^{99m}Tc -HMPAO EN PACIENTES
CON EPILEPSIA DEL LÓBULO TEMPORAL FARMACORRESISTENTE

CEREBRAL SPECT WITH ^{99m}Tc -ECD AND ^{99m}Tc -HMPAO IN PATIENTS
WITH DRUG-RESISTANT TEMPORAL LOBE EPILEPSY

TRABAJO ACADÉMICO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE SEGUNDA
ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN TECNOLOGÍA EN MEDICINA
NUCLEAR MOLECULAR

AUTORA

CRISTHY VIVIANA ARIAS BADA DE GALVAN

ASESOR

EDWIN RUBEN ACEVEDO TORALVA

CO – ASESORA

JANNINA DEL ROCIO AVALOS VIGO

LIMA – PERÚ

ASESORES DEL TRABAJO ACADÉMICO

ASESOR

Mg. EDWIN RUBEN ACEVEDO TORALVA

Departamento Académico de Tecnología Médica

ORCID: 0000-0003-0705-5947

CO – ASESORA

Mg. JANNINA DEL ROCIO AVALOS VIGO

Departamento Académico de Tecnología Médica

ORCID: 0000-0001-8083-1573

Fecha de aprobación: 13 de febrero de 2026.

Calificación: Aprobado.

DEDICATORIA

“Me pregunto si las estrellas se iluminan con el fin de que algún día, cada uno
pueda encontrar la suya”

A mi amado esposo y mi pequeña Azul.

Gracias por ser luz en los días más grises.

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento infinito a mi esposo por ser mi soporte en todo este camino.

A mis padres, Elisa y Elio, que siempre me han brindado su apoyo para poder
cumplir todos mis objetivos personales y académicos.

A Luis, por ser mi amigo, mi hermano, mi ejemplo en todo momento, mis logros
son tus logros también.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Este trabajo fue autofinanciado.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

La autora declara no tener conflictos de interés.

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

El egresado:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES
1.	ARIAS BADA DE GALVAN CRISTHY VIVIANA

Perteneiente al programa de la **SEGUNDA ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN TECNOLOGÍA EN MEDICINA NUCLEAR MOLECULAR**, autor del trabajo titulado: **SPECT CEREBRAL CON 99mTc-ECD Y 99mTc-HMPAO EN PACIENTES CON EPILEPSIA DEL LÓBULO TEMPORAL FARMACORRESISTENTE** el cual ha sido elaborado, sustentado y aprobado, según corresponda, para optar por el **TÍTULO DE SEGUNDA ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN TECNOLOGÍA EN MEDICINA NUCLEAR MOLECULAR** bajo la modalidad de **TRABAJO ACADÉMICO**.

En calidad de docentes asesores de la Universidad Peruana Cayetano Heredia:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES DEL DOCENTE	FACULTAD	NIVEL DE ASESORÍA
1.	ACEVEDO TORALVA EDWIN RUBEN	MEDICINA	ASESOR
2.	AVALOS VIGO JANNINA DEL ROCIO	MEDICINA	CO-ASESOR

Declaramos que el contenido del presente documento es original y que las citas y referencias a otros autores cumplen con las normas académicas establecidas. En ese sentido, hacemos constar que:

- El documento presenta un porcentaje de similitud de **9%**, según el reporte emitido por el software **Turnitin®** (identificador de entrega: **trn:oid:::1:3663166876**; fecha de entrega: **28-09-2026**).
- Tras una revisión detallada del reporte y del contenido del trabajo en cuestión, no se han identificado indicios de plagio.
- Se certifica que el documento respeta los principios de integridad académica y cumple con los requisitos institucionales de originalidad.

Lugar y fecha: **Lima, 28 de Setiembre de 2026.**


Firma del asesor
N° DNI: 10154893

ORCID: 0000-0003-0705-5947



Firma del Co-asesor
N° DNI: 16805646

ORCID: 0000-0001-8083-1573



TABLA DE CONTENIDOS

Pág.

RESUMEN

ABSTRACT

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	21
III. CUERPO.....	22
IV. CONCLUSIONES	36
V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

ANEXOS

RESUMEN

La epilepsia del lóbulo temporal es la forma más frecuente de epilepsia focal y un porcentaje significativo de pacientes desarrolla farmacorresistencia. En estos casos, la identificación precisa del foco epileptógeno es fundamental para evaluar la posibilidad de tratamiento quirúrgico. Los radiofármacos ^{99m}Tc -ECD y ^{99m}Tc -HMPAO, utilizados en SPECT cerebral, permiten evaluar la perfusión cerebral y localizar zonas de hiperperfusión ictal o hipoperfusión interictal, constituyendo herramientas valiosas dentro del protocolo prequirúrgico.

Objetivo: Evidenciar el valor diagnóstico del SPECT cerebral con ^{99m}Tc -ECD y ^{99m}Tc -HMPAO en pacientes con epilepsia del lóbulo temporal farmacorresistente.

Materiales y métodos: Se realizó una revisión bibliográfica de artículos científicos recientes, ensayos clínicos, estudios comparativos y reportes de cohorte que evaluaron el rendimiento diagnóstico del SPECT ictal, interictal y postictal, así como la eficacia de ^{99m}Tc -ECD y ^{99m}Tc -HMPAO en la localización del foco epileptógeno.

Resultados: El SPECT ictal con ^{99m}Tc -HMPAO presenta la mayor sensibilidad para detectar la hiperperfusión ictal y delimitar con precisión el foco epileptógeno. El ^{99m}Tc -ECD muestra un rendimiento superior en fase interictal debido a su mayor estabilidad química. Técnicas avanzadas como SISCOM, STATISCOM y PISCOM aumentan significativamente la sensibilidad diagnóstica. La integración con EEG y RM mejora la concordancia diagnóstica y la predicción de resultados quirúrgicos.

Conclusiones: El SPECT cerebral con ^{99m}Tc -ECD y ^{99m}Tc -HMPAO es una herramienta funcional esencial en la evaluación prequirúrgica de epilepsia temporal refractaria. Su rendimiento depende de la fase de adquisición, del radiofármaco utilizado y de la integración multimodal con otras técnicas diagnósticas.

Palabras claves: SPECT cerebral, ^{99m}Tc -ECD, ^{99m}Tc -HMPAO, epilepsia temporal farmacorresistente.

ABSTRACT

Temporal lobe epilepsy is the most common focal epilepsy, and many individuals develop medication resistance. These instances need accurate epileptogenic focal identification to determine surgical therapy feasibility. SPECT scans of the brain using 99mTc-ECD and 99mTc-HMPAO allow preoperative planning by assessing cerebral perfusion and identifying ictal hyperperfusion or interictal hypoperfusion.

Objective: To demonstrate the diagnostic value of brain SPECT with 99mTc-ECD and 99mTc-HMPAO in patients with drug-resistant temporal lobe epilepsy.

Materials and methods: The diagnostic effectiveness of ictal, interictal, and postictal SPECT imaging and how 99mTc-ECD and 99mTc-HMPAO locate epileptic foci were examined in scholarly publications, clinical trials, comparative studies, and cohort reports.

Results: Ictal SPECT with 99mTc-HMPAO is most sensitive for identifying ictal hyperperfusion and localizing the epileptogenic center. Chemical stability makes 99mTc-ECD more sensitive than HMPAO. Modern diagnostic methods like SISCOM, STATISCOM, and PISCOM improve sensitivity. EEG and MRI increase diagnostic agreement and surgical outcome prediction.

Conclusions: Brain SPECT with 99mTc-ECD and 99mTc-HMPAO greatly enhance preoperative assessment of patients diagnosed with refractory temporal lobe epilepsy. Success depends on several factors including phase of acquisition, radiopharmaceutical used for imaging, and multimodal integration of imaging study results.

Keywords: Brain SPECT, 99mTc-ECD, 99mTc-HMPAO, drug-resistant temporal lobe epilepsy.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Marco teórico

Epilepsia

Las convulsiones son una afección neurológica crónica causada por alteraciones en la función eléctrica del cerebro. Si bien existen diversas causas de convulsiones, todas implican algún tipo de funcionamiento anormal del cerebro, lo que aumenta la probabilidad de sufrir una convulsión (1). Es importante comprender la diferencia entre las crisis epilépticas provocadas y las no provocadas para lograr un diagnóstico preciso y un tratamiento adecuado. Existen convulsiones provocadas por un estímulo (razón específica) y también convulsiones sin causa aparente (sin motivo aparente). Un ejemplo de estímulo sería la fiebre, un traumatismo craneoencefálico, un virus o el consumo de medicamentos. El tipo de convulsión ayuda al profesional de la salud a elaborar el plan de tratamiento adecuado y a brindar al paciente un mejor plan médico (2).

Tipos de epilepsia

La epilepsia se clasifica en cuatro categorías principales: focal, generalizada, combinada y de origen indeterminado (3).

Epilepsia del lóbulo temporal (ELT)

La epilepsia del lóbulo temporal (ELT) se ha utilizado históricamente para describir un grupo de enfermedades asociadas con crisis parciales complejas originadas en el lóbulo temporal. A lo largo del tiempo, la definición de ELT y sus crisis ha cambiado, causando cierta confusión. Estas crisis son las más comunes en adultos y, debido a su naturaleza focal y la resistencia al tratamiento médico en

aproximadamente la mitad de los casos, la ELT es la forma de epilepsia que con mayor frecuencia requiere intervención quirúrgica (4).

La epilepsia del lóbulo temporal es común entre los pacientes, pero aproximadamente un tercio de ellos no responde a los tratamientos con medicamentos anticonvulsivos actuales, que actúan sobre las neuronas y sus conexiones. Es frecuente encontrar alteraciones en las células astrocíticas y microgliales en los focos epilépticos, las cuales contribuyen a la inflamación del tejido nervioso y a un aumento en la actividad eléctrica, empeorando así la epilepsia crónica (5).

Epidemiología

Aproximadamente el 0,5% de la carga global de morbilidad en todo el mundo es atribuible a la epilepsia, que tiene una influencia sustancial en la salud global, resultando en más de 13 millones de años de vida ajustados en función de la discapacidad (AVAD). La prevalencia de esta enfermedad es mayor entre las personas de entre 5 y 29 años y afecta principalmente a la generación más joven. Si bien la epilepsia ocupa el décimo lugar en Europa del este, el tercer lugar en Asia central y el segundo en el sur de África subsahariana en términos de años de vida ajustados en función de la discapacidad (AVAD), la carga global del trastorno varía según la zona. Estas cifras resaltan la necesidad de ampliar el acceso al diagnóstico, tratamiento y apoyo para las personas con epilepsia, y la gravedad y dificultad que plantea la afección en varias regiones del mundo (6).

La prevalencia de esta enfermedad varía considerablemente a nivel mundial debido a diferencias en los métodos de diagnóstico y en la recopilación de datos entre países y regiones, así como a factores económicos y de salud pública que afectan el

bienestar de la población. Según un estudio de metaanálisis, se estima que la tasa de incidencia global es de aproximadamente 61,4 casos por cada 100,000 personas por año. Esta tasa es más alta en países de ingresos bajos o medianos y más baja en naciones con ingresos altos (7).

Sólo 11 de los 22 países árabes han publicado investigaciones sobre epidemiología de la epilepsia. A lo largo de la vida, se notificaron 8,9 casos por cada 100.000 personas en estos países, con una frecuencia de 6,9 por cada 1.000 residentes. La consanguinidad de los padres, la epilepsia en la familia y las enfermedades o lesiones prenatales son los factores de riesgo más comunes (8).

La epilepsia es bastante común en América Latina, según una investigación epidemiológica; La incidencia media es de 17,8 casos por 1.000 personas. En Perú, un país que incluye poblaciones tanto urbanas como pediátricas, se informó una mayor frecuencia de 11,9 por 1.000 personas, en comparación con Europa, Estados Unidos y Canadá. En este país andino, se estima que la epilepsia es el segundo trastorno neurológico más común, solo detrás de la cefalea, con una incidencia que oscila entre 0,5 y 1,5 por cada 100 personas (9).

Importancia clínica

La epilepsia se describe como un trastorno neurológico caracterizado por una predisposición persistente a experimentar convulsiones recurrentes, causadas por una actividad anormal en las células nerviosas del cerebro. Estas convulsiones pueden surgir debido a un desequilibrio entre neurotransmisores excitadores e inhibidores. Alteraciones en los receptores y en los canales iónicos activados por estos neurotransmisores pueden ser responsables del desarrollo de la epilepsia (10).

Diagnóstico de la epilepsia

Es un procedimiento complejo que incluye varias etapas, todas esenciales para lograr un diagnóstico lo más preciso posible y, de este modo, ofrecer a los pacientes y sus familias información detallada y un tratamiento adecuado. En primer lugar, es necesario determinar si los síntomas presentados podrían estar asociados con la epilepsia y evaluar si se cumplen los criterios necesarios para dicho diagnóstico (1).

Tomografía Computarizada por emisión de fotón único (SPECT)

El SPECT, una técnica de imágenes de medicina nuclear ampliamente empleada en la práctica clínica, desempeña un papel crucial en el diagnóstico de diversas enfermedades, como las cardiovasculares y neurodegenerativas. Uno de los principales desafíos en la calidad de las imágenes obtenidas con SPECT es la atenuación de los fotones a medida que atraviesan el cuerpo antes de llegar al detector.(11).

Física del SPECT

Según el Instituto Nacional de Bioingeniería e Imágenes Biomédicas (2022), los equipos de imágenes SPECT generan imágenes tridimensionales que muestran la distribución de moléculas trazadoras radiactivas administradas al paciente. Un ordenador genera imágenes tridimensionales procesando numerosas imágenes tomadas desde diferentes ángulos del cuerpo (mediante diversas técnicas de imagen). Un escáner SPECT dispone de una serie de detectores que incorporan una gammacámara para registrar la emisión de los rayos gamma producidos por los trazadores radiactivos inyectados al paciente. Los detectores de la cámara están montados en un pórtico giratorio que rota en una trayectoria circular alrededor del paciente mientras este yace en una camilla de exploración y debe permanecer inmóvil durante todo el procedimiento (12).

Resolución temporal del SPECT y su importancia en epilepsia

La SPECT no adquiere imágenes en tiempo real; a diferencia de otras modalidades como el EEG, que tienen una resolución temporal de milisegundos, la resolución temporal de la SPECT está influenciada por el momento de la administración del radionúclido, ya que alcanza su efecto máximo en el cerebro unos segundos después de la inyección del radiofármaco. Como resultado de alcanzar la perfusión máxima durante los primeros 20-30 segundos después del inicio de una convulsión, la precisión diagnóstica de añadir un estudio SPECT ictal también depende del momento de la inyección de yodo 123 en comparación con el inicio de la convulsión (13).

Tiempos de inyección y sincronización ictal

Los radiofármacos ^{99m}Tc -HMPAO y ^{99m}Tc -ECD requieren tiempos de inyección muy estrictos(13):

HMPAO: Si se administra durante el período crítico entre las crisis epilépticas, monitoriza el flujo sanguíneo prácticamente al instante y revela el inicio de las crisis epilépticas.

ECD: Cumple su función, pero su cinética más lenta hace que sea potencialmente menos sensible a los estímulos ictales.

En pacientes con epilepsia del lóbulo temporal, pueden producirse imágenes que representan regiones de propagación o descargas posteriores, en lugar del foco principal, debido a retrasos superiores a 45 segundos (14).

Limitaciones técnicas relevantes para epilepsia

En la evaluación ictal, las siguientes limitaciones deben considerarse(13):

Tanto el radiofármaco como el procedimiento ictal están retrasados en su disponibilidad. En particular, el movimiento del paciente después del episodio ictal provoca artefactos importantes.

Las crisis epilépticas pueden propagarse rápidamente, lo que dificulta determinar el foco inicial. Se observan variaciones en el flujo sanguíneo basal entre los pacientes y durante las transiciones ictales. La estabilidad química del radiofármaco también varía; por ejemplo, el HMPAO se oxida con mayor facilidad.

Estas limitaciones exigen un análisis minucioso y el uso de diversas técnicas, como la resonancia magnética y el electroencefalograma.

Artefactos que afectan la localización del foco

Entre los artefactos más relevantes en epilepsia destacan(13):

Artefactos de movimiento, que dificultan la reconstrucción adecuada.

Efecto de volumen parcial, que puede subestimar la captación en estructuras pequeñas como el hipocampo.

Artefactos por mala sustracción (SISCOM), cuando hay errores de registro entre SPECT interictal e ictal.

Ruido estadístico, común en estudios ictales apresurados o con baja dosis efectiva.

SPECT en la evaluación de epilepsia

La tomografía SPECT es una herramienta diagnóstica importante para la localización de una región epiléptica mediante la medición de alteraciones en el flujo sanguíneo utilizando los radiofármacos ^{99m}Tc -HMPAO o ^{99m}Tc -ECD durante los intervalos libres de crisis (fase interictal) y durante la actividad epiléptica (fase ictal) (15).

La combinación de SPECT y video-EEG permite evaluar el flujo sanguíneo cerebral durante una crisis epiléptica en pacientes con epilepsia parcial (por ejemplo, epilepsia del lóbulo temporal). Existen estudios que respaldan ampliamente esta aplicación para localizar preoperatoriamente el área de actividad epiléptica y evaluar dicha actividad (16).

La presencia de crisis epilépticas puede provocar un aumento significativo del flujo sanguíneo en la zona afectada. Al realizar imágenes mediante técnicas de SPECT durante la crisis (ictal), estas áreas pueden identificarse claramente como regiones de hiperperfusión. Sin embargo, la detección de regiones de hipoperfusión entre los episodios epilépticos puede ser mucho más sutil y difícil de discernir visualmente. Para identificar con éxito el origen de una crisis epiléptica, es fundamental realizar una tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT) aproximadamente 30 minutos después de la crisis. Además, la técnica SISCOM, que combina los datos de la SPECT ictal con una resonancia magnética (RM) anatómica, mejora la capacidad de identificar el foco epiléptico al permitir una superposición más precisa de las diferencias entre los periodos ictal y no ictal (17).

SPECT cerebral con ^{99m}Tc -ECD en epilepsia

El compuesto bisocitato marcado con tecnecio-99 (ECD) es un radiotrazador para medicina nuclear que presenta una baja exposición dosimétrica en todo el cuerpo y una buena solubilidad lipídica. El ^{99m}Tc -ECD posee una buena estabilidad química, lo que permite obtener imágenes de alta calidad de forma reproducible durante el periodo interictal. Esta característica permite que este trazador sea de gran utilidad cuando no es posible capturar o documentar la crisis epiléptica en

tiempo real. Estudios clínicos han demostrado una tasa de identificación de focos epileptogénicos de hasta el 73%, lo que evidencia la valía de los estudios de crisis epilépticas para la evaluación de la epilepsia refractaria, incluso en ausencia de hiperperfusión ictal (18).

SPECT Cerebral con ^{99m}Tc -HMPAO en epilepsia

Mediante el seguimiento del flujo sanguíneo cerebral, el radiofármaco tecnecio- ^{99m}Tc HMPAO se ha convertido en una herramienta valiosa para el diagnóstico de ciertos trastornos neurológicos, como el ictus, la epilepsia, la demencia, los ataques isquémicos transitorios (AIT), las migrañas y los tumores cerebrales. Su rápida respuesta a las fluctuaciones del volumen sanguíneo y a los cambios en el estado redox celular, así como su capacidad para acumularse rápidamente durante un episodio convulsivo, hacen del HMPAO un trazador ideal para realizar una SPECT ictal y detectar la hiperperfusión en las zonas epilépticas. Además, el HMPAO sienta las bases para técnicas de imagen avanzadas como SISCOM, STATISCOM y PISCOM, útiles durante las fases de actividad convulsiva. (19).

SISCOM (Recuso Ictal SPECT Co-registrado a MRI)

SISCOM es la técnica de localización híbrida más común para identificar el foco epileptógeno. Consiste en restar las imágenes interictales de las imágenes ictales mediante un método matemático y, posteriormente, combinarlas con imágenes de resonancia magnética (RM). La imagen resultante muestra áreas de hiperperfusión asociadas a los eventos ictales. Esto aumenta la sensibilidad del estudio SISCOM y facilita el diagnóstico de pacientes con epilepsia no lesional o cuando los resultados de la RM no son concluyentes (19).

STATISCOM (Ictal Estadístico SPECT Co-registrado a MRI)

STATISTICOM es una versión avanzada de SISCOM que utiliza modelos estadísticos poblacionales para comparar la perfusión ictal con valores de referencia, lo que permite una mejor detección de anomalías de perfusión, especialmente en presencia de variabilidad metabólica o limitaciones técnicas. Numerosos estudios indican que las tasas de localización epileptogénica alcanzadas con esta herramienta pueden superar el 69 % o incluso ser superiores a las de SISCOM, según la situación (19).

PISCOM (Perfusión Ictal SPECT Co-registrado a MRI)

Incorpora datos visuales ictales/postictales mediante análisis estadísticos avanzados de perfusión y algoritmos comparativos. Su punto fuerte es que es capaz de detectar anomalías persistentes de la perfusión después de que se produjo una convulsión cuando la inyección ictal no se puede sincronizar con el inicio del evento (19).

Importancia clínica del SPECT cerebral con ^{99m}Tc -ECD y ^{99m}Tc -HMPAO en la epilepsia del lóbulo temporal farmacorresistente

La tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT) de perfusión cerebral se utiliza en la epilepsia para cuantificar el flujo sanguíneo cerebral regional y localiza zonas con hiperperfusión durante la crisis (SPECT ictal) o hipoperfusión fuera de ella (SPECT interictal). Los radiotrazadores más utilizados clínicamente son ^{99m}Tc -HMPAO y ^{99m}Tc -ECD, ambos capaces de cruzar la barrera hematoencefálica y fijarse en proporción a la perfusión local, permitiendo la obtención de estudios funcionales del cerebro(20).

El uso de SPECT ictal en epilepsia del lóbulo temporal farmacorresistente ha demostrado una alta sensibilidad para localizar la zona de inicio de las crisis, siendo

habitualmente superior al SPECT interictal. Estudios clínicos y metaanálisis indican que la SPECT ictal puede mostrar hiperperfusión en la zona epileptógena en más del 90 % de los casos temporales, mientras que la SPECT interictal tiende a mostrar hipoperfusión en un rango más amplio y con menor sensibilidad diagnóstica.(21).

Si bien ambos trazadores (^{99m}Tc -HMPAO y ^{99m}Tc -ECD) sirven para estudios de perfusión cerebral en epilepsia, investigaciones comparativas no han demostrado una superioridad clara de uno sobre otro en cuanto a la capacidad de localizar la zona de inicio de crisis (SOZ). En un estudio retrospectivo con casi 200 pacientes, no se halló diferencia significativa en la fracción de estudios que lateralizan correctamente el foco entre los dos radiotrazadores, aunque variables como el momento de la inyección y la duración de la crisis pueden influir en los resultados(22)

La evidencia clínica y las guías de práctica actuales señalan que el SPECT ictal tiene utilidad especialmente en epilepsias focales refractarias, siendo un predictor favorable de éxito en cirugía cuando se encuentra concordancia con otros estudios prequirúrgicos. Además, la SPECT demuestra mayor rendimiento en epilepsia del lóbulo temporal frente a epilepsias extratemporales, lo que refuerza su aplicación específica en este subtipo clínico(23)

Sin embargo, la técnica presenta limitaciones importantes en práctica clínica: la necesidad de inyección casi inmediata del trazador al inicio de la crisis, lo que exige logística compleja y personal entrenado, y la menor resolución espacial comparada con técnicas como PET o MRI funcional. Estos factores, junto con la interpretación

visual subjetiva de las imágenes SPECT, pueden influir en la precisión diagnóstica y en su integración con otros estudios complementarios(21).

Preparación del paciente

Es fundamental llevar ropa cómoda y calzado con suelas antideslizantes. Además, se aconseja evitar el consumo de cafeína durante las 24 horas previas al examen, lo que incluye té, café, bebidas gaseosas, chocolate y ciertos analgésicos que contienen esta sustancia (18).

Protocolo de adquisición

Dosis: Adultos: 25 a 30 mCi para 70 Kg; Niños: 430 μ Ci /Kg., mínimo 3 mCi(18).

Forma de administración: El paciente debe recostarse en un lugar tranquilo y se le debe indicar que esté tranquilo, relajado y en silencio durante unos 15 minutos antes de que se le pueda administrar la inyección. Después de administrar el radiofármaco por vía intravenosa, el paciente debe mantener la misma posición durante unos 5 minutos antes de retirar la vía (18).

Adquisición de imágenes Una vez transcurridos 60 minutos después de la inyección, se recomienda que el paciente esté acostado boca arriba con los brazos a los lados del cuerpo. Es esencial proporcionar un soporte adecuado para la cabeza y utilizar un dispositivo de sujeción para mantenerla fija. Además, se deben retirar todos los objetos metálicos de la zona donde se realizará el estudio y se debe informar al paciente sobre la importancia de permanecer inmóvil durante todo el procedimiento. Se aconseja utilizar un colimador de ultra alta o alta resolución para bajas energías y realizar una rotación de 360° desde la posición anterior-posterior (18).

El sentido de rotación, ya sea en el sentido de las manecillas del reloj (CW) o en sentido contrario (CCW), puede utilizarse de manera intercambiable. Sin embargo, si se realizan múltiples estudios SPECT cerebrales en un paciente, es recomendable mantener siempre el mismo sentido de rotación. Se adquieren un total de 120 imágenes, con un movimiento angular de 3 grados. La técnica empleada es "step and shoot" (paso y disparo), con un tiempo de adquisición de 15 segundos por imagen. La matriz de adquisición puede ser de 128 x 128 bytes sin zoom, o de 64 x 64 bytes con un zoom de 1.5 a 2. El zoom puede ajustarse según la matriz seleccionada, siempre y cuando sea posible descentrar la imagen si es necesario (18).

Procesamiento:

Reconstrucción: Utilizando la técnica de retroproyección filtrada, se definen los límites justo por encima y por debajo del cerebro. Se aplica un filtro Butterworth de orden 4, con una frecuencia de corte de 0.25 Nyquist (ajustable entre 0.20 y 0.35). Además, se puede activar un filtro vertical o el filtro Metz con una potencia de 3 y un ancho a media altura (FWHM) de 14 mm (ajustable entre 9 y 16 mm). La corrección de atenuación se realiza mediante el método de Chang, con un coeficiente de 0.11 cm^{-1} . El zoom posterior a la reconstrucción se ajusta según el criterio del operador. Los ejes sagital, coronal y transversal se reorientan para que los cortes sean paralelos a la línea órbita-canto-meatal en el corte sagital. En casos donde se evalúa epilepsia o demencia, también se reorientan los cortes transversales para que sean paralelos al eje mayor del lóbulo temporal. La reconstrucción tridimensional de superficie y la cuantificación son opciones adicionales en este procedimiento (18).

Tratamiento

El objetivo principal del tratamiento de la epilepsia es prevenir las convulsiones sin causar efectos secundarios adversos. Sin embargo, a pesar de los avances en la terapia farmacológica durante los últimos veinte años, aproximadamente el 30% de los pacientes siguen experimentando convulsiones recurrentes (24).

La cirugía para tratar la epilepsia no se emplea con frecuencia, principalmente debido al miedo y al riesgo percibido por los pacientes ante la idea de someterse a una operación abierta. Por esta razón, la cirugía suele considerarse como último recurso, generalmente cuando existe una lesión cerebral irreversible con descargas epileptógenas persistentes. Si se decide optar por la cirugía, la intervención preferida suele ser la resección o curación del área afectada (25).

Las epilepsias focales son causadas por descargas eléctricas anormales en áreas específicas del cerebro. En aproximadamente un tercio de los casos, los medicamentos no logran controlar estas convulsiones. Si es posible identificar la zona epileptógena mediante la descripción de las convulsiones o pruebas como la resonancia magnética, el electroencefalograma o el SPECT cerebral, podría considerarse la opción de extirpar esa área en el paciente (26).

1.2 Justificación

La epilepsia del lóbulo temporal farmacorresistente requiere una localización precisa del foco epileptógeno para determinar la posibilidad de tratamiento quirúrgico, especialmente cuando las técnicas estructurales como la resonancia magnética no muestran lesiones evidentes(4). En este contexto, el SPECT cerebral se convierte en una herramienta diagnóstica fundamental al detectar cambios funcionales en la perfusión cerebral asociados a la actividad ictal. Los

radiofármacos ^{99m}Tc -ECD y ^{99m}Tc -HMPAO aportan información complementaria que mejora la identificación del foco y orienta la toma de decisiones en el manejo de la epilepsia refractaria(15).

Por ello, esta monografía justifica evidenciar la utilidad del SPECT cerebral con ^{99m}Tc -ECD y ^{99m}Tc -HMPAO en la epilepsia del lóbulo temporal farmacorresistente.

El estudio fue diseñado específicamente para abordar los problemas relacionados con la epilepsia del lóbulo temporal resistente a los fármacos mediante la aplicación de la tomografía computarizada por emisión de fotón único cerebral de diferentes maneras durante la actividad convulsiva (ictal) y entre la actividad convulsiva (interictal).

1.3 Antecedentes

En relación con el aporte de otros investigadores respecto al tema, se ha considerado el aporte de estudiosos internacionales como:

Yoganathan et al. (2023), aluden que el uso de modalidades de imagen multimodal permite una identificación mucho más precisa de la patología focal y su relación con áreas cerebrales críticas y redes funcionales asociadas. Esta mejora permitirá, a su vez, una mejor planificación quirúrgica y mejores resultados para los pacientes con epilepsia. Además, la combinación de modalidades de imagen estructural y funcional preoperatorias con EEG constituye un elemento esencial para la planificación quirúrgica y la estimación del pronóstico postoperatorio en pacientes con epilepsia focal refractaria al tratamiento médico (27).

Passaro (2023), alude que la tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT) con sustracción ictal ofrece mayor precisión en la identificación de pequeñas lesiones corticales, incluidas las lesiones displásicas corticales focales. En consecuencia, esta técnica proporciona mayor precisión en la localización de la epilepsia y, por lo tanto, permite una mejor identificación de los pacientes que probablemente se beneficien de la intervención quirúrgica (28).

Prener et al. (2023), indican que el uso de SPECT con 99mTc-HMPAO también puede mejorar la identificación del área del cerebro que causa la actividad convulsiva al revelar regiones cerebrales con flujo sanguíneo excesivo durante una convulsión, y también ayuda a identificar la propagación de la actividad convulsiva dentro del cerebro de un paciente (29).

Kun (2023), alude que los pacientes con crisis epilépticas resistentes a la medicación han encontrado que los procedimientos quirúrgicos han sido una forma eficaz de detener o reducir las crisis con mayor éxito que la medicación. Además, la probabilidad de permanecer libre de crisis después de someterse a procedimientos quirúrgicos está fuertemente relacionada con la coincidencia de los resultados de las exploraciones preoperatorias (EEG interictal/EEG ictal/FDG-PET/SPECT ictal), independientemente de si el paciente presenta o no una lesión visible en la resonancia magnética (30).

Taherpour et al. (2022), señalan que el análisis de covarianza de un vóxel SPECT libre de crisis y el porcentaje asociado de vóxeles con crisis permiten predecir los periodos libres de crisis en pacientes sometidos a cirugía de epilepsia del lóbulo temporal. La naturaleza no invasiva y la relativa facilidad de cálculo de este parámetro mediante las nuevas modalidades de imagen disponibles lo convierten

en un valioso complemento, o sistema de apoyo a la toma de decisiones, para determinar los candidatos quirúrgicos no epileptogénicos (31).

Ilyas-Feldmann et al. (2022) aluden que los cambios en el estado metabólico del cerebro asociados a las crisis epilépticas, visualizados mediante tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT) ictal, pueden detectarse incluso cuando no se observan anomalías significativas en la resonancia magnética. La consistencia observada en los resultados se ha correlacionado con una mejoría en los resultados quirúrgicos y una disminución drástica en la frecuencia de las crisis epilépticas a largo plazo (32).

Setoain et al. (2021) señalan que el tratamiento quirúrgico de la epilepsia depende de la determinación precisa de la zona epileptógena antes de proceder con la cirugía. Una técnica de imagen que ayuda a localizar la zona epileptógena es la SPECT ictal. Esta técnica mide el flujo sanguíneo cerebral durante las crisis epilépticas. La principal desventaja de esta técnica radica en la dificultad de administrar el radiofármaco en el momento en que el paciente padece una crisis (33).

Damián et al. (2021) sugieren que la SPECT es un método útil para medir los cambios en el flujo sanguíneo cerebral. Una evaluación SPECT de un paciente con una crisis epiléptica del lóbulo temporal mostrará un aumento de la perfusión, mientras que al evaluar a un paciente que sufre crisis psicógenas no epilépticas (CPNE), el flujo sanguíneo se reducirá en regiones del cerebro que incluyen la red neuronal por defecto y el cerebelo (34).

Ponisio et al. (2021), indican que la SPECT es un método utilizado para visualizar el flujo sanguíneo del cerebro (perfusión cerebral) en la actualidad mediante el uso

de radiofármacos y técnicas computacionales avanzadas para comparar datos recopilados durante una crisis epiléptica y durante un período interictal (35).

Fukuma et al. (2021) afirman que la hiperperfusión postictal prolongada puede detectarse mediante gammagrafías SPECT de sustracción, incluso cuando el intervalo entre la crisis epiléptica y la gammagrafía es prolongado, y que la localización de la hiperperfusión mostró una alta correlación con la ubicación de los accidentes cerebrovasculares, los síntomas de las crisis y los datos del EEG. Por consiguiente, la gammagrafía SPECT postictal combinada con el EEG constituye un valioso método para confirmar y localizar la epilepsia en pacientes post-ictus. (36).

Gernot Hlauschek et al. (2021) aluden que la eficacia de la imagen SPECT como complemento para identificar la ubicación probable de la zona epileptógena (ZE) mediante resonancia magnética con superposición STATISCOM y mediante resonancia magnética con superposición (SISCOM) fue del 69 % y del 59 % respectivamente (37).

Damian et al. (2021) realizaron imágenes SPECT cerebrales en 10 pacientes con epilepsia del lóbulo temporal (ELT) y crisis no epilépticas psicógenas (CNEP) para determinar los efectos de la perfusión cerebral durante los episodios epilépticos. Los pacientes con ELT mostraron hiperperfusión durante los episodios epilépticos en el lóbulo temporal anteromedial y un aumento del flujo sanguíneo cerebral relativo (FSCr). Los pacientes con ELT también mostraron hipoperfusión en la red neuronal por defecto y el cerebelo. En contraste, los pacientes que experimentaban CNEP no mostraron hiperperfusión, ya que la única área cerebral hipoperfundida observada fue la corteza parietal posterior (38).

Yasin et al. (2021) indican que la i-SPECT es una técnica de diagnóstico funcional que destaca por su capacidad para evaluar el foco epileptogénico mediante la detección de la hiperperfusión localizada que se produce al inicio de una crisis epiléptica. Se utilizan métodos avanzados de SPECT, como SISCOM, STATISCOM y PISCOM, para identificar con precisión la zona donde comienzan las crisis (39).

Uday Pawar et al. (2020), indican que la SPECT con 99mTc-ECD también puede ayudar a localizar el foco epiléptico en personas con epilepsia refractaria cuando los resultados del VEEG y la resonancia magnética difieren. La SPECT con 99mTc-ECD localizó el foco epiléptico en el 73,13 % de los pacientes que se sometieron a cirugía y en el 67,64 % de los que no, lo que demuestra su utilidad como herramienta adicional de evaluación prequirúrgica (40).

Anwar et al. (2020), señalan que la epilepsia se describe como una afección neurológica caracterizada por descargas neuronales excesivas y anormales o por una mayor excitabilidad sincronizada de las neuronas. En este sentido, la SPECT proporciona un medio eficaz para localizar las áreas del cerebro responsables de generar las crisis epilépticas y puede contribuir a la clasificación de las crisis mediante la correlación entre el historial médico, los testimonios de los testigos y las características observadas durante la crisis (41).

Juhász y John (2020) indican que la técnica SPECT de sustracción ictal puede proporcionar una valiosa ayuda para localizar la región de actividad ictal de un paciente, especialmente cuando otras modalidades (es decir, PET) no han logrado localizar la zona epileptógena de un paciente o después de una intervención quirúrgica fallida (17).

Según Kuruva et al. (2020), el uso de radionúclidos funcionales aumenta el valor de las imágenes estructurales primarias, especialmente si estas no proporcionan una imagen nítida. Si se realiza correctamente, este tipo de imágenes identifica las áreas donde se originan las crisis epilépticas (zonas epileptogénicas) y ayuda a determinar qué áreas deben extirparse durante la cirugía. Las imágenes con radionúclidos también son útiles para evaluar la cantidad de tejido cerebral funcional restante (residual) e identificar otros trastornos (42).

Jaber et al. (2020) realizaron un análisis retrospectivo comparando 196 pacientes clínicos de rutina sometidos a SPECT de perfusión ictal con dos trazadores diferentes (talio-201 y tecnecio-99m). No se observaron diferencias estadísticamente significativas en la lateralización evaluada mediante SPECT ictal ni en los resultados a los 12 meses posteriores a la cirugía; por lo tanto, se concluyó que la selección del trazador no afecta la determinación de la zona de inicio de la crisis en pacientes resistentes a los fármacos (43).

Taherpour et al. (2022) examinaron los resultados de gammagrafías SPECT realizadas a 36 sujetos, utilizando dos tipos de radiofármacos para explorar los patrones predictivos dentro de las imágenes SPECT tomadas en diferentes momentos antes y durante la aparición de convulsiones mediante análisis estadístico de covarianza. Los hallazgos revelaron diferencias significativas en la forma en que los pacientes que continuaron sufriendo convulsiones después del tratamiento quirúrgico mostraron patrones de perfusión cerebral durante las convulsiones en comparación con los pacientes que ya no presentaban convulsiones una vez realizada la cirugía (44).

1.4 Problemática

El aumento de casos de epilepsia resistente a los fármacos complica el manejo de esta enfermedad, ya que aproximadamente el 25 % de las personas con epilepsia han recibido al menos algunos medicamentos anticonvulsivos recetados y aún así sus crisis no están controladas. La mayoría de los pacientes diagnosticados con epilepsia refractaria a los fármacos presentan crisis focales originadas en el lóbulo temporal, que generalmente no son identificables por el paciente (45). Actualmente, la cirugía se considera la mejor opción para controlar los episodios convulsivos, en comparación con otros métodos alternativos. El resultado de este procedimiento quirúrgico dependerá de la ubicación exacta del foco epiléptico y de la ausencia de efectos secundarios significativos tras la cirugía (46).

Los neurocirujanos pueden determinar la región exacta del cerebro que causa las crisis epilépticas mediante una serie de pruebas diagnósticas, que incluyen 99mTc-ECD y 99mTc-HMPAO, las cuales trabajan en conjunto para localizar el origen de las crisis de forma más precisa y rápida (46).

II. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evidenciar el valor diagnóstico del SPECT cerebral con 99mTc–ECD y 99mTc–HMPAO en pacientes con epilepsia del lóbulo temporal farmacorresistente.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Establecer el porcentaje de identificación del foco epileptógeno del lóbulo temporal refractario al tratamiento mediante SPECT cerebral con 99mTc–ECD y 99mTc–HMPAO.
2. Identificar las diferencias entre 99mTc–ECD y 99mTc–HMPAO en la evaluación de la epilepsia refractaria al tratamiento de la epilepsia del lóbulo temporal.
3. Describir las otras modalidades diagnósticas en la evaluación del foco epileptógeno del lóbulo temporal refractario al tratamiento, que se complementan con el SPECT cerebral.
4. Determinar la fase de la epilepsia en la que es más sensible el SPECT cerebral con 99mTc–ECD y 99mTc–HMPAO.

III. CUERPO

3.1 Resultados

Luego de la extensa revisión bibliográfica del tema en buscadores científicos como PubMed, ScienceDirect, Google Scholar y repositorios de las universidades se logra identificar los siguientes resultados:

3.1.1 La utilización de la SPECT cerebral con ^{99m}Tc -ECD o ^{99m}Tc -HMPAO resulta ventajosa como método diagnóstico para identificar pacientes con epilepsia del lóbulo temporal resistente a fármacos, especialmente antes de la intervención quirúrgica. La bibliografía revisada indica que la integración de la SPECT cerebral con otras modalidades de imagen (p. ej., EEG y RM) y métodos neurofisiológicos proporciona datos adicionales para delimitar el foco o la zona epileptógena. Según Yoganathan et al. (2023), la integración de la SPECT cerebral con EEG y RM mejora la delimitación de la zona epileptógena, lo cual es fundamental para desarrollar opciones de tratamiento adecuadas.

Según Passaro (2023), la sustracción ictal es útil para identificar lesiones corticales localizadas y determinar el origen de las crisis epilépticas. El estudio de Prener et al. (2023) muestra que la hiperperfusión ictal puede visualizarse claramente con ^{99m}Tc -HMPAO y SISCOM, correlacionándose con aumentos transitorios del flujo sanguíneo debido a la actividad epileptogénica.

Kun (2023), demostró que la concordancia entre EEG, PET y SPECT mejora el resultado quirúrgico, lo que respalda el uso de múltiples modalidades diagnósticas en la evaluación preoperatoria. En otro estudio de Taherpour et al. (2022), se observó que el patrón de perfusión ictal tenía valor predictivo respecto a la

independencia de las crisis epilépticas tras la intervención quirúrgica, lo que apoya el uso de SPECT como predictor.

Según la investigación, si la resonancia magnética resulta negativa, la SPECT ictal puede salvar vidas. Este método permite detectar alteraciones de la perfusión en el tejido epileptogénico incluso en ausencia de lesiones estructurales, como demostraron Ilyas-Feldmann et al. (2022). Asimismo, Setoain et al. (2021) señalan que el momento de la inyección del trazador depende en gran medida de la SPECT ictal, el único método para medir directamente la perfusión cerebral durante una crisis epiléptica.

Las aplicaciones diferenciales son objeto de otras investigaciones. Los episodios psicógenos no epilépticos (PNES) y la epilepsia del lóbulo temporal (ELT) se distinguen mediante SPECT, según Damián et al. (2021), ya que estos dos trastornos presentan patrones de flujo sanguíneo diferentes. Además, como afirman Ponisio et al. (2021), la imagen de perfusión molecular puede detectar alteraciones cuando la resonancia magnética y la tomografía computarizada no lo logran.

Fukuma et al. (2021) informan de una hiperperfusión prolongada tras una crisis epiléptica en patrones postictales, lo que concuerda con los datos clínicos y electroencefalográficos y respalda su uso para confirmar la lateralización. Hlauschek et al. (2021) comparan STATISCOM con SISCOM, encontrando eficacias de localización del foco del 69 % y el 59 %, respectivamente. Esto demuestra que la técnica analítica puede afectar a los resultados diagnósticos.

La comparación de los resultados de SPECT ictal e interictal también es fiable. Las exploraciones interictales son menos sensibles al diagnóstico que las pruebas ictales, ya que indican una hipoperfusión extensa (Damián et al., 2021). Según

Ahmed Yasin et al. (2021), enfoques como SISCOM, STATISCOM y PISCOM han mejorado la interpretación funcional al optimizar la localización de la zona epileptogénica.

Si bien el ^{99m}Tc -ECD logró identificar el centro epileptogénico en el 57% de los pacientes que no se sometieron a cirugía, lo hizo en el 73% de los que sí lo hicieron. Mediante SPECT, Anwar et al. (2020) demuestran que se pueden identificar zonas epileptogénicas y diferenciar los episodios epilépticos de otros tipos de eventos paroxísticos. Según Juhász y John (2020), la sustracción ictal puede revelar focos que las tomografías por emisión de positrones (PET) pasan por alto, lo cual resulta útil en pacientes cuyas cirugías han fracasado.

Por último, es necesario calibrar el trazador según el protocolo institucional y los objetivos diagnósticos. Estudios comparativos, como el de Jaber et al. (2020), demuestran que los trazadores SPECT ictales tienen una capacidad de lateralización similar. Por otro lado, Taherpour et al. (2022) hallaron que los resultados quirúrgicos pueden verse afectados por la expresión de perfusión del radiofármaco. (Tabla 1)

3.1.2 Los estudios revisados muestran que la identificación del foco epileptogénico del lóbulo temporal refractario al tratamiento mediante SPECT cerebral depende del tipo de paciente, el método y el procesamiento de la imagen. Pawar et al. (2020) hallaron que el ^{99m}Tc -ECD identificó el foco epileptogénico en el 73,13 % de los pacientes operados quirúrgicamente, el 57,5 % de los pacientes no operados y el 67,64 % de los pacientes no operados en general. Este estudio demuestra que la correlación clínica y electroencefalográfica aumenta la precisión diagnóstica de la SPECT, lo que respalda su aplicación en el tratamiento de la epilepsia refractaria.

Las investigaciones que emplean técnicas de procesamiento modernas sugieren que la SPECT es más eficaz cuando se utiliza junto con análisis cuantitativos y procedimientos basados en la sustracción. Tras comparar STATISCOM con SISCOM, Hlauschek et al. (2021) descubrieron que STATISCOM era más preciso en la localización de la zona epileptógena (69 % frente a 59 %). Según los autores, seleccionar el método adecuado es fundamental, ya que los métodos de normalización y los trazadores pueden influir en las tasas de identificación.

Estudios que emplean SPECT ictal con procesamiento mejorado han puesto de manifiesto el aumento transitorio de la perfusión cerebral durante las crisis epilépticas. Prener et al. (2023) revelaron que el ^{99m}Tc -HMPAO combinado con SISCOM localiza con precisión la zona de hiperperfusión ictal con una excelente concordancia con el EEG. No se proporcionaron los porcentajes. Esto demuestra que la SPECT ictal puede ser valiosa incluso sin medidas numéricas, especialmente cuando los patrones de perfusión coinciden con la actividad del EEG.

En lo que respecta a la SPECT ictal, el estudio coincide en que el momento de la inyección es el factor más importante. Según Setoain et al. (2021), administrar el trazador durante la crisis epiléptica facilita la localización del foco, ya que permite captar el aumento instantáneo del flujo sanguíneo cerebral. El tiempo y el personal capacitado son esenciales para este proceso, que puede resultar útil en entornos sanitarios.

Los resultados de los estudios que comparan las crisis no epilépticas (CNE) con la epilepsia del lóbulo temporal (ELT) también son aplicables. Por ejemplo, Yergan y Walther (2021) sugirieron que la hiperperfusión ictal puede utilizarse para

determinar la presencia de un centro epileptógeno en pacientes con ELT, mientras que esto no se confirmó para las CNE psicógenas.

En circunstancias en las que no se identifican lesiones en las exploraciones estructurales de resonancia magnética, la SPECT ictal resulta muy útil. Ilyas-Feldmann et al. (2022) demuestran que la SPECT ictal puede identificar focos epilepticos que de otro modo no se habrían detectado con una resonancia magnética, pero que es posible que no identifique todos los focos epilepticos, especialmente en síndromes epilepticos difíciles de identificar, aunque aun así se obtuvo una buena tasa de detección con el uso de la SPECT ictal.

Además, investigaciones realizadas por Passaro (2023) y otros han demostrado que la SPECT ictal, mediante técnicas de sustracción, puede identificar eficazmente lesiones diminutas como las displasias corticales, lo cual puede ser un desafío en el tratamiento de epilepsias refractarias.

Los hallazgos de Taherpour et al. (2022) sobre dos radiofármacos diferentes, ^{99m}Tc -ECD y ^{99m}Tc -HMPAO, demostraron que ambos pueden utilizarse eficazmente para predecir resultados quirúrgicos exitosos basándose en los patrones ictales registrados durante las crisis epilepticas. Si bien los autores destacaron la importancia de interpretar los patrones ictales con alta sensibilidad para identificar la localización de la crisis, no incluyeron valores porcentuales que permitieran una comparación objetiva entre ambos radiofármacos.

La investigación realizada por Yasin et al. (2021) demuestra que las aplicaciones actuales de técnicas como SISCOM, STATISCOM y PISCOM presentan una mayor sensibilidad diagnóstica en comparación con las técnicas SPECT convencionales. Además, estas técnicas ayudan a definir la región epileptogénica,

lo cual es fundamental para un diagnóstico preciso en pacientes con crisis refractarias, en quienes la localización puede resultar difícil.

La incorporación de la tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT) con otras modalidades se valida como un factor clave para la localización de los focos epilépticos. Como afirma Kun (2023), las mayores tasas de concordancia entre el EEG, la tomografía por emisión de positrones (PET) y la SPECT proporcionan una identificación significativamente mayor de los focos epilépticos, lo que valida la contribución de la SPECT cuando se utiliza en un protocolo de diagnóstico multimodal (Tabla 2).

3.1.3 En pacientes con epilepsia del lóbulo temporal resistente al tratamiento, existen diferencias notables entre ^{99m}Tc -ECD y ^{99m}Tc -HMPAO con respecto a sus características químicas, estabilidad, modo de captación y desempeño clínico. En comparación con HMPAO, que puede verse afectado por cambios en el estado redox y potencialmente impactar la función cerebral, ECD es más estable debido a su unión intracelular persistente. Los cambios ambientales y las diferencias en las preparaciones radiofarmacéuticas son menos problemáticos con ECD, como lo señalan Pawar et al. y Prener et al.

Se obtienen imágenes interictales y en reposo más consistentes utilizando el método de captación de ^{99m}Tc -ECD, que representa con precisión el flujo sanguíneo cerebral regional (FSCr) con excelente estabilidad temporal. A pesar de depender del FSCr, el ^{99m}Tc -HMPAO presenta mayor variabilidad metabólica, lo que podría afectar la consistencia de la absorción cerebral. Esta mayor variabilidad del HMPAO puede ser significativa al comparar eventos ictales e interictales, según Prener et al. y Jaber et al.

Debido a que la estructura molecular del ECD es resistente a los cambios de pH y a la oxidación, posee estabilidad química, lo que reduce el riesgo de deterioro y aumenta la uniformidad en la preparación. Por otro lado, con HMPAO, los cambios químicos pueden afectar más la calidad final de la imagen. Diversas investigaciones comparativas, como las realizadas por Jaber et al., han puesto de manifiesto estas diferencias en repetidas ocasiones.

Las investigaciones han demostrado que ambos trazadores tienen la capacidad de identificar la hiperperfusión durante la fase ictal de la crisis epiléptica; sin embargo, el trazador HR-3110 (HMPAO) presenta mayor sensibilidad a la hiperperfusión ictal que el trazador HR-9120 (RfC), lo que justifica su selección como trazador para el registro de crisis. El trabajo de Prener et al., Passaro y Setoain respalda este hallazgo, especialmente cuando se utilizan protocolos que requieren alta resolución temporal y precisión espacial.

El ECD mejora la homogeneidad y consistencia de las imágenes interictales, lo que permite realizar evaluaciones cuando no es posible registrar las crisis en tiempo real. Sin embargo, la inconsistencia interictal del HMPAO puede limitar su uso a estudios sin ondas ictales. Damián y Jaber et al. destacan esta distinción, informando hallazgos interictales más consistentes con el ECD.

Ambos métodos tuvieron efectos terapéuticos bastante diferentes. Cuando no es posible registrar directamente las crisis epilépticas, la estabilidad y consistencia del ECD lo hacen ideal para la investigación interictal. Por el contrario, el SISCOM detecta con precisión las crisis epilépticas utilizando HMPAO como trazador, ya que es especialmente sensible durante la fase ictal. Estas discrepancias están

respaldadas por Pawar y Taherpour para el ECD y por Prener y Yasin para el HMPAO.

Las investigaciones que buscan registrar la hiperperfusión máxima al inicio de una crisis epiléptica podrían encontrar que el ECD es menos efectivo que el HMPAO debido a su menor sensibilidad ictal. La interpretación de estudios sin crisis epilépticas podría verse comprometida por el HMPAO debido a limitaciones químicas, como la menor estabilidad y las oscilaciones interictales. Al seleccionar un trazador, es importante tener en cuenta estas limitaciones, según autores como Jaber y Prener.

En el ámbito del procesamiento avanzado, particularmente en SISCOM, aunque ambos trazadores son eficaces, el HMPAO muestra mejores resultados porque el tejido ictal lo absorbe más completamente. Los investigadores Hlauschek, Yasin y Prener descubrieron que el uso de este trazador hacía que las técnicas de resta fueran más sensibles a la localización del foco epileptógeno.

En cuanto a evidencia comparativa más directa, se reporta que el ECD alcanza un porcentaje significativo de identificación del foco, con valores cercanos al 73% en pacientes quirúrgicos según Pawar. No obstante, Jaber concluye que, al analizar lateralización, no existen diferencias significativas entre ambos trazadores, sugiriendo que su desempeño puede depender más del protocolo técnico que del radiofármaco en sí.

En conclusión, al observar las fases de la epilepsia en las que cada marcador es más sensible, encontramos que el ECD es más útil durante las fases interictal y posictal temprana, y que el HMPAO funciona mejor durante la fase ictal, cuando captura la hiperperfusión que ocurre al comienzo de una convulsión. Esta diferencia funcional

cuenta con el aval de autores como Damián, Setoain y Fukuma. Como señalaron Pawar, Prener y Passaro, el ECD es una buena opción cuando no es posible capturar la convulsión en tiempo real, y el HMPAO es el camino a seguir cuando es posible proporcionar una inyección precisa durante un episodio ictal. (Tabla 3)

3.1.4 Respecto a las otras modalidades diagnósticas en la evaluación del foco epileptógeno del lóbulo temporal refractario al tratamiento, que se complementan con el SPECT cerebral, la literatura revisada muestra que la evaluación integral de la epilepsia del lóbulo temporal refractaria requiere la integración de múltiples modalidades diagnósticas, cada una aportando información estructural, eléctrica o funcional que se complementa con el SPECT cerebral. En este sentido, Yoganathan et al. destacan el papel central de la resonancia magnética estructural (RM), el EEG interictal e ictal, y el PET-FDG, herramientas que permiten identificar lesiones corticales, zonas críticas de propagación y redes funcionales alteradas. El SPECT se incorpora a este conjunto multimodal como un método que añade información de perfusión ictal, incrementando la precisión diagnóstica prequirúrgica al ser interpretado junto con RM, PET y EEG.

Asimismo, estudios como el de Kun (2023) refuerzan que la concordancia entre EEG interictal, EEG ictal, PET-FDG y RM constituye un predictor robusto de libertad de crisis tras cirugía. Dentro de esta correlación, el SPECT aporta un componente funcional esencial que ayuda a delimitar con mayor exactitud la zona epileptógena, especialmente cuando los hallazgos electrofisiológicos y anatómicos requieren confirmación mediante técnicas funcionales.

En el ámbito de las herramientas avanzadas de análisis, Prenner et al. (2023) enfatizan el mérito del enfoque SISCOM, que integra la resonancia magnética estructural con la imagen ictal SPECT para localizar regiones de perfusión ictal elevada. En casos de epilepsias difíciles de delimitar, este método, combinado con registros EEG, permite una localización ictal más precisa. Del mismo modo, Passaro (2023) señala que al combinar la SPECT de sustracción ictal con la resonancia magnética, se puede mejorar la precisión prequirúrgica al detectar pequeñas lesiones corticales, como las displasias.

Por su parte, Setoain et al. (2021) confirman que las epilepsias del lóbulo temporal se benefician enormemente de las imágenes de modalidad dual del enfoque SISCOM (MRI que define las características anatómicas, SPECT que identifica inmediatamente la hiperperfusión ictal).

Según la investigación de Damián et al. (2021), diversas técnicas de imagen, incluyendo la resonancia magnética funcional y la imagen comparativa ictal-interictal, permiten diferenciar las diferencias/cambios de perfusión en individuos con epilepsia del lóbulo temporal y crisis no epilépticas psicógenas. La SPECT en estos casos complementa la información proporcionada por la resonancia magnética, especialmente porque puede demostrar hiperperfusión ictal en casos donde la resonancia magnética muestra una apariencia normal.

Damián et al. (2021) recomiendan la resonancia magnética funcional (RMf) y el electroencefalograma (EEG) para diferenciar las crisis no epilépticas crónicas (CNES) de la epilepsia. En contextos clínicos complejos, la SPECT ictal valida la discrepancia entre los datos de perfusión y los eventos eléctricos validados por el EEG, mejorando la precisión diagnóstica.

Según una investigación de Ahmed Yasin et al. (2021), la sensibilidad diagnóstica mejora al utilizar modalidades derivadas de SPECT, como SISCOM, STATISCOM y PISCOM, en comparación con la SPECT convencional. Estos métodos optimizan la definición del núcleo epileptogénico mediante la integración precisa de imágenes ictales o interictales con imágenes de resonancia magnética (IRM).

Kuruva et al. (2020) sugieren utilizar imágenes radioactivas, como la SPECT, para detectar zonas epileptógenas ocultas o cercanas cuando la resonancia magnética estructural no muestra lesiones evidentes. Ilyas-Feldmann et al. (2022) demuestran que la SPECT ictal puede revelar patrones de perfusión anormales que refuerzan el diagnóstico funcional, lo que podría permitir la identificación de problemas no estructurales en pacientes con resultados negativos en la resonancia magnética.

Además, la SPECT puede combinarse con muchas otras modalidades de imagen funcional. Juhász y John (2020) explican cómo la sustracción SPECT permite detectar focos epileptogénicos que no serían detectados por la FDG-PET y/o proporciona información novedosa al estudiar pacientes que no respondieron al tratamiento quirúrgico. Sin embargo, Anwar et al. (2020) enfatizan la importancia de utilizar la historia clínica, los síntomas y los datos del EEG para la interpretación de los estudios SPECT cuando existen criterios clínicos establecidos y/o electroencefalogramas que pueden visualizarse mediante imágenes SPECT.

Ponisio et al. (2021) concluyen que la resonancia magnética, la tomografía computarizada y el análisis de perfusión computarizado mejoran la visión morfológica integral de la SPECT con información funcional, lo que permite diagnosticar anomalías que no se pueden observar con las técnicas de imagen estándar. La lateralización eléctrica correlacionada con la perfusión mejora el

diagnóstico neurológico cuando se combinan el EEG postictal y la SPECT (Fukuma et al., 2021) (Tabla 4)

3.1.5 Respecto a la fase de la epilepsia en la que es más sensible el SPECT cerebral, Según los estudios analizados, existe una amplia gama de estimaciones con respecto a la sensibilidad diagnóstica de la SPECT cerebral en la epilepsia refractaria del lóbulo temporal, y esta difiere en función de dos variables: la fase en la que se toma la imagen (ictal o interictal) y el radiofármaco utilizado. Prenner et al. (2023), Passaro (2023), Setoain et al. (2021), Hlauschek et al. (2021), Yasin et al. (2021) y Juhasz y John (2020) descubrieron que este producto de trazado específico estima con precisión el nivel de sangre oxigenada debido al aumento de la actividad durante una crisis epiléptica en tiempo real, tanto para el paciente como para el médico. Junto con métodos avanzados como SISCOM, STATISCOM y PISCOM, este trazador ha demostrado un rendimiento excepcionalmente bueno en comparación con imágenes no ictales, lo que lo convierte en el trazador preferido para la investigación funcional que utiliza datos ictales.

Prenner et al. (2023), Passaro (2023), Setoain (2021), Hlauschek (2021), Yasin (2021) y Juhasz y John (2020) descubrieron que este producto, específicamente rastreado, estima con precisión el nivel de sangre oxigenada (o perfusión cerebral) debido al aumento de la actividad durante una crisis epiléptica (es decir, estado ictal) en tiempo real, tanto para el paciente como para el médico. Este trazador, junto con enfoques sofisticados como SISCOM, STATISCOM y PISCOM, supera a las imágenes no ictales, lo que lo convierte en el trazador principal para la investigación funcional que emplea datos ictales.

Durante la fase interictal, las funciones de reinicio no invasivas de HMPAO presentan un rendimiento deficiente en la identificación de regiones de interés. Damián et al. (2021) informan que este trazador resulta útil principalmente como referencia fisiológica o anatómica durante la fase interictal, pero las imágenes no muestran hiperperfusión ictal. Dado que no existen diferencias en la captación, la sensibilidad diagnóstica de este trazador disminuye y aumenta la probabilidad de localizar erróneamente la región de interés.

El mTc-ECD y otros agentes radiomarcados presentan una alta integridad y tasas de eliminación cerebral constantes, lo que ofrece ventajas evidentes. Además, las imágenes generadas por cualquiera de estos fármacos pueden evaluarse funcionalmente sin necesidad de una crisis epiléptica como punto de referencia. Esto brinda la oportunidad de mejorar los métodos existentes, permitiendo a los investigadores localizar la epilepsia (las áreas cerebrales funcionales que provocan las crisis) con una precisión estimada del 57 % al 73 %, según el grupo de investigación.

A pesar de tener menor sensibilidad ictal que el HMPAO, el 99mTc-ECD puede identificar patrones ictales significativos. Taherpour et al. (2022) hallaron que la captación ictal del ECD sería menos intensa, pero sus patrones de perfusión predecirían buenos resultados quirúrgicos, lo que ayudaría a los planificadores de intervenciones quirúrgicas. La menor sensibilidad ictal del ECD no disminuye su valor, pero demuestra que no es el mejor isótopo para una investigación ictal exhaustiva.

El 99mTc-ECD presenta una funcionalidad limitada en la fase postictal de las crisis epilépticas. La estabilidad del radiofármaco, como se observa en Setoain et al.

(2021), sugiere que podría ser posible obtener imágenes de buena calidad en la fase postictal; sin embargo, estas no tendrán la misma intensidad que los estudios iciales. El papel del ^{99m}Tc -ECD en esta fase será proporcionar imágenes complementarias e indicativas, pero no definitivas. (Tabla 5)

IV. CONCLUSIONES

4.1 El SPECT cerebral es una técnica de diagnóstico importante para evaluar la epilepsia del lóbulo temporal resistente a los medicamentos, particularmente antes de la cirugía. Técnica funcional clave para localizar el centro epileptógeno, puede detectar alteraciones de la perfusión ictal, interictal y postictal. La integración del SPECT con otras modalidades como EEG, RM y PET optimiza la precisión diagnóstica, mejora la caracterización del tejido epileptógeno y contribuye significativamente a la predicción de resultados quirúrgicos. En conjunto, la evidencia confirma que tanto ^{99m}Tc -ECD como ^{99m}Tc -HMPAO poseen un alto valor clínico, aunque su rendimiento depende de la fase de la crisis y de las características fisiológicas del trazador.

4.2 El SPECT logra identificar el foco epileptógeno con porcentajes variables según el trazador, el tipo de paciente y la técnica utilizada. El ^{99m}Tc -ECD presenta tasas de localización que oscilan entre 57% y 73%, siendo más eficaz cuando existe concordancia clínica y electroencefalográfica. Métodos avanzados como SISCOM y STATISCOM incrementan la sensibilidad diagnóstica, alcanzando tasas de efectividad cercanas al 70%. Aunque no todos los estudios reportan porcentajes exactos para HMPAO, la literatura demuestra que el SPECT ictal con este trazador posee una elevada capacidad de visualización de la hiperperfusión ictal y una sólida concordancia con EEG. De manera general, el SPECT muestra un rendimiento diagnóstico consistente y clínicamente útil para la localización del foco en epilepsia refractaria del lóbulo temporal.

4.3 El análisis comparativo revela diferencias claras entre ambos radiofármacos. El ^{99m}Tc -ECD destaca por su mayor estabilidad química, su mínima redistribución y

su excelente rendimiento en estudios interictales, ofreciendo imágenes homogéneas y reproducibles. En contraste, el ^{99m}Tc -HMPAO presenta mayor sensibilidad en la fase ictal, siendo el trazador preferido para capturar la hiperperfusión durante la crisis y para técnicas avanzadas como SISCOM, STATISCOM y PISCOM. No obstante, también presenta mayor variabilidad metabólica y menor estabilidad interictal. Aunque ambos trazadores poseen utilidad demostrada, su rendimiento óptimo depende del contexto clínico, de la fase de adquisición y de la técnica de procesamiento empleada.

4.4 El SPECT cerebral es más prometedor cuando se combina con otros instrumentos de diagnóstico. La FDG-PET mejora el análisis metabólico del cerebro, el EEG ictal e interictal aclara la actividad eléctrica subyacente y la resonancia magnética proporciona información estructural crítica para la localización anatómica. Para mejorar la sensibilidad diagnóstica, los enfoques de integración como SISCOM y STATISCOM integran datos anatómicos y de perfusión. La SPECT ictal puede detectar focos funcionales que la neuroimagen estructural pasa por alto cuando una resonancia magnética resulta negativa. La evidencia confirma que el abordaje multimodal es esencial en la evaluación de la epilepsia del lóbulo temporal refractaria, y que el SPECT contribuye significativamente a mejorar la exactitud diagnóstica dentro de este enfoque integrado.

4.5 La sensibilidad del SPECT varía según la fase de la epilepsia y el radiofármaco empleado. El ^{99m}Tc -HMPAO alcanza su máxima efectividad en la fase ictal, donde permite identificar con gran precisión la hiperperfusión del foco epileptógeno y potenciar el rendimiento de técnicas como SISCOM. En la fase postictal su

sensibilidad disminuye, pero sigue siendo útil en la lateralización del foco cuando no se logra captura ictal. Por el contrario, el ^{99m}Tc -ECD muestra su mejor rendimiento en la fase interictal, gracias a su estabilidad molecular y su captación homogénea, lo cual permite identificar focos incluso en ausencia de crisis. En la fase ictal, aunque útil, su sensibilidad es menor que la del HMPAO. En conjunto, estos hallazgos demuestran que la elección del trazador debe adecuarse al momento clínico disponible para la adquisición de la imagen.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bastos F, Cross JH. Chapter 11 - Epilepsy. En: Gallagher A, Bulteau C, Cohen D, Michaud JL, editores. Handbook of Clinical Neurology [Internet]. Elsevier; 2020 [citado el 25 de abril de 2024]. p. 137–58. (Neurocognitive Development: Disorders and Disabilities; vol. 174). Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444641489000119>
2. Huff JS, Murr N. Seizure. En: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 [citado el 25 de abril de 2024]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430765/>
3. Varnado S, Price D. Basics of modern epilepsy classification and terminology. Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care [Internet]. el 1 de noviembre de 2020 [citado el 25 de abril de 2024];50(11):100891. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1538544220301577>
4. Editores V. Neurologia [Internet]. [citado el 25 de abril de 2024]. Disponible en: <https://neurologia.com/articulo/articulo/2020339>
5. Guo A, Zhang H, Li H, Chiu A, García-Rodríguez C, Lagos CF, et al. Inhibition of connexin hemichannels alleviates neuroinflammation and hyperexcitability in temporal lobe epilepsy. Proc Natl Acad Sci U S A [Internet]. el 8 de noviembre de 2022 [citado el 25 de abril de 2024];119(45):e2213162119. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9659366/>
6. Global, regional, and national burden of neurological disorders, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. Lancet

- Neurol [Internet]. mayo de 2019 [citado el 25 de abril de 2024];18(5):459–80.
Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6459001/>
7. Strzelczyk A, Aledo-Serrano A, Coppola A, Didelot A, Bates E, Sainz-Fuertes R, et al. The impact of epilepsy on quality of life: Findings from a European survey. *Epilepsy Behav.* mayo de 2023;142:109179.
 8. Prevalence, incidence, and risk factors of epilepsy in arab countries: A systematic review - PubMed [Internet]. [citado el 25 de abril de 2024].
Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34418747/>
 9. Herrera M, Escalaya A, Suller-Martí A, Vasquez MA, Toro J, Burneo JG, et al. Evaluación y manejo de primera crisis epiléptica. *Revista Medica Herediana* [Internet]. octubre de 2020 [citado el 25 de abril de 2024];31(4):274–82.
Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1018-130X2020000400274&lng=es&nrm=iso&tlng=es
 10. Akyuz E, Polat AK, Eroglu E, Kullu I, Angelopoulou E, Paudel YN. Revisiting the role of neurotransmitters in epilepsy: An updated review. *Life Sci.* el 15 de enero de 2021;265:118826.
 11. Yu Z, Rahman MA, Schindler T, Laforest R, Jha AK. A physics and learning-based transmission-less attenuation compensation method for SPECT. *Proc SPIE Int Soc Opt Eng* [Internet]. febrero de 2021 [citado el 25 de abril de 2024];11595:10.1117/12.2582350. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8513502/>
 12. Accorsi R. Brain Single-Photon Emission CT Physics Principles. *AJNR Am J Neuroradiol* [Internet]. agosto de 2008 [citado el 13 de diciembre de

2025];29(7):1247–56.

Disponible

en:

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8119163/>

13. Matsuda H, Ohnishi T, Asada T, Li Z jie, Kanetaka H, Imabayashi E, et al. Correction for partial-volume effects on brain perfusion SPECT in healthy men. *J Nucl Med.* agosto de 2003;44(8):1243–52.
14. Sugiura A, Onoguchi M, Shibutani T, Kouno Y. Influence of minimum counts in brain perfusion SPECT: phantom and clinical studies. *J Nucl Med Technol.* el 30 de junio de 2022;jnmt.122.264058.
15. van Dyck CH, Lin CH, Smith EO, Wisniewski G, Cellar J, Robinson R, et al. Comparison of technetium-99m-HMPAO and technetium-99m-ECD cerebral SPECT images in Alzheimer's disease. *J Nucl Med.* noviembre de 1996;37(11):1749–55.
16. epilepsia_punto.pdf [Internet]. [citado el 25 de abril de 2024]. Disponible en: https://camelice.org/wp-content/uploads/2023/02/epilepsia_punto.pdf
17. Juhász C, John F. Utility of MRI, PET, and ictal SPECT in presurgical evaluation of non-lesional pediatric epilepsy. *Seizure* [Internet]. abril de 2020 [citado el 25 de abril de 2024];77:15–28. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6842677/>
18. Juni JE, Waxman AD, Devous MD, Tikofsky RS, Ichise M, Heertum RLV, et al. Procedure Guideline for Brain Perfusion SPECT Using 99mTc Radiopharmaceuticals 3.0. *Journal of Nuclear Medicine Technology* [Internet]. el 1 de septiembre de 2009 [citado el 25 de abril de 2024];37(3):191–5. Disponible en: <https://tech.snmjournals.org/content/37/3/191>

19. cerebrospectcerebraldeperfusion.pdf [Internet]. [citado el 25 de abril de 2024].
Disponibile en:
<https://www.gammainagen.es/sites/default/files/cerebrospectcerebraldeperfusion.pdf>
20. Lacuey Lecumberri N, Salas Puig X, Toledo Argany M. Neuroimagen en epilepsia. 2012. 54 p.
21. Setoain X, Carreño M, Pavía J, Martí-Fuster B, Campos F, Lomeña F. PET y SPECT en la epilepsia. Revista Española de Medicina Nuclear e Imagen Molecular [Internet]. mayo de 2014 [citado el 11 de diciembre de 2025];33(3):165–74. Disponible en:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2253654X14000183>
22. Jaber M, Taherpour J, Voges B, Apostolova I, Sauvigny T, House PM, et al. Comparison of Ictal Brain Perfusion SPECT With 99mTc-HMPAO Versus 99mTc-ECD for Identification of The Epileptic Seizure Onset Zone [Internet]. Research Square; 2020 [citado el 11 de diciembre de 2025]. Disponible en:
<https://www.researchsquare.com/article/rs-104415/v1>
23. Traub-Weidinger T, Arbizu J, Barthel H, Boellaard R, Borgwardt L, Brendel M, et al. EANM practice guidelines for an appropriate use of PET and SPECT for patients with epilepsy. Eur J Nucl Med Mol Imaging [Internet]. el 1 de junio de 2024 [citado el 11 de diciembre de 2025];51(7):1891–908. Disponible en:
<https://doi.org/10.1007/s00259-024-06656-3>
24. Striano P, Minassian BA. From Genetic Testing to Precision Medicine in Epilepsy. Neurotherapeutics [Internet]. abril de 2020 [citado el 25 de abril de 2024].

- 2024];17(2):609–15. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7283411/>
25. 2022_tfg_medicina_sanchez_termocoagulacion.pdf [Internet]. [citado el 25 de abril de 2024]. Disponible en:
https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/29823/2022_tfg_medicina_sanchez_termocoagulacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y
26. West S, Nevitt SJ, Cotton J, Gandhi S, Weston J, Sudan A, et al. Surgery for epilepsy. Cochrane Database Syst Rev [Internet]. el 25 de junio de 2019 [citado el 25 de abril de 2024];2019(6):CD010541. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6591702/>
27. Yoganathan K, Malek N, Torzillo E, Paranathala M, Greene J. Neurological update: structural and functional imaging in epilepsy surgery. J Neurol [Internet]. 2023 [citado el 25 de abril de 2024];270(5):2798–808. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10130132/>
28. Passaro EA. Neuroimaging in Adults and Children With Epilepsy. Continuum (Minneapolis Minn). el 1 de febrero de 2023;29(1):104–55.
29. Prener M, Drejer V, Ziebell M, Jensen P, Madsen CG, Olsen S, et al. Ictal and interictal SPECT with ^{99m}Tc-HMPAO in presurgical epilepsy. I: Predictive value and methodological considerations. Epilepsia Open [Internet]. el 25 de julio de 2023 [citado el 25 de abril de 2024];8(3):1064–74. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10472396/>
30. Lee SK. Who are the Better Candidates for Epilepsy Surgery? J Epilepsy Res [Internet]. el 31 de diciembre de 2023 [citado el 25 de abril de 2024];13(2):37–41. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10783962/>

31. Taherpour J, Jaber M, Voges B, Apostolova I, Sauvigny T, House PM, et al. Predicting the Outcome of Epilepsy Surgery by Covariance Pattern Analysis of Ictal Perfusion SPECT. *J Nucl Med.* junio de 2022;63(6):925–30.
32. Ilyas-Feldmann M, Vorderwülbecke B, Steinbrenner M. Bildgebung in der prächirurgischen Epilepsiediagnostik. *Nervenarzt* [Internet]. 2022 [citado el 25 de abril de 2024];93(6):592–8. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9200687/>
33. Setoain X, Campos F, Donaire A, Mayoral M, Perissinotti A, Niñerola-Baizan A, et al. How to inject ictal SPECT? From manual to automated injection. *Epilepsy Res.* septiembre de 2021;175:106691.
34. Patrones de activación de SPECT en convulsiones psicógenas no epilépticas en pacientes con epilepsia del lóbulo temporal - PubMed [Internet]. [citado el 25 de abril de 2024]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33722438/>
35. El papel de la SPECT y la PET en la epilepsia | AJR [Internet]. [citado el 25 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.ajronline.org/doi/10.2214/AJR.20.23336>
36. Fukuma K, Kajimoto K, Tanaka T, Takaya S, Kobayashi K, Shimotake A, et al. Visualizing prolonged hyperperfusion in post-stroke epilepsy using postictal subtraction SPECT. *J Cereb Blood Flow Metab* [Internet]. enero de 2021 [citado el 25 de abril de 2024];41(1):146–56. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7747161/>
37. Hlauschek G, Sinclair B, Brinkmann B, Fuge J, Kwan P, O'Brien TJ, et al. The effect of injection time on rates of epileptogenic zone localization using SISCOM and STATISCOM. *Epilepsy Behav.* mayo de 2021;118:107945.

38. Damián A, Legnani M, Rada D, Braga P, Scaramelli A, Ferrando R. SPECT activation patterns in psychogenic non-epileptic seizures in temporal lobe epilepsy patients. *Seizure* [Internet]. el 1 de agosto de 2021 [citado el 25 de abril de 2024];90:110–6. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1059131121000649>
39. Yassin A, El-Salem K, Al-Mistarehi AH, Momani A, Zein Alaabdin AM, Shah P, et al. Use of Innovative SPECT Techniques in the Presurgical Evaluation of Patients with Nonlesional Extratemporal Drug-Resistant Epilepsy. *Mol Imaging* [Internet]. el 2 de marzo de 2021 [citado el 25 de abril de 2024];2021:6614356. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7953581/>
40. Pawar SU, Ravat SH, Muzumdar DP, Sankhe SS, Chheda AH, Manglunia AS, et al. Does Tc-99m ECD ictal brain SPECT have incremental value in localization of epileptogenic zone and predicting postoperative seizure freedom in cases with discordant video electroencephalogram and MRI findings? *Nucl Med Commun*. septiembre de 2020;41(9):858–70.
41. Anwar H, Khan QU, Nadeem N, Pervaiz I, Ali M, Cheema FF. Epileptic seizures. *Discoveries (Craiova)* [Internet]. [citado el 25 de abril de 2024];8(2):e110. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7305811/>
42. Kuruva M, Moncayo VM, Peterson RB. PET and SPECT Imaging of Epilepsy: Technical Considerations, Pathologies, and Pitfalls. *Seminars in Ultrasound, CT and MRI* [Internet]. el 1 de diciembre de 2020 [citado el 25 de abril de

- 2024];41(6):551–61. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0887217120300925>
43. Jaber M, Taherpour J, Voges B, Apostolova I, Sauvigny T, House PM, et al. Comparison of Ictal Brain Perfusion SPECT With 99mTc-HMPAO Versus 99mTc-ECD for Identification of The Epileptic Seizure Onset Zone [Internet]. 2020 [citado el 25 de abril de 2024]. Disponible en:
<https://www.researchsquare.com/article/rs-104415/v1>
44. Predicción del resultado de la cirugía de epilepsia mediante el análisis de patrones de covarianza de la perfusión ictal SPECT | Revista de Medicina Nuclear [Internet]. [citado el 25 de abril de 2024]. Disponible en:
<https://jnm.snmjournals.org/content/63/6/925.abstract>
45. Resistant Temporal Lobe Epilepsy: Initial Steps into a Bigger Epilepsy Surgery Program - PMC [Internet]. [citado el 25 de abril de 2024]. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7846332/>
46. Jin L, Choi JY, Bulacio J, Alexopoulos AV, Burgess RC, Murakami H, et al. Multimodal Image Integration for Epilepsy Presurgical Evaluation: A Clinical Workflow. Front Neurol [Internet]. el 4 de agosto de 2021 [citado el 25 de abril de 2024];12:709400. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8372749/>

ANEXOS

TABLA N° 1 Valor diagnóstico del SPECT cerebral en la valoración de la epilepsia del lóbulo temporal farmacorresistente.

Autor(es) / Año	Contribución principal	Hallazgos relevantes
Yoganathan et al., 2023	Imagen multimodal EEG y RM prequirúrgica	La combinación de SPECT con
		mejora la caracterización del foco epileptógeno.
Passaro, 2023	SPECT ictal por sustracción	Mayor precisión para detectar lesiones corticales menores y localizar foco.
Prener et al., 2023	SPECT ictal con 99mTc-HMPAO y SISCOM	Visualiza sobreperfusión ictal y zonas de incremento de flujo sanguíneo.
Kun, 2023	Correlación multimodal prequirúrgica	Concordancia entre EEG, PET y SPECT predice mejor resultado quirúrgico.
Taherpour et al., 2022	Patrones ictales predictivos	El patrón de perfusión ictal predice libertad de convulsiones postcirugía.
Ilyas-Feldmann et al., 2022	SPECT ictal cuando RM es negativa	Identifica cambios metabólicos aun sin lesiones visibles.

Autor(es) / Año	Contribución principal	Hallazgos relevantes
Setoain et al., 2021	SPECT ictal como único método que capta flujo epiléptico durante la crisis	Permite localizar zona en tiempo real; requiere inyección exacta.
Damián et al., 2021	Diferenciación TLE vs PNES con SPECT	TLE muestra hiperperfusión; PNES muestra patrones opuestos.
Ponisio et al., 2021	Imagen molecular de perfusión	SPECT detecta alteraciones aun sin anomalías estructurales en RM/TC.
Fukuma et al., 2021	Hiperperfusión postictal prolongada	Alta concordancia con EEG y hallazgos clínicos.
Hlauschek et al., 2021	Comparación STATISCOM vs SISCOM	69% y 59% de efectividad para localizar zona epiléptica.
Damián et al., 2021	Comparación ictal vs interictal	Ictal muestra hiperperfusión significativa; interictal reduce sensibilidad.
Ahmed Yasin et al., 2021	i-SPECT y métodos avanzados	SISCOM, STATISCOM y PISCOM mejoran la localización del inicio ictal.
Pawar et al., 2020	Rendimiento del 99mTc-ECD	Identificación del foco en 73% de operados; 57% en no operados.
Anwar et al., 2020	Conceptualización del SPECT en epilepsia	Útil para diferenciar episodios y ubicar zonas epilépticas.

Autor(es) / Año	Contribución principal	Hallazgos relevantes
Juhász & John, 2020	Sustracción en SPECT ictal	Localiza focos que PET no detecta; útil tras cirugía fallida.
Kuruva et al., 2020	Imágenes radionúclidas como complemento	Identifica zonas epileptógenas adyacentes no visibles en RM.
Jaber et al., 2020	Comparación de trazadores	No hay diferencias significativas en lateralización entre trazadores.
Taherpour et al., 2022	Comparación de dos radiofármacos	Diferencias en expresión de perfusión afectan pronóstico quirúrgico.

Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 2 Identificación del foco epileptógeno mediante SPECT cerebral con ^{99m}Tc–ECD y ^{99m}Tc–HMPAO.

Autor(es) / Año	Tipo de estudio / técnica	Identificación del foco epileptógeno	Observaciones relevantes
Pawar et al., 2020	Estudio en pacientes operados y no operados con TLE refractaria	• 73.13% de identificación del foco en El ^{99m}Tc–ECD • 57.57% en pacientes sin foco en pacientes con cirugía. • 67.64% en grupo no EEG.	identifica mejor el correlación clínica-
		operado.	
Hlauschek et al., 2021	Comparación STATISCOM vs STATISCOM. SISCOM	• 69% de efectividad con • 59% con SISCOM.	Alta capacidad de localización, especialmente en ictal.
		Identificación precisa de	
Prener et al., 2023	SPECT ictal con HMPAO + SISCOM	- la zona de hiperperfusión SPECT ictal muestra ictal, con alta sobreperfusión ictal + concordancia con EEG. útil para localizar	
		No reporta porcentaje foco. exacto.	

Autor(es) / Año	Tipo de estudio / técnica	Identificación del foco epileptógeno	Observaciones relevantes
Setoain et al., 2021	SPECT ictal	Alta capacidad de localización del foco cuando la inyección ocurre durante la crisis.	El método depende de la inyección ictal exacta.
Damian et al., 2021	SPECT ictal e interictal en TLE vs PNES	Hiperperfusión ictal en TLE consistente con foco epileptógeno.	Diferencia clara entre TLE y PNES; sustenta capacidad identificatoria.
Ilyas-Feldmann et al., 2022	SPECT cuando RM negativa	Alta identificación de focos incluso sin lesiones visibles.	SPECT superior a RM en epilepsia difícil.
Passaro, 2023	SPECT ictal por sustracción	Localiza lesiones pequeñas como displasia cortical con alta precisión (sin localización porcentaje).	Útil en epilepsia refractaria de difícil localización.
Taherpour et al., 2022	SPECT ictal con dos radiofármacos	Identifica patrones ictales predictivos de buena evolución postquirúrgica.	Aunque no da porcentaje, confirma alta sensibilidad ictal.

Autor(es) /	Tipo de estudio /	Identificación del foco	Observaciones
Año	técnica	epileptógeno	relevantes
	Métodos avanzados		
Yasin et al., 2021	(SISCOM, STATISCOM, PISCOM)	Mejoran sensibilidad diagnóstica respecto a SPECT simple.	Alta utilidad para localizar foco en epilepsia refractaria.
	Correlación	Alta identificación	El valor del SPECT aumenta dentro del
Kun, 2023	multimodal prequirúrgica	cuando hay concordancia EEG–PET–SPECT.	protocolo prequirúrgico.

Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 3 Métodos imagenológicos complementarios al SPECT cerebral para evaluar focos epileptógenos.

Autor(es) / Año	Modalidad imagenológica complementaria	Aporte de la modalidad en epilepsia refractaria	Relación específica con el SPECT cerebral
Yoganathan et al., 2023	RM estructural, EEG interictal, EEG ictal, PET-FDG	Identifican patología focal, zonas críticas y redes funcionales; fundamentales para planificación quirúrgica.	SPECT se integra con RM, PET y EEG para mejorar precisión prequirúrgica.
Kun, 2023	EEG interictal, EEG ictal, PET-FDG, RM	Concordancia multimodal predice elemento funcional de clave dentro del protocolo.	SPECT aporta un elemento funcional dentro del protocolo.
Prener et al., 2023	SISCOM (SPECT ictal – RM), EEG	SISCOM muestra regiones de incremento de perfusión; EEG orienta al momento ictal.	Combina SPECT ictal con RM para localizar foco con mayor exactitud.
Passaro, 2023	SPECT ictal por sustracción asociado a RM	Detecta lesiones corticales pequeñas, mejorando integración con RM.	SPECT por sustracción requiere integración con RM.

Autor(es) / Año	Modalidad imagenológica complementaria	Aporte de la modalidad en epilepsia refractaria	Relación específica con el SPECT cerebral
		localización quirúrgica.	
Setoain et al., 2021	RM – SPECT ictal combinado (SISCOM)	RM localiza lesiones estructurales; SPECT ictal hiperperfusión durante crisis.	La RM provee anatomía; el SPECT provee fisiología ictal.
Damian et al., 2021	RM funcional, análisis comparativo ictal–interictal	Diferencia patrones perfusionales entre TLE vs PNES; la RM no siempre detecta anormalidades.	SPECT suple limitaciones de RM en identificar hiperperfusión ictal.
Damian et al., 2021		SPECT ictal refuerza Diferencia entre PNES hallazgos EEG + RM funcional y epilepsia real; EEG funcionales confirma eventos.	correlacionados con EEG.
Ahmed Yasin et al., 2021	SISCOM, STATISCOM,	Mejoran sensibilidad de localización estrecha epileptógena.	Requiere integración entre SPECT

Autor(es) / Año	Modalidad imagenológica complementaria	Aporte de la modalidad en epilepsia refractaria	Relación específica con el SPECT cerebral
	PISCOM (derivados de SPECT con RM)		(ictal/interictal) y RM.
Kuruva et al., 2020	Imágenes radionúclidas + RM estructural	radionúclidos completan información cuando epileptógenas RM es inconclusa.	Las imágenes con SPECT complementa RM en detectar zonas vecinas no visibles.
Ilyas-Feldmann et al., 2022	et RM negativa + EEG	En ausencia de Confirmación lesiones en RM, el superioridad SPECT ictal identifica funcional del SPECT metabolismo alterado. cuando RM falla.	
Juhász & John, 2020	PET-FDG, RM	Sustracción SPECT SPECT identifica focos no complementa o detectados por PET o supera PET en postcirugía fallida. ciertos casos.	
Anwar et al., 2020	Relato clínico, historia médica, EEG fase ictal e interpretar	EEG y datos clínicos SPECT se usa después de criterios clínicos y EEG. SPECT.	

Autor(es) / Año	Modalidad imagenológica complementaria	Aporte de la modalidad en epilepsia refractaria	Relación específica con el SPECT cerebral
Ponisio et al., 2021	RM o TC + análisis computacional de perfusión	RM o TC ofrecen SPECT anatomía; análisis perfusional añade la función.	detecta anomalías visibles en imágenes estructurales.
Fukuma et al., 2021	EEG postictal	Confirma lateralización mediante EEG; EEG SPECT postictal diagnóstico correlaciona con datos ACV. clínicos.	SPECT postictal + mejora post-

Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 4 Fase de la epilepsia ideal para administrar el radiofármaco al SPECT cerebral para evaluar focos epileptógenos.

Radiofármaco	Fase de mayor sensibilidad	Evidencia de los autores	Hallazgos clave
^{99m}Tc–HMPAO	Fase ictal (máxima sensibilidad)	Prener et al., 2023; Passaro, 2023; Setoain et al., 2021; Hlauschek et al., 2021; Yasin et al., 2021; Juhász & John, 2020	• Detecta sobreperfusión ictal con alta precisión. • Sustracción SPECT (SISCOM) es más sensible con HMPAO. • Excelente para localización de foco en tiempo real. • Métodos avanzados (STATISCOM, PISCOM) funcionan mejor con imágenes ictales derivadas de HMPAO.
	Fase postictal (sensibilidad moderada)	Fukuma et al., 2021	• La hiperperfusión postictal persiste y permite lateralizar el foco cuando no se captura ictal. • Alta concordancia con EEG y clínica.

Radiofármaco	Fase de mayor sensibilidad	Evidencia de los autores	Hallazgos clave
^{99m}Tc-HMPAO	Fase interictal (menor sensibilidad)	Damian et al., 2021	• Interictal sirve como referencia, pero no muestra hiperperfusión. • Mayor riesgo de baja sensibilidad.
^{99m}Tc-ECD	Fase interictal (más útil para este trazador)	Pawar et al., 2020	• ^{99m}Tc-ECD logra buena identificación del foco en ausencia de crisis. • Mayor estabilidad química y captación homogénea interictal. • Reporta 57–73% de localización del foco.
^{99m}Tc-ECD	Fase ictal (sensibilidad menor comparada con HMPAO)	Taherpour et al., 2022	• Identifica patrones ictales útiles para el pronóstico quirúrgico, aunque su sensibilidad ictal suele ser menor que la del HMPAO.
^{99m}Tc-ECD	Fase postictal (útil pero limitada)	Evidencia indirecta:	• La estabilidad del trazador permite imágenes postictales aceptables, pero sin la

Radiofármaco	Fase de mayor sensibilidad	Evidencia de los autores	Hallazgos clave
		Setoain et al., 2021	hiperperfusión intensa del ictal.
Fuente: Elaboración propia.			