

**Colegio Americano de Radiología (ACR)  
Criterios de Adecuación ACR®  
Adenoma paratiroideo**

**El Colegio Interamericano de Radiología (CIR) es el único responsable de la traducción al español de los Criterios® de uso apropiado del ACR. El American College of Radiology no es responsable de la exactitud de la traducción del CIR ni de los actos u omisiones que se produzcan en base a la traducción.**

**The Colegio Interamericano de Radiología (CIR) is solely responsible for translating into Spanish the ACR Appropriateness Criteria®. The American College of Radiology is not responsible for the accuracy of the CIR's translation or for any acts or omissions that occur based on the translation.**

**Resumen:**

El hiperparatiroidismo se define como la producción excesiva de hormona paratiroidea. El diagnóstico se realiza a través de pruebas bioquímicas, en las que los estudios de imagen no tienen ningún papel. Sin embargo, estos estudios son adecuados para la localización preoperatoria de la glándula paratiroides con la intención de efectuar un tratamiento curativo. Los estudios de imagen son particularmente útiles en el contexto del hiperparatiroidismo primario, por lo que la localización precisa de un adenoma paratiroideo solitario puede facilitar una paratiroidectomía mínimamente invasiva. Estos estudios también pueden ser útiles para localizar glándulas paratiroides ectópicas o supernumerarias y detallar la anatomía que puede afectar la cirugía. Este documento resume la literatura y proporciona recomendaciones sobre el uso de pruebas de imagen en el hiperparatiroidismo, incluido el hiperparatiroidismo primario, el hiperparatiroidismo primario recurrente o persistente después de la cirugía paratiroidea, el hiperparatiroidismo secundario y el hiperparatiroidismo terciario. Las recomendaciones incluyen la ecografía, la tomografía computarizada del cuello sin y con contraste, y exploraciones paratiroides de medicina nuclear. Los Criterios de Idoneidad del Colegio Americano de Radiología son pautas basadas en la evidencia para afecciones clínicas específicas que son revisadas anualmente por un panel multidisciplinario de expertos. El desarrollo y la revisión de la guía incluyen un extenso análisis de la literatura médica actual de revistas revisadas por pares y la aplicación de metodologías bien establecidas (Método de idoneidad de RAND / UCLA y Calificación de la evaluación de recomendaciones, desarrollo y evaluación o GRADE) para calificar la idoneidad de los procedimientos de diagnóstico por imágenes y el tratamiento para escenarios clínicos específicos. En aquellos casos en que la evidencia es escasa o equívoca, la opinión de expertos puede complementar la evidencia disponible para recomendar imágenes o tratamiento.

**Palabras clave:**

Criterios de adecuación; Criterios de uso adecuado; Área bajo la curva (AUC); Hiperparatiroidismo; Adenoma paratiroideo; Hiperparatiroidismo primario; Hiperparatiroidismo recurrente; Hiperparatiroidismo secundario; Hiperparatiroidismo terciario.

**Resumen del enunciado:**

Esta publicación resume la literatura y proporciona recomendaciones sobre el uso de pruebas de imagen para el estudio del hiperparatiroidismo, incluido el hiperparatiroidismo primario, el hiperparatiroidismo primario recurrente o persistente después de la cirugía paratiroidea, el hiperparatiroidismo secundario y el hiperparatiroidismo terciario.

**Variante 1:****Adulto o niño. Hiperparatiroidismo primario. Imagen inicial.**

Procedimiento	Categoría de idoneidad	Nivel relativo de radiación
Ecografía de paratiroides	Usualmente apropiado	0
Gammagrafía con sestamibi y gammagrafía tiroidea con pertecnetato	Usualmente apropiado	☼☼☼
TC de cuello sin y con contraste intravenoso	Usualmente apropiado	☼☼☼
Sestamibi doble fase de cuello	Usualmente apropiado	☼☼☼
Gammagrafía bifásica de sestamibi con SPECT o SPECT/TC de cuello	Usualmente apropiado	☼☼☼
Gammagrafía con Sestamibi y gammagrafía tiroidea con I-123	Usualmente apropiado	☼☼☼
Gammagrafía con sestamibi y gammagrafía tiroidea con I-123 con SPECT o SPECT/TC de cuello	Usualmente apropiado	☼☼☼
Gammagrafía con sestamibi y pertecnetato tiroidea con SPECT o SPECT/TC de cuello	Usualmente apropiado	☼☼☼
RM del cuello con contraste intravenoso	Puede ser apropiado	0
RM del cuello sin y con contraste intravenoso	Puede ser apropiado	0
TC de cuello con contraste intravenoso	Puede ser apropiado	☼☼☼
Muestreo venoso paratiroideo	Usualmente inapropiado	Variable
RM de cuello sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	0
TC de cuello sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼

**Variante 2:** Adulto o niño. Hiperparatiroidismo primario, recurrente o persistente después de cirugía paratiroidea. Imagen inicial.

Procedimiento	Categoría de idoneidad	Nivel relativo de radiación
Ecografía de paratiroides	Usualmente apropiado	0
Gammagrafía con sestamibi y gammagrafía tiroidea con pertecnetato	Usualmente apropiado	☼☼☼
TC de cuello sin y con contraste intravenoso	Usualmente apropiado	☼☼☼
Sestamibi doble fase de cuello	Usualmente apropiado	☼☼☼
Gammagrafía bifásica de sestamibi con SPECT o SPECT/TC de cuello	Usualmente apropiado	☼☼☼
Gammagrafía con sestamibi y gammagrafía tiroidea I-123	Usualmente apropiado	☼☼☼
Gammagrafía con sestamibi y gammagrafía tiroidea I-123 con SPECT o SPECT/TC de cuello	Usualmente apropiado	☼☼☼
Gammagrafía con sestamibi y pertecnetato tiroidea con SPECT o SPECT/TC de cuello	Usualmente apropiado	☼☼☼
Muestreo venoso paratiroideo	Puede ser apropiado	Variable
RM del cuello con contraste intravenoso	Puede ser apropiado	0
RM del cuello sin y con contraste intravenoso	Puede ser apropiado	0
TC de cuello con contraste intravenoso	Puede ser apropiado	☼☼☼
RM del cuello sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	0
TC de cuello sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼

**Variante 3:** Adulto o niño. Hiperparatiroidismo secundario. Imagen inicial.

Procedimiento	Categoría de idoneidad	Nivel relativo de radiación
Ecografía de paratiroides	Usualmente apropiado	0
TC de cuello sin y con contraste intravenoso	Usualmente apropiado	☼☼☼
Sestamibi doble fase del cuello	Usualmente apropiado	☼☼☼
Gammagrafía bifásica de sestamibi con SPECT o SPECT/TC de cuello	Usualmente apropiado	☼☼☼
Gammagrafía con sestamibi y gammagrafía tiroidea I-123 con SPECT o SPECT/TC de cuello	Usualmente apropiado	☼☼☼
Gammagrafía con sestamibi y pertecnetato tiroidea con SPECT o SPECT/TC del cuello	Usualmente apropiado	☼☼☼
Gammagrafía con sestamibi y gammagrafía tiroidea con pertecnetato	Puede ser apropiado (en desacuerdo)	☼☼☼
RM del cuello con contraste intravenoso	Puede ser apropiado	0
RM del cuello sin y con contraste intravenoso	Puede ser apropiado	0
TC de cuello con contraste intravenoso	Puede ser apropiado	☼☼☼
Gammagrafía con sestamibi y gammagrafía tiroidea I-123	Puede ser apropiado (en desacuerdo)	☼☼☼
Muestreo venoso paratiroideo	Usualmente inapropiado	Varía
RM del cuello sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	0
TC de cuello sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼

**Variante 4:****Adulto o niño. Hiperparatiroidismo terciario. Imagen inicial.**

Procedimiento	Categoría de idoneidad	Nivel relativo de radiación
Ecografía de paratiroides	Usualmente apropiado	0
Gammagrafía con sestamibi y gammagrafía tiroidea con pertecnetato	Usualmente apropiado	☼☼☼
TC de cuello sin y con contraste intravenoso	Usualmente apropiado	☼☼☼
Sestamibi doble fase del cuello	Usualmente apropiado	☼☼☼
Gammagrafía bifásica de sestamibi con SPECT o SPECT/TC del cuello	Usualmente apropiado	☼☼☼
Gammagrafía con sestamibi y gammagrafía tiroidea I-123 con SPECT o SPECT/TC de cuello	Usualmente apropiado	☼☼☼
Gammagrafía con sestamibi y pertecnetato tiroidea con SPECT o SPECT/TC del cuello	Usualmente apropiado	☼☼☼
RM de cuello con contraste intravenoso	Puede ser apropiado	0
Resonancia magnética de cuello sin y con contraste intravenoso	Puede ser apropiado	0
TC de cuello con contraste intravenoso	Puede ser apropiado	☼☼☼
Gammagrafía con sestamibi y gammagrafía tiroidea I-123	Puede ser apropiado (desacuerdo)	☼☼☼
Muestreo venoso paratiroideo	Usualmente inapropiado	Variable
RM de cuello sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	0
TC de cuello sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼

## ADENOMA PARATIROIDEO

Panel de expertos en Neuroimagen: David Zander, MD<sup>a</sup>; Paul M. Bunch, MD<sup>b</sup>; Bruno Policeni, MD, MBA<sup>c</sup>; Amy F. Juliano, MD<sup>d</sup>; Denise Carneiro-Pla, MD<sup>e</sup>; Prachi Dubey, MBBS, MPH<sup>f</sup>; Maria K. Gule-Monroe, MD<sup>g</sup>; Mari Hagiwara, MD<sup>h</sup>; Jenny K. Hoang, MBBS, MHS, MBA<sup>i</sup>; Vikas Jain, MD<sup>j</sup>; Lawrence T. Kim, MD<sup>k</sup>; Gul Moonis, MD<sup>l</sup>; Matthew S. Parsons, MD<sup>m</sup>; Tanya J. Rath, MD<sup>n</sup>; Carmen C. Solórzano, MD<sup>o</sup>; Rathan M. Subramaniam, MD, PhD, MPH<sup>p</sup>; M. Reza Taheri, MD, PhD<sup>q</sup>; Kate DuChene Thoma, MD, MME<sup>r</sup>; Andrew T. Trout, MD<sup>s</sup>; Mark E. Zafereo Jr., MD<sup>t</sup>; Amanda S. Corey, MD.<sup>u</sup>

### Resumen de la revisión de la literatura

#### Introducción/Antecedentes

El hiperparatiroidismo se define como la producción excesiva de hormona paratiroidea (PTH). La forma más común, el hiperparatiroidismo primario (HPTP), ocurre cuando  $\geq 1$  de las glándulas paratiroides producen de forma autónoma PTH, lo que generalmente resulta en hipercalcemia [1]. El HPTP se diagnostica mediante pruebas bioquímicas, específicamente el calcio sérico y la PTH sérica. Por lo general, se produce por un solo adenoma paratiroideo (80%), pero también puede ocurrir a partir de adenomas múltiples, hiperplasia paratiroidea o, raramente, por carcinoma paratiroideo (<1%). La enfermedad multiglandular (EMG), definida como adenomas múltiples o hiperplasia glandular múltiple, afecta aproximadamente el 15-20 % de los pacientes con HPTP [1,2]. El HPTP es más común en las mujeres, con una incidencia de 66 por 100.000 personas/año y 25 por 100.000 persona/año en los hombres; La prevalencia parece estar aumentando significativamente [3]. La mayoría de los casos son esporádicos, aunque existen causas hereditarias, incluyendo neoplasia endocrina múltiple tipos 1 y 2A, así como hiperparatiroidismo familiar. En los países donde la detección bioquímica es rutinaria, como en los Estados Unidos, Canadá y la mayor parte de Europa, el HPTP se presenta predominantemente como un trastorno asintomático. Por el contrario, en países donde la detección bioquímica de rutina no es común, como China o India, el HPTP se presenta predominantemente con síntomas relacionados con la afectación de órganos diana, que incluyen: desmineralización ósea, fracturas, nefrolitiasis, nefrocalcinosis, debilidad muscular o trastornos neurocognitivos [1]. El tratamiento del HPTP es la escisión quirúrgica del tejido paratiroideo que funciona anormalmente y generalmente se indica incluso cuando es asintomático, dados los posibles efectos negativos de la hipercalcemia a largo plazo [1,2].

Existen dos estrategias quirúrgicas curativas aceptadas para el HPTP: exploración bilateral del cuello (EBC) y paratiroidectomía mínimamente invasiva (PMI). La EBC se refiere a una operación bilateral en la que todas las glándulas paratiroides son identificadas y examinadas por el cirujano, con resección de las glándulas patológicas. La PMI se define de manera variable en la literatura; para este documento, la PMI se refiere a una cirugía unilateral que utiliza una disección limitada para la extirpación dirigida de únicamente la glándula afectada. Por lo tanto, la PMI es menos invasiva que la EBC. La EBC ha sido tradicionalmente el método quirúrgico estándar de paratiroidectomía y sigue siendo el método necesario en casos de estudios de imagen preoperatorias discordantes o no localizadores, o cuando existe una alta sospecha de EMG [2]. Sin embargo, debido a que la mayoría de los pacientes con HPTP tienen un solo adenoma [2], la PMI dirigida se realiza a menudo, ya que tiene las ventajas de tiempos quirúrgicos más cortos, recuperación más rápida y menores costos perioperatorios [4-8]. La PMI requiere una localización preoperatoria segura y precisa de un solo adenoma paratiroideo para guiar el abordaje quirúrgico; La monitorización intraoperatoria de la PTH se utiliza para confirmar la extirpación de la glándula hiperfuncionante [2,9]. Por lo tanto, el papel de los estudios de imagen en la HPTP es localizar la glándula o glándulas que funcionan

<sup>a</sup>University of Colorado Denver, Denver, Colorado. <sup>b</sup>Research author, Wake Forest School of Medicine, Winston Salem, North Carolina. <sup>c</sup>Panel Chair, University of Iowa Hospitals and Clinics, Iowa City, Iowa. <sup>d</sup>Panel Vice-Chair, Massachusetts Eye and Ear Infirmary, Harvard Medical School, Boston, Massachusetts. <sup>e</sup>Medical University of South Carolina, Charleston, South Carolina; American Thyroid Association. <sup>f</sup>Houston Methodist Hospital, Houston, Texas. <sup>g</sup>The University of Texas MD Anderson Cancer Center, Houston, Texas. <sup>h</sup>New York University Langone Medical Center, New York, New York. <sup>i</sup>Johns Hopkins Hospital, Baltimore, Maryland. <sup>j</sup>MetroHealth Medical Center, Cleveland, Ohio. <sup>k</sup>University of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill, North Carolina; American College of Surgeons. <sup>l</sup>Columbia University Medical Center, New York, New York. <sup>m</sup>Mallinckrodt Institute of Radiology, Saint Louis, Missouri. <sup>n</sup>Mayo Clinic Arizona, Phoenix, Arizona. <sup>o</sup>Vanderbilt University Medical Center, Nashville, Tennessee; Society of Surgical Oncology. <sup>p</sup>University of Otago, Dunedin, Otepoti, New Zealand. <sup>q</sup>George Washington University Hospital, Washington, District of Columbia. <sup>r</sup>University of Iowa Hospital, Iowa City, Iowa. <sup>s</sup>Cincinnati Children's Hospital Medical Center, Cincinnati, Ohio. <sup>t</sup>The University of Texas MD Anderson Cancer Center, Houston, Texas; American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery. <sup>u</sup>Specialty Chair, Atlanta VA Health Care System and Emory University, Atlanta, Georgia

El Colegio Americano de Radiología busca y alienta la colaboración con otras organizaciones en el desarrollo de los Criterios de Idoneidad de ACR a través de la representación de la sociedad en paneles de expertos. La participación de representantes de las sociedades colaboradoras en el panel de expertos no implica necesariamente la aprobación individual o social del documento final.

Reimprima las solicitudes a: [publications@acr.org](mailto:publications@acr.org)

anormalmente con alta precisión y confianza para facilitar una cirugía curativa dirigida. Es importante destacar que los estudios de imagen no tienen utilidad para confirmar o excluir el diagnóstico de HPTP [2,8].

El HPTP persistente se define como el fracaso para lograr la normocalcemia dentro de los 6 meses posteriores a la paratiroidectomía inicial, mientras que el HPTP recurrente se define como la hipercalcemia que ocurre después de un intervalo normocalcémico de 6 meses o más después de la paratiroidectomía [2,10]. Las reintervenciones paratiroides son quirúrgicamente más exigentes que las primeras cirugías, con tasas de curación más bajas y con tasas de complicaciones más altas. Como tal, las recomendaciones internacionales recientes establecen que los estudios de imagen preoperatorias son esenciales en el entorno reoperatorio para localizar una o más lesiones paratiroides e identificar cambios secundarios a intervenciones quirúrgicas previas que puedan afectar una cirugía posterior [10].

El hiperparatiroidismo secundario (HPTS) es una alteración de la homeostasis del calcio por la que el aumento de la producción de PTH en respuesta a la hipocalcemia (y / o hiperfosfatemia) no puede corregir el calcio plasmático debido a la insuficiencia orgánica o a la disponibilidad reducida de calcio. Esto se debe más comúnmente a la enfermedad renal crónica, pero también puede ser el resultado, entre otras causas, de la malabsorción o la deficiencia de vitamina D [11]. En raras ocasiones, el hiperparatiroidismo terciario (HPTT) puede ocurrir en pacientes con HPTS de larga duración y se caracteriza por una falta de supresión de la PTH a pesar del aumento de los niveles séricos de calcio, que se manifiesta como hiperparatiroidismo hipercalcémico. Esto se produce con mayor frecuencia después del trasplante de riñón en pacientes con enfermedad renal crónica de larga duración [11]. La resección quirúrgica se recomienda para casos médicamente refractarios de HPTS y HPTT. Como éstos son típicamente trastornos de la EMG (es decir, hiperplasia paratiroidea), el objetivo de los estudios de imagen es identificar todas las glándulas eutópicas así como posibles glándulas ectópicas o supernumerarias en un intento de guiar el abordaje quirúrgico [10,12-14].

### **Definición de imagen inicial**

Las imágenes iniciales se definen como imágenes indicadas al comienzo del episodio de atención para la afección médica definidas por la variante. Más de un procedimiento puede considerarse generalmente apropiado en la evaluación inicial por imágenes cuando:

- Existen procedimientos que son alternativas equivalentes (es decir, solo se ordenará un procedimiento para proporcionar la información clínica para administrar eficazmente la atención del paciente)

O

- Existen procedimientos complementarios (es decir, se ordena más de un procedimiento como un conjunto o simultáneamente donde cada procedimiento proporciona información clínica única para administrar eficazmente la atención del paciente).

No existe un algoritmo universalmente aceptado para la obtención de estudios de imagen de las glándulas paratiroides. Como se detalla en las siguientes variantes, existe mucha variabilidad en las sensibilidades descritas para las diferentes modalidades de imagen, sin que ninguna técnica haya demostrado ser claramente superior en la localización de lesiones paratiroides. La selección de un estudio de imagen inicial debe hacerse teniendo en cuenta la preferencia del cirujano y del radiólogo, la experiencia y las características únicas de cada paciente (p. ej., sospecha de EMG, causa hereditaria subyacente, enfermedad tiroidea concomitante, etc.). Se pueden utilizar múltiples modalidades de imágenes en combinación durante la evaluación inicial en un intento de maximizar la precisión y la confianza de la localización paratiroidea a través de resultados concordantes de los estudios de imagen [2,8,10,15]. Esto está apoyado por varios estudios que muestran una mayor sensibilidad y valor predictivo positivo (VPP) en la localización de la lesión paratiroidea cuando se combinan diferentes estudios de imagen en comparación a la obtención de un único tipo de estudio [12,16-25].

### **Consideraciones especiales sobre los estudios de imagen**

En relación con las imágenes paratiroides, se entiende que la TC del cuello sin y con contraste intravenoso (IV) representa una "TC paratiroidea 4-D". Originalmente descrita en 2006 [26], esta técnica multifásica aprovecha las características únicas de perfusión de los adenomas paratiroides para diferenciarlos de otras entidades imitadoras como los nódulos tiroideos exofíticos y los ganglios linfáticos. Desde entonces, se han descrito variaciones en la técnica original de TC paratiroidea 4-D de 4 fases, incluidos los protocolos de 2 [27] y 3 fases [28-33]. El número

óptimo de fases posteriores al contraste no está bien establecido; Sin embargo, el método más comúnmente realizado consta de 3 fases: sin contraste, arterial y venosa [34].

## **Discusión de los procedimientos en función de la variante clínica.**

### **Variante 1: Adulto o niño. Hiperparatiroidismo primario. Imagen inicial.**

Todos los pacientes sometidos a estudios de imagen en el contexto de un HPTP deben tener enfermedad bioquímicamente probada, ya que las imágenes no tienen ningún papel en la confirmación o exclusión del diagnóstico [2]. Como tal, la evaluación de la especificidad de la prueba de imagen y el valor predictivo negativo no es clínicamente relevante. Más bien, el papel de las imágenes iniciales en el HPTP es ayudar a seleccionar pacientes apropiados para una PMI, identificando y localizando con precisión un adenoma paratiroideo solitario; en consecuencia, estos criterios se centran en la sensibilidad y VPP de la prueba de imagen. Los pacientes con resultados de imagen negativos o no concluyentes generalmente siguen siendo candidatos a la cirugía, pero es probable que requieran una EBC; Los hallazgos no concluyentes de las imágenes no deben impedir la valoración de un tratamiento quirúrgico [2].

Se pueden utilizar múltiples modalidades de imágenes en combinación durante la evaluación inicial de la HPTP en un intento de maximizar la precisión y la confianza de la localización paratiroidea a través de resultados de imágenes concordantes [2,8,15]. Esto está apoyado por varios estudios que muestran una mayor sensibilidad y VPP en la localización de la lesión paratiroidea cuando se combinan diferentes estudios de imagen en comparación a la obtención de un único tipo de estudio [16-23,25].

### **TC de cuello**

La TC de cuello para la localización preoperatoria de lesiones paratiroideas en el HPTP se realiza con mayor frecuencia sin y con contraste IV (TC paratiroidea 4-D) [34]. Como tal, la mayoría de los datos publicados analizan el rendimiento de la TC del cuello sin y con contraste IV; sin embargo, también hay algunos datos sobre el rendimiento de la TC del cuello con contraste IV. No existe literatura relevante en relación con el uso de la TC de cuello sin contraste IV en la evaluación de lesiones paratiroideas en el HPTP.

Como estudio de imagen inicial, los estudios retrospectivos indican que la sensibilidad general del TC de cuello sin y con contraste IV oscila entre el 62 % y el 88 % [35,36], y que el VPP general oscila entre el 84 % y el 90 % [32,37]. El estudio retrospectivo más grande (400 pacientes) informa una sensibilidad general del 79% y un VPP del 90% [32]. Para la enfermedad de una sola glándula, las sensibilidades y los VPP varían entre el 92% y el 94 % [30,38] y el 88% a 92 % [38,39], respectivamente. Para la EMG, las sensibilidades y VPP varían entre el 43% y el 67 % [39,40] y entre el 89% y el 100 %, respectivamente [32,39].

Se ha proporcionado una justificación basada en datos para la fase de TC obtenida sin contraste (p. ej., diferenciación de paratiroides de tejido tiroideo): el 22% de las lesiones paratiroideas tienen un patrón de realce similar al tejido tiroideo en las fases arterial y venosa y, por lo tanto, pueden pasarse por alto si se excluye la fase sin contraste [30]. Sin embargo, algunos estudios retrospectivos sugieren que la eliminación de la fase de TC sin contraste puede no afectar negativamente el rendimiento de la prueba [41-43]. El estudio retrospectivo más grande (278 pacientes) de TC de cuello con contraste IV (sin la fase sin contraste) informa una sensibilidad de 55 % y un VPP de 57 % entre los pacientes con enfermedad de una sola glándula, y una sensibilidad de 23 % y un VPP de 19% entre los pacientes con EMG [44].

Varios estudios han comparado directamente el rendimiento de la TC del cuello sin y con contraste IV con la ecografía y con las exploraciones de medicina nuclear dentro de la misma población de pacientes. La mayoría de estos estudios encontraron que el rendimiento de la TC del cuello sin y con contraste IV era superior [29,31,38,40]; sin embargo, un estudio prospectivo de 91 pacientes encontró que la TC del cuello sin y con contraste IV (58% de sensibilidad, 88% VPP) era inferior a la gammagrafía de sustracción estenopecica de isótopos duales (sestamibi e I-123) (93% de sensibilidad, 98% de VPP) [45].

### **RM de cuello**

La RM del cuello es una técnica emergente para la localización preoperatoria de lesiones paratiroideas en el HPTP y se puede realizar sin contraste IV, con contraste IV, o sin y con contraste IV. La mayoría de los estudios que evalúan el rendimiento de la RM de cuello para la localización preoperatoria de lesiones paratiroideas en el contexto del HPTP son retrospectivos e incluyen menos de 50 pacientes.

Como estudio de imagen inicial, se ha descrito que la sensibilidad de la RM de cuello sin y con contraste IV en equipos de 1,5T se sitúa entre el 64% y el 79% [46-48]. En dos estudios prospectivos realizados en equipos de 3,0T,

la sensibilidad de la RM sin y con contraste IV varió entre el 64% y el 98%, y el VPP varió entre el 67% y el 95% [49,50]. Un tercer estudio prospectivo de RM sin y con contraste IV realizado en equipos de 3,0T mostró que la localización precisa de adenomas paratiroideos fue del 92 % (34/37) en pacientes con enfermedad de una sola glándula, y del 74 % (35/47) en pacientes con EMG [51]. Para la RM sin contraste IV, la sensibilidad descrita fue del 67% con equipos de 1,5 T [52]. No hay literatura relevante con respecto al uso de RM 3.0T sin contraste IV en la evaluación inicial del HPTP.

### **Estudio dual de cuello con sestamibi**

La gammagrafía dual Tc-99m sestamibi paratiroidea es un método aceptado y ampliamente utilizado para la localización del adenoma paratiroideo en el HPTP. La sensibilidad de este método (típicamente descrito como localización del cuadrante correcto o una ubicación ectópica) varía ampliamente en la literatura, variando entre el 41% y el 96% [45,52-63]. Un estudio retrospectivo con 180 pacientes informó una sensibilidad del 79% [58]. Una revisión sistemática de 11 estudios describió una sensibilidad agrupada del 76% [17]. La variabilidad existente en estos resultados puede explicarse por las variaciones técnicas en la obtención de estas exploraciones (por ejemplo, adquisiciones tempranas y tardías, uso de colimadores estenopeicos versus paralelos, adición de adquisiciones oblicuas, etc.).

No existe un consenso claro con respecto a la superioridad entre la sustracción planar de sestamibi de doble fase y la de doble trazador. Un estudio reciente de 63 pacientes mostró una mayor sensibilidad con sestamibi de doble fase (79%) sobre el marcador dual (sestamibi y pertecneto) (69%) y una técnica combinada de doble trazado/doble fase (65%) [59]. Sin embargo, otros estudios indican una sensibilidad similar o mayor de los métodos de doble trazador (ya sea pertecnetato o I-123, más sestamibi) sobre sestamibi de doble fase cuando se utiliza una técnica plana [45,54,64,65]. Existe un consenso creciente de que la adición de TC por emisión de fotón único (SPECT) sin o con una TC coregistrada (SPECT/TC) mejora la localización de los adenomas paratiroideos en comparación con un método plano de sestamibi de doble fase [59,61,62].

La sensibilidad de las imágenes de sestamibi disminuye en el contexto de la EMG [55,58], enfermedad tiroidea nodular concomitante [56,66], adenomas pequeños [53] e hipercalcemia leve [58].

La literatura sobre la población pediátrica es limitada. Una revisión retrospectiva de 29 pacientes mostró que sestamibi fue útil únicamente en niños mayores con un solo adenoma en el contexto de un HPTP esporádico, y proporcionó información adicional mínima en comparación con la ecografía, pero no tenía utilidad en neonatos o en el HPTP familiar [67].

### **Estudio dual con sestamibi con SPECT o SPECT-TC del cuello**

La adición de SPECT o SPECT-TC a una gammagrafía de sestamibi de doble fase se utiliza con mayor frecuencia que las imágenes planas solas. Aunque hay una serie de variaciones en el momento de la adquisición de SPECT o SPECT-TC (es decir, temprana, tardía o ambas), generalmente se acepta que la mejor resolución de contraste de SPECT o SPECT-TC sobre las imágenes planas proporciona una localización anatómica más precisa de los adenomas paratiroideos [68,69].

Las sensibilidades descritas de la gammagrafía bifásica con sestamibi con SPECT o SPECT-TC oscilan entre el 67% y el 86%.

- Thomas et al: En un estudio de pacientes con adenomas paratiroideos e hiperplasia paratiroidea, la comparación directa de imágenes planares de sestamibi de doble fase con sestamibi de doble fase con SPECT mostró una mejora en la sensibilidad que pasó del 42% al 67%; esto incluye la detección de hiperplasia paratiroidea por SPECT, que pasó desapercibida mediante imágenes planas [61].
- Cheung et al: Un metaanálisis de 7 estudios encontró una sensibilidad combinada del 79% y un VPP combinado del 91% para sestamibi de doble fase con SPECT [70].
- Wong et al: Un metaanálisis de 24 estudios encontró una sensibilidad combinada del 86% para sestamibi de doble fase con SPECT-TC en comparación con el 74% para sestamibi con SPECT y el 70% para sestamibi plano aislado [62].
- Yeh et al: Un estudio de 400 pacientes informó una sensibilidad del 58% y un VPP del 96% para sestamibi con SPECT-TC. Un método combinado de sestamibi con SPECT-TC más TC paratiroidea 4-D produjo una sensibilidad del 80%, que no fue sustancialmente diferente de la TC paratiroidea 4-D aislada que fue del 79% [32].



La sensibilidad del sestamibi bifásico con SPECT o SPECT-TC disminuye con la EMG, la captación enmascarada por radionúclidos retenidos en el tejido de las glándulas tiroideas o submandibular, y el tamaño más pequeño del adenoma (dentro de estos subgrupos, la sensibilidad varía entre el 24 % y el 66 %) [71-73].

### **Gammagrafía Sestamibi y gammagrafía tiroidea I-123**

La gammagrafía por sustracción de las glándulas paratiroides utilizando una combinación de sestamibi y yoduro de sodio I-123 es una alternativa o complemento comúnmente utilizado a la técnica de sestamibi de doble fase. Las directrices de paratiroides de la Asociación Europea de Medicina Nuclear de 2009 expresaron una preferencia por la técnica de sestamibi e I-123 de doble trazador, citando una mejor sensibilidad para la EMG y una mayor probabilidad de distinguir los nódulos tiroideos ávidos de sestamibi de lesiones paratiroides [15]. Una ventaja técnica importante de usar I-123 para una técnica de sustracción es que las imágenes de tiroideas y paratiroides se pueden adquirir simultáneamente en una ventana de energía dual.

La sensibilidad descrita para la gammagrafía de sestamibi de doble trazador y la gammagrafía de sustracción I-123 varía entre el 75% y el 94% [54,74-76], incluida una revisión retrospectiva de 2.681 pacientes que reveló una sensibilidad del 87% y un VPP del 92% [77]. Este último estudio mostró que los resultados negativos o no concluyentes tenían una mayor asociación con la EMG y con niveles más bajos de calcio sérico.

No existe un consenso claro con respecto a la superioridad entre la sustracción de doble trazador y la imagen plana de doble fase de sestamibi. Un estudio reciente de 63 pacientes mostró una mayor sensibilidad con sestamibi de doble fase (79%) sobre la técnica de doble trazador (sestamibi y pertecnetato) (69%) y una técnica combinada de doble trazado/doble fase (65%) [59]. Sin embargo, otros estudios describen una sensibilidad similar o superior de los métodos de doble trazador (ya sea pertecnetato o I-123, más sestamibi) sobre sestamibi de doble fase cuando se utiliza una técnica plana [45,54,64,65].

### **Gammagrafía sestamibi y gammagrafía tiroidea I-123 con SPECT o SPECT/TC de cuello**

Aunque hay una serie de variaciones en el momento de la adquisición de SPECT o SPECT-TC (es decir, temprana, tardía o ambas), generalmente se acepta que la mejor resolución de contraste de SPECT o SPECT-TC sobre las imágenes planas proporciona una localización anatómica más precisa de los adenomas paratiroides [68,69]. Sin embargo, hay datos contradictorios en la literatura en cuanto hasta qué punto la adición de SPECT o SPECT-TC cambia la sensibilidad del examen. Por ejemplo, Bhatt et al [74] evaluaron un protocolo estenopecico, SPECT-TC aislado, y una combinación de estenopecico/SPECT-TC, revelando sensibilidades de 88%, 69% y 81%, respectivamente. Otros estudios han demostrado un rendimiento superior del protocolo combinado sestamibi/I-123 más SPECT-TC con sensibilidades que varían de 86% al 95% y un VPP del 86% al 100% [45,75,78,79].

La sensibilidad y el VPP de una técnica de sustracción de sestamibi/I-123 se ven menos afectados negativamente por la enfermedad tiroidea concomitante cuando se incluye SPECT/TC en el protocolo [75].

### **Gammagrafía tiroidea con sestamibi y pertecnetato**

La gammagrafía por sustracción de las glándulas paratiroides utilizando una combinación de sestamibi y pertecnetato Tc-99m es una alternativa o complemento comúnmente utilizado a la técnica de sestamibi de doble fase. A diferencia del método de doble trazador con I-123, el método de pertecnetato requiere 2 adquisiciones separadas, lo que prolonga el tiempo total de examen. Aunque las técnicas basadas únicamente en imágenes planas han sido suplantadas en gran medida por métodos con SPECT o SPECT-TC, hay algunas aplicaciones notables de una sustracción plana de sestamibi y pertecnetato en la literatura reciente con sensibilidades descritas que varían entre el 69% y el 79 % [59,80]. Un metaanálisis que incluyó 5 estudios que utilizaron una técnica de doble trazador reveló sensibilidades que variaron entre el 47% y el 87%; Sin embargo, no está claro qué estudios se basaron exclusivamente en un método planar de trazador dual sustraído (sestamibi y pertecnetato) y cuáles se realizaron en combinación con una gammagrafía de sestamibi de doble fase [17]. En un estudio de 116 pacientes con HPTP, la adición de sustracción de pertecnetato a una exploración de sestamibi de doble fase aumentó la confianza del lector en la localización del adenoma y cambió la interpretación final en el 15 % de los pacientes del estudio de doble fase [81].

La EMG disminuye la sensibilidad de la sustracción de sestamibi y pertecnetato del 71% al 64% [82].

No existe un consenso claro con respecto a la superioridad entre la sustracción de doble trazador y la imagen plana de doble fase de sestamibi. Un estudio reciente de 63 pacientes mostró una mayor sensibilidad con sestamibi de doble fase (79%) sobre el marcador dual (sestamibi y pertecneto) (69%) y una técnica combinada de doble trazado/doble fase (65%) [59]. Sin embargo, otros estudios describen una sensibilidad similar o superior de los

métodos de doble trazador (ya sea pertecnetato o I-123, más sestamibi) sobre sestamibi de doble fase cuando se utiliza una técnica plana [45,54,64,65].

### **Estudio con sestamibi y pernetate de la tiroides con SPECT o SPECT-TC del cuello**

Aunque hay una serie de variaciones en el momento de la adquisición de SPECT o SPECT-TC (es decir, temprana, tardía o ambas), generalmente se acepta que la mayor resolución de contraste de SPECT o SPECT-TC sobre las imágenes planas proporciona una localización anatómica más precisa de los adenomas paratiroides [68,69]. La adición de una gammagrafía tiroidea con pertecnetato puede mejorar aún más la localización: en un estudio de 268 pacientes, la sustracción plana de pertecnetato en combinación con una gammagrafía de sestamibi de doble fase con SPECT/TC superó a la SPECT/TC de sestamibi de doble fase sola, aumentando la sensibilidad al 93% y al VPP al 96% en comparación con el 88% y el 92%, respectivamente [83].

En pacientes con enfermedad tiroidea concomitante, la adición de TC a una exploración SPECT de sestamibi y pertecnetato de doble trazador aumenta la sensibilidad del 80% al 94% [84].

### **Ecografía de paratiroides**

La ecografía de las glándulas paratiroides se utiliza ampliamente como estudio de imagen inicial en el HPTP. Tanto la American Head and Neck Society Endocrine Surgery Section como la American Association of Endocrine Surgeons consideran que la ecografía es el estudio de localización inicial preferido en pacientes con HPTP, señalando la ventaja de la evaluación concomitante de la tiroides [2,8]. Un metaanálisis de 2012 de 19 estudios que evaluaron la ecografía en pacientes con HPTP reveló una sensibilidad combinada del 76% y un VPP del 93% [70]. Un metaanálisis posterior de 2017 de 12 estudios (con pocos estudios también incluidos en el metaanálisis de 2012) reveló una sensibilidad combinada del 80% [85]. Sin embargo, el rango de sensibilidades descritas en la literatura varía ampliamente. Por ejemplo, un estudio de 604 pacientes que comparó la ecografía, la gammagrafía y la TC 4-D describió una sensibilidad del 59% para la ecografía [31], y otros estudios más pequeños mostraron sensibilidades para la ecografía que oscilan entre el 44% y el 97% [18,20,58,86-90].

Los adenomas no localizables por ecografía se deben con mayor frecuencia a su ubicación ectópica o posterior lejana, la EMG, el tamaño pequeño del adenoma y la enfermedad tiroidea concomitante [58,86,91].

La literatura en la población pediátrica es limitada. En una revisión retrospectiva de 29 pacientes, Alagaratnam et al [67] mostraron que la ecografía en 2 neonatos resultó en falsos negativos; la sensibilidad mejoró en niños mayores al 93%. En un estudio separado de 16 niños, la sensibilidad de la ecografía fue del 60% [7].

### **Muestreo venoso paratiroideo**

Las glándulas paratiroides tienden a drenar homolateralmente e inferiormente en relación con su ubicación anatómica. Así, el muestreo de los niveles de PTH durante el cateterismo transvenoso selectivo de múltiples venas del cuello y mediastínicas se puede utilizar para inferir la lateralidad y la ubicación regional de las lesiones paratiroides [8,92,93]. El muestreo venoso yugular diferencial directo de la PTH para inferir la lateralidad de un adenoma en pacientes con HPTP también se ha descrito en la literatura, pero está fuera del alcance de este documento [94,95]. Debido a ser una técnica invasiva, el muestreo venoso paratiroideo selectivo generalmente se reserva para pacientes con HPTP recurrente o persistente candidatos a nueva cirugía después de que los exámenes no invasivos (por ejemplo, ecografía, sestamibi, TC, etc.) produzcan resultados no localizantes, equívocos o discordantes [96]. De lo contrario, hay datos limitados con respecto al uso del muestreo venoso selectivo para la localización paratiroidea como examen inicial en el HPTP en el paciente sin tratamiento previo quirúrgico. Hader et al [92] en un estudio de 23 pacientes que se sometieron a paratiroidectomía por hiperparatiroidismo, 8 de los cuáles como cirugía inicial, los resultados de la muestra venosa paratiroidea selectiva se revisaron retrospectivamente. En toda la cohorte, la sensibilidad del procedimiento fue del 94% y el VPP del 89%.

### **Variante 2: Adulto o niño. Hiperparatiroidismo primario, recurrente o persistente después de la cirugía paratiroidea. Imagen inicial.**

Todos los pacientes sometidos a estudios de imagen en el contexto de un HPTP recurrente o persistente deben tener enfermedad bioquímicamente probada, ya que las imágenes no tienen ningún papel en la confirmación o exclusión del diagnóstico [2,10]. Así, la evaluación de la especificidad de las pruebas de imagen y su valor predictivo negativo (VPN) no es clínicamente relevante. Más bien, el papel de los estudios de imagen en el HPTP recurrente o persistente es identificar y localizar con precisión una lesión o lesiones paratiroides e identificar los cambios postquirúrgicos que pueden afectar una cirugía posterior. En consecuencia, la sensibilidad de las pruebas de imagen y su VPP se centran en estos criterios.

Se pueden utilizar múltiples modalidades de diagnóstico por la imagen en combinación durante la evaluación inicial del HPTP recurrente o persistente después de cirugía previa, en un intento de maximizar la precisión y la confianza de la localización paratiroidea a través de resultados de imágenes concordantes [10,15].

### **TC de cuello**

La TC de cuello en la evaluación del HPTP recurrente o persistente después de una cirugía previa se realiza con mayor frecuencia sin y con contraste IV (TC paratiroidea 4-D) [34], lo que se refleja en los datos publicados con respecto al rendimiento de la TC de cuello para la localización paratiroidea en el contexto de una cirugía fallida previa. No hay literatura sobre el uso de la TC de cuello con contraste IV limitado específicamente a pacientes con HPTP recurrente o persistente. Además, no existe literatura relevante en relación con el uso de la TC de cuello sin contraste IV en la evaluación del HPTP.

En el contexto de HPTP recurrente o persistente, los estudios retrospectivos informan que la sensibilidad de la TC de cuello sin y con contraste IV oscila entre el 50% y el 91% y el VPP entre el 69% y el 100% [29,36,40,97].

### **RM de cuello**

La RM de cuello es una técnica emergente en la evaluación del HPTP recurrente o persistente después de una cirugía previa. Hay escasos datos en relación con el uso de la RM de cuello sin y con contraste IV en el contexto de cirugía previa:

- Aschenbach et al: 30 pacientes se sometieron a paratiroidectomía reoperatoria por HPTP, y los resultados de la RM realizada antes de la reintervención se revisaron retrospectivamente. Usando únicamente secuencias de RM convencionales (sin y con contraste IV), la sensibilidad fue del 63% y el VPP del 100%. Con la adición de secuencias dinámicas, la sensibilidad se incrementó al 93% y el VPP al 100% [98].
- Kluijfhout et al: 84 pacientes se sometieron a paratiroidectomía reoperatoria por HPTP persistente, y los resultados de la RM realizada antes de la reintervención se revisaron retrospectivamente. La sensibilidad de la RM de cuello sin y con contraste IV fue del 82%, y el VPP del 85%. La sensibilidad y el VPP de las secuencias dinámicas alcanzaron en ambos casos el 90% [48].

No existe bibliografía relevante con respecto al uso de la RM sin contraste IV en la evaluación del HPTP recurrente o persistente.

### **Estudio dual de cuello con sestamibi**

No existe bibliografía relevante en relación con el uso de exploraciones planas de sestamibi de doble fase en la evaluación del HPTP recurrente o persistente después de cirugía previa.

### **Estudio dual con sestamibi con SPECT o SPECT-TC de cuello**

Hay escasos datos en relación con el uso de gammagrafías bifásicas con sestamibi con SPECT o SPECT/TC en el contexto de cirugía previa:

- Kluijfhout et al: 84 pacientes se sometieron a paratiroidectomía reoperatoria por HPTP persistente, y los resultados de las exploraciones de sestamibi con SPECT-TC realizadas antes de la reintervención se revisaron retrospectivamente. La sensibilidad descrita fue del 74% y el VPP del 86% [48].
- Witteveen et al: 19 pacientes se sometieron a paratiroidectomía reoperatoria por HPTP persistente. Los resultados de las exploraciones con sestamibi con SPECT realizadas antes de la reintervención se revisaron retrospectivamente y se compararon con una cohorte de 23 pacientes sometidos a las mismas imágenes preoperatorias por HPTP esporádico sin tratamiento previo con cirugía. Para los pacientes con HPTP persistente, la sensibilidad para localizar las glándulas paratiroides por lesión fue del 33 % en comparación con el 61 % para la cohorte estudiada antes de su cirugía inicial [99].

### **Gammagrafía sestamibi y gammagrafía tiroidea I-123**

No existe literatura relevante con respecto a esta prueba en la evaluación del HPTP recurrente o persistente después de cirugía previa.

### **Gammagrafía sestamibi y gammagrafía tiroidea I-123 con SPECT o SPECT/TC de cuello**

Hay escasos datos en relación con el uso de sestamibi y exploraciones I-123 con SPECT o SPECT-TC en el contexto de HPTP recurrente o persistente después de cirugía previa:

- Shin et al: 176 pacientes se sometieron a paratiroidectomía reoperatoria por hiperparatiroidismo recurrente o persistente, incluyendo pacientes con HPTP, HPTS y HPTT. Se revisaron retrospectivamente los resultados de las exploraciones con sestamibi e I-123 con SPECT (103 pacientes) y las exploraciones con sestamibi e I-123 con SPECT/TC (73 pacientes) realizadas antes de la reintervención. Las sensibilidades descritas fueron del 74% y del 86%, respectivamente [100].

### **Gammagrafía tiroidea con sestamibi y pertecnetato**

No existe bibliografía relevante con respecto al uso de sestamibi plana y exploraciones con pertecnetato en la evaluación del HPTP recurrente o persistente después de una cirugía previa.

### **Estudio con sestamibi y pertectate de tiroides con SPECT o SPECT-TC de cuello**

No existe bibliografía relevante en relación con el uso de gammagrafías con sestamibi y pertecnetato con SPECT o SPECT/TC en la evaluación del HPTP recurrente o persistente después de cirugía previa.

### **Ecografía de paratiroides**

Una declaración de consenso conjunta de 2017 de la American Head and Neck Society y la British Association of Endocrine and Thyroid Surgeons recomienda la ecografía como un examen de imagen de primera elección en el entorno reoperatorio, citando la ventaja adicional de detecta enfermedad tiroidea nodular, linfadenopatía y cambios postquirúrgicos por intervención paratiroidea previa [10]. De lo contrario, hay escasos datos en los últimos 10 años en relación con el uso de la ecografía en el contexto de hiperparatiroidismo recurrente o persistente después de cirugía previa:

- Hamidi et al: 58 pacientes se sometieron a paratiroidectomía reoperatoria por HPTP recurrente o persistente y los resultados de la ecografía realizada antes de la reintervención se revisaron retrospectivamente. Un examen se consideraba verdadero positivo si identificaba la lateralidad correcta (en comparación con el cuadrante o la región). La sensibilidad descrita (62 lesiones) fue del 46% [101].
- Kluijfhout et al: 84 pacientes se sometieron a paratiroidectomía reoperatoria por HPTP persistente, y los resultados de la ecografía realizada antes de la reintervención se revisaron retrospectivamente. La sensibilidad descrita fue del 54% y el VPP del 71% [48].
- Shin et al: 176 pacientes se sometieron a paratiroidectomía reoperatoria por hiperparatiroidismo recurrente o persistente, incluidos pacientes con HPTP, HPTS y HPTT. Los resultados de la ecografía realizada antes de la reintervención se revisaron retrospectivamente, y alcanzaron una sensibilidad del 69% [100].

### **Muestreo venoso paratiroideo**

Las glándulas paratiroides tienden a drenar homolateralmente e inferiormente en relación con su ubicación anatómica. Así, el muestreo de los niveles de PTH durante el cateterismo transvenoso selectivo de múltiples venas del cuello y mediastínicas se puede utilizar para inferir la lateralidad y la ubicación regional de las lesiones paratiroides [8,92,93]. Debido a que es una técnica invasiva, el muestreo venoso paratiroideo selectivo generalmente se reserva a pacientes con HPTP recurrente o persistente candidatos a reintervención después de que los exámenes no invasivos (p.ej.: ecografía, sestamibi, TC, etc.) produzcan resultados no localizadores, equívocos o discordantes [96,102].

Aunque el muestreo venoso paratiroideo se ha venido utilizando desde la década de los 90 del siglo pasado [102], hay pocos estudios pertinentes en los últimos 10 años, y casi todos evalúan a pacientes que han tenido exámenes previos no localizadores, ya que este es el subgrupo de pacientes para quienes este examen está generalmente reservado. Estos estudios son retrospectivos y cada uno evaluó a menos de 40 pacientes, describiendo sensibilidades que oscilan entre el 40% y el 93% [92,93,97,103-105].

Existe la posibilidad de una falsa regionalización y/o lateralización de las lesiones paratiroides debido a una anatomía venosa congénitamente variable o a una alteración del drenaje venoso regional secundario a intervenciones quirúrgicas previas [93]. Al igual que con muchos procedimientos vasculares invasivos, el muestreo venoso está potencialmente asociado con complicaciones graves, pero poco comunes [10].

### **Variante 3: Adulto o niño. Hiperparatiroidismo secundario. Imagen inicial.**

Todos los pacientes sometidos a estudios de imagen en el contexto de un HPTS deben tener enfermedad bioquímicamente probada, ya que las imágenes no tienen ningún papel en la confirmación o exclusión del diagnóstico [11]. De esta manera, la evaluación de la especificidad de las pruebas de imagen y su VPN no es clínicamente relevante. Más bien, como el HPTS es típicamente un trastorno de EMG y, por lo tanto, se trata con

EBC, el objetivo de los estudios de imagen iniciales es identificar con precisión todas las glándulas eutópicas y potencialmente ectópicas o supernumerarias en un intento de disminuir las tasas de fracaso quirúrgico [12-14]; en consecuencia, la sensibilidad y el VPP de las pruebas de imagen se centran en estos criterios.

Es posible que se utilicen, en combinación, múltiples modalidades de imagen durante la evaluación inicial del HPT en un intento de maximizar la precisión y la confianza de la localización paratiroidea a través de resultados de imágenes concordantes. Esto está apoyado por escasa literatura específica para HPTS [12] y se infiere de los datos sobre HPTP [16-23] que muestran una mejor sensibilidad y VPP en la localización de la lesión paratiroidea con una combinación de exámenes sobre cada examen de forma aislada.

### **TC de cuello**

Hay escasos datos en relación con el uso de la TC de cuello para la localización de la lesión paratiroidea en el HPTS:

- Lee et al: 109 pacientes se sometieron a paratiroidectomía por HPTS refractario, y los resultados de los estudios de localización preoperatoria se revisaron retrospectivamente. La sensibilidad descrita de la TC de cuello fue del 85%, aunque no se proporcionan detalles relacionados con la adquisición de la TC (es decir, sin contraste IV, con contraste IV, o sin y con contraste IV); además, la incidencia general de glándulas ectópicas fue mucho menor (1%) que la típica, con todas las glándulas ectópicas no detectadas por TC [106].
- Hiramitsu et al: 291 pacientes se sometieron a paratiroidectomía por HPTS, y los resultados de los estudios de localización prequirúrgica se revisaron retrospectivamente. La sensibilidad de la TC del cuello fue del 60% y el VPP del 100%. No se proporcionan detalles relacionados con la adquisición de la TC [107].

### **RM de cuello**

No hay literatura relevante en relación con el uso de RM del cuello realizado sin contraste IV, con contraste IV, o sin y con contraste IV en la evaluación del HPTS.

### **Estudio dual de cuello con sestamibi**

Existen escasos datos sobre el uso de esta técnica en la evaluación del HPTS:

- Vulpio et al: 21 pacientes se sometieron a paratiroidectomía para HPTS, y los resultados de las exploraciones prequirúrgicas de sestamibi se revisaron retrospectivamente. La sensibilidad alcanzó el 62% [12].

### **Estudio dual con sestamibi con SPECT o SPECT-TC de cuello**

Existen escasos datos en relación con el uso de exploraciones bifásicas con sestamibi con SPECT o SPECT-TC en la evaluación del HPTS:

- Yang et al: 80 pacientes con HPTS en hemodiálisis se sometieron a paratiroidectomía y los resultados de las exploraciones prequirúrgicas de sestamibi con SPECT/TC se revisaron retrospectivamente. La sensibilidad fue del 85 % [108].
- Li et al: 50 pacientes con HPP se sometieron a paratiroidectomía y los resultados de las exploraciones prequirúrgicas de sestamibi con SPECT-TC se revisaron retrospectivamente. La sensibilidad fue del 59 % (de 183 glándulas paratiroides hiperplásicas) [109].
- Karipineni et al: Este es el estudio más extenso y completo, con una revisión retrospectiva, realizada entre 2004 y 2015, de 2.975 pacientes. El objetivo del estudio fue evaluar si las imágenes preoperatorias podrían identificar de manera fiable las glándulas ectópicas en pacientes que se espera que tengan EMG. El estudio no se limitó a pacientes con HPTP, sino que también incluyó pacientes con HPTT, HPTP inducido por litio y HPTP debido a neoplasia endocrina múltiple; los pacientes con HPTS constituyeron el 55% de la cohorte. La sensibilidad de las exploraciones de doble fase con sestamibi con SPECT en la detección de glándulas ectópicas con lesión fue del 29% [110].

### **Gammagrafía sestamibi y gammagrafía tiroidea I-123**

No existe literatura relevante en relación con el uso de la gammagrafía plana con sestamibi y la gammagrafía tiroidea I-123 en la evaluación del HPTS.

### **Gammagrafía sestamibi y gammagrafía tiroidea I-123 con SPECT o SPECT/TC de cuello**

Hay escasos datos en relación con el uso de la gammagrafía con sestamibi y la gammagrafía tiroidea I-123 con SPECT o SPECT-TC en la evaluación del HPTS:

- Alkhalili et al: 103 pacientes con HPTS o HPTT se sometieron a paratiroidectomía y los resultados de la localización preoperatoria se revisaron retrospectivamente. La sensibilidad en la detección de glándulas ectópicas con lesión por sestamibi y con I-123 con SPECT fue del 36% [14].

### **Gammagrafía tiroidea con sestamibi y pertecnetato**

No existe bibliografía relevante con respecto al uso de la gammagrafía plana con sestamibi y la gammagrafía tiroidea con pertecnetato en la evaluación de la TSH.

### **Estudio con sestamibi y pernectate de la tiroides con SPECT o SPECT-TC del cuello**

No existe bibliografía relevante en relación con el uso de la gammagrafía con sestamibi y la gammagrafía tiroidea con pertecnetato con SPECT o SPECT-TC en la evaluación de la HPTS.

### **Ecografía de paratiroides**

Cuando se utiliza como estudio de imagen inicial en el HPTS, la ecografía aporta beneficios adicionales en la evaluación concomitante de la glándula tiroides. Los estudios que evalúan el uso de la ecografía en pacientes con HPTS varían en su diseño. Los estudios que evalúan la sensibilidad de la ecografía, incluidas las lesiones con ubicaciones eutópicas y ectópicas, describen sensibilidades que oscilan entre el 46% y el 94% [12,85,111,112]. Aunque la localización de las glándulas eutópicas es útil, la identificación y localización de las glándulas ectópicas y supernumerarias es primordial para disminuir las tasas de fracaso de la EBC:

- Alkhalili et al: 103 pacientes con HPTS (34%) o HPTT (66%) se sometieron a paratiroidectomía y los resultados de la localización prequirúrgica se revisaron retrospectivamente. La sensibilidad de la ecografía en la detección de las glándulas ectópicas con lesión fue del 32% [14].
- Andrade et al: 166 pacientes con HPTS (27%) o HPTT (73%) se sometieron a paratiroidectomía y los resultados de la localización prequirúrgica fueron revisados retrospectivamente. La sensibilidad en la detección de glándulas ectópicas con lesión por ecografía fue del 20% [13].
- Karipineni et al: Este es el estudio más extenso y completo, con una revisión retrospectiva, realizada entre 2004 y 2015, de 2.975 pacientes. El objetivo del estudio fue evaluar si las imágenes preoperatorias podrían identificar de manera fiable las glándulas ectópicas en pacientes que se espera que tengan EMG. El estudio no se limitó a pacientes con HPTT, sino que también incluyó pacientes con HPTT, HPTT inducido por litio y HPTT debido a neoplasia endocrina múltiple; los pacientes con HPTS constituyeron el 55% de la cohorte. La sensibilidad descrita de la ecografía en la detección de glándulas ectópicas con lesión fue del 7% excluyendo las glándulas ectópicas en el mediastino (que no se incluyeron debido a que la ecografía no podía obtener imágenes adecuadas del mediastino) [110].

### **Muestreo venoso paratiroideo**

No existe literatura relevante sobre el uso del muestreo venoso en la evaluación de la HPTS.

### **Variante 4: Adulto o niño. Hiperparatiroidismo terciario. Imágenes iniciales.**

Todos los pacientes sometidos a estudios de imagen en el contexto de un HPTT deben tener enfermedad bioquímicamente probada, ya que las imágenes no tienen ningún papel en la confirmación o exclusión del diagnóstico [11]. Así, la evaluación de la especificidad de las pruebas de imagen y su VPN no es clínicamente relevante. La HPTT es típicamente un trastorno de EMG en el que el papel de las imágenes iniciales es identificar con precisión todas las glándulas eutópicas y glándulas potencialmente supernumerarias o ectópicas en un intento de guiar el enfoque quirúrgico [12-14]; en consecuencia, la sensibilidad y el VPP de las pruebas de imagen se centran en estos criterios.

Es posible que se utilicen, en combinación, múltiples modalidades de imagen durante la evaluación inicial del HPTT en un intento de maximizar la precisión y la confianza de la localización paratiroidea a través de resultados de imágenes concordantes. Esto se deduce de los datos sobre HPTT [16-23] y HPTS [12] que muestran una mejor sensibilidad y VPP en la localización de la lesión paratiroidea con una combinación de exámenes sobre cada examen de forma aislada.

### **TC de cuello**

No existe literatura relevante en relación con el uso de la TC del cuello en la evaluación del HPTT.

### **RM de cuello**

No hay bibliografía relevante en relación con el uso de la RM de cuello realizada sin contraste IV, con contraste IV, o sin y con contraste IV en la evaluación del HPTT.

### **Estudio dual de cuello con sestamibi**

No existe bibliografía relevante en relación con el uso de esta técnica en la evaluación del HPTT.

### **Estudio dual con sestamibi con SPECT o SPECT-TC de cuello**

Existen escasos datos sobre el uso de gammagrafías bifásicas con sestamibi con SPECT o SPECT/TC en la evaluación del HPTT:

- Karipineni et al: Este es el estudio más extenso y completo, con una revisión retrospectiva, realizada entre 2004 y 2015, de 2.975 pacientes. El objetivo del estudio fue evaluar si las imágenes preoperatorias podrían identificar de manera fiable las glándulas ectópicas en pacientes que se espera que tengan EMG. El estudio no se limitó a pacientes con HPTT, sino que también incluyó pacientes con HPTS, HPTP inducido por litio y HPTP debido a neoplasia endocrina múltiple; los pacientes con HPTT comprendieron el 21% de la cohorte. La sensibilidad de las exploraciones de doble fase con sestamibi con SPECT en la detección de glándulas ectópicas con lesión fue del 29% [110].

### **Gammagrafía sestamibi y gammagrafía tiroidea I-123**

No hay literatura relevante en relación con el uso de esta técnica en la evaluación del HPTT.

### **Gammagrafía sestamibi y gammagrafía tiroidea I-123 con SPECT o SPECT/TC de cuello**

No existe bibliografía relevante en relación con el uso de la gammagrafía con sestamibi y la gammagrafía tiroidea I-123 con SPECT o SPECT/TC en la evaluación de la HPTT.

### **Gammagrafía con sestamibi y rertecnetato tiroidea**

No existe bibliografía relevante en relación con el uso de esta técnica en la evaluación del HPTT.

### **Estudio con sestamibi y pernectate tiroidea con SPECT o SPECT-TC de cuello**

No existe bibliografía relevante en relación con el uso de la gammagrafía con sestamibi y la gammagrafía tiroidea con pernectato con SPECT o SPECT/TC en la evaluación del HPTT.

### **Ecografía de paratiroides**

Cuando se utiliza como estudio de imagen inicial en el HPTT, la ecografía aporta beneficios adicionales de la evaluación concomitante de la glándula tiroidea. Hay escasos datos sobre el uso de la ecografía en la evaluación del HPTT:

- Alkhalili et al: 103 pacientes con HPTS (34%) o HPTT (66%) se sometieron a paratiroidectomía y los resultados de la localización preoperatoria se revisaron retrospectivamente. La sensibilidad de la ecografía en la detección de glándulas ectópicas con lesión fue del 32% [14].
- Andrade et al: 166 pacientes con HPTS (27%) o HPTT (73%) se sometieron a paratiroidectomía y los resultados de la localización preoperatoria fueron revisados retrospectivamente. La sensibilidad de la ecografía para la detección de glándulas ectópicas con lesión fue del 20% [13].
- Karipineni et al: Este es el estudio más extenso y completo, con una revisión retrospectiva, realizada entre 2004 y 2015, de 2.975 pacientes. El objetivo del estudio fue evaluar si las imágenes preoperatorias podrían identificar de manera fiable las glándulas ectópicas en pacientes que se espera que tengan EMG. Como tal, el estudio no se limitó a pacientes con HPTP, sino que también incluyó pacientes con HPTT, HPTP inducido por litio y HPTP debido a neoplasia endocrina múltiple; los pacientes con HPTS constituyeron el 55% de la cohorte. La sensibilidad descrita de la ecografía en la detección de glándulas ectópicas con lesión fue del 7%, excluyendo las glándulas ectópicas en el mediastino (que no se incluyeron debido a que la ecografía no podía obtener imágenes adecuadas del mediastino) [110]

### **Muestreo venoso paratiroideo**

Debido a ser una técnica invasiva, el muestreo venoso paratiroideo selectivo generalmente se reserva para para pacientes con HPTP recurrente o persistente candidatos a nueva cirugía después de que los exámenes no invasivos (por ejemplo, ecografía, sestamibi, TC, etc.) produzcan resultados no localizadores, equívocos o discordantes [96].

De lo contrario, hay escasos datos en relación con el uso del muestreo venoso selectivo en la evaluación inicial del HPTT:

- Witteveen et al: 20 pacientes se sometieron a paratiroidectomía por hiperparatiroidismo, incluidos 8 pacientes con HPTT, y los resultados del muestreo venoso paratiroideo selectivo se revisaron retrospectivamente. En toda la cohorte, la sensibilidad fue del 75% [93].

### Resumen de las recomendaciones

- **Variante 1:** La ecografía de paratiroides, la TC de cuello sin y con contraste IV, el estudio de cuello de doble fase con sestamibi, la gammagrafía de doble fase de sestamibi con SPECT o SPECT/TC de cuello, la gammagrafía de sestamibi y gammagrafía tiroidea I-123, la gammagrafía de sestamibi y gammagrafía tiroidea I-123 con SPECT o SPECT/TC de cuello, la gammagrafía de sestamibi y gammagrafía tiroidea de pertecnetato, la gammagrafía de sestamibi y gammagrafía tiroidea de pertecnetato con SPECT o SPECT/TC de cuello suelen ser adecuadas como pruebas de imagen inicial en todos los pacientes con HPTT. Estos procedimientos suelen ser alternativas equivalentes (es decir, solo se solicitará 1 procedimiento para proporcionar la información clínica necesaria para el manejo eficaz del paciente), aunque pueden usarse de manera complementaria para maximizar la precisión de la localización paratiroidea a través de resultados de imágenes concordantes.
- **Variante 2** La ecografía de paratiroides, la TC de cuello sin y con contraste IV, el estudio de cuello de doble fase con sestamibi, la gammagrafía de doble fase de sestamibi con SPECT o SPECT/TC de cuello, la gammagrafía de sestamibi y gammagrafía tiroidea I-123, la gammagrafía de sestamibi y gammagrafía tiroidea I-123 con SPECT o SPECT/TC de cuello, la gammagrafía de sestamibi y gammagrafía tiroidea de pertecnetato, la gammagrafía de sestamibi y gammagrafía tiroidea de pertecnetato con SPECT o SPECT/TC de cuello suelen ser adecuadas como pruebas de imagen inicial en todos los pacientes con HPTT recurrente o persistente después de la cirugía paratiroidea. Estos procedimientos suelen ser alternativas equivalentes (es decir, solo se solicitará 1 procedimiento para proporcionar la información clínica necesaria para el manejo eficaz del paciente), aunque pueden usarse de manera complementaria para maximizar la precisión y la confianza de la localización paratiroidea a través de resultados de imágenes concordantes.
- **Variante 3:** La ecografía de paratiroides, la TC de cuello sin y con contraste IV, el estudio de cuello de doble fase con sestamibi, la gammagrafía de doble fase de sestamibi SPECT o SPECT-TC de cuello, la gammagrafía de sestamibi y gammagrafía tiroidea I-123 con SPECT o SPECT-TC de cuello, la gammagrafía de sestamibi y gammagrafía tiroidea con SPECT /SPECT-TC de cuello suelen ser adecuadas como pruebas de imagen inicial en todos los pacientes con hiperparatiroidismo secundario. Estos procedimientos suelen ser alternativas equivalentes (es decir, solo se solicitará 1 procedimiento para proporcionar la información clínica necesaria para el manejo eficaz del paciente), aunque pueden usarse de manera complementaria para maximizar la precisión y la confianza de la localización paratiroidea a través de resultados de imágenes concordantes. El panel no estuvo de acuerdo en recomendar la gammagrafía con sestamibi y la gammagrafía tiroidea con pertecnetato o la gammagrafía con sestamibi y la gammagrafía tiroidea I-123 para este escenario clínico. No hay suficiente literatura médica para concluir si estos pacientes se beneficiarían o no de la gammagrafía con sestamibi y la gammagrafía tiroidea con pertecnetato o la gammagrafía con sestamibi y la gammagrafía tiroidea con I-123. La indicación de estos procedimientos en esta población de pacientes es controvertida, pero puede ser apropiada.
- **Variante 4:** La ecografía de paratiroides, la TC de cuello sin y con contraste IV, el estudio de cuello de doble fase con sestamibi, la gammagrafía de doble fase de sestamibi SPECT o SPECT-TC de cuello, la gammagrafía de sestamibi y gammagrafía tiroidea I-123 con SPECT o SPECT/TC de cuello, la gammagrafía de sestamibi y gammagrafía tiroidea con pertecnetato, la gammagrafía sestamibi y gammagrafía tiroidea con SPECT o SPECT/TC de cuello suelen ser adecuadas como pruebas de imagen inicial en todos los pacientes con HPTT. Estos procedimientos son alternativas equivalentes (es decir, solo se solicitará 1 procedimiento para proporcionar la información clínica necesaria para el manejo eficaz del paciente), aunque pueden usarse de manera complementaria para maximizar la precisión y la confianza de la localización paratiroidea a través de resultados de imágenes concordantes. El panel no estuvo de acuerdo en recomendar la gammagrafía con sestamibi y la gammagrafía tiroidea I-123 para este escenario clínico. No hay suficiente literatura médica para concluir si estos pacientes se beneficiarían o no de la gammagrafía con sestamibi y la gammagrafía tiroidea con I-123. La indicación de estos procedimientos en esta población de pacientes es controvertida, pero puede ser apropiada.



## Documentos de apoyo

La tabla de evidencia, la búsqueda bibliográfica y el apéndice para este tema están disponibles en <https://acsearch.acr.org/list>. El apéndice incluye la evaluación de la solidez de la evidencia y las tabulaciones de la ronda de calificación para cada recomendación.

Para obtener información adicional sobre la metodología de los criterios de idoneidad y otros documentos de apoyo, consulte [www.acr.org/ac](http://www.acr.org/ac).

## Idoneidad Nombres de categoría y definiciones

Nombre de categoría de idoneidad	Clasificación de idoneidad	Definición de categoría de idoneidad
Usualmente apropiado	7, 8 o 9	El procedimiento o tratamiento por imágenes está indicado en los escenarios clínicos especificados con una relación riesgo-beneficio favorable para los pacientes.
Puede ser apropiado	4, 5 o 6	El procedimiento o tratamiento por imágenes puede estar indicado en los escenarios clínicos especificados como una alternativa a los procedimientos o tratamientos de imagen con una relación riesgo-beneficio más favorable, o la relación riesgo-beneficio para los pacientes es equívoca.
Puede ser apropiado (desacuerdo)	5	Las calificaciones individuales están demasiado dispersas de la mediana del panel. La etiqueta diferente proporciona transparencia con respecto a la recomendación del panel. "Puede ser apropiado" es la categoría de calificación y se asigna una calificación de 5.
Usualmente inapropiado	1, 2 o 3	Es poco probable que el procedimiento o tratamiento por imágenes esté indicado en los escenarios clínicos especificados, o es probable que la relación riesgo-beneficio para los pacientes sea desfavorable.

## Información relativa sobre el nivel de radiación

Los posibles efectos adversos para la salud asociados con la exposición a la radiación son un factor importante a considerar al seleccionar el procedimiento de imagen apropiado. Debido a que existe una amplia gama de exposiciones a la radiación asociadas con diferentes procedimientos de diagnóstico, se ha incluido una indicación de nivel de radiación relativo (RRL) para cada examen por imágenes. Los RRL se basan en la dosis efectiva, que es una cuantificación de dosis de radiación que se utiliza para estimar el riesgo total de radiación de la población asociado con un procedimiento de imagen. Los pacientes en el grupo de edad pediátrica tienen un riesgo inherentemente mayor de exposición, debido tanto a la sensibilidad orgánica como a una mayor esperanza de vida (relevante para la larga latencia que parece acompañar a la exposición a la radiación). Por estas razones, los rangos estimados de dosis de RRL para los exámenes pediátricos son más bajos en comparación con los especificados para adultos (ver Tabla a continuación). Se puede encontrar información adicional sobre la evaluación de la dosis de radiación para los exámenes por imágenes en el documento [Introducción a la Evaluación de la Dosis de Radiación](#) de los Criterios de Idoneidad del ACR® [113].

Asignaciones relativas del nivel de radiación		
Nivel de radiación relativa*	Rango de estimación de dosis efectiva para adultos	Rango de estimación de dosis efectiva pediátrica
○	0 mSv	0 mSv
⊕	<0.1 mSv	<0.03 mSv
⊕⊕	0.1-1 mSv	0.03-0.3 mSv
⊕⊕⊕	1-10 mSv	0.3-3 mSv
⊕⊕⊕⊕	10-30 mSv	3-10 mSv
⊕⊕⊕⊕⊕	30-100 mSv	10-30 mSv

\*No se pueden hacer asignaciones de RRL para algunos de los exámenes, porque las dosis reales del paciente en estos procedimientos varían en función de una serie de factores (por ejemplo, la región del cuerpo expuesta a la radiación ionizante, la guía de imágenes que se utiliza). Los RRL para estos exámenes se designan como "Varía".

## Referencias

1. Bilezikian JP, Bandeira L, Khan A, Cusano NE. Hyperparathyroidism. *Lancet* 2018;391:168-78.
2. Wilhelm SM, Wang TS, Ruan DT, et al. The American Association of Endocrine Surgeons Guidelines for Definitive Management of Primary Hyperparathyroidism. *JAMA Surg* 2016;151:959-68.
3. Yeh MW, Ituarte PH, Zhou HC, et al. Incidence and prevalence of primary hyperparathyroidism in a racially mixed population. *J Clin Endocrinol Metab* 2013;98:1122-9.
4. Gracie D, Hussain SS. Use of minimally invasive parathyroidectomy techniques in sporadic primary hyperparathyroidism: systematic review. *J Laryngol Otol* 2012;126:221-7.
5. Kunstman JW, Udelsman R. Superiority of minimally invasive parathyroidectomy. *Adv Surg* 2012;46:171-89.
6. Laird AM, Libutti SK. Minimally Invasive Parathyroidectomy Versus Bilateral Neck Exploration for Primary Hyperparathyroidism. *Surg Oncol Clin N Am* 2016;25:103-18.
7. Mancilla EE, Levine MA, Adzick NS. Outcomes of minimally invasive parathyroidectomy in pediatric patients with primary hyperparathyroidism owing to parathyroid adenoma: A single institution experience. *J Pediatr Surg* 2017;52:188-91.
8. Zafereo M, Yu J, Angelos P, et al. American Head and Neck Society Endocrine Surgery Section update on parathyroid imaging for surgical candidates with primary hyperparathyroidism. *Head Neck* 2019;41:2398-409.
9. Joliat GR, Demartines N, Portmann L, Boubaker A, Matter M. Successful minimally invasive surgery for primary hyperparathyroidism: influence of preoperative imaging and intraoperative parathyroid hormone levels. *Langenbecks Arch Surg* 2015;400:937-44.
10. Stack BC, Jr., Tolley NS, Bartel TB, et al. AHNS Series: Do you know your guidelines? Optimizing outcomes in reoperative parathyroid surgery: Definitive multidisciplinary joint consensus guidelines of the American Head and Neck Society and the British Association of Endocrine and Thyroid Surgeons. *Head Neck* 2018;40:1617-29.
11. Fraser WD. Hyperparathyroidism. *Lancet* 2009;374:145-58.
12. Vulpio C, Bossola M, De Gaetano A, et al. Usefulness of the combination of ultrasonography and 99mTc-sestamibi scintigraphy in the preoperative evaluation of uremic secondary hyperparathyroidism. *Head Neck* 2010;32:1226-35.
13. Andrade JS, Mangussi-Gomes JP, Rocha LA, et al. Localization of ectopic and supernumerary parathyroid glands in patients with secondary and tertiary hyperparathyroidism: surgical description and correlation with preoperative ultrasonography and Tc99m-Sestamibi scintigraphy. *Braz J Otorhinolaryngol* 2014;80:29-34.
14. Alkhalili E, Tasci Y, Aksoy E, et al. The utility of neck ultrasound and sestamibi scans in patients with secondary and tertiary hyperparathyroidism. *World J Surg* 2015;39:701-5.
15. Hindie E, Ugur O, Fuster D, et al. 2009 EANM parathyroid guidelines. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2009;36:1201-16.
16. Christakis I, Vu T, Chuang HH, et al. The diagnostic accuracy of neck ultrasound, 4D-Computed tomography and sestamibi imaging in parathyroid carcinoma. *Eur J Radiol* 2017;95:82-88.

17. Frank E, Ale-Salvo D, Park J, Liu Y, Simental A, Jr., Inman JC. Preoperative imaging for parathyroid localization in patients with concurrent thyroid disease: A systematic review. *Head Neck* 2018;40:1577-87.
18. Kedarisetty S, Fundakowski C, Ramakrishnan K, Dadparvar S. Clinical Value of Tc99m-MIBI SPECT/CT Versus 4D-CT or US in Management of Patients With Hyperparathyroidism. *Ear Nose Throat J* 2019;98:149-57.
19. Kutler DI, Moquete R, Kazam E, Kuhel WI. Parathyroid localization with modified 4D-computed tomography and ultrasonography for patients with primary hyperparathyroidism. *Laryngoscope* 2011;121:1219-24.
20. Patel CN, Salahudeen HM, Lansdown M, Scarsbrook AF. Clinical utility of ultrasound and 99mTc sestamibi SPECT/CT for preoperative localization of parathyroid adenoma in patients with primary hyperparathyroidism. *Clin Radiol* 2010;65:278-87.
21. Scattergood S, Marsden M, Kyrimi E, Ishii H, Doddi S, Sinha P. Combined ultrasound and Sestamibi scintigraphy provides accurate preoperative localisation for patients with primary hyperparathyroidism. *Ann R Coll Surg Engl* 2019;101:97-102.
22. Tee MC, Chan SK, Nguyen V, et al. Incremental value and clinical impact of neck sonography for primary hyperparathyroidism: a risk-adjusted analysis. *Can J Surg* 2013;56:325-31.
23. Touska P, Elstob A, Rao N, Parthipun A. SPECT/CT-Guided Ultrasound for Parathyroid Adenoma Localization: A 1-Stop Approach. *J Nucl Med Technol* 2019;47:64-69.
24. Kuzminski SJ, Sosa JA, Hoang JK. Update in Parathyroid Imaging. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2018;26:151-66.
25. Sandqvist P, Nilsson IL, Gryback P, Sanchez-Crespo A, Sundin A. Multiphase Iodine Contrast-Enhanced SPECT/CT Outperforms Nonenhanced SPECT/CT for Preoperative Localization of Small Parathyroid Adenomas. *Clin Nucl Med* 2019.
26. Rodgers SE, Hunter GJ, Hamberg LM, et al. Improved preoperative planning for directed parathyroidectomy with 4-dimensional computed tomography. *Surgery* 2006;140:932-40; discussion 40-1.
27. Campbell MJ, Sicuro P, Alseidi A, Blackmore CC, Ryan JA, Jr. Two-phase (low-dose) computed tomography is as effective as 4D-CT for identifying enlarged parathyroid glands. *Int J Surg* 2015;14:80-4.
28. Hunter GJ, Ginat DT, Kelly HR, Halpern EF, Hamberg LM. Discriminating parathyroid adenoma from local mimics by using inherent tissue attenuation and vascular information obtained with four-dimensional CT: formulation of a multinomial logistic regression model. *Radiology* 2014;270:168-75.
29. Kelly HR, Hamberg LM, Hunter GJ. 4D-CT for preoperative localization of abnormal parathyroid glands in patients with hyperparathyroidism: accuracy and ability to stratify patients by unilateral versus bilateral disease in surgery-naïve and re-exploration patients. *AJNR Am J Neuroradiol* 2014;35:176-81.
30. Bahl M, Sepahdari AR, Sosa JA, Hoang JK. Parathyroid Adenomas and Hyperplasia on Four-dimensional CT Scans: Three Patterns of Enhancement Relative to the Thyroid Gland Justify a Three-Phase Protocol. *Radiology* 2015;277:454-62.
31. Bahl M. Preoperative Parathyroid Imaging: Trends in Utilization and Comparative Accuracy of Sonography, Scintigraphy, and 4-Dimensional Computed Tomography. *J Comput Assist Tomogr* 2019;43:264-68.
32. Yeh R, Tay YD, Tabacco G, et al. Diagnostic Performance of 4D CT and Sestamibi SPECT/CT in Localizing Parathyroid Adenomas in Primary Hyperparathyroidism. *Radiology* 2019;291:469-76.
33. Sho S, Yuen AD, Yeh MW, Livhits MJ, Sepahdari AR. Factors Associated With Discordance Between Preoperative Parathyroid 4-Dimensional Computed Tomographic Scans and Intraoperative Findings During Parathyroidectomy. *JAMA Surg* 2017;152:1141-47.
34. Hoang JK, Williams K, Gaillard F, Dixon A, Sosa JA. Parathyroid 4D-CT: Multi-institutional International Survey of Use and Trends. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2016;155:956-60.
35. Eichhorn-Wharry LI, Carlin AM, Talpos GB. Mild hypercalcemia: an indication to select 4-dimensional computed tomography scan for preoperative localization of parathyroid adenomas. *Am J Surg* 2011;201:334-8; discussion 38.
36. Brown SJ, Lee JC, Christie J, et al. Four-dimensional computed tomography for parathyroid localization: a new imaging modality. *ANZ J Surg* 2015;85:483-7.
37. Starker LF, Mahajan A, Bjorklund P, Sze G, Udelsman R, Carling T. 4D parathyroid CT as the initial localization study for patients with de novo primary hyperparathyroidism. *Ann Surg Oncol* 2011;18:1723-8.

38. Suh YJ, Choi JY, Kim SJ, et al. Comparison of 4D CT, ultrasonography, and 99mTc sestamibi SPECT/CT in localizing single-gland primary hyperparathyroidism. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2015;152:438-43.
39. Chazen JL, Gupta A, Dunning A, Phillips CD. Diagnostic accuracy of 4D-CT for parathyroid adenomas and hyperplasia. *AJNR Am J Neuroradiol* 2012;33:429-33.
40. Tian Y, Tanny ST, Einsiedel P, et al. Four-Dimensional Computed Tomography: Clinical Impact for Patients with Primary Hyperparathyroidism. *Ann Surg Oncol* 2018;25:117-21.
41. Leiva-Salinas C, Flors L, Durst CR, et al. Detection of parathyroid adenomas using a monophasic dual-energy computed tomography acquisition: diagnostic performance and potential radiation dose reduction. *Neuroradiology* 2016;58:1135-41.
42. Linda DD, Ng B, Rebello R, Harish S, Ioannidis G, Young JE. The utility of multidetector computed tomography for detection of parathyroid disease in the setting of primary hyperparathyroidism. *Can Assoc Radiol J* 2012;63:100-8.
43. Silver E, Sadeghi N, Knoll S, Taheri MR. Utility of Single-Phase Computed Tomography in Identifying Parathyroid Adenomas: A Feasibility Study. *Curr Probl Diagn Radiol* 2018;47:90-93.
44. Griffith B, Chaudhary H, Mahmood G, et al. Accuracy of 2-Phase Parathyroid CT for the Preoperative Localization of Parathyroid Adenomas in Primary Hyperparathyroidism. *AJNR Am J Neuroradiol* 2015;36:2373-9.
45. Krakauer M, Wieslander B, Myschetzky PS, et al. A Prospective Comparative Study of Parathyroid Dual-Phase Scintigraphy, Dual-Isotope Subtraction Scintigraphy, 4D-CT, and Ultrasonography in Primary Hyperparathyroidism. *Clin Nucl Med* 2016;41:93-100.
46. Agha A, Hornung M, Rennert J, et al. Contrast-enhanced ultrasonography for localization of pathologic glands in patients with primary hyperparathyroidism. *Surgery* 2012;151:580-6.
47. Akbaba G, Berker D, Isik S, et al. A comparative study of pre-operative imaging methods in patients with primary hyperparathyroidism: ultrasonography, 99mTc sestamibi, single photon emission computed tomography, and magnetic resonance imaging. *J Endocrinol Invest* 2012;35:359-64.
48. Kluijfhout WP, Venkatesh S, Beninato T, et al. Performance of magnetic resonance imaging in the evaluation of first-time and reoperative primary hyperparathyroidism. *Surgery* 2016;160:747-54.
49. Grayev AM, Gentry LR, Hartman MJ, Chen H, Perlman SB, Reeder SB. Presurgical localization of parathyroid adenomas with magnetic resonance imaging at 3.0 T: an adjunct method to supplement traditional imaging. *Ann Surg Oncol* 2012;19:981-9.
50. Argiro R, Diacinti D, Sacconi B, et al. Diagnostic accuracy of 3T magnetic resonance imaging in the preoperative localisation of parathyroid adenomas: comparison with ultrasound and 99mTc-sestamibi scans. *Eur Radiol* 2018;28:4900-08.
51. Becker JL, Patel V, Johnson KJ, et al. 4D-Dynamic Contrast-Enhanced MRI for Preoperative Localization in Patients with Primary Hyperparathyroidism. *AJNR Am J Neuroradiol* 2020;41:522-28.
52. Cakal E, Cakir E, Dilli A, et al. Parathyroid adenoma screening efficacies of different imaging tools and factors affecting the success rates. *Clin Imaging* 2012;36:688-94.
53. Adkisson CD, Koonce SL, Heckman MG, Thomas CS, Harris AS, Casler JD. Predictors of accuracy in preoperative parathyroid adenoma localization using ultrasound and Tc-99m-Sestamibi: a 4-quadrant analysis. *Am J Otolaryngol* 2013;34:508-16.
54. Caveny SA, Klingensmith WC, 3rd, Martin WE, et al. Parathyroid imaging: the importance of dual-radiopharmaceutical simultaneous acquisition with 99mTc-sestamibi and 123I. *J Nucl Med Technol* 2012;40:104-10.
55. Cho NL, Gawande AA, Sheu EG, Moore FD, Jr., Ruan DT. Critical role of identification of the second gland during unilateral parathyroid surgery: a prospective review of 119 patients with concordant localization. *Arch Surg* 2011;146:512-6.
56. Glynn N, Lynn N, Donagh C, et al. The utility of 99mTc-sestamibi scintigraphy in the localisation of parathyroid adenomas in primary hyperparathyroidism. *Ir J Med Sci* 2011;180:191-4.
57. Kim D, Rhodes JA, Hashim JA, et al. Highly specific preoperative selection of solitary parathyroid adenoma cases in primary hyperparathyroidism by quantitative image analysis of the early-phase Technetium-99m sestamibi scan. *J Med Imaging Radiat Oncol* 2018;62:642-48.
58. Medas F, Erdas E, Longheu A, et al. Retrospective evaluation of the pre- and postoperative factors influencing the sensitivity of localization studies in primary hyperparathyroidism. *Int J Surg* 2016;25:82-7.

59. Raruenrom Y, Theerakulpisut D, Wongsurawat N, Somboonporn C. Diagnostic accuracy of planar, SPECT, and SPECT/CT parathyroid scintigraphy protocols in patients with hyperparathyroidism. *Nucl Med Rev Cent East Eur* 2018;21:20-25.
60. Smith RB, Evasovich M, Girod DA, et al. Ultrasound for localization in primary hyperparathyroidism. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2013;149:366-71.
61. Thomas DL, Bartel T, Menda Y, Howe J, Graham MM, Juweid ME. Single photon emission computed tomography (SPECT) should be routinely performed for the detection of parathyroid abnormalities utilizing technetium-99m sestamibi parathyroid scintigraphy. *Clin Nucl Med* 2009;34:651-5.
62. Wong KK, Fig LM, Gross MD, Dwamena BA. Parathyroid adenoma localization with 99mTc-sestamibi SPECT/CT: a meta-analysis. *Nucl Med Commun* 2015;36:363-75.
63. Xue J, Liu Y, Ji T, et al. Comparison between technetium-99m methoxyisobutylisonitrile scintigraphy and ultrasound in the diagnosis of parathyroid adenoma and parathyroid hyperplasia. *Nucl Med Commun* 2018;39:1129-37.
64. Bahador FM, Latifi HR, Grossman SJ, Oza UD, Xu H, Griffeth LK. Optimal interpretative strategy for preoperative parathyroid scintigraphy. *Clin Nucl Med* 2015;40:116-22.
65. Leslie WD, Dupont JO, Bybel B, Riese KT. Parathyroid 99mTc-sestamibi scintigraphy: dual-tracer subtraction is superior to double-phase washout. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2002;29:1566-70.
66. Gomez-Ramirez J, Sancho-Insenser JJ, Pereira JA, Jimeno J, Munne A, Sitges-Serra A. Impact of thyroid nodular disease on 99mTc-sestamibi scintigraphy in patients with primary hyperparathyroidism. *Langenbecks Arch Surg* 2010;395:929-33.
67. Alagaratnam S, Brain C, Spoudeas H, et al. Surgical treatment of children with hyperparathyroidism: single centre experience. *J Pediatr Surg* 2014;49:1539-43.
68. Greenspan BS, Dillehay G, Intenzo C, et al. SNM practice guideline for parathyroid scintigraphy 4.0. 2012;40:111-18.
69. Eslamy HK, Ziessman HA. Parathyroid scintigraphy in patients with primary hyperparathyroidism: 99mTc sestamibi SPECT and SPECT/CT. *Radiographics* 2008;28:1461-76.
70. Cheung K, Wang TS, Farrokhyar F, Roman SA, Sosa JA. A meta-analysis of preoperative localization techniques for patients with primary hyperparathyroidism. *Ann Surg Oncol* 2012;19:577-83.
71. Galvin L, Oldan JD, Bahl M, Eastwood JD, Sosa JA, Hoang JK. Parathyroid 4D CT and Scintigraphy: What Factors Contribute to Missed Parathyroid Lesions? *Otolaryngol Head Neck Surg* 2016;154:847-53.
72. Swanson TW, Chan SK, Jones SJ, et al. Determinants of Tc-99m sestamibi SPECT scan sensitivity in primary hyperparathyroidism. *Am J Surg* 2010;199:614-20.
73. Nichols KJ, Tronco GG, Palestro CJ. Influence of Multigland Parathyroid Disease on 99mTc-Sestamibi SPECT/CT. *Clin Nucl Med* 2016;41:282-8.
74. Bhatt PR, Klingensmith WC, 3rd, Bagrosky BM, et al. Parathyroid Imaging with Simultaneous Acquisition of 99mTc-Sestamibi and 123I: The Relative Merits of Pinhole Collimation and SPECT/CT. *J Nucl Med Technol* 2015;43:275-81.
75. Hassler S, Ben-Sellem D, Hubele F, Constantinesco A, Goetz C. Dual-isotope 99mTc-MIBI/123I parathyroid scintigraphy in primary hyperparathyroidism: comparison of subtraction SPECT/CT and pinhole planar scan. *Clin Nucl Med* 2014;39:32-6.
76. Lee GS, McKenzie TJ, Mullan BP, Farley DR, Thompson GB, Richards ML. A Multimodal Imaging Protocol, (123)I/(99)Tc-Sestamibi, SPECT, and SPECT/CT, in Primary Hyperparathyroidism Adds Limited Benefit for Preoperative Localization. *World J Surg* 2016;40:589-94.
77. Dy BM, Richards ML, Vazquez BJ, Thompson GB, Farley DR, Grant CS. Primary hyperparathyroidism and negative Tc99 sestamibi imaging: to operate or not? *Ann Surg Oncol* 2012;19:2272-8.
78. Guerin C, Lowery A, Gabriel S, et al. Preoperative imaging for focused parathyroidectomy: making a good strategy even better. *Eur J Endocrinol* 2015;172:519-26.
79. Woods AM, Bolster AA, Han S, et al. Dual-isotope subtraction SPECT-CT in parathyroid localization. *Nucl Med Commun* 2017;38:1047-54.
80. Keane DF, Roberts G, Smith R, et al. Planar parathyroid localization scintigraphy: a comparison of subtraction and 1-, 2- and 3-h washout protocols. *Nucl Med Commun* 2013;34:582-9.
81. Powell DK, Nwoke F, Goldfarb RC, Ongseng F. Tc-99m sestamibi parathyroid gland scintigraphy: added value of Tc-99m pertechnetate thyroid imaging for increasing interpretation confidence and avoiding additional testing. *Clin Imaging* 2013;37:475-9.

82. Berner AM, Haroon A, Nowosinska E, et al. Localization of parathyroid disease with 'sequential multiphase and dual-tracer' technique and comparison with neck ultrasound. *Nucl Med Commun* 2015;36:45-52.
83. Huang Z, Lou C. (99m)TcO4(-)/(99m)Tc-MIBI dual-tracer scintigraphy for preoperative localization of parathyroid adenomas. *J Int Med Res* 2019;47:836-45.
84. Pata G, Casella C, Besuzio S, Mittempergher F, Salerno B. Clinical appraisal of 99m technetium-sestamibi SPECT/CT compared to conventional SPECT in patients with primary hyperparathyroidism and concomitant nodular goiter. *Thyroid* 2010;20:1121-7.
85. Nafisi Moghadam R, Amlshahbaz AP, Namiranian N, et al. Comparative Diagnostic Performance of Ultrasonography and 99mTc-Sestamibi Scintigraphy for Parathyroid Adenoma in Primary Hyperparathyroidism; Systematic Review and Meta- Analysis. *Asian Pac J Cancer Prev* 2017;18:3195-200.
86. Stern S, Tzelnick S, Mizrahi A, Cohen M, Shpitzer T, Bachar G. Accuracy of Neck Ultrasonography in Predicting the Size and Location of Parathyroid Adenomas. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2018;159:968-72.
87. Untch BR, Adam MA, Scheri RP, et al. Surgeon-performed ultrasound is superior to 99Tc-sestamibi scanning to localize parathyroid adenomas in patients with primary hyperparathyroidism: results in 516 patients over 10 years. *J Am Coll Surg* 2011;212:522-9; discussion 29-31.
88. Butt HZ, Husainy MA, Bolia A, London NJ. Ultrasonography alone can reliably locate parathyroid tumours and facilitates minimally invasive parathyroidectomy. *Ann R Coll Surg Engl* 2015;97:420-4.
89. Tresoldi S, Pompili G, Maiolino R, et al. Primary hyperparathyroidism: can ultrasonography be the only preoperative diagnostic procedure? *Radiol Med* 2009;114:1159-72.
90. Beland MD, Mayo-Smith WW, Grand DJ, Machan JT, Monchik JM. Dynamic MDCT for localization of occult parathyroid adenomas in 26 patients with primary hyperparathyroidism. *AJR Am J Roentgenol* 2011;196:61-5.
91. Erbil Y, Barbaros U, Yanik BT, et al. Impact of gland morphology and concomitant thyroid nodules on preoperative localization of parathyroid adenomas. *Laryngoscope* 2006;116:580-5.
92. Hader C, Uder M, Loose RW, Linnemann U, Bertsch T, Adamus R. Selective Venous Blood Sampling for Hyperparathyroidism with unclear Localization of the Parathyroid Gland. *Rofo* 2016;188:1144-50.
93. Witteveen JE, Kievit J, van Erkel AR, Morreau H, Romijn JA, Hamdy NA. The role of selective venous sampling in the management of persistent hyperparathyroidism revisited. *Eur J Endocrinol* 2010;163:945-52.
94. Alvarado R, Meyer-Rochow G, Sywak M, Delbridge L, Sidhu S. Bilateral internal jugular venous sampling for parathyroid hormone determination in patients with nonlocalizing primary hyperparathyroidism. *World J Surg* 2010;34:1299-303.
95. Carneiro-Pla D. Effectiveness of "office"-based, ultrasound-guided differential jugular venous sampling (DJVS) of parathormone in patients with primary hyperparathyroidism. *Surgery* 2009;146:1014-20.
96. Bunch PM, Kelly HR. Preoperative Imaging Techniques in Primary Hyperparathyroidism: A Review. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg* 2018;144:929-37.
97. Ginsburg M, Christoforidis GA, Zivin SP, et al. Adenoma localization for recurrent or persistent primary hyperparathyroidism using dynamic four-dimensional CT and venous sampling. *J Vasc Interv Radiol* 2015;26:79-86.
98. Aschenbach R, Tuda S, Lamster E, et al. Dynamic magnetic resonance angiography for localization of hyperfunctioning parathyroid glands in the reoperative neck. *Eur J Radiol* 2012;81:3371-7.
99. Witteveen JE, Kievit J, Stokkel MP, Morreau H, Romijn JA, Hamdy NA. Limitations of Tc99m-MIBI-SPECT imaging scans in persistent primary hyperparathyroidism. *World J Surg* 2011;35:128-39.
100. Shin JJ, Milas M, Mitchell J, Berber E, Ross L, Siperstein A. Impact of localization studies and clinical scenario in patients with hyperparathyroidism being evaluated for reoperative neck surgery. *Arch Surg* 2011;146:1397-403.
101. Hamidi M, Sullivan M, Hunter G, et al. 4D-CT is Superior to Ultrasound and Sestamibi for Localizing Recurrent Parathyroid Disease. *Ann Surg Oncol* 2018;25:1403-09.
102. Mihai R, Simon D, Hellman P. Imaging for primary hyperparathyroidism--an evidence-based analysis. *Langenbecks Arch Surg* 2009;394:765-84.
103. Schalin-Jantti C, Ryhanen E, Heiskanen I, et al. Planar scintigraphy with 123I/99mTc-sestamibi, 99mTc-sestamibi SPECT/CT, 11C-methionine PET/CT, or selective venous sampling before reoperation of primary hyperparathyroidism? *J Nucl Med* 2013;54:739-47.

104. Lebastchi AH, Aruny JE, Donovan PI, et al. Real-Time Super Selective Venous Sampling in Remedial Parathyroid Surgery. *J Am Coll Surg* 2015;220:994-1000.
105. Sun PY, Thompson SM, Andrews JC, et al. Selective Parathyroid Hormone Venous Sampling in Patients with Persistent or Recurrent Primary Hyperparathyroidism and Negative, Equivocal or Discordant Noninvasive Imaging. *World J Surg* 2016;40:2956-63.
106. Lee JB, Kim WY, Lee YM. The role of preoperative ultrasonography, computed tomography, and sestamibi scintigraphy localization in secondary hyperparathyroidism. *Ann Surg Treat Res* 2015;89:300-5.
107. Hiramitsu T, Tomosugi T, Okada M, et al. Pre-operative Localisation of the Parathyroid Glands in Secondary Hyperparathyroidism: A Retrospective Cohort Study. *Sci Rep* 2019;9:14634.
108. Yang J, Hao R, Yuan L, Li C, Yan J, Zhen L. Value of dual-phase (99m)Tc-sestamibi scintigraphy with neck and thoracic SPECT/CT in secondary hyperparathyroidism. *AJR Am J Roentgenol* 2014;202:180-4.
109. Li P, Liu Q, Tang D, et al. Lesion based diagnostic performance of dual phase (99m)Tc-MIBI SPECT/CT imaging and ultrasonography in patients with secondary hyperparathyroidism. *BMC Med Imaging* 2017;17:60.
110. Karipineni F, Sahli Z, Somervell H, et al. Are preoperative sestamibi scans useful for identifying ectopic parathyroid glands in patients with expected multigland parathyroid disease? *Surgery* 2018;163:35-41.
111. Meola M, Petrucci I, Calliada F, et al. Presurgical setting of secondary hyperparathyroidism using high-resolution sonography and color Doppler. *Ultraschall Med* 2011;32 Suppl 1:S74-82.
112. Kawata R, Kotetsu L, Takamaki A, Yoshimura K, Takenaka H. Ultrasonography for preoperative localization of enlarged parathyroid glands in secondary hyperparathyroidism. *Auris Nasus Larynx* 2009;36:461-5.
113. American College of Radiology. ACR Appropriateness Criteria® Radiation Dose Assessment Introduction. Available at: <https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Appropriateness-Criteria/RadiationDoseAssessmentIntro.pdf>. Accessed March 26, 2021.

El Comité de Criterios de Idoneidad de ACR y sus paneles de expertos han desarrollado criterios para determinar los exámenes de imagen apropiados para el diagnóstico y tratamiento de afecciones médicas específicas. Estos criterios están destinados a guiar a los radiólogos, oncólogos radioterápicos y médicos remitentes en la toma de decisiones con respecto a las imágenes radiológicas y el tratamiento. En general, la complejidad y la gravedad de la condición clínica de un paciente deben dictar la selección de procedimientos o tratamientos de imagen apropiados. Solo se clasifican aquellos exámenes generalmente utilizados para la evaluación de la condición del paciente. Otros estudios de imagen necesarios para evaluar otras enfermedades coexistentes u otras consecuencias médicas de esta afección no se consideran en este documento. La disponibilidad de equipos o personal puede influir en la selección de procedimientos o tratamientos de imagen apropiados. Las técnicas de imagen clasificadas como en investigación por la FDA no se han considerado en el desarrollo de estos criterios; Sin embargo, debe alentarse el estudio de nuevos equipos y aplicaciones. La decisión final con respecto a la idoneidad de cualquier examen o tratamiento radiológico específico debe ser tomada por el médico y radiólogo remitente a la luz de todas las circunstancias presentadas en un examen individual.