

# Eficacia y seguridad de SPECT/TC digital, con detectores digitales de conversión directa con tecnología CZT (cadmio, zinc, telurio)

Efficacy and safety  
of digital SPECT/CT,  
with direct conversion digital  
detectors with CZT technology  
(cadmium, zinc, tellurium)

**INFORMES, ESTUDIOS E INVESTIGACIÓN**  
INFORMES DE EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS SANITARIAS



MINISTERIO  
DE SANIDAD



RED ESPAÑOLA DE AGENCIAS DE EVALUACIÓN  
de Tecnologías y Prestaciones del Sistema Nacional de Salud



Comunidad  
de Madrid



# Eficacia y seguridad de SPECT/TC digital, con detectores digitales de conversión directa con tecnología CZT (cadmio, zinc, telurio)

Efficacy and safety  
of digital SPECT/CT,  
with direct conversion digital  
detectors with CZT technology  
(cadmium, zinc, tellurium)

INFORMES, ESTUDIOS E INVESTIGACIÓN

INFORMES DE EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS SANITARIAS



MINISTERIO  
DE SANIDAD



RED ESPAÑOLA DE AGENCIAS DE EVALUACIÓN  
DE TECNOLOGÍAS Y PRESTACIONES DEL SISTEMA NACIONAL DE SALUD



Comunidad  
de Madrid

Eficacia y seguridad de SPECT/CT digital, con detectores digitales de conversión directa con tecnología CZT (cadmio, zinc, telurio.) Madrid. Ministerio de Sanidad. Unidad de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de la Comunidad de Madrid.

1 archivo pdf; — (Informes, Estudios e investigación) Ministerio de Sanidad Serie: Informes de Evaluación de Tecnologías Sanitarias.

Palabras clave: Isquemia Coronaria, SPECT, CZT

Dirección Técnica: Paloma Arriola Bolado.

Autoría: Rodríguez Salvanés F, Díez Izquierdo L, Alonso Farto J.C, Loeches Belinchón P, Mora Navarro G, Novella Arribas B.

Coordinación y gestión del proyecto: Unidad de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de la Comunidad de Madrid:

Este documento ha sido realizado por la Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Madrid (UETS-Madrid) en el marco de la financiación del Ministerio de Sanidad para el desarrollo de las actividades del Plan anual de Trabajo de la Red Española de Agencias de Evaluación de Tecnologías Sanitarias y Prestaciones del SNS, aprobado en el Pleno del Consejo Interterritorial del SNS de 26 de mayo de 2021.

Para citar este informe: Rodríguez Salvanés F, Díez Izquierdo L, Alonso Farto J.C, Loeches Belinchón P, Mora Navarro G, Novella Arribas B. Red Española de Agencias de Evaluación de Tecnologías y Prestaciones del SNS. Unidad Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Madrid; 2021 Informes de evaluación de tecnologías sanitarias. Eficacia y seguridad de SPECT/TC digital, con detectores digitales de conversión directa con tecnología CZT (cadmio, zinc, telurio)

Este documento puede ser reproducido parcial o totalmente para uso no comercial, siempre que se cite explícitamente su procedencia.

Fecha de edición: 2023

Edita: Ministerio de Sanidad

Unidad de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de la Comunidad de Madrid.  
Dirección General del Proceso Integrado de Salud

NIPO: 133-23-074-3



Esta versión forma parte de la Biblioteca Virtual de la **Comunidad de Madrid** y las condiciones de su distribución y difusión se encuentran amparadas por el marco legal de la misma.



[comunidad.madrid/publicamadrid](http://comunidad.madrid/publicamadrid)

# Declaración de intereses

Los autores declaran que no tienen intereses que puedan competir con el interés primario y los objetivos de este informe e influir en su juicio profesional al respecto.

# Siglas y acrónimos

<b>3D</b>	Tres dimensiones.
<b>AETSA</b>	Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Andalucía.
<b>AMSTAR</b>	Ameasurement Tool to Assess Systematic Reviews (Herramienta de medición para evaluar revisiones sistemáticas.)
<b>CI</b>	Cardiopatía isquémica.
<b>CZT</b>	Cadmio-Zinc-Teluro.
<b>EANM</b>	European Association of Nuclear Medicine (Asociación Europea de Medicina Nuclear).
<b>ECA</b>	Ensayo Clínico Aleatorio.
<b>ESC</b>	European Society of Cardiology (Sociedad Europea de Cardiología).
<b>FDA</b>	Food and Drug Administration.
<b>GPC</b>	Guía de Práctica Clínica.
<b>IC</b>	Intervalo de Confianza.
<b>RedETS</b>	Red española de Evaluación de Tecnologías Sanitarias.
<b>ROB</b>	Risk of Bias.
<b>ROC</b>	Receiver Operating Characteristic.
<b>RS</b>	Revisión sistemática.
<b>SNS</b>	Sistema Nacional de Salud.
<b>SPECT/TC</b>	Single photon emission computed tomography (Tomografía computarizada por emisión de fotón único combinada con TC).
<b>TC</b>	Tomografía computarizada.

# Índice

<b>Declaración de intereses</b> .....	5
<b>Siglas y acrónimos</b> .....	6
<b>Resumen</b> .....	11
<b>Summary</b> .....	15
<b>Participantes</b> .....	19
Autoría completa del informe .....	19
Revisión externa .....	20
Agradecimientos .....	20
<b>Justificación</b> .....	21
<b>1. Datos generales</b> .....	23
1.1. SPECT/ TC CZT en cardiopatía isquémica .....	23
1.2. SPECT/ TC CZT en otros órganos y patologías .....	27
1.3. Tecnología utilizada o manejo actual del problema de salud .....	29
1.4. Aportación de la tecnología SPECT/TC CZT .....	29
1.5. Técnica del procedimiento .....	30
1.6. Indicaciones clínicas .....	32
1.7. Carga del problema de salud .....	32
<b>2. Alcance y objetivos</b> .....	35
2.1. Población diana .....	35
2.2. Nivel asistencial .....	35
2.3. Objetivos .....	35
<b>3. Metodología</b> .....	36
3.1. Búsqueda bibliográfica .....	36
3.2. Evaluación de la calidad .....	40

3.3. Extracción de datos .....	40
3.4. Síntesis de la evidencia.....	40
3.5. Preguntas de investigación (PICO) .....	40
<b>4. Eficacia/efectividad .....</b>	<b>42</b>
4.1. Pacientes con sospecha de isquemia coronaria.....	42
<b>5. Riesgos y seguridad .....</b>	<b>45</b>
5.1. Resultados de la búsqueda bibliográfica y selección de los estudios .....	45
5.2. Principales resultados .....	46
<b>6. Otras aplicaciones.....</b>	<b>47</b>
6.1. Resultados de la búsqueda bibliográfica y selección de los estudios .....	47
<b>7. Discusión.....</b>	<b>49</b>
<b>8. Conclusión.....</b>	<b>50</b>
<b>9. Bibliografía.....</b>	<b>51</b>
<b>10. Anexos .....</b>	<b>55</b>
<b>Anexo 1</b> <b>Bibliografía de documentos secundarios.....</b>	<b>55</b>
<b>Anexo 2. Preguntas PICO.....</b>	<b>58</b>
<b>Anexo 3. ....</b>	<b>59</b>
3.1. Preguntas 1 y 2.....	59
3.2. Otras aplicaciones .....	81
3.3. Diagramas de flujo.....	93
3.4. Análisis de la calidad de la evidencia .....	95
3.5. Tablas de perfil de la evidencia (GRADE).....	97

# Índice de tablas y figuras

<b>TABLA 1. Estudios incluidos. Otras aplicaciones SPECT/TC CZT</b> .....	47
Bases de datos utilizadas, estrategias y resultados.....	59
<b>TABLA 2. Estudios excluidos PICO 1 y 2</b> .....	79
Bases de datos utilizadas, estrategias y resultados.....	81
<b>TABLA 3. Estudios excluidos. Otras aplicaciones SPECT/TC CZT</b> .....	92
<b>TABLA 4. Pregunta 1:</b>	
¿Debería usarse SPECT-CZT versus Spect_convencional para diagnosticar Déficit de perfusión en Cardiopatía isquémica? .....	97
<b>TABLA 5. Pregunta 2:</b>	
SPECT-CZT comparado con Spect-convencional en pacientes con sospecha de cardiopatía isquémica .....	99



# Resumen

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se ha desarrollado la aplicación de una nueva tecnología: SPECT/TC digital, con detectores digitales de conversión directa con tecnología CZT (cadmio zinc telurio) que provee a los equipos, de alta resolución y contraste, con tiempos de estudio significativamente más cortos, ampliando de esta forma el campo de aplicación e incrementando el rendimiento de los equipos.

En las "cámaras CZT", el cristal convencional de sodio/yodo (NaI) utilizado para la detección de rayos gamma ha sido reemplazado por un cristal de cadmio-zinc-telurio (CZT). Este cristal transforma directamente la señal inducida por los rayos gamma en impulsos eléctricos sin necesidad de fotodetectores. La interacción de un fotón gamma de 140 keV en los detectores CZT produce aproximadamente 30.000 electrones, 20 veces más que los producidos en un cristal de NaI convencional, mejorando la resolución energética por un factor de 2 en comparación con las cámaras Anger convencionales. La aportación más relevante de esta nueva tecnología respecto a la convencional sería la calidad de imagen, determinada por 3 factores: resolución energética, resolución espacial y sensibilidad.

En el estudio de la perfusión coronaria, usando estas tecnologías, se ha desarrollado la imagen multimodal que surge de la necesidad de integrar la información anatómica (que define el árbol coronario morfológicamente) con la funcional (que refleja la afectación tisular de dicha enfermedad) con el fin de evaluar correctamente a los pacientes afectados de cardiopatía isquémica. Esta imagen multimodal se realiza de forma directa mediante equipos híbridos como el SPECT/TC que integran dos tecnologías en un mismo equipo permitiendo una mejor estratificación del riesgo del paciente. La fusión mediante el software de las imágenes de la perfusión tomadas con el SPECT con la anatómica de la TC ofrece información diagnóstica superior a la identificación aislada de la lesión y, además, esta información dual se puede obtener con procedimientos no invasivos y de forma ambulatoria.

Recientemente la incorporación de receptores CZT en equipos no dedicados específicamente a la imagen cardíaca (equipos multipropósito o *total body*), han permitido la expansión del uso a la evaluación de otras zonas corporales donde los equipos tradicionales de SPECT-TC ya se estaban empleando.

## **OBJETIVOS:**

El objetivo de este informe es describir la eficacia diagnóstica y la seguridad SPECT/TC con detectores digitales de conversión directa con tecnología CZT (cadmio, zinc, telurio) frente a equipos semejantes dotados de sensores convencionales, en la evaluación de la perfusión miocárdica en pacientes con cardiopatía isquémica.

Como objetivo secundario se describirá la utilización de estos equipos en otras patologías y usos clínicos, en los que exista evidencia disponible.

## **MÉTODOS:**

Tras la definición de las preguntas de investigación se definieron varias estrategias de búsqueda bibliográfica para diferentes bases de datos (MEDLINE, EMBASE, CENTRAL y Cochrane library). Las búsquedas se orientaron principalmente a conocer la efectividad y seguridad de acuerdo con las preguntas formuladas. Las búsquedas y la selección de la bibliografía se realizaron atendiendo a criterios diferenciados para los dos ámbitos de uso de la tecnología: la aplicación al estudio de la perfusión cardiaca y el uso en otras áreas. Para el primer caso se seleccionaron estudios que aportasen la mayor certeza en sus conclusiones, para la segunda parte se hizo una revisión panorámica con el objeto de identificar la mayor cantidad de ámbitos de utilización. La selección, depuración y síntesis de la información se realizó por duplicado y en caso de duda esta fue resuelta por consenso.

Para la evaluación de la calidad se utilizó la herramienta AMSTAR-2 para revisiones y seleccionada para estudios observacionales se empleó la herramienta Robins-I. La síntesis de la evidencia se realizó utilizando la metodología GRADE con la herramienta GRADE-Pro.

Los resultados y las conclusiones fueron consensuados por el conjunto de los autores.

## **RESULTADOS:**

Los resultados se estructuraron en dos partes: resultados de eficacia y seguridad de SPECT/TC CZT en la evaluación de la perfusión cardiaca y descripción de otras aplicaciones.

## **EFICACIA Y SEGURIDAD DE SPECT/TC CZT PARA EL ANÁLISIS DE LA PERFUSIÓN CARDIACA.**

**Pregunta 1:** Efectividad en pacientes con sospecha de isquemia coronaria.

Tras la búsqueda bibliográfica fue posible identificar una revisión sistemática cuyo objetivo era comparar el rendimiento diagnóstico entre SPECT-CZT y SPECT-convencional en pacientes con enfermedad coronaria confirmada mediante angiografía. Esta revisión fue calificada de baja calidad según criterios AMSTAR-II. La comparación de la eficacia diagnóstica entre ambas técnicas se realizó de forma indirecta pues los autores de la revisión no pudieron identificar trabajos que comparasen directamente ambas técnicas sobre una muestra de pacientes de una misma población.

La revisión se centró en el análisis de la eficacia diagnóstica, medida en términos de sensibilidad y especificidad: Así, la sensibilidad estimada es de 85% [IC95% 79%-89%] para SPECT-Convencional frente a 89% [IC95% 86%-91%] para SPECT-CZT y la especificidad es 66% [IC95% 56%-74%] y 69% [IC95% 61%-75%]. El análisis de las curvas ROC muestra un área bajo la curva ligeramente mayor para SPECT-CZT  $\text{área}=0,89$  [IC95% 0,86-0,92], con regiones de confianza y predicción bastante restringidas, en comparación con SPECT-C  $\text{área}=0,83$  [IC95% 0,80-0,86]. (Test de hipótesis de la comparación  $p=0,03$ ).

**Pregunta 2:** Seguridad en pacientes con sospecha de isquemia coronaria.

Como en otros estudios diagnósticos de imagen híbrida los principales riesgos están asociados con la potencial exposición a radiación. Se identificó un estudio observacional con grupo control apareado por edad, sexo e índice de masa corporal. En él se incluyeron pacientes remitidos a una sola institución para la evaluación de una posible enfermedad coronaria mediante SPECT, se cuantificó en cada uno de los pacientes la dosis total de radiación recibida en todo el proceso diagnóstico y de tratamiento hasta 90 días después de la indicación de la prueba, incluyendo la recibida en el SPECT, las angiografías, cateterismos y la intervención coronaria percutánea cuando esta fue realizada.

Tanto el grupo intervención (SPECT-CZT) como los controles (SPECT-convencional) parecieron seguir la misma rutina diagnóstica y terapéutica según los hallazgos y necesidades indicadas por los profesionales responsables.

Se evaluó el riesgo de sesgo de este trabajo mediante la herramienta Robins-I y fue calificado como de riesgo serio. Es preciso considerar, además,

que esta evidencia es indirecta pues los pacientes no fueron evaluados con equipos híbridos, sino con equipos de SPECT no dotados de TC.

El principal resultado mostrado es la diferencia de dosis recibida que entre los pacientes incluidos en el grupo expuesto a SPECT-CZT y los incluidos en el grupo de comparación fue estimada en  $-3,1$  mSv [IC95%  $-4,32$ ;  $-1,87$ ].

## **OTRAS APLICACIONES**

La búsqueda permitió identificar inicialmente 35 referencias susceptibles de describir aplicaciones clínicas presentes o de pronta incorporación de la tecnología objeto del presente informe. Tras la selección y depuración de los trabajos identificados finalmente sólo 6 originales aportaron información útil.

La aplicación no relacionada con la perfusión coronaria descrita con mayor frecuencia es el estudio de la perfusión vascular cerebral, posiblemente debido a la mejora de la resolución y la rapidez del análisis que han aportado los sensores de CZT. También se han descrito la utilidad para la detección y seguimiento de lesiones sólidas de origen tumoral o sospechosas de serlo, especialmente en lesiones de mama, sistema linfático y óseas. Finalmente, también se ha comunicado el empleo de los dispositivos objeto del informe en el análisis y cuantificación de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo.

## **CONCLUSIONES:**

Actualmente, el uso de CZT supone la actualización de una tecnología ya consolidada.

La evidencia identificada para evaluar el beneficio del SPECT-TC CZT frente a SPECT-TC, aunque de mala calidad y siendo indirecta permite concluir que podría ser más eficaz en el estudio de la enfermedad isquémica coronaria.

La dosis de radiación recibida en los pacientes que se les realiza SPECT/TC CZT parece ser menor respecto a los que se les realiza SPECT/TC convencional, si bien, la calidad de la evidencia se ha considerado muy baja esencialmente, por el riesgo de sesgo y ser indirecta.

La utilización de esta tecnología para otras indicaciones diferentes de la cardiaca está empezando a definirse, en el momento actual la descrita con mayor frecuencia podría ser el estudio de la perfusión vascular cerebral y el estudio de lesiones sólidas malignas o sospechosas de malignidad.

# Summary

## INTRODUCTION

In recent years, the application of a new technology has been developed: digital SPECT/CT, with direct conversion digital detectors with CZT (cadmium zinc telluride) technology that provides equipment with high resolution and contrast with significantly shorter study times, expanding the field of application and increasing the performance of the equipment.

In "CZT cameras", the conventional sodium/iodine (NaI) crystal used for gamma ray detection has been obtained by a cadmium-zinc-telluride (CZT) crystal. This crystal directly transforms the signal induced by gamma rays into electrical impulses without needing photodetectors. The interaction of a 140 keV gamma photon in CZT detectors produces approximately 30,000 electrons, 20 times more than those produced in a conventional NaI crystal, improving energy resolution by a factor of 2 compared to conventional Anger cameras. The most relevant contribution of this new technology compared to conventional technology would be image quality, determined by 3 factors: energy resolution, spatial resolution and sensitivity.

In the study of coronary perfusion, using these technologies, multimodal imaging has been developed; it arises from the need to integrate anatomical information (which defines the coronary tree morphologically) with functional information (which reflects the tissue involvement of said disease), in order to correctly evaluate patients with ischemic heart disease. This multimodal image is performed directly using hybrid equipment such as SPECT/CT that integrates two technologies in the same equipment, achieving better patient risk stratification. The fusion, obtained by software, of the perfusion images taken with SPECT with the anatomical one of the CT offers diagnostic information superior to the isolated identification of the lesion and, furthermore, this dual information can be obtained with non-invasive procedures and on an outpatient basis.

It must be considered that, although the severity of coronary ischemia is related to the degree of stenosis, this relationship is not always linear. In addition to the degree of obstruction, various factors establish whether a given stenosis induces a myocardial perfusion defect: On the one hand, the existence of collateral circulation or arterial vasospasm can be highlighted and, on the other, a non-significant atherosclerotic plaque can become destabilized and cause a severe or even total arterial obstruction. Furthermore, the phenomenon of «ischemic preconditioning», understood

as a phenomenon of endogenous protection by which the myocardium better tolerates a *potentially lethal* insult when it has previously received *sublethal* insults, could play a role in the discrepancy between anatomical alterations and functional. For all of the above, to guide revascularization strategies, an evaluation of the functional relevance of coronary stenosis seems useful.

Recently, the incorporation of CZT receptors in equipment not specifically dedicated to cardiac imaging (multipurpose or "total body" equipment) has allowed the expansion of its use to the evaluation of other body areas where traditional SPECT-CT equipment was already being used.

### **AIMS:**

The objective of this report is to describe the diagnostic efficacy and safety of SPECT/CT with direct conversion digital detectors with CZT technology (cadmium, zinc, tellurium) compared to similar equipment equipped with conventional sensors, in the evaluation of myocardial perfusion in patients with ischemic heart disease.

As a secondary objective, the use of this equipment in other pathologies and clinical use, in which there is available evidence, will be described.

### **METHODS:**

After defining the research questions, several bibliographic search strategies were defined for different databases (MEDLINE, EMBASE, CENTRAL and Cochrane library). The searches were mainly aimed at knowing the effectiveness and safety according to the questions asked and the selection of the bibliography were carried out according to different criteria for the two areas of use of the technology: the application to the study of cardiac perfusion and the use in other areas. For the first case, studies that provided the greatest certainty in based on their conclusions were selected; for the second part, a panoramic review was made in order to identify the greatest number of areas of use. The selection, purification and synthesis of the information was carried out by two members of the group and in case of doubt it was solve by consensus.

For quality assessment, the AMSTAR-2 tool was used for systematic reviews and the Robins-I tool was used for observational studies. Evidence synthesis was performed using the GRADE methodology with the GRADE-Pro tool.

The results and key points were agreed upon by all the authors.

## RESULTS

The results were structured in two parts: efficacy and safety results of SPECT/CT CZT in the evaluation of cardiac perfusion and description of other applications.

### **EFFICACY AND SAFETY OF SPECT/CT CZT FOR THE ANALYSIS OF CARDIAC PERFUSION.**

**Question 1:** Effectiveness in patients with suspected coronary ischemia.

After the literature search, it was possible to identify a systematic review whose objective was to compare the diagnostic performance between SPECT-CZT and SPECT-conventional in patients with coronary artery disease confirmed by angiography. This review was rated as low quality according to AMSTAR-II criteria. The comparison of the diagnostic efficacy between both techniques was performed indirectly, since the authors of the review were unable to identify studies that directly compared both techniques on a sample of patients from the same population. The review focused on the analysis of diagnostic efficacy, measured in terms of sensitivity and specificity: Thus, the estimated sensitivity is 85% [95% CI 79%-89%] for SPECT-Conventional compared to 89% [95% CI 86 %-91%] for SPECT-CZT and the specificity is 66% [95% CI 56%-74%] and 69% [95% CI 61%-75%]. ROC curve analysis shows a slightly larger area under the curve for SPECT-CZT area=0.89 [95% CI 0.86-0.92], with fairly restricted confidence and prediction regions, compared to SPECT-C area=0.83 [CI95% 0.80-0.86]. (Comparison hypothesis test p=0.03).

**Question 2:** Safety in patients with suspected coronary ischemia.

As in other diagnostic hybrid imaging studies, the main risks are associated with potential exposure to radiation. An observational study with a control group matched for age, sex and body mass index was identified. It included patients referred to a single institution for the evaluation of a possible coronary artery disease by SPECT, the total dose of radiation received in each of the patients was quantified in the entire diagnostic and treatment process up to 90 days after the indication, including that received in the SPECT, the angiographies, catheterizations and the percutaneous coronary intervention when it was performed. Both, the intervention group (SPECT-CZT) and the control group (SPECT-conventional) seemed to follow the same diagnostic and therapeutic routine according to findings and needs indicated by the responsible professionals. The risk of bias of this study was assessed using the Robins-I tool and was classified as serious risk. It should also be considered that this

evidence is indirect, since the patients were not evaluated with hybrid equipment, but rather with SPECT equipment not equipped with CT. The main result shown is the difference in dose received between the patients included in the group exposed to SPECT-CZT and those included in the comparison group, estimated at -3.1 mSv [95% CI -4.32; -1.87].

## **OTHER APPS**

The search initially allowed the identification of 35 references likely to describe present clinical applications, or closely to be incorporated, of the technology that is the subject of this report. After the selection and filtering of the works finally identified, only 6 originals provided useful information.

The most frequently described non-coronary perfusion application is the study of cerebral vascular perfusion, possibly due to the improved resolution and speed of analysis that CZT sensors have provided. Its usefulness for the detection and monitoring of solid lesions of tumor origin or suspected to be so, especially in breast, lymphatic system and bone lesions, has also been described. Finally, the use of the devices object of the report in the analysis and quantification of the ejection fraction of the left ventricle has also been reported.

## **FINDINGS:**

Currently the use of CZT supposes the updating of an already consolidated technology.

The evidence identified to evaluate the benefit of SPECT-CT CZT versus SPECT-CT, although of poor quality and being indirect, allows us to conclude that it could be more effective in the study of ischemic coronary disease.

The radiation dose received in patients who undergo SPECT/CT CZT seems to be lower compared to those who undergo conventional SPECT/CT, although the quality of the evidence has been considered very low, essentially due to the risk of bias and being indirect.

The use of this technology for indications other than cardiac is beginning to be defined. Currently, the most frequently described could be the study of cerebral vascular perfusion and the study of solid malignant or suspected malignant lesions.

# Participantes

## Autoría

### Autoría completa del informe

Francisco Rodríguez Salvanés	Médico. Unidad de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Madrid (UETS-Madrid). Área de Evaluación Tecnológica e Innovación Sanitaria. Dirección General de Procesos Integrados de Salud. SERMAS. Consejería de Sanidad. Comunidad de Madrid.
Pilar Loeches Belinchón	Médico de Familia. Unidad de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Madrid (UETS-Madrid). Área de Evaluación Tecnológica e Innovación Sanitaria. Dirección General de Procesos Integrados de Salud. SERMAS. Consejería de Sanidad. Comunidad de Madrid.
Gustavo Mora Navarro	Médico de Familia. Unidad de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Madrid (UETS-Madrid). Área de Evaluación Tecnológica e Innovación Sanitaria. Dirección General de Procesos Integrados de Salud. SERMAS. Consejería de Sanidad. Comunidad de Madrid.
Blanca Novella Arribas	Médico de Familia. Unidad de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Madrid (UETS-Madrid). Área de Evaluación Tecnológica e Innovación Sanitaria. Dirección General de Procesos Integrados de Salud. SERMAS. Consejería de Sanidad. Comunidad de Madrid.

Ha participado en la priorización de variables, introducción y discusión y en la elaboración de Conclusiones:

Juan Carlos Alonso Farto	Jefe De Servicio De Medicina Nuclear del Hospital General Universitario Gregorio Marañón. SERMAS, Consejería de Sanidad. Comunidad de Madrid.
--------------------------	---

Ha participado en la elaboración de la parte metodológica del informe:

Laura Diez Izquierdo	Especialista en Medicina Preventiva y Salud Pública. Servicio de Medicina Preventiva. Hospital Nuestra Señora del Prado. Talavera de la Reina. SESCAM. Consejería de Sanidad. Comunidad de Castilla-La Mancha.
----------------------	--

## Revisión externa

Este informe de evaluación ha sido sometido a un proceso de revisión externa. UETS-Madrid agradece su colaboración y comentarios aportados a:

Mercedes Mitjavila Casanovas

Jefe de Servicio de Medicina Nuclear. Hospital Universitario Puerta de Hierro-Majadahonda.

## Agradecimientos

Se agradece a:

Olga Reillo Sánchez

Su aportación en la documentación utilizada en el mismo.

# Justificación

La tomografía computarizada por emisión de fotón único combinada con TC (SPECT, SPECT-TC o SPECT-TAC) es una técnica diagnóstica funcional de Medicina Nuclear introducida en la práctica clínica desde hace más de 20 años, ha significado un avance importante al permitir imágenes de alta calidad y el registro/fusión de imágenes metabólicas y anatómicas<sup>(1)</sup>. A pesar de su utilidad, para ciertas aplicaciones presenta ciertas limitaciones derivadas del largo tiempo de estudio y de la calidad y precisión de las imágenes.

El progreso en la instrumentación SPECT dio lugar a la aplicación clínica de varias técnicas nuevas, como, por ejemplo, detectores semiconductores de cadmio-zinc-teluro (CZT), cuantificación de la captación de radiofármacos en unidades absolutas, adquisiciones de SPECT de cuerpo entero con múltiples posiciones de cama y nuevos colimadores de orificios no paralelos y muchos otros métodos nuevos han sido reportados en la literatura durante los últimos años<sup>(1)</sup>.

Los detectores digitales de conversión directa con tecnología CZT (cadmio zinc teluro), desarrollados en los últimos años, proveen a los equipos de mayor resolución y contraste con tiempos de estudio significativamente más cortos. Los componentes desarrollados con esta tecnología son más ligeros, más compactos y la detección es digital –no analógica- y, por tanto, pixelada desde el detector. De esta forma también se reduce la pérdida de señal y el ruido inherentes a la detección de SPECT convencional al eliminar la conversión de fotones gamma a través del centelleo y la conversión de luz mediante un tubo fotomultiplicador. El resultado esperado es una mayor resolución espacial y energética y al mismo tiempo una mayor comodidad y seguridad para el paciente, derivadas de las posibilidades de diseño de los equipos y la rapidez de adquisición de las imágenes.

Por otro lado, a medida que la adquisición de imágenes moleculares continúa avanzando hacia el desarrollo de diagnósticos de enfermedades específicas y a una atención cada vez más personalizada, la resolución se vuelve más importante. La detección temprana de la enfermedad solo sería posible con un sistema de alta resolución que permita visualizar los detalles anatómicos más pequeños.

En el momento actual, la principal aplicación de estos dispositivos, en nuestro medio, es la evaluación de la perfusión miocárdica en pacientes con sospecha de patología coronaria. Es el problema de salud en el que la

experiencia es mayor y en él, esta nueva tecnología se está aplicando desde hace años<sup>(2)</sup> con equipos específicos para esta área anatómica.

En este informe se pretende analizar la efectividad y seguridad de la utilización de la tomografía computarizada digital por emisión de fotón único combinada con TC (SPECT, SPECT-TC O SPECT-TAC) con detectores digitales de conversión directa con tecnología CZT (cadmio, zinc, telurio) en la evaluación, principalmente, de la perfusión miocárdica en pacientes con sospecha de patología coronaria.

No es el objetivo de este informe analizar la eficacia o efectividad del SPECT/TC, que ya está acreditada, sino el aporte que el uso de los nuevos sensores CZT hacen a la aplicación clínica del SPECT/TC, por ello la información disponible se refiere a la comparación de SPECT con los nuevos sensores frente a los equipos con sensores convencionales, sin considerar que la incorporación de los nuevo sensores en equipos multimodales afecten a los resultados del subsistema de tomografía computarizada.

Para añadir valor a este informe y dada la aparición en el mercado de los equipos no dedicados (*total body*) que han expandido el uso a la evaluación de otras indicaciones clínicas, donde los equipos tradicionales de SPECT-TC ya se estaban empleando, al final del informe se comunicará que otras indicaciones y procesos están siendo reportados en la literatura científica en el momento de cierre de éste a modo de scoping review, pues entendemos que pudieran ser bastantes las patologías y problemas de salud que potencialmente podrían ser subsidiarios de emplear la tecnología evaluada (patología de la mama, tromboembolismo pulmonar, patología ósea, en oncología en tumores neuroendocrinos, de tiroides, estudio de ganglio centinela, enfermedad mínima residual, respuesta al tratamiento, en neurología en enfermedad de Parkinson, estudios de perfusión cerebral, atrofia cortical o de estructuras óseas concretas).

# 1. Datos generales

En los últimos años se ha desarrollado la aplicación de una nueva tecnología: SPECT/TC digital, con detectores digitales de conversión directa con tecnología CZT (cadmio zinc telurio) que provee a los equipos, de alta resolución y contraste con tiempos de estudio significativamente más cortos, ampliando de esta forma el campo de aplicación e incrementando el rendimiento de los equipos.

En las “cámaras CZT”, el cristal convencional de sodio/yodo (NaI) utilizado para la detección de rayos gamma ha sido reemplazado por un cristal de cadmio-zinc-telurio (CZT). Este cristal transforma directamente la señal inducida por los rayos gamma en impulsos eléctricos sin necesidad de fotodetectores. La interacción de un fotón gamma de 140 keV en los detectores CZT produce aproximadamente 30.000 electrones, 20 veces más que los producidos en un cristal de NaI convencional, mejorando la resolución energética por un factor de 2 en comparación con las cámaras Anger convencionales.

Actualmente, las cámaras CZT están disponibles comercialmente de 2 proveedores diferentes:

**Spectrum Dynamics:** Presenta dos tipos de equipos específicos para cardiología (serie D-SPECT®) y otros equipos de uso *total body* (serie VERITON®. <https://spectrum-dynamics.com/products/>)

**GE Healthcare:** Ofrece los equipos específicos para cardiología con la llamada tecnología Alcyone de GE Healthcare. (Discovery NM 530c®, Discovery NM/CT 570c®, MyoSPECT®) y un equipo de uso *total body* (NM/CT 870 CZT®). <https://www.gehealthcare.com>

## 1.1. SPECT/ TC CZT en cardiopatía isquémica

La imagen multimodal surge de la necesidad de integrar la información anatómica (que define el árbol coronario morfológicamente) con la funcional (que refleja la afectación tisular de dicha enfermedad) con el fin de evaluar correctamente a los pacientes afectados de cardiopatía isquémica. Esta imagen multimodal es realizada de forma directa mediante equipos híbridos como el SPECT/TC que integran dos tecnologías en un mismo equipo<sup>(3)</sup>.

Un número cada vez mayor de centros de medicina nuclear en Europa están utilizando esta nueva generación de gammacámaras centradas en el corazón para obtener imágenes de perfusión miocárdica<sup>(3)</sup>.

Desde un punto de vista clínico, una evaluación completa de la lesión coronaria requiere no solo de la información morfológica sobre la localización de la estenosis, sino también información funcional sobre su repercusión. La combinación de información anatómica y funcional permitiría una mejor estratificación del riesgo del paciente.

Si bien la gravedad de la isquemia está en relación con el grado de estenosis, dicha relación no siempre es lineal. Diversos factores aparte del grado de obstrucción (valorado por el luminograma coronario) establecen si una estenosis determinada induce un defecto de perfusión miocárdica. Entre dichos factores, destaca la existencia de circulación colateral o el fenómeno del vasoespasma arterial, mecanismo funcional que puede superponerse a una lesión fija de grado leve para ocasionar una obstrucción significativa. Por otra parte, una placa arteriosclerótica no significativa puede desestabilizarse y causar una obstrucción arterial grave o incluso total. Además, el fenómeno del «precondicionamiento isquémico», entendido como un fenómeno de protección endógena por el cual el miocardio tolera mejor una agresión «potencialmente letal» cuando previamente ha recibido agresiones «subletales»<sup>(4)</sup> podría desempeñar un papel en la discordancia entre alteraciones anatómicas y funcionales. Por tanto, sería muy conveniente una evaluación de la relevancia funcional de la estenosis coronaria para guiar las estrategias de revascularización. Si, además, esta información dual se puede obtener con procedimientos no invasivos y se puede presentar conjunta (mediante la fusión de imágenes), el resultado facilitaría la toma de decisiones clínicas de manera óptima y, además, reduciría el riesgo inherente a las técnicas diagnósticas invasivas.

La fusión de imágenes en 3D basada en software capaz de fusionar la información de la perfusión de la tomografía computarizada por emisión monofotónica (SPECT) con la anatómica de la TC ofrece información diagnóstica superior a la identificación aislada de la lesión<sup>(5)</sup>.

Los fabricantes han aprovechado los detectores CZT mucho más delgados y flexibles para diseñar cámaras gamma dedicadas a la imagen cardíaca que ofrecen una superficie más grande para la detección de señales, que se enfoca en la región del corazón.

#### **Sistemas SPECT/TC CZT centrados en el corazón:**

Ambas casas comerciales utilizan el mismo tipo de cristales CZT cuadrados, pero difieren en cuanto a la cantidad de detectores, colimadores y algoritmos de reconstrucción.

Utilizando una cámara CZT equipada con colimadores centrados en el corazón, la sensibilidad del conteo tomográfico aumenta hasta 3 o 4 veces con la cámara Discovery NM530c® y entre 7 y 8 veces con la cámara

D-SPECT® en comparación con las cámaras Anger convencionales (Imbert et al. 2012).

La geometría del sistema D-SPECT con colimadores de orificios paralelos de gran angular explica el mayor aumento en la sensibilidad de conteo observado con esta cámara en comparación con la geometría basada en orificios de alfiler de las cámaras Alcyone®.

- **La tecnología del D-SPECT®** utiliza detectores de estado sólido basados en semiconductores que se construyen con CZT. Cuando los fotones interactúan con el semiconductor, crean pares de electrones y se produce una señal eléctrica.

El D-SPECT consta de 9 columnas detectoras giratorias dispuestas en una configuración curva para acomodar el corazón en el lado izquierdo del tórax del paciente. Cada columna del detector tiene 40mm de ancho por 160mm de alto. Cada una de ellas gira 110° independientemente de las otras columnas lo que permite la adquisición de cientos de proyecciones en diferentes ángulos del corazón. El colimador es de tungsteno, tiene orificios cortos de 21,7mm y las aberturas cuadradas del colimador permiten el paso de fotones mayor que el que es posible con los colimadores convencionales. Otra de las novedades importantes de este sistema es que permite realizar adquisiciones dinámicas, totalmente imposibles para el sistema convencional por las limitaciones geométricas y de sensibilidad.

Otro de los aspectos más importantes, es que la D-SPECT permite realizar estudios más cómodos para los pacientes ya que se pueden realizar sentados en una butaca o semisentado. La sensación de claustrofobia desaparece, ya que el paciente sólo permanece sentado con un pequeño aparato pegado al tórax, pero manteniendo el resto del cuerpo libre.

Por último, mencionar que el D-SPECT no permite acoplar TC para realizar la corrección de la atenuación, pero este inconveniente, muchas veces se ve mitigado por el aumento en la calidad de la imagen y por la disminución de los artefactos producidos por estructuras como los intestinos y las mamas, ya que la posición sentada hace que por gravedad caigan y desaparezcan del campo de la visión<sup>(6)</sup>.

- **El Discovery NM/CT 570c SPECT/CT®** consta de 19 detectores pixelados CZT de estado sólido y colimadores estenopeicos enfocados. Los 19 detectores están distribuidos en 3 filas, en un arco aproximado

de 180° con los colimadores estenopeicos enfocados en un campo de visión enfocado pequeño (~19 cm de diámetro) que cubre todo el corazón, proporcionando una geometría de adquisición de datos estacionaria. A diferencia de los sistemas SPECT convencionales con colimadores de orificios paralelos, solo se puede reconstruir completamente un campo de visión enfocado limitado. La resolución espacial de este sistema reportada varió entre 5 mm y 9 mm.

Este sistema híbrido SPECT/TC incorpora un escáner TC de diagnóstico de 64 cortes que puede proporcionar una imagen TC sin contraste registrada conjuntamente para la corrección de la atenuación y una imagen TC mejorada con contraste para la corrección del volumen parcial<sup>(7)</sup>.

- **El MyoSPECT®.** El fundamento es el mismo que el equipo D 570c, pero hay diferencias de funcionalidad. Sigue teniendo los 19 detectores con la misma arquitectura. El bloque detector está dividido en pequeñas celdillas con registro de colimación, **detectores pixelados**, esto lo que hace es que focalizar el fotón y permite la localización más exacta de cada evento.

Este equipo cardiodedicado está basado en una adquisición tomográfica estática dado que posee un detector en ángulo, con clusters de detección orientados alrededor del corazón en una geometría de 90° y con una colimación multipinhole que permite adquirir un volumen ovoidal de adquisición y por tanto no se necesita rotar al paciente, lo que permite reducir mucho el tiempo de adquisición y la posibilidad de artefactos de movimiento del paciente.

Como resultado, todas las vistas se adquirirían simultáneamente puesto que no hay movimiento de los detectores durante la adquisición de éstas, con un ahorro potencial de la dosis de radiación y/o tiempo de adquisición y una minimización de los artefactos por los movimientos del paciente.

Las novedades que este nuevo modelo aporta serían una marcación automática del centro del ventrículo, campo de visión extendido para paciente grandes y alta resolución temporal (se obtendría toda la información sin mover los detectores), también permite hacer estudios para evaluación de flujo y reserva.

No tiene TC incorporado, la corrección de atenuación se hace, o bien, con un TC externo, con o sin contraste, o bien mediante imágenes de perfusión tanto en decúbito prono como en decúbito supino<sup>(8)</sup>.

Gracias a la mayor resolución de energía de CZT en comparación con los cristales de NaI, la proporción de señal de dispersión en las imágenes se reduciría, lo que se traduciría en una mejora en la relación contraste-ruido y de la resolución espacial con CZT en comparación con las cámaras Anger convencionales.

La mayor sensibilidad del recuento miocárdico de estos sistemas centrados en el corazón ha permitido una reducción en la dosis de radiofármacos administrados a los pacientes, lo que se traduce en una menor exposición a la radiación<sup>(6)</sup>.



Tomado de: <https://www.gehealthcare.com>



Tomado de: <https://spectrum-dynamics.com>

## 1.2. SPECT/ TC CZT en otros órganos y patologías

Los equipos no dedicados o multipropósito (*total body*) CZT han expandido el uso a la evaluación de otras zonas corporales donde los equipos tradicionales de SPECT-TC ya se estaban empleando. Son bastantes los órganos e indicaciones clínicas que potencialmente podrían ser subsidiarios de emplear la tecnología evaluada (patología de la mama, tromboembolismo pulmonar, patología ósea, en oncología en tumores neuroendocrinos, de tiroides, estudio de ganglio centinela, enfermedad mínima residual, respuesta al tratamiento, en neurología en enfermedad de Parkinson, estudios de perfusión cerebral, atrofia cortical o de estructuras óseas concretas.).

### **Sistemas SPECT/TC CZT multipropósito:**

- **El sistema Veriton® SPECT-CT** contiene 12 columnas de detectores dispuestos en una configuración de anillo. Cada columna estaba compuesta por una matriz de  $16 \times 128$  de unidades de píxeles CZT y equipada con colimadores de orificios paralelos de tungsteno de alta sensibilidad alineados con la matriz de píxeles y puede moverse en dirección radial y también girar sobre un arco de  $360^\circ$ . Tiene elección de TC de diagnóstico de 16/64 cortes.

Una limitación actual de esta tecnología es que los detectores CZT, la colimación y el blindaje del detector están optimizados para Tc-99m. Si bien se pueden obtener imágenes de isótopos de mayor energía, esto tendrá una sensibilidad más baja en comparación con Tc-99m y requerirá corrección para la penetración de alta energía a través del blindaje y la colimación<sup>(9)</sup>.

- **En el sistema NM/CT 870 CZT®** cada cabezal del detector consta de 130 módulos CZT, lo que significa que hay decenas de miles de píxeles diminutos de 2,46 mm que capturan eventos de forma independiente, todo ello mediante conversión directa. Con la colimación registrada y CZT, cada fotón se convierte directamente en una señal eléctrica que identifica con precisión la ubicación y la energía. Este diseño reduce la pérdida de señal y el ruido inherentes a la detección de SPECT convencional al eliminar la conversión de fotones gamma a través del centelleo y la conversión de luz mediante un tubo fotomultiplicador. El resultado es una mayor resolución espacial y energética.

Incorpora un scanner TC que incluyen una capacidad de reconstrucción superpuesta de 32 cortes<sup>(10)</sup>.



Tomado de: <https://latam.gehealthcare.com>

### 1.3. Tecnología utilizada o manejo actual del problema de salud

El SPEC/TC con detectores digitales de conversión directa con tecnología CZT (cadmio, zinc, telurio) es una modificación del SPECT/TC convencional.

Esta tecnología no solo sustituiría al SPEC/TC con sensores convencionales en la evaluación de los pacientes con sospecha de patología coronaria isquémica, sino que incluiría múltiples patologías (oncología, neurología, etc.).

La tecnología del SPECT/TC convencional está basada en un colimador y cristales de NaI acoplados a tubos fotomultiplicadores. La radiación emitida por el paciente (tras la administración del radiofármaco) incide en los cristales haciendo que estos reaccionen emitiendo luz y los fotomultiplicadores se encarguen de convertir la señal óptica en una señal eléctrica proporcional a la energía depositada en el cristal por la radiación. La resolución espacial promedio de los escáneres de centelleo es de aproximadamente 1 a 2 cm y el tiempo de adquisición varía entre aprox. 10 y 20 minutos según actividad de radiofármacos administrados

Las cámaras SPECT convencionales están equipadas con colimadores y su función es limitar los fotones detectados haciendo que solo lleguen a ella los fotones perpendiculares. En la práctica, significa que el 99,9% de los fotones no incidirán en los orificios y serán despreciados.

Por último, la tecnología híbrida SPECT-TC, permite adquirir un TC para poder realizar la corrección de atenuación y artefactos producidos por otros tejidos.

### 1.4. Aportación de la tecnología SPECT/TC CZT

Uno de los aspectos más importantes que aportaría la nueva tecnología respecto a la actual sería la calidad de imagen, que vendría determinada por 3 factores: resolución energética, resolución espacial y sensibilidad.

- En el caso de la resolución energética, el CZT se mantiene sustancialmente por encima del NaI.
- En el caso de la resolución espacial, que es la capacidad de poder diferenciar estructuras distintas, en los sistemas centrados en el corazón, el sistema D-SPECT®, también sería muy superior al sistema

convencional, ya que la resolución espacial del primero es de 2,5mm mientras que el segundo, suelen tener valores que oscilan entre 3,5mm-4,0mm. La resolución espacial del sistema Discovery NM/CT 570c SPECT/CT® varió entre 5 mm y 9 mm., gracias a la geometría y al pequeño tamaño de los detectores. El sistema MyoSpect® tiene una resolución intrínseca de 2.46 mm, una resolución espacial de 4.7 mm y una sensibilidad de 400 cps/MBq.

- En el caso de la sensibilidad (fotones del paciente detectados por la máquina) también sería mayor con el sistema SPECT/TC CZT al tener orificios más grandes y situarse más próximo al paciente.

En cuanto a la reducción de dosis, un estudio (Perrin et al)<sup>(11)</sup> demostró que, mediante el uso de esta nueva tecnología, se podría reducir la dosis efectiva al paciente de 13mSv a 8mSv. Del mismo modo, se pudieron reducir los tiempos de adquisición a 7,7 minutos en el estrés y 2,7 minutos en el reposo<sup>(6)</sup>.

Presentaría, por tanto, una serie de ventajas sobre la tecnología actualmente en uso, entre las que se encuentran:

- Hasta 75% reducción dosis.
- Hasta 75% reducción tiempos exploración.
- Mejora hasta 40% la detección de lesiones incrementando la capacidad diagnóstica.
- Posibilidad de realizar dos estudios en una sola adquisición, mediante estudio simultáneo de dos isótopos.

Con la tecnología actual no es posible alcanzar estos estándares.

En el estudio de la perfusión cardiaca podrían tener una mayor eficacia diagnóstica, en términos de sensibilidad y especificidad

## 1.5. Técnica del procedimiento

La tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT o SPECT-TC) es una prueba diagnóstica de Medicina Nuclear que da información sobre la función del órgano estudiado y las posibles alteraciones a nivel molecular. Para conseguirlo se inyecta en el paciente radiofármaco (isótopo radiactivo) que se fijara en un tejido corporal específico y mediante la emisión directa de radiación gamma puede ser detectado y cuantificable. Una vez el radioisótopo se ha distribuido por el tejido, los rayos gamma se

detectan mediante una gamma-cámara que adquiere múltiples imágenes 2D desde numerosos ángulos. Estas imágenes se reconstruyen electrónicamente utilizando un algoritmo topográfico que genera una base de datos 3D, con la que se consiguen las imágenes a lo largo de cualquier eje del cuerpo. El SPECT se puede utilizar tanto para exploración de todo el cuerpo como para la exploración de algún órgano o región específica<sup>(12)</sup>.

Es un procedimiento ambulatorio que no requiere ingreso hospitalario.

La duración de la exploración completa es variable, pero se debe intentar que el tiempo total de realización sea el menor posible para minimizar los problemas de movilización del paciente. Este proceso se puede acelerar con el empleo de gamma-cámaras con varios cabezales que permiten la obtención de mayor número de proyecciones de forma simultánea (con SPECT/TC CZT el tiempo podría reducirse hasta en un 75%).

La prueba se realiza en una camilla y la máquina girará los detectores alrededor del paciente mientras toma las imágenes. Los datos pueden adquirirse utilizando un movimiento de rotación continuo de la cámara, intermitente o una técnica mixta, dependiendo del diseño de la misma y del tipo de estudio que se vaya a desarrollar.

Es necesario que el paciente esté completamente inmóvil mientras dure la exploración. Para la adquisición de una imagen óptima del cuerpo, los brazos del paciente deben estar elevados sobre la cabeza, si es capaz de tolerar esa posición, ya que si están colocados a ambos lados del torso pueden provocar la aparición de artefactos. En cambio, para la adquisición de imágenes óptimas de cabeza y cuello, los brazos deben colocarse a ambos lados del tronco del paciente<sup>(12)</sup>.

Es una prueba indolora, finalizada la exploración, se deben ingerir abundantes líquidos para eliminar el radiofármaco a través de la orina. En caso de embarazo, las exploraciones se deberán valorar en función de los beneficios obtenidos por la exploración.

Dada la variedad de diseños de cámaras de SPECT, el manejo del paciente puede diferir marcadamente entre los diferentes tipos de equipos. El paciente tradicionalmente se coloca en posición supina, aunque algunos laboratorios sistemáticamente realizan el estudio en posición prona en el caso de las exploraciones cardíacas para evitar efectos de atenuación diafragmática. Algunos equipos específicos de SPECT cardíaca requieren colocar al paciente reclinado o sentado. La diferente posición relativa del centro de gravedad puede afectar a los patrones de atenuación esperados y al grado y la naturaleza de los movimientos del paciente. Algunos equipos modernos específicos de SPECT cardíaca poseen detectores y/o colimadores

que se mueven internamente para obtener las muestras angulares, y no tienen componentes en movimiento que sean visibles. Otros pueden no necesitar detectores o colimadores en movimiento y ser totalmente fijos, en cuyo caso el paciente es rotado en posición sentado<sup>(13)</sup>.

La rentabilidad diagnóstica del co-registro y los datos funcionales de la combinación SPECT/TC, con frecuencia aporta información complementaria y permite optimizar el diagnóstico. Con esta combinación, la dosis de radiación que recibe el paciente es una combinación de ambos procedimientos. La dosis efectiva varía en relación a los factores de adquisición de la imagen. En caso de pacientes pediátricos y adolescentes, la dosis de radiación del TC debe ser la apropiada para su tamaño, independientemente del protocolo empleado, porque la dosis de radiación que recibe el paciente aumenta significativamente con la disminución del área corporal del mismo<sup>(11)</sup>.

## 1.6. Indicaciones clínicas

La patología cardíaca isquémica es una de las de mayor prevalencia en nuestra sociedad y el estudio gammagráfico es uno de los métodos más útiles para su diagnóstico.

En el momento actual, la indicación principal del SPECT/TC digital, con detectores digitales de conversión directa con tecnología CZT (cadmio zinc telurio) es el estudio de la perfusión cardíaca donde podría tener una mayor eficacia diagnóstica, en términos de sensibilidad y especificidad, comparado con SPECT/TC convencionales.

Sin embargo, se está ampliando el campo de aplicación de esta tecnología para otras patologías y para otros usos clínicos.

## 1.7. Carga del problema de salud

La enfermedad de las arterias coronarias es una de las principales causas de mortalidad a nivel mundial, la cual se atribuye principalmente a la aterosclerosis de las arterias coronarias<sup>(14)</sup>.

La enfermedad cardiovascular es la primera causa de muerte y hospitalización en España y en la Unión Europea. La cardiopatía isquémica (CI) produce la mayor mortalidad cardiovascular y es la primera causa de muerte en el mundo. En España, la mortalidad por CI alcanzó el 7,8% del total en 2016 con diferencias por sexo significativas. En varones, el

porcentaje es mayor y constituye la primera causa de muerte desde 1987, y es la segunda en mujeres, después del accidente cerebrovascular.

En los países desarrollados, la mortalidad por CI disminuye desde 1975, y se ralentiza desde 1990. El descenso se atribuye tanto a mejores tratamientos del síndrome coronario agudo como a medidas de prevención. La incidencia de CI difiere significativamente por edad y sexo, así como la mortalidad, que aumenta rápidamente con la edad, y las tasas de las mujeres se aproximan a las de los varones 10 años menores.

La prevalencia también aumenta con la edad y difiere entre sexos. Datos de Estados Unidos mostraban predominio de varones tanto en CI en general como en el infarto de miocardio en particular en todos los grupos de edad. En España no hay datos de prevalencia real de CI, pero las encuestas de población incluyen el infarto de miocardio y permiten estimaciones indirectas, que proporcionan tasas inferiores a las americanas en todas las edades, descendiendo en 2006-2012<sup>(15)</sup>.

En el año 2019 en España, la prevalencia registrada de enfermedad isquémica del corazón se sitúa en 20,8 casos por cada 1.000 habitantes, más del doble en hombres que en mujeres (28,8 frente a 13,0). La tasa bruta de hospitalización por esta causa ha sido de 24,9 hospitalizaciones por 10.000 habitantes en 2017 y 24,2 en 2018, siendo casi el triple en hombres que en mujeres.

El número de consultas anuales de personas con enfermedad isquémica del corazón asciende a 22,6 millones, con una tasa anual de 24,3 consultas<sup>(16)</sup>.

La prevalencia de esta enfermedad aumenta claramente con la edad, comienza a ascender a partir de los 40 años y alcanza los valores máximos a los 85-89 años. Esta tendencia es similar en ambos sexos, aunque la magnitud es mucho mayor en hombres que en mujeres en todos los grupos de edad. Los valores más elevados se alcanzan en hombres de 85 a 89 años y en mujeres de 90 a 95 años (148,7 y 77,5 casos por 1.000 habitantes, respectivamente).

En 2019, se han producido 31.152 defunciones: 18.423 en hombres y 12.729 en mujeres, con una tasa bruta de mortalidad de 66,7 defunciones por 100.000 habitantes: 80,4 en hombres y 53,4 en mujeres<sup>(16)</sup>.

Además de la mortalidad prematura (MP) que causa la CI, los supervivientes a una fase aguda son pacientes crónicos, con progresión lenta y limitaciones de calidad de vida que afectan a sus cuidadores. Los efectos económicos son importantes para las familias y la sociedad y afectan a la sostenibilidad del sistema de salud. Así, se estimó que la

enfermedad cardiovascular llegó a causar más del 50% del gasto sanitario y casi un 25% de las pérdidas en productividad en Europa<sup>(14)</sup>. Por ello las actuaciones han de incluir estudios profundos y continuos<sup>(15)</sup>.

Es difícil conocer la carga de la enfermedad aportada por los usos del SPECT/TC CZT en su empleo en otros órganos y aparatos diferentes del cardiológico, pues es una tecnología en desarrollo y no se puede definir en este momento.

## 2. Alcance y objetivos

El objetivo de este informe es analizar la eficacia o efectividad diagnóstica y la seguridad del uso de la tomografía computarizada digital por emisión de fotón único combinada con TC (SPECT, SPECT-TC O SPECT-TAC) con detectores digitales de conversión directa con tecnología CZT (cadmio, zinc, telurio) en la evaluación de la perfusión miocárdica en pacientes con cardiopatía isquémica.

Como objetivo secundario se describirá la utilización de estos equipos en otras patologías y uso clínicos, en los que exista evidencia disponible.

### 2.1. Población diana

Pacientes que requieren de la realización de SPECT/TC en Medicina Nuclear en el proceso diagnóstico, en el tratamiento o en la monitorización en el contexto de la cardiopatía isquémica y en aquellas otras patologías, órganos o sistemas que aparezcan documentados en la literatura científica.

### 2.2. Nivel asistencial

El ámbito de aplicación son centros del SNS que cuenten con servicios de Medicina Nuclear y de especialidades relacionadas con el proceso asistencial de patologías que precisen esta técnica diagnóstica o bien que sean referidos a ellos.

### 2.3. Objetivos

#### 2.3.1. Objetivo principal

Evaluar la seguridad, efectividad del uso del SPECT/TC digital con detectores digitales de conversión directa con tecnología CZT (cadmio, zinc, telurio) en pacientes con cardiopatía isquémica frente a la práctica a SPECT/TC con sensores convencionales.

#### 2.3.2. Objetivo secundario

Describir la utilización de SPECT/TC digital con tecnología CZT en otras patologías y usos clínicos frente a con SPECT/TC con sensores convencionales.

## 3. Metodología

### 3.1. Búsqueda bibliográfica

Con el objeto de identificar documentos que permitan responder directamente a las preguntas con informes ya elaborados, se realizó una búsqueda sistemática de informes de evaluación o GPC en diferentes bases de datos bibliográficas electrónicas (CRD, Cochrane Library, Medline y Embase), y en páginas web de agencias de evaluación de tecnologías, así como en:

- TripDatabase, International Guidelines Library (GIN)
- National Guidelines Clearinghouse (NGC)
- National Institute for Health and Care Excellence (NICE)
- Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN)
- CRD-DARE

Esta búsqueda se efectuó siguiendo los criterios definidos por EUnetHTA<sup>(17)</sup>. Al no ser identificados documentos de este tipo que permitieran realizar una adaptación de ellas tomando como orientación la herramienta EUnetHTA HTA Adaptation toolkit, se elaboró *de novo* utilizando la metodología descrita en la Guía para la elaboración y adaptación de informes rápidos de evaluación de tecnologías sanitarias<sup>(18)</sup>.

Las búsquedas se realizaron en MEDLINE, EMBASE, Registro de Ensayos Clínicos (CENTRAL) y Cochrane library. La selección de estudios se realizó teniendo en cuenta el formato PICO de las preguntas y los diseños definidos, se incluyeron los estudios publicados en los idiomas inglés y español.

La bibliografía ha sido gestionada con la ayuda de software específico como Zotero o Endnote y en celdas de tablas organizadas ad hoc.

#### 3.1.1. Resultado de la búsqueda y selección de la bibliografía

Antes de la elaboración de las preguntas de investigación y con el fin de definir el posible contexto de uso de esta tecnología en el diagnóstico de la patología coronaria, se diseñó una estrategia de búsqueda de documentos

secundarios como GPC, informes de ETS y documentos de sociedades científicas. Todos los documentos identificados en esta búsqueda se muestran en el anexo 1, los de mayor interés son comentados a continuación.

En las recomendaciones de técnicas imagen cardiovascular sobre el diagnóstico y manejo de la cardiopatía isquémica de la ESC<sup>(19)</sup> no existe una mención explícita sobre la tecnología objeto de este informe, ni siquiera sobre equipos SPECT/TC convencionales.

Se ha podido identificar un informe de AETSA<sup>(20)</sup> sobre el empleo del SPECT en la estadificación oncológica, fue elaborado en 2015 y no menciona los equipos evaluados en este informe.

El Comité de Cardiovascular de la European Association of Nuclear Medicine (EANM) hizo una revisión narrativa<sup>(21)</sup> de las posibilidades que ofrecen los equipos dotados de detectores CZT en el estudio de la perfusión miocárdica, indicando que, respecto a los equipos convencionales: mejoran la calidad de la imagen y los parámetros de eficacia diagnóstica y disminuyen la exposición a la radiación

El uso de SPECT/TC CZT se menciona en distintas GPC:

- La GPC de la Sociedad de Medicina Nuclear e Imagen Molecular (Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging SNMMI) de 2013 menciona los detectores CZT como una próxima incorporación<sup>(22)</sup>.
- La GPC de Evaluación de Anomalías Coronarias congénitas de la Sociedad Americana de Ecocardiografía (American Society of Echocardiography)<sup>(23)</sup> indica que existe una información limitada sobre el papel del SPECT/TC en la valoración de los defectos de perfusión en los niños, aunque los detectores CZT serían preferibles a los sistemas con detectores convencionales.
- Finalmente, la Asociación Europea de Medicina Nuclear<sup>(3)</sup> (EANM) hace una revisión narrativa de las posibles ventajas de esta técnica diagnóstica –principalmente– sobre la perfusión miocárdica tanto en sistemas cardio-específicos como en los de uso general. No ofrece recomendaciones explícitas sobre el uso de la tecnología en evaluación.

Se elaboró por ello este informe, de novo, mediante revisión sistemática de la literatura siguiendo la metodología descrita en la “Guía para la elaboración y adaptación de informes rápidos de evaluación de tecnologías sanitarias”<sup>(18)</sup> realizada dentro de la Red Española de Agencias de Evaluación de Tecnologías Sanitarias y Prestaciones del SNS (RedETS).

Las búsquedas bibliográficas se cerraron en enero de 2022 y fueron realizadas, en diversas bases de datos que se indican en los apartados correspondientes, aunque principalmente se realizaron en las siguientes:

- Bases de datos generales: PubMed (Medline) y Embase (Ovid).
- Cochrane Library.

Este informe incluyó dos estrategias de búsqueda diferentes dirigidas a los dos objetivos establecidos. La primera de ellas dirigida a dar respuesta las preguntas clínicas definida en el anexo 2 relacionadas con la efectividad y seguridad de esta tecnología comparada con los equipos SPECT/TC convencionales en patología coronaria.

Posteriormente se diseñó y ejecutó una búsqueda para la elaboración de la revisión panorámica destinada a mostrar las distintas posibilidades de uso de la tecnología SPECT/TC CZT tanto actuales como potenciales. La descripción en forma de pregunta también se describe en el anexo 2.

**Pregunta 1 y 2:** Las estrategias de búsqueda fueron definidas partiendo de las preguntas clínicas (Ver Anexo 2) y después filtradas por tipos de publicación, seleccionando revisiones sistemáticas (RS) o meta-análisis.

Posteriormente, se realizó una búsqueda manual dentro de la bibliografía citada en los artículos y una búsqueda de citas cruzadas y citas referidas con el objeto de recuperar estudios no localizados en las búsquedas automatizadas. Finalmente se pidió a los colaboradores clínicos que validasen las búsquedas realizadas y además aportasen las referencias que creyesen oportunas y que no hubiesen aparecido en la búsqueda. Las estrategias de búsqueda para cada pregunta se describen en los anexos correspondientes a cada pregunta, los resultados se presentan en forma de diagramas de flujo en esos mismos anexos. Estas búsquedas se efectuaron según los criterios definidos por EUnetHTA<sup>(17)</sup>. Los resultados de las búsquedas fueron volcados en un gestor de referencias bibliográficas (Zotero), con el fin de eliminar los duplicados y mejorar la gestión documental.

En principio, se decidió seleccionar todas las publicaciones identificadas como revisiones sistemáticas o meta-análisis en el campo tipo de estudio, siempre que se ajustasen a los componentes de la pregunta, solamente en el caso de que no fuese posible identificar publicaciones utilizables con ese diseño se ampliaría la búsqueda. También fue una condición que los trabajos incluidos en las RS utilizaran como prueba de referencia (gold standar) la angiografía coronaria por ser la prueba de referencia usada en condiciones de práctica clínica habitual.

La selección de los trabajos, así como, la extracción y síntesis de información relevante de los estudios incluidos, se realizó por pares, siguiendo una metodología sistemática, y a través de formularios de extracción de datos específicos que incluyeron información general y específica de cada estudio, así como las variables y resultados más relevantes. Estos datos se volcaron en tablas de evidencia diseñadas específicamente para este informe y que se incluyen en el anexo correspondiente a cada pregunta. En él, se recogieron datos sobre el tipo de estudio, los autores, el tamaño, los objetivos, resultados, conclusiones, etc.

La síntesis de evidencia se realizó de acuerdo a los criterios de GRADE con la ayuda de la aplicación web GRADEpro<sup>(24)</sup> que fue utilizada también para la elaboración de las tablas de resultados.

Tanto el proceso de valoración de la calidad de las revisiones como la evaluación de la evidencia de los estudios incluidos fue realizado por dos investigadores de forma ciega e independiente. En caso de discrepancias, se solicitó la participación de un tercer evaluador y las discrepancias fueron resueltas por consenso de los tres.

**Otras aplicaciones:** Con el objeto de obtener una visión de conjunto fundamentada, se decidió hacer una búsqueda de la mayor amplitud posible usando palabras clave genéricas con sólo dos restricciones: la inclusión del término CZT y sus sinónimos y excluyendo los relacionados con la perfusión coronaria. Las estrategias de búsqueda fueron definidas centradas en publicaciones secundarias; guías de práctica clínica, documentos de consenso de sociedades u otras organizaciones y revisiones narrativas, esta selección se hizo considerando que de esta forma se podrían identificar experiencias de uso consolidadas y no pruebas de concepto o usos experimentales, que sin duda serán los trabajos publicados más frecuentes de una tecnología de aparición tan reciente. La descripción de las estrategias de búsqueda estás descritas en el anexo 3.2.1

Las búsquedas bibliográficas se cerraron en mayo de 2022 y fueron realizadas, en diversas bases de datos que se indican en los apartados correspondientes, aunque principalmente se realizaron en las siguientes bases de datos:

- Bases de datos generales: PubMed (Medline) y Embase (Ovid).
- Tryp database.
- Páginas web de diversas entidades y organismos.

## 3.2. Evaluación de la calidad

La calidad de los estudios identificados fue evaluada siempre por dos investigadores del equipo elaborador, que condensaron la valoración final de cada elemento de evidencia. Se utilizaron distintas herramientas en función del tipo de estudio identificado: Para la valoración de la calidad de las revisiones sistemáticas empleamos la herramienta AMSTAR 2<sup>(25)</sup>, para los ensayos clínicos la escala ROB 2 desarrollada por la Colaboración Cochrane<sup>(26)</sup> y para los estudios observacionales controlados la herramienta Robins-I<sup>(27)</sup>.

En caso de discrepancia entre los observadores se resolvió por consenso con la participación de un tercer observador.

La graduación de la evidencia se resumió mediante el sistema GRADE.

## 3.3. Extracción de datos

La extracción de datos fue llevada a cabo utilizando una hoja en formato Excel previamente diseñado en la que se recogieron las principales características de los estudios: diseño, ámbito geográfico y asistencial en el que se enmarca la evaluación, pacientes incluidos y otras variables de interés.

La extracción de la información se realizó de forma ciega e independiente por dos miembros del equipo elaborador, en caso de discrepancias, se solicitó la participación de un tercer evaluador y las discrepancias fueron resueltas por consenso de los tres.

## 3.4. Síntesis de la evidencia

A continuación, se elaboró síntesis de la evidencia y la valoración de la calidad de la misma utilizando la metodología del sistema GRADE, produciéndose al final las tablas de síntesis correspondientes de cada pregunta.

El grupo de trabajo encargado de las síntesis y valoración de la evidencia estuvo constituido por el equipo elaborador.

## 3.5. Preguntas de investigación (PICO)

El SPECT/TC digital con detectores digitales de conversión directa con tecnología CZT es una técnica diagnóstica empleada en los servicios

de Medicina Nuclear que podría aportar mejoras en efectividad, seguridad y eficiencia.

Basándose en el estado de desarrollo de la tecnología y sus indicaciones y contraindicaciones actuales, el equipo elaborador del informe determino la necesidad de responder a las siguientes preguntas de investigación:

<b>Pregunta de investigación 1</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Alcance</b>
Población	Pacientes con sospecha de isquemia coronaria que requieren realización de SPEC/TC
Intervención	Prueba de perfusión coronaria con SPEC/TC con sensores CZT
Comparación	Prueba de perfusión coronaria con SPEC/TC convencionales
Resultados	Variables de eficacia diagnóstica

<b>Pregunta de investigación 2</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Alcance</b>
Población	Pacientes con isquemia coronaria confirmada con angiografía coronaria
Intervención	Prueba de perfusión coronaria con SPEC/TC con sensores CZT
Comparación	Prueba de perfusión coronaria con SPEC/TC convencionales
Resultados	Exposición total a la radiación añadida al resto de las exploraciones radiológicas recibidas en el estudio de enfermedad coronaria

## 4. Eficacia/efectividad

Los SPECT/TC son equipos de amplia difusión en los servicios de Medicina Nuclear en el SNS. Su uso en el estudio de la perfusión coronaria está referido en distintos documentos. La incorporación de nuevos sensores CZT a los equipos SPECT/TC hace necesaria la evaluación de la efectividad comparada de estos nuevos equipos con los convencionales. En el marco del estudio de la enfermedad coronaria se ha estructurado esta evaluación respondiendo a la pregunta clínica en formato PICO, cuyo desarrollo se hace a continuación.

### 4.1. Pacientes con sospecha de isquemia coronaria

#### 4.1.1. Resultados de la búsqueda bibliográfica y selección de estudios

Después de eliminar los registros duplicados fueron identificadas 61 referencias (anexo 3.1.2.1). Con el objeto de seleccionar los trabajos pertinentes se revisaron todas las referencias por título y resumen, de forma independiente por dos autores; en caso de discrepancia sobre la selección de un trabajo, éste fue incluido en la selección. De esta forma fueron seleccionados 9 artículos para su lectura a texto completo (anexo 3.1.2.2). Tras esta lectura fueron identificados 2 trabajos (anexo 3.1.2.3). Las causas de exclusión están descritas en el Anexo 3.1.2.4

Al final de este proceso fue seleccionada la revisión de *Cantoni et al.*<sup>(28)</sup> cuyo objetivo es comparar el rendimiento diagnóstico entre SPECT-CZT y SPECT-convencional en pacientes con enfermedad coronaria confirmada mediante angiografía. Esta revisión fue calificada según criterios AMSTAR-II de baja calidad. Los principales déficits identificados fueron la falta de extracción duplicada de los datos, la falta de información para evaluar el riesgo de sesgo de los estudios primarios y la ausencia de descripción de la financiación de los estudios originales y sus conflictos de interés. Por lo demás la búsqueda fue satisfactoria y los trabajos incluidos presentaban, en general, una calidad suficiente a pesar de que no constaba en la mayoría la información esencial para valorar el riesgo de sesgo.

La comparación de la eficacia diagnóstica entre ambas técnicas se realizó de forma indirecta pues los autores de la revisión no pudieron

identificar trabajos que comparasen directamente ambas técnicas sobre una muestra de pacientes de una misma población, tampoco los autores del presente informe fueron capaces de identificar un estudio con ese objetivo.

Por otro lado, los trabajos incluidos se realizaron con muestras de pacientes con enfermedad coronaria establecida con criterios semejantes y la indicación de la realización de las técnicas de evaluación se hizo en condiciones de práctica clínica con el objeto de diagnosticar enfermedad coronaria, empleando después la misma prueba de referencia -angiografía coronaria-, aunque, a pesar de todo, las características de las poblaciones estudiadas en ambas ramas presentan algunas diferencias potencialmente relevantes.

La prevalencia mostrada en la revisión es alta en comparación con la identificada en muestras amplias poblacionales como, por ejemplo, la mostrada en Schwalm 2022<sup>(29)</sup>, sin embargo, dado que las determinaciones esenciales no son los valores predictivos, la relevancia de este particular es menor, aun así, las tasas de verdaderos y falsos positivos y negativos son mostrados en la tabla de perfil de la evidencia para ambas estimaciones de prevalencia. No obstante, se ha calculado la efectividad de las pruebas considerando ambas tasas de prevalencia.

Los autores de la revisión realizaron diversos análisis de subgrupos y meta-regresión para la identificación de causas de la heterogeneidad mostrada en los meta-análisis e identificar la posible influencia de distintos factores sociodemográficos y clínicos en las estimaciones de sensibilidad y especificidad, que no pudieron ser detectadas. El resultado de dicha evaluación se muestra en el anexo 3.4.1.

Además, también hemos considerado la evidencia como indirecta, pues el comparador utilizado fueron equipos de SPECT sin TC.

#### 4.1.2. Principales resultados

La revisión está centrada en el análisis de la eficacia diagnóstica, medida en términos de sensibilidad y especificidad. Con estos datos fue construida la tabla de perfil de la evidencia presente en el anexo 3.5.1

Fue evaluada la competencia diagnóstica de las pruebas en estudio de forma resumida mediante el cálculo del área bajo la curva ROC.

Se muestran los resultados relacionados con la sensibilidad y especificidad comparadas de ambas técnicas, las tasas de verdaderos y falsos positivos y negativos para dos prevalencias estimadas, así como los impactos en términos absolutos.

Así, la sensibilidad estimada es de 85% [IC95% 79%-89%] para SPECT-Convencional frente a 89% [IC95% 86%-91%] para SPECT-CZT y la especificidad es 66% [IC95% 56%-74%] y 69% [IC95% 61%-75%].

El análisis de las curvas ROC muestra un área bajo la curva ligeramente mayor para SPECT-CZT área=0,89 [IC95% 0,86-0,92], con regiones de confianza y predicción bastante restringidas, en comparación con SPECT-TC área=0,83 [IC95% 0,80-0,86]. (Test de hipótesis de la comparación  $p=0,03$ ).

Para todos los resultados, las diferencias fueron discretamente favorables a SPECT-CZT respecto de los equipos con sensores convencionales. Aunque estas diferencias son de pequeña magnitud, el análisis de las curvas ROC muestra una diferencia estadísticamente significativa.

La certeza en los resultados es muy baja, principalmente debido al carácter de evidencia indirecta de la revisión identificada y a la variabilidad no explicada de las estimaciones entre los distintos estudios incluidos en la revisión.

## 5. Riesgos y seguridad

Como en otras patologías, las distintas técnicas de imagen empleadas en la valoración de la perfusión cardiaca pueden originar efectos indeseados, aunque, constituyen solo una pequeña fracción comparados con el riesgo de la propia enfermedad coronaria, este riesgo, principalmente estaría relacionado con la potencial de exposición a radiación<sup>(30)</sup>.

### 5.1. Resultados de la búsqueda bibliográfica y selección de los estudios

La estrategia de búsqueda y el proceso de selección de la evidencia disponible fueron los mismos empleados para la pregunta 1, desarrollada en el apartado 3.1. No se realizó una búsqueda más específica porque dada la amplitud de la anterior no pareció necesario realizarla. Esta búsqueda está descrita en el anexo 3.1.1.

Tras la búsqueda fue posible identificar el trabajo de Baumgarten 2021<sup>(31)</sup>. Es un estudio observacional con grupo control apareado por edad, sexo e índice de masa corporal. En él se incluyeron pacientes remitidos a una sola institución para la evaluación de una posible enfermedad coronaria mediante SPECT. El objetivo es determinar en ese grupo de pacientes la dosis total de radiación recibida en todo el proceso diagnóstico y de tratamiento -cuando se indicó- hasta 90 días después de la indicación de la prueba. Tanto el grupo intervención (SPECT-CZT) como los controles (SPECT-convencional) recibieron, en principio, la misma rutina diagnóstica y terapéutica según los hallazgos y necesidades indicadas por los profesionales responsables. Al final del proceso se cuantificó la dosis total de radiación recibida, incluyendo: la recibida en el SPECT, las angiografías, cateterismos y la intervención coronaria percutánea cuando esta fue realizada en los siguientes 90 días. La diferencia fue calculada por los autores del presente informe.

Se evaluó el riesgo de sesgo de este trabajo mediante la herramienta Robins-I<sup>(27)</sup>. Los autores controlaron la presencia de factores de confusión mediante el apareamiento de los pacientes expuestos a SPECT-CZT y los controles y mediante análisis multivariado. Sin embargo, no se especificó con claridad el procedimiento de selección de los pacientes incluidos ni la propia clasificación de los mismos, tampoco se describieron con claridad los elementos de diseño que se emplearon para disminuir el riesgo de sesgo derivado de la falta de datos o de la selección de la información; por

todo ello el estudio fue calificado como de riesgo serio. El resultado de dicha evaluación se muestra en el anexo 3.4.2.

Por último, es preciso considerar esta evidencia como indirecta, pues los pacientes no fueron evaluados con equipos híbridos, sino con equipos de SPECT no dotados de TAC.

## 5.2. Principales resultados

La tabla de perfil de la evidencia (anexo 3.5.2) se muestra el resultado de la diferencia de dosis de radiación recibida por ambas muestras de pacientes. La certeza en el resultado se ha considerado muy baja esencialmente, por el riesgo de sesgo inherente al carácter observacional del trabajo identificado y sus déficits de información y también por el carácter indirecto de la evidencia.

El principal resultado mostrado es la diferencia de dosis recibida que entre los pacientes incluidos el grupo expuesto a SPECT-CZT y los incluidos en el grupo de comparación estimada en  $-3,1$  mSv [IC95%  $-4,32; -1,87$ ].

Esta dosis fue recibida, en ambos grupos, durante todo el episodio de diagnóstico y tratamiento siguiendo práctica clínica habitual.

## 6. Otras aplicaciones

### 6.1. Resultados de la búsqueda bibliográfica y selección de los estudios

La búsqueda permitió identificar 35 referencias que tras eliminar duplicados finalmente restaron 32 trabajos. Se procedió a la lectura de título y resumen de las mismas con el objeto de desechar aquellas que no eran de utilidad por no describir aplicaciones clínicas presentes o de pronta incorporación, esta depuración fue realizada de forma independiente por dos autores; en caso de discrepancia sobre la selección de un trabajo, éste fue incluido en la selección. Finalmente fueron seleccionados 8 artículos para su lectura a texto completo (anexo 3.2.2.2). Tras esta lectura fueron identificados 6 trabajos (anexo 3.2.2.3) Las causas de exclusión fueron la falta de mención del término CZT –y sus sinónimos- y sus objetivos eran describir el posible uso de moléculas con potencial uso en el ámbito de la medicina nuclear, se describe en detalle en el anexo 3.2.2.4.

La descripción de este proceso se muestra en el diagrama de flujo del Anexo 3.3.2.

Dado que el objetivo de esta parte del presente informe es puramente descriptivo, no se realizó análisis de la calidad de los trabajos ni del grado de certeza, aunque si se recogió el tipo de trabajo y otras características en la tabla que se muestra a continuación. La extracción de datos se realizó por duplicado de forma paralela e independiente.

**TABLA 1.**  
**Estudios incluidos. Otras aplicaciones SPECT/TC CZT**

Estudio	Tipo de estudio	Usos mencionados
<b>Frantellizzi 2020</b>	Revisión narrativa	Estudio de la perfusión vascular cerebral
<b>Hutton 2018</b>	Revisión narrativa	Estudio de patología mamaria. Detección y monitorización de lesiones tumorales, especialmente infiltración linfática.
<b>Kanata 2020</b>	Revisión narrativa	Estudio de la perfusión vascular cerebral
<b>Melki 2020</b>	Descripción de un caso	Estudio de detección de lesiones óseas

<b>Ritt 2022</b>	Revisión narrativa	Estudio de la perfusión vascular cerebral Aunque no se menciona de forma explícita, se indica que mejora la capacidad de reconstrucción 3D lo que podría ser de gran utilidad para mejorar las imágenes de radioembolización de lesiones intrahepáticas, en hígado sano y pulmón
<b>Tissot 2019</b>	Estudio observacional (serie de casos)	Cuantificación de la fracción de eyección de ventrículo izquierdo.

Como se muestra la aplicación más frecuente no relacionada con la perfusión coronaria parece ser el estudio de la perfusión vascular cerebral, posiblemente debido a la mejora de la resolución y la rapidez del análisis que han aportado los sensores de CZT.

También se han descrito la utilidad para la detección y seguimiento de lesiones sólidas de origen tumoral o sospechosas de serlo, especialmente en lesiones de mama, sistema linfático y óseas.

Finalmente, también se ha comunicado el empleo de los dispositivos objeto del informe en el análisis y cuantificación de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo.

Como se mencionó anteriormente estas aplicaciones ya se realizaban con equipos SPECT/TC convencionales, la incorporación de los equipos dotados con sensores CZT está siendo paulatina. La evidencia de las ventajas aportadas por los nuevos sensores está empezando a ser accesible y posiblemente en un futuro próximo será abundante.

## 7. Discusión

Lo primero a destacar en la revisión sistemática de la literatura realizada para conocer la eficacia de esta prueba en el diagnóstico de enfermedad coronaria es que, a pesar de haberse realizado una búsqueda muy sensible, con el objetivo de encontrar toda la información disponible en las 3 bases de datos consultadas, no se ha encontrado información que permita responder a la pregunta realizada de los beneficios de SPECT/TC-CZT frente a SPECT/TC convencional. Esto ha limitado la certeza de la evidencia, pues obliga a basar el conocimiento en estudios indirectos, con grupo control SPECT solo.

Además de eso, la evidencia surge de una revisión sistemática de baja calidad, lo que aumenta la probabilidad de riesgo de sesgos y baja aún más la calidad de la evidencia.

Es por ello que, en este momento, no podemos concluir cuál es el beneficio conseguido con el uso de sensores CZT frente a la técnica empleada con anterioridad.

La explicación que podríamos dar a esto es que no exista una necesidad de investigación, pues el uso de CZT podría suponer solo un paso en la modernización de una tecnología ya empleada para estos propósitos y que va a reemplazar a las ya existentes y utilizadas en la práctica clínica habitual, sin que requiera un análisis de la eficacia específica. La mejora tecnológica en cuanto a mejoría en la calidad de imagen debe ir asociada a una mejora de la técnica. Lo que quedaría por demostrar es si esa mejoría supone una modificación en el manejo/pronóstico del paciente.

Respecto al barrido realizado para otras indicaciones diagnósticas o terapéuticas más allá de la cardiopatía isquémica, la scoping review o estado de la ciencia realizado no apunta a un campo emergente, sino que parece que el cambio de sensor es muy reciente y las indicaciones nuevas estarán por ver, y no parece que todavía se tenga conocimiento científico sobre ellas.

## 8. Conclusión

- Actualmente el uso de CZT supone la actualización de una tecnología ya consolidada.
- La evidencia identificada para evaluar el beneficio del SPECT-TC CZT frente a SPECT-TC, aunque de mala calidad y siendo indirecta permite concluir que podría ser más eficaz sin que se produzcan efectos secundarios superiores que limiten el uso de esta tecnología en el estudio de la enfermedad isquémica coronaria.
- La dosis de radiación recibida en los pacientes que se les realiza SPECT/TC CZT parece ser menor respecto a los que se les realiza SPECT/TC convencional, si bien, la calidad de la evidencia se ha considerado muy baja esencialmente, por el riesgo de sesgo y ser indirecta.
- La utilización de esta tecnología para otras indicaciones diferentes de la cardíaca está empezando a definirse, en el momento actual la descrita con mayor frecuencia podría ser el estudio de la perfusión vascular cerebral y el estudio de lesiones sólidas malignas o sospechosas de malignidad.

## 9. Bibliografía

1. Ritt P. Recent Developments in SPECT/CT. *Semin Nucl Med.* mayo de 2022;52(3):276-85.
2. Berman DS, Kang X, Tamarappoo B, Wolak A, Hayes SW, Nakazato R, et al. Stress thallium-201/rest technetium-99m sequential dual isotope high-speed myocardial perfusion imaging. *JACC Cardiovasc Imaging.* marzo de 2009;2(3):273-82.
3. Hyafil F, Gimelli A, Slart RHJA, Georgoulas P, Rischpler C, Lubberink M, et al. EANM procedural guidelines for myocardial perfusion scintigraphy using cardiac-centered gamma cameras. *Eur J Hybrid Imaging.* 2 de julio de 2019;3(1):11.
4. Belziti César A. Precondicionamiento isquémico. *Rev. argent. cardiol.* [Internet]. 2007 Oct [citado 2022 Jun 10]; 75(5): 341-342
5. Rodríguez-Palomares JF, Aguadé-Bruix S. Nuclear cardiology: role in the world of multimodality cardiac imaging. *Rev Espanola Cardiol Engl Ed.* junio de 2015;68(6):460-4.
6. Johnson RD, Bath NK, Rinker J, Fong S, St James S, Pampaloni MH, et al. Introduction to the D-SPECT for Technologists: Workflow Using a Dedicated Digital Cardiac Camera. *J Nucl Med Technol.* diciembre de 2020;48(4):297-303.
7. Liu H, Chan C, Grobshstein Y, Ma T, Liu Y, Wang S, et al. Anatomical-based partial volume correction for low-dose dedicated cardiac SPECT/CT. *Phys Med Biol.* 7 de septiembre de 2015;60(17):6751-73.
8. MyoSPECT. <https://www.gehealthcare.es/products/molecular-imaging-old/myospect#listado-de-productos>.
9. Wacholz C, Hruska C, OConnor M. Veriton Multi-CZT Detector SPECT/CT System Acceptance Testing. *J Nucl Med.* 1 de mayo de 2020;61(supplement 1):3003.
10. NM CT 870 CZT [Internet]. [citado 17 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.gehealthcare.es/products/molecular-imaging/nuclear-medicine/nm-ct-870-czt>.
11. Perrin M, Djaballah W, Moulin F, Claudin M, Veran N, Imbert L, Poussier S, Morel O, Besseau C, Verger A, Boutley H, Karcher G, Marie PY. Stress-first protocol for myocardial perfusion SPECT imaging with semiconductor cameras: high diagnostic performances

- with significant reduction in patient radiation doses. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2015 Jun;42(7):1004-11. doi: 10.1007/s00259-015-3016-7. Epub 2015 Feb 25. PMID: 25711177
12. Juliana Ester Martín Lopez, Maria Nieves Respaldiza Salas, Elena Baños Álvarez, et al. FDG-PET/TC y SPECT para la estadificación oncológica: estadificación del cáncer colorrectal, identificación del nódulo pulmonar solitario y re-estadificación del linfoma. Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Andalucía. Sevilla; 2015.
  13. Tomografía por emisión de fotón simple: SPECT y SPECT-TC [Internet]. Portal de Salud de la Junta de Castilla y León. [citado 17 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.saludcastillayleon.es/AulaPacientes/es/pruebas-diagnosticas/pruebas-diagnostico-imagen/pruebas/pruebas-medicina-nuclear/tomografia-emision-foton-simple-spect-spect-tc>.
  14. Xu J, Cai F, Geng C, Wang Z, Tang X. Diagnostic Performance of CMR, SPECT, and PET Imaging for the Identification of Coronary Artery Disease: A Meta-Analysis. *Front Cardiovasc Med*. 2021;8:621389.
  15. Hervella MI, Carratalá-Munuera C, Orozco-Beltrán D, López-Pineda A, Bertomeu-González V, Gil-Guillén VF, et al. Trends in premature mortality due to ischemic heart disease in Spain from 1998 to 2018. *Rev Espanola Cardiol Engl Ed*. octubre de 2021;74(10):838-45.
  16. Ministerio de Sanidad - Portal Estadístico del SNS - Informe anual del Sistema Nacional de Salud [Internet]. [citado 17 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.sanidad.gob.es/estadEstudios/estadisticas/sisInfSanSNS/tablasEstadisticas/InfAnSNS.htm>.
  17. EUnetHTA JA3WP6B2-2 Authoring Team. Process of information retrieval for systematic reviews and health technology assessments on clinical effectiveness. Methodological Guidelines. Diemen (The Netherlands): EUnetHTA; 2019. Available from <https://www.eunetha.eu/> [Internet]. [citado 13 de mayo de 2021]. Disponible en: [https://eunetha.eu/wp-content/uploads/2020/01/EUnetHTA\\_Guideline\\_Information\\_Retrieval\\_v2-0.pdf](https://eunetha.eu/wp-content/uploads/2020/01/EUnetHTA_Guideline_Information_Retrieval_v2-0.pdf).
  18. Janet Puñal Riobóo, Leonor Varela-Lema, María Auxiliadora Castillo Muñoz, Gerardo Atienza Merino, Elena Baños, Ruth Ubago Perez, et al. Guía para la elaboración y adaptación de informes rápidos de evaluación de tecnologías sanitarias [Guideline for the elaboration and adaptation of rapid health technology assessment report].

[Internet]. 2016. Disponible en: [http://avalia-t.sergas.es/DXerais/621/avalia-t201510\\_GuiaMetodologica.pdf](http://avalia-t.sergas.es/DXerais/621/avalia-t201510_GuiaMetodologica.pdf).

19. Saraste A, Knuuti J. ESC 2019 guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes: Recommendations for cardiovascular imaging. *Herz*. agosto de 2020;45(5):409-20.
20. FDG-PET/TC y SPECT para la estadificación oncológica: estadificación del cáncer colorrectal, identificación del nódulo pulmonar solitario y re-estadificación del linfoma. Juliana Ester Martín López, Maria Nieves Respaldiza Salas, Elena Baños Álvarez, Rebeca Isabel Gómez, Carmen Beltrán Calvo, Teresa Molina López. Sevilla: Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Andalucía; 2015.
21. Agostini D, Marie PY, Ben-Haim S, Rouzet F, Songy B, Giordano A, et al. Performance of cardiac cadmium-zinc-telluride gamma camera imaging in coronary artery disease: a review from the cardiovascular committee of the European Association of Nuclear Medicine (EANM). *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. diciembre de 2016;43(13):2423-32.
22. Dorbala S, Di Carli MF, Delbeke D, Abbara S, DePuey EG, Dilsizian V, et al. SNMMI/ASNC/SCCT guideline for cardiac SPECT/CT and PET/CT 1.0. *J Nucl Med Off Publ Soc Nucl Med*. agosto de 2013;54(8):1485-507.
23. Frommelt P, Lopez L, Dimas VV, Eidem B, Han BK, Ko HH, et al. Recommendations for Multimodality Assessment of Congenital Coronary Anomalies: A Guide from the American Society of Echocardiography: Developed in Collaboration with the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Japanese Society of Echocardiography, and Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *J Am Soc Echocardiogr Off Publ Am Soc Echocardiogr*. marzo de 2020;33(3):259-94.
24. Evidence prime. GRADEpro [Internet]. [citado 30 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://gradepro.org/product>.
25. Shea BJ, Reeves BC, Wells G, Thuku M, Hamel C, Moran J, et al. AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both. *BMJ*. 21 de septiembre de 2017;4008.
26. Sterne JAC, Savović J, Page MJ, Elbers RG, Blencowe NS, Boutron I, et al. RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*. 28 de agosto de 2019;366:l4898.

27. Sterne JA, Hernán MA, Reeves BC, Savović J, Berkman ND, Viswanathan M, et al. ROBINS-I: a tool for assessing risk of bias in non-randomised studies of interventions. *BMJ*. 12 de octubre de 2016;355:i4919.
28. Cantoni V, Green R, Acampa W, Zampella E, Assante R, Nappi C, et al. Diagnostic performance of myocardial perfusion imaging with conventional and CZT single-photon emission computed tomography in detecting coronary artery disease: A meta-analysis. *J Nucl Cardiol Off Publ Am Soc Nucl Cardiol*. abril de 2021;28(2):698-715.
29. Schwalm JD, Di S, Sheth T, Natarajan MK, O'Brien E, McCready T, et al. A machine learning-based clinical decision support algorithm for reducing unnecessary coronary angiograms. *Cardiovasc Digit Health J*. febrero de 2022;3(1):21-30.
30. Knuuti J, Bengel F, Bax JJ, Kaufmann PA, Le Guludec D, Perrone Filardi P, et al. Risks and benefits of cardiac imaging: an analysis of risks related to imaging for coronary artery disease. *Eur Heart J*. marzo de 2014;35(10):633-8.
31. Baumgarten R, Cerci RJ, de Nadai Costa A, Pereira-Neto CC, Prado P, Zapparoli M, Masukawa M, Cerci JJ, Vitola JV, Fernandes-Silva MM. Radiation exposure after myocardial perfusion imaging with Cadmium-Zinc-Telluride camera versus conventional camera. *J Nucl Cardiol*. 2021 Jun;28(3):992-999. doi: 10.1007/s12350-020-02146-9. Epub 2020 May 14. PMID: 32410061.

# 10. Anexos

## Anexo 1

### Bibliografía de documentos secundarios

- Agostini, Denis, Pierre-Yves Marie, Simona Ben-Haim, François Rouzet, Bernard Songy, Alessandro Giordano, Alessia Gimelli, et al. 2016. «Performance of Cardiac Cadmium-Zinc-Telluride Gamma Camera Imaging in Coronary Artery Disease: A Review from the Cardiovascular Committee of the European Association of Nuclear Medicine (EANM)». *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* 43 (13): 2423-32.
- Berman, Daniel S., Xingping Kang, Balaji Tamarappoo, Arik Wolak, Sean W. Hayes, Ryo Nakazato, Louise E. J. Thomson, et al. 2009. «Stress Thallium-201/Rest Technetium-99m Sequential Dual Isotope High-Speed Myocardial Perfusion Imaging». *JACC. Cardiovascular Imaging* 2 (3): 273-82. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2008.12.012>.
- CADTH, Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health. 2012. «Advances in Single Photon Emission Computed Tomography Imaging Technology for Patients Requiring SPECT Diagnostic Imaging: Clinical Evidence and Cost-Effectiveness», marzo, 7.
- Camoni, Luca, Andrea Santos, Marieclaire Attard, Marius Ovidiu Mada, Agata Karolina Pietrzak, Sonja Rac, Sebastijan Rep, Christelle Terwinghe, Pedro Fragoso Costa, y Technologist Committee of the European Association of Nuclear Medicine (EANM). 2020. «Best Practice for the Nuclear Medicine Technologist in CT-Based Attenuation Correction and Calcium Score for Nuclear Cardiology». *European Journal of Hybrid Imaging* 4 (1): 11. <https://doi.org/10.1186/s41824-020-00080-0>.
- Dorbala, Sharmila, Marcelo F. Di Carli, Dominique Delbeke, Suhny Abbara, E. Gordon DePuey, Vasken Dilsizian, Joey Forrester, et al. 2013. «SNMMI/ASNC/SCCT Guideline for Cardiac SPECT/CT and PET/CT 1.0». *Journal of Nuclear Medicine: Official Publication, Society of Nuclear Medicine* 54 (8): 1485-1507. <https://doi.org/10.2967/jnumed.112.105155>.
- Fazel, Reza, Thomas C. Gerber, Stephen Balter, David J. Brenner, J. Jeffrey Carr, Manuel D. Cerqueira, Jersey Chen, et al. 2014. «Approaches to

Enhancing Radiation Safety in Cardiovascular Imaging: A Scientific Statement from the American Heart Association». *Circulation* 130 (19): 1730-48. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000048>.

- Frommelt, Peter, Leo Lopez, V. Vivian Dimas, Benjamin Eidem, B. Kelly Han, H. Helen Ko, Richard Lorber, et al. 2020. «Recommendations for Multimodality Assessment of Congenital Coronary Anomalies: A Guide from the American Society of Echocardiography: Developed in Collaboration with the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Japanese Society of Echocardiography, and Society for Cardiovascular Magnetic Resonance». *Journal of the American Society of Echocardiography: Official Publication of the American Society of Echocardiography* 33 (3): 259-94. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2019.10.011>.
- Gimelli, Alessia, Riccardo Liga, Denis Agostini, Frank M. Bengel, Sabine Ernst, Fabien Hyafil, Antti Saraste, et al. 2021. «The Role of Myocardial Innervation Imaging in Different Clinical Scenarios: An Expert Document of the European Association of Cardiovascular Imaging and Cardiovascular Committee of the European Association of Nuclear Medicine». *European Heart Journal. Cardiovascular Imaging* 22 (5): 480-90. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jeab007>.
- Gulati, Martha, Phillip D. Levy, Debabrata Mukherjee, Ezra Amsterdam, Deepak L. Bhatt, Kim K. Birtcher, Ron Blankstein, et al. 2021. «2021 AHA/ACC/ASE/CHEST/SAEM/SCCT/SCMR Guideline for the Evaluation and Diagnosis of Chest Pain: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines». *Circulation* 144 (22): e368-454. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001029>.
- Hyafil, Fabien, Alessia Gimelli, Riemer H. J. A. Slart, Panagiotis Georgoulas, Christoph Rischpler, Mark Lubberink, Roberto Sciagra, et al. 2019. «EANM Procedural Guidelines for Myocardial Perfusion Scintigraphy Using Cardiac-Centered Gamma Cameras». *European Journal of Hybrid Imaging* 3 (1): 11. <https://doi.org/10.1186/s41824-019-0058-2>.
- Juliana Ester Martín Lopez, Maria Nieves Respaldiza Salas, Elena Baños Álvarez, y et al. 2015. «FDG-PET/TC y SPECT para la estadificación oncológica: estadificación del cáncer colorrectal, identificación del nódulo pulmonar solitario y re-estadificación del linfoma.» Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Andalucía. Sevilla.
- Knuuti, J. 2020. «2019 ESC Guidelines for the Diagnosis and Management of Chronic Coronary Syndromes The Task Force for the Diagnosis and Management of Chronic Coronary Syndromes of the European Society

- of Cardiology (ESC)». *Russian Journal of Cardiology* 25 (2): 119-80. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2020-2-3757>.
- Knuuti, Juhani, Frank Bengel, Jeroen J. Bax, Philipp A. Kaufmann, Dominique Le Guludec, Pasquale Perrone Filardi, Claudio Marcassa, et al. 2014. «Risks and Benefits of Cardiac Imaging: An Analysis of Risks Related to Imaging for Coronary Artery Disease». *European Heart Journal* 35 (10): 633-38. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehf512>.
  - Morelle, Maxime, Dimitri Bellevre, Claude Hossein-Foucher, Alain Manrique, y Alban Bailliez. 2020. «First Comparison of Performances between the New Whole-Body Cadmium-Zinc-Telluride SPECT-CT Camera and a Dedicated Cardiac CZT Camera for Myocardial Perfusion Imaging: Analysis of Phantom and Patients». *Journal of Nuclear Cardiology: Official Publication of the American Society of Nuclear Cardiology* 27 (4): 1261-69. <https://doi.org/10.1007/s12350-019-01702-2>.
  - Saraste, Antti, y Juhani Knuuti. 2020. «ESC 2019 Guidelines for the Diagnosis and Management of Chronic Coronary Syndromes: Recommendations for Cardiovascular Imaging». *Herz* 45 (5): 409-20. <https://doi.org/10.1007/s00059-020-04935-x>.
  - Schwalm, J. D., Shuang Di, Tej Sheth, Madhu K. Natarajan, Erin O'Brien, Tara McCready, y Jeremy Petch. 2022. «A Machine Learning-Based Clinical Decision Support Algorithm for Reducing Unnecessary Coronary Angiograms». *Cardiovascular Digital Health Journal* 3 (1): 21-30. <https://doi.org/10.1016/j.cvdhj.2021.12.001>.
  - Sciagrà, Roberto, Mark Lubberink, Fabien Hyafil, Antti Saraste, Riemer H. J. A. Slart, Denis Agostini, Carmela Nappi, et al. 2021. «EANM Procedural Guidelines for PET/CT Quantitative Myocardial Perfusion Imaging». *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* 48 (4): 1040-69. <https://doi.org/10.1007/s00259-020-05046-9>.
  - Verberne, Hein J., Wanda Acampa, Constantinos Anagnostopoulos, Jim Ballinger, Frank Bengel, Pieter De Bondt, Ronny R. Buechel, et al. 2015. «EANM Procedural Guidelines for Radionuclide Myocardial Perfusion Imaging with SPECT and SPECT/CT: 2015 Revision». *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* 42 (12): 1929-40. <https://doi.org/10.1007/s00259-015-3139-x>.

## Anexo 2. Preguntas PICO

Pregunta de Investigación 1	
Descripción	
Población	Pacientes con sospecha de enfermedad coronaria
Intervención	Prueba de perfusión coronaria con SPECT/TC con sensores CZT
Comparación	Prueba de perfusión coronaria con SPECT/TC con sensores convencionales
Resultados	Medidas de eficacia diagnóstica.

Pregunta de Investigación 2	
Descripción	
Población	Pacientes con enfermedad coronaria confirmada por angiografía coronaria
Intervención	Prueba de perfusión coronaria con SPECT/TC con sensores CZT
Comparación	Prueba de perfusión coronaria con SPECT/TC con sensores convencionales
Resultados	Exposición total a la radiación añadida al resto de las exploraciones radiológicas recibidas en el estudio de enfermedad coronaria.

# Anexo 3.

## 3.1. Preguntas 1 y 2

### 3.1.1. Estrategias de búsqueda en las bases de datos bibliográficas y resultados

#### Bases de datos utilizadas, estrategias y resultados

BASE DE DATOS - 1			
Nombre BD	Ovid MEDLINE		
Fecha de búsqueda	11/04/2022		
Estrategia	Ovid MEDLINE(R) ALL / PubMed(R) <1946 to Present>		
	Nº.	Query	Results
	1	exp Myocardial Ischemia/	456571
	2	(myocardial and (ischemi* or infarction or reperfusion or injury)).tw,kw.	250374
	3	Acute coronary syndrome.tw,kw.	26909
	4	(angina and (pectoris or stable or unstable or microvascular)).tw,kw.	35978
	5	(coronary and (disease* or arter* or aneurysm* or occlusion* or stenosis or restenosis or subclavian or thrombosis or vasospasm)).tw,kw.	338001
	6	Kounis syndrome*.tw,kw.	619
	7	or/1-6	664046
	8	exp Tomography, Emission-Computed, Single-Photon/	33894
	9	single photon emission computed tomography.tw,kw.	16198
	10	Single-Photon Emission CT.kw,tw.	887

**BASE DE DATOS - 1**

Nombre BD	Ovid MEDLINE		
	11	SPECT.tw,kw.	30663
	12	CT scan.tw,kw.	62445
	13	exp Myocardial Perfusion Imaging/	5351
	14	(myocardial and (perfusion or imaging or scintigraphy)).tw,kw.	49316
	15	or/8-14	149516
	16	Cadmium/	34340
	17	Zinc/	63733
	18	Tellurium/	3369
	19	("cadmium-zinc-telluride" or CZT or CdZnTe or "Cd-Zn-Te" or "CZT cpd" or cadmium or zinc or tellerium or telluride).tw,kw.	166757
	20	or/16-19	194129
	21	15 and 20	530
	22	Coronary Angiography/	70650
	23	Coronary Angiograph*.tw,kw.	36084
	24	Coronariograph*.tw,kw.	157
	25	or/22-24	86316
	26	exp "Sensitivity and Specificity"/	634442
	27	Sensitivit*.tw,kw.	920019
	28	Specificit*.tw,kw.	542205
	29	(predictive value\$1 and (test\$1 or positive or negative)).tw,kw.	91941
	30	(ROC and (curve\$1 or analys#s)).tw,kw.	64381
	31	receiver Operat* Characteristic\$1.tw,kw.	100477

BASE DE DATOS - 1			
Nombre BD	Ovid MEDLINE		
	32	Signal To Noise Ratio\$1.tw,kw.	35012
	33	area under curve/	44782
	34	Area under curve\$1.tw,kw.	8260
	35	AUC.tw,kw.	92862
	36	or/26-35	1760126
	37	7 and 21 and 25 and 36	68
	38	limit 37 to yr="2010 -Current"	66
	39	limit 38 to ((english or french or spanish) and (clinical study or clinical trial, all or clinical trial or meta analysis or randomized controlled trial or "review" or "systematic review"))	13

BASE DE DATOS - 2			
Nombre BD	EMBASE		
Fecha de búsqueda	11/04/2022		
Estrategia	Embase Session Results (11 Apr 2022)		
	Nº.	Query	Results
	#39	#36 AND ('clinical trial'/de OR 'controlled clinical trial'/de OR 'controlled study'/de OR 'meta analysis'/de OR 'randomized controlled trial'/de OR 'randomized controlled trial topic'/de OR 'systematic review'/de) AND ('article'/it OR 'article in press'/it OR 'review'/it)	39

## BASE DE DATOS - 2

Nombre BD	EMBASE		
	#38	#36 AND ('clinical trial'/de OR 'controlled clinical trial'/de OR 'controlled study'/de OR 'meta analysis'/de OR 'randomized controlled trial'/de OR 'randomized controlled trial topic'/de OR 'systematic review'/de)	76
	#37	#36 AND ('consensus development'/de OR 'practice guideline'/de)	0
	#36	#11 AND #21 AND #23 AND #33 AND [2010-2021]/py AND ([english]/lim OR [french]/lim OR [spanish]/lim)	134
	#35	#11 AND #21 AND #23 AND #33 AND [2010-2021]/py	135
	#34	#11 AND #21 AND #23 AND #33	137
	#33	#24 OR #25 OR #26 OR #27 OR #28 OR #29 OR #30 OR #31 OR #32	1999218
	#32	'area under the curve':ti,ab,kw OR auc:ti,ab,kw	210423
	#31	'area under the curve'/exp	170248
	#30	'signal noise ratio'/exp	51084
	#29	'signal to noise ratio*':ti,ab,kw	35707
	#28	'receiver operating characteristic*':ti,ab,kw	105800
	#27	roc:ti,ab,kw AND (curve*:ti,ab,kw OR analys*s:ti,ab,kw)	104317
	#26	'predictive value*':ti,ab,kw AND (test*:ti,ab,kw OR positive:ti,ab,kw OR negative:ti,ab,kw)	136601
	#25	sensitivity:ti,ab,kw OR specificity:ti,ab,kw	1429464
	#24	'sensitivity and specificity'/exp	397506

## BASE DE DATOS - 2

Nombre BD	EMBASE		
	#23	'coronary angiography'/exp OR 'angiography, coronary' OR 'arteriography, coronary' OR 'coronarography' OR 'coronary angiography' OR 'coronary arteriogram' OR 'coronary arteriography' OR 'coronary arteriography' OR 'coronariograph'	81442
	#22	'coronary angiography'/exp OR 'angiography, coronary' OR 'arteriography, coronary' OR 'coronarography' OR 'coronary angiography' OR 'coronary arteriogram' OR 'coronary arteriography' OR 'coronary arteriography'	81091
	#21	#15 AND #20	1235
	#20	#16 OR #17 OR #18 OR #19	264534
	#19	'cadmium-zinc-telluride':ti,ab,kw OR cz:ti,ab,kw OR cdznte:ti,ab,kw OR 'cd-zn-te':ti,ab,kw OR 'czt cpd':ti,ab,kw OR cadmium:ti,ab,kw OR zinc:ti,ab,kw OR tellerium:ti,ab,kw OR telluride:ti,ab,kw	190355
	#18	'tellurium'/exp	3717
	#17	'zinc'/exp	125542
	#16	'cadmium'/exp	75324
	#15	#12 OR #13 OR #14	148846
	#14	myocardial:ti,ab,kw AND (perfusion:ti,ab,kw OR imaging:ti,ab,kw OR scintigraphy:ti,ab,kw)	80250
	#13	'myocardial perfusion imaging'/exp	10202

**BASE DE DATOS - 2**

Nombre BD	EMBASE		
	#12	'single photon emission computed tomography'/exp OR 'spect' OR 'computer assisted tomography, single photon emission' OR 'emission computer tomography, single photon' OR 'single photon emission computed tomography' OR 'single photon emission computer tomography' OR 'single-photon emission-computed tomography' OR 'tomography, emission-computed, single-photon'	80946
	#11	#1 OR #2 OR #3 OR #4 OR #5 OR #6 OR #7 OR #8 OR #9 OR #10	1030427
	#10	'takotsubo cardiomyopathy':ti,ab,kw	18
	#9	'myocardial hibernation':ti,ab,kw	318
	#8	'kounis syndrome':ti,ab,kw	713
	#7	'isch\$emic cardiomyopath*':ti,ab,kw	11727
	#6	(heart:ti,ab,kw OR myocardial:ti,ab,kw) AND (infarction:ti,ab,kw OR isch\$emi*:ti,ab,kw)	458855
	#5	coronary:ti,ab,kw AND (disease*:ti,ab,kw OR artery:ti,ab,kw OR aneurysm:ti,ab,kw OR occlusion*:ti,ab,kw OR stenosis*:ti,ab,kw OR restenosis*:ti,ab,kw OR subclavian:ti,ab,kw OR thrombosis*:ti,ab,kw OR vasospasm:ti,ab,kw)	473343
	#4	'cardiac allograft vasculopath*':ti,ab,kw	2884
	#3	angina:ti,ab,kw AND (pectoris:ti,ab,kw OR stable:ti,ab,kw OR unstable:ti,ab,kw OR microvascular:ti,ab,kw)	53139
	#2	'acute coronary syndrome':ti,ab,kw	47498

## BASE DE DATOS - 2

Nombre BD	EMBASE		
	#1	'ischemic heart disease'/exp OR 'coronary artery insufficiency' OR 'coronary artery occlusive disease' OR 'coronary heart disease' OR 'coronary insufficiency' OR 'coronary occlusive disease' OR 'heart disease, coronary' OR 'heart disease, ischaemic' OR 'heart disease, ischemic' OR 'ischaemia heart disease' OR 'ischaemic cardiac disease' OR 'ischaemic cardiac disease' OR 'ischaemic cardiopathy' OR 'ischaemic heart disease' OR 'ischemia heart disease' OR 'ischemic cardiac disease' OR 'ischemic cardiac disease' OR 'ischemic cardiac disease' OR 'ischemic cardiopathy' OR 'ischemic heart disease'	759970

## BASE DE DATOS - 3

Nombre BD	Cochrane Library: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cochrane Database of Systematic Reviews – CDSR</li> <li>• Cochrane Central Database of Controlled Trials – CENTRAL</li> </ul>		
Fecha de búsqueda	11/04/2022		
Estrategia	ID	Search	Hits
	#1	MeSH descriptor: [Myocardial Ischemia] explode all trees	29767
	#2	(myocardial AND (ischemi* OR infarction OR reperfusion OR injur*)):ti,ab,kw	39828
	#3	("Acute coronary syndrome"):ti,ab,kw	6759
	#4	(angina AND (pectoris OR stable OR unstable OR microvascular)):ti,ab,kw	12766

### BASE DE DATOS - 3

Nombre BD	<b>Cochrane Library:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cochrane Database of Systematic Reviews – CDSR</b></li> <li>• <b>Cochrane Central Database of Controlled Trials – CENTRAL</b></li> </ul>		
	#5	((coronary and (disease* OR arter* OR aneurysm* OR occlusion* OR stenosis* OR restenosis* OR subclavian OR thrombosis* OR vasospasm*)):ti,ab,kw	52049
	#6	("Kounis syndrome"):ti,ab,kw	1
	#7	{OR #1-#6}	77762
	#8	MeSH descriptor: [Tomography, Emission-Computed, Single-Photon] explode all trees	1037
	#9	("single photon emission computed tomography"):ti,ab,kw	1208
	#10	("Single-Photon Emission CT"):ti,ab,kw	31
	#11	(SPECT):ti,ab,kw OR ("SPECT-CT"):ti,ab,kw	1850
	#12	("CT scan"):ti,ab,kw	4938
	#13	MeSH descriptor: [Myocardial Perfusion Imaging] explode all trees	193
	#14	((myocardial and (perfusion or imaging or scintigraphy)):ti,ab,kw	7708
	#15	{OR #8-#14}	14150
	#16	MeSH descriptor: [Cadmium] explode all trees	28
	#17	MeSH descriptor: [Zinc] explode all trees	1713
	#18	MeSH descriptor: [Tellurium] explode all trees	4
	#19	(("cadmium-zinc-telluride" or CZT or CdZnTe or "Cd-Zn-Te" or "CZT cpd" or cadmium or zinc or tellurium or telluride)):ti,ab,kw	8439
	#20	{OR #16-#19}	8439

## BASE DE DATOS - 3

Nombre BD	<b>Cochrane Library:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cochrane Database of Systematic Reviews – CDSR</b></li> <li>• <b>Cochrane Central Database of Controlled Trials – CENTRAL</b></li> </ul>		
	#21	#15 AND #20	43
	#22	MeSH descriptor: [Coronary Angiography] explode all trees	4445
	#23	(Coronary Angiograph*):ti,ab,kw	12035
	#24	Coronarograph*	83
	#25	{OR #22-#24}	12075
	#26	MeSH descriptor: [Sensitivity and Specificity] explode all trees	16125
	#27	(sensitiv*):ti,ab,kw	62997
	#28	(specificit*):ti,ab,kw	21521
	#29	((predictive value* AND (test* OR positive OR negative))):ti,ab,kw	13964
	#30	((ROC AND (curve* OR analys*)):ti,ab,kw	3783
	#31	(receiver Operat* Characteristic*):ti,ab,kw	5265
	#32	(Signal To Noise Ratio*):ti,ab,kw	998
	#33	MeSH descriptor: [Area Under Curve] explode all trees	7159
	#34	(Area under curve*):ti,ab,kw	31098
	#35	(AUC):ti,ab,kw	20678
	#36	{OR #26-#35}	111766
	#37	#7 AND #21 AND #25 AND #36	1

## 3.1.2. Identificación y selección de estudios

### 3.1.2.1. Estudios identificados, excluidos duplicados (61)

- Acampa, W., E. Zampella, R. Assante, A. Genova, G. De Simini, T. Mannarino, A. D'Antonio, et al. 2021. «Quantification of Myocardial Perfusion Reserve by CZT-SPECT: A Head to Head Comparison with <sup>82</sup>Rubidium PET Imaging». *Journal of Nuclear Cardiology* 28 (6): 2827-39. <https://doi.org/10.1007/s12350-020-02129-w>.
- Agostini, D., V. Roule, C. Nganoa, N. Roth, R. Baavour, J.-J. Parienti, F. Beygui, y A. Manrique. 2018. «First Validation of Myocardial Flow Reserve Assessed by Dynamic <sup>99m</sup>Tc-Sestamibi CZT-SPECT Camera: Head to Head Comparison with <sup>150</sup>-Water PET and Fractional Flow Reserve in Patients with Suspected Coronary Artery Disease. The WATERDAY Study». *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* 45 (7): 1079-90. <https://doi.org/10.1007/s00259-018-3958-7>.
- Alama, Mohamed, Christopher Labos, Handel Emery, Robert M. Iwanochko, Michael Freeman, Mansoor Husain, y Douglas S. Lee. 2018. «Diagnostic and Prognostic Significance of Transient Ischemic Dilation (TID) in Myocardial Perfusion Imaging: A Systematic Review and Meta-Analysis.» *Journal of Nuclear Cardiology : Official Publication of the American Society of Nuclear Cardiology* 25 (3): 724-37. <https://doi.org/10.1007/s12350-017-1040-7>.
- Athar, M.W., F. Waqar, A.K. Dwivedi, S. Ahmad, S. Sanghvi, E. Scott, N. Khan, y M.C. Gerson. 2021. «Effects of Gender and Defect Reversibility on Detection of Coronary Disease with an Upright and Supine Cadmium-Zinc-Telluride Camera». *Journal of Nuclear Cardiology* 28 (4): 1569-82. <https://doi.org/10.1007/s12350-019-01878-7>.
- Bailly, M., F. Thibault, M. Courtehoux, G. Metrard, D. Angoulvant, y M.J. Ribeiro. 2021. «Myocardial Flow Reserve Measurement During CZT-SPECT Perfusion Imaging for Coronary Artery Disease Screening: Correlation With Clinical Findings and Invasive Coronary Angiography—The CFR-OR Study». *Frontiers in Medicine* 8 ((Bailly M., matthieu.bailly@chr-orleans.fr; Thibault F.; Metrard G.) Nuclear Medicine Department, CHR ORLEANS, Orleans, France). <https://doi.org/10.3389/fmed.2021.691893>.
- Baumgarten, R., R.J. Cerci, A. de Nadai Costa, C.C. Pereira-Neto, P. Prado, M. Zapparoli, M. Masukawa, J.J. Cerci, J.V. Vitola, y M.M. Fernandes-Silva.

2021. «Radiation Exposure after Myocardial Perfusion Imaging with Cadmium-Zinc-Telluride Camera versus Conventional Camera». *Journal of Nuclear Cardiology* 28 (3): 992-99. <https://doi.org/10.1007/s12350-020-02146-9>.
- Ben-Haim, Simona, John Kennedy, y Zohar Keidar. 2016. «Novel Cadmium Zinc Telluride Devices for Myocardial Perfusion Imaging—Technological Aspects and Clinical Applications.» *Seminars in nuclear medicine* 46 (4): 273-85. <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2016.01.002>.
  - Ben-Haim, Simona, Venkatesh L Murthy, Christopher Breault, Rayjanah Allie, Arkadiusz Sitek, Nathaniel Roth, Jolene Fantony, et al. 2013. «Quantification of Myocardial Perfusion Reserve Using Dynamic SPECT Imaging in Humans: A Feasibility Study.» *Journal of nuclear medicine : official publication, Society of Nuclear Medicine* 54 (6): 873-79. <https://doi.org/10.2967/jnumed.112.109652>.
  - Bouallègue, F.B., F. Roubille, B. Lattuca, T.T. Cung, J.-C. Macia, R. Gervasoni, F. Leclercq, y D. Mariano-Goulart. 2015. «SPECT Myocardial Perfusion Reserve in Patients with Multivessel Coronary Disease: Correlation with Angiographic Findings and Invasive Fractional Flow Reserve Measurements». *Journal of Nuclear Medicine* 56 (11): 1712-17. <https://doi.org/10.2967/jnumed.114.143164>.
  - Cantoni, Valeria, Roberta Green, Wanda Acampa, Emilia Zampella, Roberta Assante, Carmela Nappi, Valeria Gaudieri, et al. 2021. «Diagnostic Performance of Myocardial Perfusion Imaging with Conventional and CZT Single-Photon Emission Computed Tomography in Detecting Coronary Artery Disease: A Meta-Analysis.» *Journal of Nuclear Cardiology : Official Publication of the American Society of Nuclear Cardiology* 28 (2): 698-715. <https://doi.org/10.1007/s12350-019-01747-3>.
  - Duvall, W.L., P.J. Slomka, J.R. Gerlach, J.M. Sweeny, U. Baber, L.B. Croft, K.A. Guma, T. George, y M.J. Henzlova. 2013. «High-Efficiency SPECT MPI: Comparison of Automated Quantification, Visual Interpretation, and Coronary Angiography». *Journal of Nuclear Cardiology* 20 (5): 763-73. <https://doi.org/10.1007/s12350-013-9735-x>.
  - Duvall, W.L., J.M. Sweeny, L.B. Croft, M.H. Barghash, N.K. Kulkarni, K.A. Guma, y M.J. Henzlova. 2011. «Comparison of High Efficiency CZT SPECT MPI to Coronary Angiography». *Journal of Nuclear Cardiology* 18 (4): 595-604. <https://doi.org/10.1007/s12350-011-9382-z>.
  - Esteves, F.P., J.R. Galt, R.D. Folks, L. Verdes, y E.V. Garcia. 2014. «Diagnostic Performance of Low-Dose Rest/Stress Tc-99m Tetrofosmin Myocardial Perfusion SPECT Using the 530c CZT Camera: Quantitative

- vs Visual Analysis». *Journal of Nuclear Cardiology* 21 (1): 158-65. <https://doi.org/10.1007/s12350-013-9827-7>.
- Fang, Yu-Hua Dean, Tzu-Pei Su, Chi-Jen Chang, Kung-Chu Ho, May Su, y Tzu-Chen Yen. 2017. «Detecting Triple-Vessel Disease with Cadmium Zinc Telluride-Based Single-Photon Emission Computed Tomography Using the Intensity Signal-to-Noise Ratio between Rest and Stress Studies.» *Contrast media & molecular imaging* 2017 (101286760): 4945680. <https://doi.org/10.1155/2017/4945680>.
  - Gimelli, A., M. Bottai, A. Quaranta, A. Giorgetti, D. Genovesi, y P. Marzullo. 2013. «Gender Differences in the Evaluation of Coronary Artery Disease with a Cadmium-Zinc Telluride Camera». *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* 40 (10): 1542-48. <https://doi.org/10.1007/s00259-013-2449-0>.
  - Gimelli, A., R. Liga, A. Clemente, E.M. Pasanisi, B. Favilli, y P. Marzullo. 2018. «Appropriate Choice of Stress Modality in Patients Undergoing Myocardial Perfusion Scintigraphy with a Cardiac Camera Equipped with Solid-State Detectors: The Role of Diabetes Mellitus». *European Heart Journal Cardiovascular Imaging* 19 (11): 1268-75. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jex313>.
  - Gimelli, A., R. Liga, M. Coceani, A. Quaranta, M. Emdin, y P. Marzullo. 2015. «Chronotropic Response to Vasodilator-Stress in Patients Submitted to Myocardial Perfusion Imaging: Impact on the Accuracy in Detecting Coronary Stenosis». *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* 42 (12): 1903-11. <https://doi.org/10.1007/s00259-015-3129-z>.
  - Gimelli, A., R. Liga, E.M. Pasanisi, M. Casagrande, M. Coceani, y P. Marzullo. 2016. «Influence of Cardiac Stress Protocol on Myocardial Perfusion Imaging Accuracy: The Role of Exercise Level on the Evaluation of Ischemic Burden». *Journal of Nuclear Cardiology* 23 (5): 1114-22. <https://doi.org/10.1007/s12350-015-0101-z>.
  - Gimelli, A., R. Liga, E.M. Pasanisi, A. Giorgetti, G. Marras, B. Favilli, y P. Marzullo. 2014. «Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function with a Dedicated Cadmium-Zinc-Telluride Cardiac Camera: Comparison with Doppler Echocardiography». *European Heart Journal Cardiovascular Imaging* 15 (9): 972-79. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jeu037>.
  - Gimelli, A., N.R. Pugliese, R.R. Buechel, M. Bertasi, M. Coceani, y P. Marzullo. 2021. «Changes in Left Ventricle Myocardial Volume during Stress Test Using Cadmium-Zinc-Telluride Cardiac Imaging: Implications in Coronary Artery Disease». *Journal of Nuclear Cardiology* 28 (4): 1623-33. <https://doi.org/10.1007/s12350-019-01930-6>.

- Gimelli, A., N.R. Pugliese, A. Kusch, A. Giorgetti, y P. Marzullo. 2019. «Accuracy of Cadmium-Zinc-Telluride Imaging in Detecting Single and Multivessel Coronary Artery Disease: Is There Any Gender Difference?» *International Journal of Cardiology* 274 ((Gimelli A.; Kusch A.; Giorgetti A.; Marzullo P.) Fondazione Toscana G. Monasterio, Pisa, Italy): 388-93. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2018.09.102>.
- Gimelli, A., I. Rovai, R. Liga, E.M. Pasanisi, y P. Marzullo. 2016. «Appropriate Use Criteria in Clinical Routine Practice: Implications in a Nuclear Cardiology Lab». *International Journal of Cardiovascular Imaging* 32 (6): 1003-9. <https://doi.org/10.1007/s10554-016-0864-6>.
- Gimelli, Alessia, Matteo Bottai, Dario Genovesi, Assuero Giorgetti, Fabio Di Martino, y Paolo Marzullo. 2012. «High diagnostic accuracy of low-dose gated-SPECT with solid-state ultrafast detectors: preliminary clinical results.» *European journal of nuclear medicine and molecular imaging* 39 (1): 83-90. <https://doi.org/10.1007/s00259-011-1918-6>.
- Gimelli, Alessia, Matteo Bottai, Assuero Giorgetti, Dario Genovesi, Elena Filidei, y Paolo Marzullo. 2012. «Evaluation of ischaemia in obese patients: feasibility and accuracy of a low-dose protocol with a cadmium-zinc telluride camera.» *European journal of nuclear medicine and molecular imaging* 39 (8): 1254-61. <https://doi.org/10.1007/s00259-012-2161-5>.
- Gimelli, Alessia, Riccardo Liga, Assuero Giorgetti, Mirta Casagrande, y Paolo Marzullo. 2014. «Relationship between myocardial perfusion abnormalities and contractile impairment in anginal patients.» *Journal of nuclear cardiology : official publication of the American Society of Nuclear Cardiology* 21 (6): 1181-90. <https://doi.org/10.1007/s12350-014-9950-0>.
- Gonzalez, Jorge A., Michael J. Lipinski, Lucia Flors, Peter W. Shaw, Christopher M. Kramer, y Michael Salerno. 2015. «Meta-Analysis of Diagnostic Performance of Coronary Computed Tomography Angiography, Computed Tomography Perfusion, and Computed Tomography-Fractional Flow Reserve in Functional Myocardial Ischemia Assessment Versus Invasive Fractional Flow Reserve.» *The American Journal of Cardiology* 116 (9): 1469-78. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2015.07.078>.
- Gregoire, B., G. Pina-Jomir, L. Bontemps, M. Janier, y C. Scheiber. 2017. «The Value of Local Normal Limits in Quantitative Thallium-201 CZT MPI SPECT». *Journal of Nuclear Cardiology* 24 (2): 672-82. <https://doi.org/10.1007/s12350-016-0430-6>.
- Huang, Jei-Yie, Chun-Kai Huang, Ruoh-Fang Yen, Kuo-Liong Chien, y Yen-Wen Wu. 2021. «Diagnostic Effect of Attenuation Correction in

Myocardial Perfusion Imaging in Different Coronary Arteries: A Systematic Review and Meta-Analysis.» *Frontiers in Cardiovascular Medicine* 8: 756060. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2021.756060>.

- Huang, Jei-Yie, Chun-Kai Huang, Ruoh-Fang Yen, Hon-Yen Wu, Yu-Kang Tu, Mei-Fang Cheng, Ching-Chu Lu, Kai-Yuan Tzen, Kuo-Liong Chien, y Yen-Wen Wu. 2016. «Diagnostic Performance of Attenuation-Corrected Myocardial Perfusion Imaging for Coronary Artery Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis.» *Journal of Nuclear Medicine: Official Publication, Society of Nuclear Medicine* 57 (12): 1893-98. <https://doi.org/10.2967/jnumed.115.171462>.
- Hyafil, F., R. Chequer, E. Sorbets, C. Estellat, G. Ducrocq, F. Rouzet, T. Alfaiate, et al. 2020. «Head-to-Head Comparison of the Diagnostic Performances of Rubidium-PET and SPECT with CZT Camera for the Detection of Myocardial Ischemia in a Population of Women and Overweight Individuals». *Journal of Nuclear Cardiology* 27 (3): 755-68. <https://doi.org/10.1007/s12350-018-01557-z>.
- Jaarsma, Caroline, Tim Leiner, Sebastiaan C. Bekkers, Harry J. Crijns, Joachim E. Wildberger, Eike Nagel, Patricia J. Nelemans, y Simon Schalla. 2012. «Diagnostic Performance of Noninvasive Myocardial Perfusion Imaging Using Single-Photon Emission Computed Tomography, Cardiac Magnetic Resonance, and Positron Emission Tomography Imaging for the Detection of Obstructive Coronary Artery Disease: A Meta-Analysis.» *Journal of the American College of Cardiology* 59 (19): 1719-28. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2011.12.040>.
- Jameria, Z.A., M. Abdallah, A. Dwivedi, E. Washburn, N. Khan, M. Khaleghi, N. Kalakota, y M.C. Gerson. 2017. «Computer Derived Transient Ischemic Dilation Ratio for Identifying Extensive Coronary Artery Disease Using a CZT Camera and Imaging in the Upright Position». *Journal of Nuclear Cardiology* 24 (5): 1702-8. <https://doi.org/10.1007/s12350-016-0515-2>.
- Jameria, Z.A., M. Abdallah, M. Fernandez-Ulloa, R. O'Donnell, A.K. Dwivedi, E. Washburn, N. Khan, M. Khaleghi, N. Kalakota, y M.C. Gerson. 2018. «Analysis of Stress-Only Imaging, Comparing Upright and Supine CZT Camera Acquisition to Conventional Gamma Camera Images with and without Attenuation Correction, with Coronary Angiography as a Reference». *Journal of Nuclear Cardiology* 25 (2): 540-49. <https://doi.org/10.1007/s12350-017-0781-7>.
- Jong, Marcus C. de, Tessa S. S. Genders, Robert-Jan van Geuns, Adriaan Moelker, y M. G. Myriam Hunink. 2012. «Diagnostic Performance of Stress Myocardial Perfusion Imaging for Coronary Artery Disease: A Systematic

Review and Meta-Analysis.» *European Radiology* 22 (9): 1881-95.  
<https://doi.org/10.1007/s00330-012-2434-1>.

- Kawamura, Itta, Ryo Kajiura, Yusuke Motoji, Syuichi Okamoto, Toru Tanigaki, Hiroyuki Omori, Tetsuo Hirata, et al. 2018. «Diagnostic Performance of the Simultaneous Acquisition Rest 99 mTc-Tetrofosmin/Stress 201Tl Dual-Isotope Protocol With a Semiconductor Camera - Comparison With the Rest-Stress 99 mTc-Tetrofosmin Protocol.» *Circulation journal: official journal of the Japanese Circulation Society* 82 (11): 2837-44.  
<https://doi.org/10.1253/circj.CJ-18-0363>.
- Kelderman, Jeroen R., Floris E. J. Jolink, Stan Benjamens, Andrea G. Monroy-Gonzalez, Robert A. Pol, y Riemer H. J. A. Slart. 2021. «Diagnostic Accuracy of Myocardial Perfusion Imaging in Patients Evaluated for Kidney Transplantation: A Systematic Review and Meta-Analysis.» *Journal of Nuclear Cardiology: Official Publication of the American Society of Nuclear Cardiology*, mayo. <https://doi.org/10.1007/s12350-021-02621-x>.
- Lin, W.-L., S.-Y. Wang, Y.-C. Shiau, y Y.-W. Wu. 2020. «The Clinical Usefulness of Phase Analysis in Detecting Coronary Artery Disease Using Dipyridamole Thallium-201-Gated Myocardial Perfusion Imaging with a Cadmium-Zinc-Telluride Camera». *Journal of Nuclear Cardiology* 27 (1): 241-50. <https://doi.org/10.1007/s12350-018-1417-2>.
- Liu, C.-J., Y.-W. Wu, K.-Y. Ko, Y.-C. Chen, M.-F. Cheng, R.-F. Yen, y K.-Y. Tzen. 2015. «Incremental Diagnostic Performance of Combined Parameters in the Detection of Severe Coronary Artery Disease Using Exercise Gated Myocardial Perfusion Imaging». *PLoS ONE* 10 (7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134485>.
- Liu, F.-S., S.-Y. Wang, Y.-C. Shiau, y Y.-W. Wu. 2021. «Integration of Quantitative Absolute Myocardial Blood Flow Estimates from Dynamic CZT-SPECT Improves the Detection of Coronary Artery Disease». *Journal of Nuclear Cardiology*, n.º (Liu F.-S.; Wang S.-Y.; Shiau Y.-C.; Wu Y.-W., wuyw0502@gmail.com) Department of Nuclear Medicine, Far Eastern Memorial Hospital, No. 21, Sec. 2, Nanya S. Rd., Banciao Dist., New Taipei City, Taiwan. <https://doi.org/10.1007/s12350-021-02713-8>.
- Lu, Minjie, Shuli Wang, Arlene Sirajuddin, Andrew E. Arai, y Shihua Zhao. 2018. «Dynamic Stress Computed Tomography Myocardial Perfusion for Detecting Myocardial Ischemia: A Systematic Review and Meta-Analysis.» *International Journal of Cardiology* 258 (mayo): 325-31.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2018.01.095>.

- Miyagawa, M., Y. Nishiyama, T. Uetani, A. Ogimoto, S. Ikeda, H. Ishimura, E. Watanabe, et al. 2017. «Estimation of Myocardial Flow Reserve Utilizing an Ultrafast Cardiac SPECT: Comparison with Coronary Angiography, Fractional Flow Reserve, and the SYNTAX Score». *International Journal of Cardiology* 244 ((Miyagawa M., miyagawa@m.ehime-u.ac.jp; Nishiyama Y.; Ishimura H.; Watanabe E.; Tashiro R.; Tanabe Y.; Kido T.; Kurata A.; Mochizuki T.) Department of Radiology, Ehime University Graduate School of Medicine, Toon, Ehime, Japan): 347-53. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2017.06.012>.
- Nakazato, R., P.J. Slomka, M. Fish, R.G. Schwartz, S.W. Hayes, L.E.J. Thomson, J.D. Friedman, et al. 2015. «Quantitative High-Efficiency Cadmium-Zinc-Telluride SPECT with Dedicated Parallel-Hole Collimation System in Obese Patients: Results of a Multi-Center Study». *Journal of Nuclear Cardiology* 22 (2): 266-75. <https://doi.org/10.1007/s12350-014-9984-3>.
- Nishiyama, Yoshiko, Masao Miyagawa, Naoto Kawaguchi, Masashi Nakamura, Tomoyuki Kido, Akira Kurata, Teruhito Kido, Akiyoshi Ogimoto, Jitsuo Higaki, y Teruhito Mochizuki. 2014. «Combined supine and prone myocardial perfusion single-photon emission computed tomography with a cadmium zinc telluride camera for detection of coronary artery disease.» *Circulation journal: official journal of the Japanese Circulation Society* 78 (5): 1169-75.
- Nudi, Francesco, Ami E. Iskandrian, Orazio Schillaci, Mariangela Peruzzi, Giacomo Frati, y Giuseppe Biondi-Zoccai. 2017. «Diagnostic Accuracy of Myocardial Perfusion Imaging With CZT Technology: Systemic Review and Meta-Analysis of Comparison With Invasive Coronary Angiography.» *JACC. Cardiovascular Imaging* 10 (7): 787-94. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2016.10.023>.
- Panjer, Mariska, Magdalena Dobrolinska, Nils R. L. Wagenaar, y Riemer H. J. A. Slart. 2021. «Diagnostic Accuracy of Dynamic CZT-SPECT in Coronary Artery Disease. A Systematic Review and Meta-Analysis.» *Journal of Nuclear Cardiology : Official Publication of the American Society of Nuclear Cardiology*, agosto. <https://doi.org/10.1007/s12350-021-02721-8>.
- Parker, Matthew W., Aline Iskandar, Brendan Limone, Andrew Perugini, Hyejin Kim, Charles Jones, Brian Calamari, Craig I. Coleman, y Gary V. Heller. 2012. «Diagnostic Accuracy of Cardiac Positron Emission Tomography versus Single Photon Emission Computed Tomography for Coronary Artery Disease: A Bivariate Meta-Analysis.» *Circulation. Cardiovascular Imaging* 5 (6): 700-707. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.112.978270>.

- Pelgrim, Gert Jan, Monique Dorrius, Xueqian Xie, Martijn A. M. den Dekker, U. Joseph Schoepf, Thomas Henzler, Matthijs Oudkerk, y Rozemarijn Vliegthart. 2015. «The Dream of a One-Stop-Shop: Meta-Analysis on Myocardial Perfusion CT.» *European Journal of Radiology* 84 (12): 2411-20. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2014.12.032>.
- Rizvi, Asim, Donghee Han, Ibrahim Danad, Bríain Ó Hartaigh, Ji Hyun Lee, Heidi Gransar, Wijnand J. Stuijzand, et al. 2018. «Diagnostic Performance of Hybrid Cardiac Imaging Methods for Assessment of Obstructive Coronary Artery Disease Compared With Stand-Alone Coronary Computed Tomography Angiography: A Meta-Analysis.» *JACC. Cardiovascular Imaging* 11 (4): 589-99. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2017.05.020>.
- Sharir, T., M. Pinskiy, A. Pardes, A. Rochman, V. Prokhorov, G. Kovalski, K. Merzon, A. Bojko, y B. Brodtkin. 2016. «Comparison of the Diagnostic Accuracies of Very Low Stress-Dose with Standard-Dose Myocardial Perfusion Imaging: Automated Quantification of One-Day, Stress-First SPECT Using a CZT Camera.» *Journal of Nuclear Cardiology* 23 (1): 11-20. <https://doi.org/10.1007/s12350-015-0130-7>.
- Shiraishi, S., N. Tsuda, F. Sakamoto, K. Ogasawara, S. Tomiguchi, K. Tsujita, y Y. Yamashita. 2020. «Clinical Usefulness of Quantification of Myocardial Blood Flow and Flow Reserve Using CZT-SPECT for Detecting Coronary Artery Disease in Patients with Normal Stress Perfusion Imaging.» *Journal of Cardiology* 75 (4): 400-409. <https://doi.org/10.1016/j.jjcc.2019.09.006>.
- Sørgaard, Mathias Holm, Klaus Fuglsang Kofoed, Jesper James Linde, Richard Thomas George, Carlos Eduardo Rochitte, Gudrun Feuchtner, Joao A. C. Lima, y Jawdat Abdulla. 2016. «Diagnostic Accuracy of Static CT Perfusion for the Detection of Myocardial Ischemia. A Systematic Review and Meta-Analysis.» *Journal of Cardiovascular Computed Tomography* 10 (6): 450-57. <https://doi.org/10.1016/j.jcct.2016.09.003>.
- Souza, A.C.A.H. de, B.K.D. Gonçalves, A.L. Tedeschi, y R.S.L. Lima. 2021. «Quantification of Myocardial Flow Reserve Using a Gamma Camera with Solid-State Cadmium-Zinc-Telluride Detectors: Relation to Angiographic Coronary Artery Disease.» *Journal of Nuclear Cardiology* 28 (3): 876-84. <https://doi.org/10.1007/s12350-019-01775-z>.
- Takx, Richard A. P., Björn A. Blomberg, Hamza El Aidi, Jesse Habets, Pim A. de Jong, Eike Nagel, Udo Hoffmann, y Tim Leiner. 2015. «Diagnostic Accuracy of Stress Myocardial Perfusion Imaging Compared to Invasive Coronary Angiography with Fractional Flow Reserve Meta-Analysis.» *Circulation. Cardiovascular Imaging* 8 (1): e002666. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.114.002666>.

- Tsai, Jui-Peng, Chun-Ho Yun, Tung-Hsin Wu, Chih-Hsuan Yen, Charles Jia-Yin Hou, Jen-Yuan Kuo, y Chung-Lieh Hung. 2014. «A Meta-Analysis Comparing SPECT with PET for the Assessment of Myocardial Viability in Patients with Coronary Artery Disease.» *Nuclear Medicine Communications* 35 (9): 947-54. <https://doi.org/10.1097/MNM.000000000000140>.
- Wang, J., S. Li, W. Chen, Y. Chen, Z. Pang, y J. Li. 2021. «Diagnostic Efficiency of Quantification of Myocardial Blood Flow and Coronary Flow Reserve with CZT Dynamic SPECT Imaging for Patients with Suspected Coronary Artery Disease: A Comparative Study with Traditional Semi-Quantitative Evaluation». *Cardiovascular Diagnosis and Therapy* 11 (1): 56-67. <https://doi.org/10.21037/CDT-20-728>.
- Xu, Jianfeng, Fei Cai, Changran Geng, Zheng Wang, y Xiaobin Tang. 2021. «Diagnostic Performance of CMR, SPECT, and PET Imaging for the Identification of Coronary Artery Disease: A Meta-Analysis. » *Frontiers in Cardiovascular Medicine* 8: 621389. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2021.621389>.
- Yang, Kai, Shi-Qin Yu, Min-Jie Lu, y Shi-Hua Zhao. 2019. «Comparison of Diagnostic Accuracy of Stress Myocardial Perfusion Imaging for Detecting Hemodynamically Significant Coronary Artery Disease between Cardiac Magnetic Resonance and Nuclear Medical Imaging: A Meta-Analysis.» *International Journal of Cardiology* 293 (octubre): 278-85. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2019.06.054>.
- Zavadovsky, Konstantin V, Andrew V Mochula, Alina N Maltseva, Vladimir V Shipulin, Svetlana I Sazonova, Marina O Gulya, Ricardo Liga, y Alessia Gimelli. 2021. «The current status of CZT SPECT myocardial blood flow and reserve assessment: Tips and tricks.» *Journal of nuclear cardiology: official publication of the American Society of Nuclear Cardiology*, n.º cmd, 9423534. <https://doi.org/10.1007/s12350-021-02620-y>.
- Zavadovsky, K.V., A.V. Mochula, A.A. Boshchenko, A.V. Vrublevsky, A.E. Baev, A.L. Krylov, M.O. Gulya, E.A. Nesterov, R. Liga, y A. Gimelli. 2021. «Absolute Myocardial Blood Flows Derived by Dynamic CZT Scan vs Invasive Fractional Flow Reserve: Correlation and Accuracy». *Journal of Nuclear Cardiology* 28 (1): 249-59. <https://doi.org/10.1007/s12350-019-01678-z>.
- Zavadovsky, K.V., A.V. Mochula, A.N. Maltseva, A.A. Boshchenko, A.E. Baev, S.L. Andreev, E.A. Nesterov, R. Liga, y A. Gimelli. 2020. «The Diagnostic Value of SPECT CZT Quantitative Myocardial Blood Flow in High-Risk Patients». *Journal of Nuclear Cardiology*, n.º (Zavadovsky K.V., konstzav@gmail.com; Mochula A.V.; Maltseva A.N.;

Boshchenko A.A.; Baev A.E.; Andreev S.L.) Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Centre, Russian Academy of Sciences, Kievskaya Str 111A, Tomsk, Russian Federation. <https://doi.org/10.1007/s12350-020-02395-8>.

- Zhang, Yi-Qing, Yu-Feng Jiang, Lu Hong, Min Chen, Nan-Nan Zhang, Hua-Jia Yang, y Ya-Feng Zhou. 2019. «Diagnostic Value of Cadmium-Zinc-Telluride Myocardial Perfusion Imaging versus Coronary Angiography in Coronary Artery Disease: A PRISMA-Compliant Meta-Analysis». *Medicine* 98 (9): e14716. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000014716>.

### 3.1.2.2. Estudios leídos a texto completo (9)

- Baumgarten, R., R.J. Cerci, A. de Nadai Costa, C.C. Pereira-Neto, P. Prado, M. Zapparoli, M. Masukawa, J.J. Cerci, J.V. Vitola, y M.M. Fernandes-Silva. 2021. «Radiation Exposure after Myocardial Perfusion Imaging with Cadmium-Zinc-Telluride Camera versus Conventional Camera». *Journal of Nuclear Cardiology* 28 (3): 992-99. <https://doi.org/10.1007/s12350-020-02146-9>.
- Cantoni, Valeria, Roberta Green, Wanda Acampa, Emilia Zampella, Roberta Assante, Carmela Nappi, Valeria Gaudieri, et al. 2021. «Diagnostic Performance of Myocardial Perfusion Imaging with Conventional and CZT Single-Photon Emission Computed Tomography in Detecting Coronary Artery Disease: A Meta-Analysis. » *Journal of Nuclear Cardiology : Official Publication of the American Society of Nuclear Cardiology* 28 (2): 698-715. <https://doi.org/10.1007/s12350-019-01747-3>.
- Nudi, Francesco, Ami E. Iskandrian, Orazio Schillaci, Mariangela Peruzzi, Giacomo Frati, y Giuseppe Biondi-Zoccai. 2017. «Diagnostic Accuracy of Myocardial Perfusion Imaging With CZT Technology: Systemic Review and Meta-Analysis of Comparison With Invasive Coronary Angiography.» *JACC. Cardiovascular Imaging* 10 (7): 787-94. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2016.10.023>.
- Pelgrim, Gert Jan, Monique Dorrius, Xueqian Xie, Martijn A. M. den Dekker, U. Joseph Schoepf, Thomas Henzler, Matthijs Oudkerk, y Rozemarijn Vliegthart. 2015. «The Dream of a One-Stop-Shop: Meta-Analysis on Myocardial Perfusion CT.» *European Journal of Radiology* 84 (12): 2411-20. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2014.12.032>.
- Rizvi, Asim, Donghee Han, Ibrahim Danad, Bráin Ó Hartaigh, Ji Hyun Lee, Heidi Gransar, Wijnand J. Stuijzfand, et al. 2018. «Diagnostic Performance of Hybrid Cardiac Imaging Methods for Assessment of Obstructive Coronary

Artery Disease Compared With Stand-Alone Coronary Computed Tomography Angiography: A Meta-Analysis. » *JACC. Cardiovascular Imaging* 11 (4): 589-99. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2017.05.020>.

- Sørgaard, Mathias Holm, Klaus Fuglsang Kofoed, Jesper James Linde, Richard Thomas George, Carlos Eduardo Rochitte, Gudrun Feuchtner, Joao A. C. Lima, y Jawdat Abdulla. 2016. «Diagnostic Accuracy of Static CT Perfusion for the Detection of Myocardial Ischemia. A Systematic Review and Meta-Analysis.» *Journal of Cardiovascular Computed Tomography* 10 (6): 450-57. <https://doi.org/10.1016/j.jcct.2016.09.003>.
- Xu, Jianfeng, Fei Cai, Changran Geng, Zheng Wang, y Xiaobin Tang. 2021. «Diagnostic Performance of CMR, SPECT, and PET Imaging for the Identification of Coronary Artery Disease: A Meta-Analysis.» *Frontiers in Cardiovascular Medicine* 8: 621389. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2021.621389>.
- Yang, Kai, Shi-Qin Yu, Min-Jie Lu, y Shi-Hua Zhao. 2019. «Comparison of Diagnostic Accuracy of Stress Myocardial Perfusion Imaging for Detecting Hemodynamically Significant Coronary Artery Disease between Cardiac Magnetic Resonance and Nuclear Medical Imaging: A Meta-Analysis.» *International Journal of Cardiology* 293 (octubre): 278-85. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2019.06.054>.
- Zhang, Yi-Qing, Yu-Feng Jiang, Lu Hong, Min Chen, Nan-Nan Zhang, Hua-Jia Yang, y Ya-Feng Zhou. 2019. «Diagnostic Value of Cadmium-Zinc-Telluride Myocardial Perfusion Imaging versus Coronary Angiography in Coronary Artery Disease: A PRISMA-Compliant Meta-Analysis». *Medicine* 98 (9): e14716. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000014716>.

### 3.1.2.3. Estudios incluidos (2)

- Baumgarten, R., R.J. Cerci, A. de Nadai Costa, C.C. Pereira-Neto, P. Prado, M. Zapparoli, M. Masukawa, J.J. Cerci, J.V. Vitola, y M.M. Fernandes-Silva. 2021. «Radiation Exposure after Myocardial Perfusion Imaging with Cadmium-Zinc-Telluride Camera versus Conventional Camera». *Journal of Nuclear Cardiology* 28 (3): 992-99. <https://doi.org/10.1007/s12350-020-02146-9>.
- Cantoni, Valeria, Roberta Green, Wanda Acampa, Emilia Zampella, Roberta Assante, Carmela Nappi, Valeria Gaudieri, et al. 2021. «Diagnostic Performance of Myocardial Perfusion Imaging with Conventional and CZT Single-Photon Emission Computed Tomography in Detecting Coronary Artery Disease: A Meta-Analysis.» *Journal of Nuclear Cardiology : Official Publication of the American Society of Nuclear Cardiology* 28 (2): 698-715. <https://doi.org/10.1007/s12350-019-01747-3>.

### 3.1.2.4. Estudios excluidos (7)

**TABLA 2. Estudios excluidos PICO 1 y 2**

Id	Referencia	Causa de exclusión
<b>Nudi 2017</b>	Nudi F. et al. Diagnostic Accuracy of Myocardial Perfusion Imaging With CZT Technology: Systemic Review and Meta-Analysis of Comparison With Invasive Coronary Angiography. JACC Cardiovasc Imaging. 2017; 10 (7): 787-94.	RS cuyo objetivo es cuantificar la efectividad de SPECT/TC CZT agrupando trabajos en los que la prueba de referencia es la coronariografía. NO SE HACE EVALUACIÓN COMPARADA CON LA TECNICA CONVENCIONAL
<b>Pelgrim 2015</b>	Pelgrim GJ, et al. The dream of a one-stop-shop: Meta-analysis on myocardial perfusion CT. Eur J Radiol. 2015; 84 (12): 2411-20.	Revisión de la efectividad de varias técnicas. NO INCLUYE SPECT/TC CZT
<b>Rizvi 2018</b>	Rizvi A, et al Performance of Hybrid Cardiac Imaging Methods for Assessment of Obstructive Coronary Artery Disease Compared With Stand-Alone Coronary Computed Tomography Angiography: A Meta-Analysis. JACC Cardiovasc Imaging. 2018; 11 (4): 589-99.	Revisión de la efectividad de varias técnicas. NO INCLUYE SPECT/TC CZT
<b>Sørgaard 2016</b>	Sørgaard MH, et al. Diagnostic accuracy of static CT perfusion for the detection of myocardial ischemia. A systematic review and meta-analysis. J Cardiovasc Comput Tomogr. 2016; 10 (6): 450-7.	Revisión de la efectividad de varias técnicas. NO INCLUYE SPECT/TC CZT
<b>Xu 2021</b>	Xu J, et al. Diagnostic Performance of CMR, SPECT, and PET Imaging for the Identification of Coronary Artery Disease: A Meta-Analysis. Front Cardiovasc Med. 2021; 8: 621389.	Revisión de la efectividad de varias técnicas. NO INCLUYE SPECT/TC CZT
<b>Yang 2019</b>	Yang K, et al. Comparison of diagnostic accuracy of stress myocardial perfusion imaging for detecting hemodynamically significant coronary artery disease between cardiac magnetic resonance and nuclear medical imaging: A meta-analysis. Int J Cardiol. 2019; 293: 278-85	Revisión de la efectividad de varias técnicas. NO INCLUYE SPECT/TC CZT

Id	Referencia	Causa de exclusión
<b>Zhang 2019</b>	Zhang YQ, et al. Diagnostic value of cadmium-zinc-telluride myocardial perfusion imaging versus coronary angiography in coronary artery disease: A PRISMA-compliant meta-analysis. <i>Medicine (Baltimore)</i> . 2019; 98 (9): e14716.	RS cuyo objetivo es cuantificar la efectividad de SPECT/TC CZT agrupando trabajos en los que la prueba de referencia es la coronariografía. NO SE HACE EVALUACIÓN COMPARADA CON LA TÉCNICA CONVENCIONAL

## 3.2. Otras aplicaciones

### 3.2.1. Estrategias de búsqueda en las bases de datos bibliográficas y resultados

#### Bases de datos utilizadas, estrategias y resultados

BASE DE DATOS - 1			
Nombre BD	Ovid MEDLINE		
Fecha de búsqueda			
Estrategia	Ovid MEDLINE (R) ALL / PubMed(R) <1946 to Present>		
	Nº.	Query	Results
	1	exp Myocardial Ischemia/	459057
	2	(myocardial and (ischemi* or infarction or reperfusion or injury)).tw,kw.	251982
	3	Acute coronary syndrome.tw,kw.	27214
	4	(angina and (pectoris or stable or unstable or microvascular)).tw,kw.	36105
	5	(coronary and (disease* or arter* or aneurysm* or occlusion* or stenosis or restenosis or subclavian or thrombosis or vasospasm)).tw,kw.	339877
	6	Kounis syndrome*.tw,kw.	626
	7	(cardiac or myocard* or coronary or hear).tw,kw.	1166098
	8	Coronary Angiography/	71169
	9	Coronary Angiograph*.tw,kw.	36330
	10	Coronariograph*.tw,kw.	158
	11	exp Myocardial Perfusion Imaging/	5429

**BASE DE DATOS - 1**

Nombre BD	Ovid MEDLINE		
	12	(myocardial and (perfusion or imaging or scintigraphy)).tw,kw.	49594
	13	or/1-12	1268496
	14	exp Tomography, Emission-Computed, Single-Photon/	34019
	15	single photon emission computed tomography.tw,kw.	16292
	16	Single-Photon Emission CT.kw,tw.	891
	17	SPECT.tw,kw.	30820
	18	CT scan.tw,kw.	62979
	19	or/14-18	108590
	20	Cadmium/	34788
	21	Zinc/	64125
	22	Tellurium/	3399
	23	("cadmium-zinc-telluride" or CZT or CdZnTe or "Cd-Zn-Te" or "CZT cpd" or cadmium or zinc or tellerium or telluride).tw,kw.	168505
	24	or/20-23	196113
	25	19 and 24	467
	26	25 not 13	156
	27	limit 26 to (yr="2015 - 2021" and (english or french or spanish))	72
	28	limit 27 to (government publication or guideline or "review" or technical report)	9
	29	limit 27 to (meta analysis or practice guideline or "systematic review")	0

## BASE DE DATOS - 2

Nombre BD	EMBASE		
Fecha de búsqueda			
Estrategia	Embase Session Results		
	Nº.	Query	Results
	#25	#24 AND ('review' OR 'guideline')	26
	#24	#23 AND ('article'/it OR 'review'/it)	83
	#23	#21 NOT #14 AND ([english]/lim OR [french]/lim OR [spanish]/lim) AND [2015-2021]/py	199
	#22	#21 NOT #14	344
	#21	#15 AND #20	1183
	#20	#16 OR #17 OR #18 OR #19	278301
	#19	'cadmium-zinc-telluride':ti,ab,kw OR czt:ti,ab,kw OR cdznte:ti,ab,kw OR 'cd-zn-te':ti,ab,kw OR 'czt cpd':ti,ab,kw OR cadmium:ti,ab,kw OR zinc:ti,ab,kw OR tellerium:ti,ab,kw OR telluride:ti,ab,kw	199650
	#18	'tellurium'/exp	3932
	#17	'zinc'/exp	132019
	#16	'cadmium'/exp	79320
	#15	'single photon emission computed tomography'/exp OR 'spect' OR 'computer assisted tomography, single photon emission' OR 'emission computer tomography, single photon' OR 'single photon emission computed tomography' OR 'single photon emission computer tomography' OR 'single-photon emission-computed tomography' OR 'tomography, emission-computed, single-photon'	84351
	#14	#1 OR #2 OR #3 OR #4 OR #5 OR #6 OR #7 OR #8 OR #9 OR #10 OR #11 OR #12 OR #13	2556071
	#13	myocardial:ti,ab,kw AND (perfusion:ti,ab,kw OR imaging:ti,ab,kw OR scintigraphy:ti,ab,kw)	83812

**BASE DE DATOS - 2**

Nombre BD	EMBASE		
	#12	'myocardial perfusion imaging'/exp	10960
	#11	'coronary angiography'/exp OR 'angiography, coronary' OR 'arteriography, coronary' OR 'coronarography' OR 'coronary angiography' OR 'coronary arteriogram' OR 'coronary arteriography' OR 'coronary arteriography' OR 'coronariograph**'	88495
	#10	'takotsubo cardiomyopathy':ti,ab,kw	19
	#9	'myocardial hibernation':ti,ab,kw	317
	#8	'kounis syndrome':ti,ab,kw	787
	#7	'isch\$emic cardiomyopath*':ti,ab,kw	12637
	#6	(heart:ti,ab,kw OR myocardial:ti,ab,kw) AND (infarction:ti,ab,kw OR isch\$emi*':ti,ab,kw)	479657
	#5	coronary:ti,ab,kw AND (disease*':ti,ab,kw OR artery:ti,ab,kw OR aneurysm:ti,ab,kw OR occlusion*':ti,ab,kw OR stenosis*':ti,ab,kw OR restenosis*':ti,ab,kw OR subclavian:ti,ab,kw OR thrombosis*':ti,ab,kw OR vasospasm:ti,ab,kw)	494480
	#4	'cardiac allograft vasculopath*':ti,ab,kw	3039
	#3	angina:ti,ab,kw AND (pectoralis:ti,ab,kw OR stable:ti,ab,kw OR unstable:ti,ab,kw OR microvascular:ti,ab,kw)	54625
	#2	'acute coronary syndrome':ti,ab,kw	50871

**BASE DE DATOS - 2**

Nombre BD	EMBASE	
	#1	'ischemic heart disease'/exp OR 'coronary artery insufficiency' OR 'coronary artery occlusive disease' OR 'coronary heart disease' OR 'coronary insufficiency' OR 'coronary occlusive disease' OR 'heart disease, coronary' OR 'heart disease, ischaemic' OR 'heart disease, ischemic' OR 'ischaemia heart disease' OR 'ischaemic cardiac disease' OR 'ischaemic cardial disease' OR 'ischaemic cardiopathy' OR 'ischaemic heart disease' OR 'ischemia heart disease' OR 'ischemic cardiac disease' OR 'ischemic cardial disease' OR 'ischemic cardiopathy' OR 'ischemic heart disease' OR cardiac:ti,ab,kw OR myocard*:ti,ab,kw OR coronary:ti,ab,kw OR heart:ti,ab,kw

## 3.2.2. Identificación y selección de estudios

### 3.2.2.1. Estudios identificados, excluidos duplicados (32)

- Abbaspour, Samira, Babak Mahmoudian, y Jalil Pirayesh Islamian. 2017. «Cadmium Telluride Semiconductor Detector for Improved Spatial and Energy Resolution Radioisotopic Imaging.» *World journal of nuclear medicine* 16 (2): 101-7. <https://doi.org/10.4103/1450-1147.203079>.
- Bhambhvani, Pradeep, Fadi G Hage, y Ami E Iskandrian. 2016. «A quick glance at selected topics in this issue.» *Journal of nuclear cardiology : official publication of the American Society of Nuclear Cardiology* 23 (6): 1237-39.
- Bononi, G., D. Iacopini, G. Cicio, S. Di Pietro, C. Granchi, V. Di Bussolo, y F. Minutolo. 2021. «Glycoconjugated Metal Complexes as Cancer Diagnostic and Therapeutic Agents». *ChemMedChem* 16 (1): 30-64. <https://doi.org/10.1002/cmdc.202000456>.
- De Angelis, L.C., G. Brigati, G. Polleri, M. Malova, A. Parodi, D. Minghetti, A. Rossi, et al. 2021. «Neonatal Hypoglycemia and Brain Vulnerability». *Frontiers in Endocrinology* 12 ((De Angelis L.C.; Brigati G.; Polleri G.; Malova M.; Parodi A.; Minghetti D.; Massirio P.; Traggiari C.; Ramenghi L.A.) Neonatal Intensive Care Unit, Department Mother and Child, IRCCS Istituto Giannina Gaslini, Genoa, Italy). <https://doi.org/10.3389/fendo.2021.634305>.
- Dittrich, Richard P., y Orlando De Jesus. 2021. «Gallium Scan.»
- Frantellizzi, V., M. Conte, y G. De Vincentis. 2021. «Hybrid Imaging of Vascular Cognitive Impairment». *Seminars in Nuclear Medicine* 51 (3): 286-95. <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2020.12.006>.
- Garg, B., C.-H. Sung, y Y.-C. Ling. 2015. «Graphene-based nanomaterials as molecular imaging agents». *Wiley Interdisciplinary Reviews: Nanomedicine and Nanobiotechnology* 7 (6): 737-58. <https://doi.org/10.1002/wnan.1342>.
- Hedera, P. 2019. «Wilson's disease: A master of disguise». *Parkinsonism and Related Disorders* 59 ((Hedera P., peter.hedera@vumc.org) Department of Neurology, Vanderbilt University Medical Center, 465 21st Avenue South, 6140 MRB III, Nashville, TN, United States): 140-45. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2019.02.016>.
- Hutton, B.F., K. Erlandsson, y K. Thielemans. 2018. «Advances in clinical molecular imaging instrumentation». *Clinical and Translational Imaging* 6 (1): 31-45. <https://doi.org/10.1007/s40336-018-0264-0>.

- Iikuni, S., Y. Okada, Y. Shimizu, H. Watanabe, y M. Ono. 2020. «Synthesis and evaluation of indium-111-labeled imidazothiadiazole sulfonamide derivative for single photon emission computed tomography imaging targeting carbonic anhydrase-IX». *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters* 30 (14). <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2020.127255>.
- Kaneta, T. 2020. «PET and SPECT imaging of the brain: a review on the current status of nuclear medicine in Japan». *Japanese Journal of Radiology* 38 (4): 343-57. <https://doi.org/10.1007/s11604-019-00901-8>.
- Khalighinejad, P., D. Parrott, y A. Dean Sherry. 2020. «Imaging tissue physiology in vivo by use of metal ion-responsive mri contrast agents». *Pharmaceuticals* 13 (10): 1-17. <https://doi.org/10.3390/ph13100268>.
- Khoshakhlagh, Mohammad, Jalil Pirayesh Islamian, Seyed Mohammad Abedi, y Babak Mahmoudian. 2015. «Development of Scintillators in Nuclear Medicine.» *World journal of nuclear medicine* 14 (3): 156-59. <https://doi.org/10.4103/1450-1147.163241>.
- Lee, E.S., T.S. Kim, y S.-K. Kim. 2015. «Current status of optical imaging for evaluating lymph nodes and lymphatic system». *Korean Journal of Radiology* 16 (1): 21-31. <https://doi.org/10.3348/kjr.2015.16.1.21>.
- Lenferink, A.E.G., P.C. McDonald, C. Cantin, S. Grothé, M. Gosselin, J. Baardsnes, M. Banville, et al. 2021. «Isolation and characterization of monoclonal antibodies against human carbonic anhydrase-IX». *mAbs* 13 (1). <https://doi.org/10.1080/19420862.2021.1999194>.
- Llamas-Velasco, S., A. Arteché-López, A. Méndez-Guerrero, V. Puertas Martín, J.F. Quesada Espinosa, J.M. Lezana Rosales, M. González-Sánchez, et al. 2021. «Expanding the clinical and genetic spectrum of SQSTM1-related disorders in family with personality disorder and frontotemporal dementia». *Amyotrophic Lateral Sclerosis and Frontotemporal Degeneration* 22 (7-8): 552-60. <https://doi.org/10.1080/21678421.2021.1927101>.
- Malikidogo, Kyangwi P, Harlei Martin, y Celia S Bonnet. 2020. «From Zn(II) to Cu(II) Detection by MRI Using Metal-Based Probes: Current Progress and Challenges.» *Pharmaceuticals (Basel, Switzerland)* 13 (12). <https://doi.org/10.3390/ph13120436>.
- Melki, S., M.B. Chawki, P.-Y. Marie, L. Imbert, y A. Verger. 2020. «Augmented planar bone scintigraphy obtained from a whole-body SPECT recording of less than 20 min with a high-sensitivity 360° CZT camera». *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* 47 (5): 1329-31. <https://doi.org/10.1007/s00259-019-04525-y>.

- Meulen, Nicholas P van der, Klaus Strobel, y Thiago Viana Miranda Lima. 2021. «New Radionuclides and Technological Advances in SPECT and PET Scanners.» *Cancers* 13 (24). <https://doi.org/10.3390/cancers13246183>.
- Nakano, T., M. Sakai, K. Torikai, Y. Suzuki, S. Takeda, S.-E. Noda, M. Yamaguchi, et al. 2020. «Imaging of <sup>99m</sup>Tc-DMSA and <sup>18</sup>F-FDG in humans using a Si/CdTe Compton camera». *Physics in medicine and biology* 65 (5): 05LT01. <https://doi.org/10.1088/1361-6560/ab33d8>.
- Pala, R., Y. Zeng, S. Pattnaik, S. Busi, N. Alomari, S.M. Nauli, y G. Liu. 2018. «Functionalized silver nanoparticles for sensing, molecular imaging and therapeutic applications». *Current Nanomedicine* 8 (3): 234-50. <https://doi.org/10.2174/2468187308666180508144919>.
- Rangasamy, Loganathan, Bruno Di Geronimo, Irene Ortin, Claire Coderch, Jose Maria Zapico, Ana Ramos, y Beatriz de Pascual-Teresa. 2019. «Molecular Imaging Probes Based on Matrix Metalloproteinase Inhibitors (MMPIs).» *Molecules (Basel, Switzerland)* 24 (16). <https://doi.org/10.3390/molecules24162982>.
- Ritt, Philipp, y Torsten Kuwert. 2020. «Quantitative SPECT/CT-Technique and Clinical Applications.» *Recent results in cancer research. Fortschritte der Krebsforschung. Progres dans les recherches sur le cancer* 216 (r1y, 0044671): 565-90. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-42618-7\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-030-42618-7_17).
- Roth, D., E. Larsson, A. Sundlöv, y K. Sjögren Gleisner. 2020. «Characterisation of a hand-held CZT-based gamma camera for <sup>177</sup>Lu imaging». *EJNMMI Physics* 7 (1). <https://doi.org/10.1186/s40658-020-00313-y>.
- Sanginario, A., B. Miccoli, y D. Demarchi. 2017. «Carbon Nanotubes as an Effective Opportunity for Cancer Diagnosis and Treatment». *Biosensors* 7 (1). <https://doi.org/10.3390/bios7010009>.
- Shribman, S., A. Poujois, O. Bandmann, A. Czlonkowska, y T.T. Warner. 2021. «Wilson's disease: Update on pathogenesis, biomarkers and treatments». *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry* 92 (10): 1053-61. <https://doi.org/10.1136/jnnp-2021-326123>.
- Tissot, H., V. Roch, O. Morel, N. Veran, M. Perrin, M. Claudin, A. Verger, G. Karcher, P.-Y. Marie, y L. Imbert. 2019. «Left ventricular ejection fraction determined with the simulation of a very low-dose CZT-SPECT protocol and an additional count-calibration on planar radionuclide angiographic data». *Journal of Nuclear Cardiology* 26 (5): 1539-49. <https://doi.org/10.1007/s12350-019-01619-w>.
- Wang, H., K. Nie, y Y. Kuang. 2020. «An On-Board Spectral-CT/CBCT/ SPECT Imaging Configuration for Small-Animal Radiation Therapy Platform:

A Monte Carlo Study». IEEE Transactions on Medical Imaging 39 (3): 588-600. <https://doi.org/10.1109/TMI.2019.2932333>.

- Yuan, X.-Z., R.-M. Yang, y X.-P. Wang. 2021. «Management perspective of wilson's disease: Early diagnosis and individualized therapy». Current Neuropharmacology 19 (4): 465-85. <https://doi.org/10.2174/1570159X18666200429233517>.
- Zhang, R., L. Li, Y. Sultanbawa, y Z.P. Xu. 2018. «X-ray fluorescence imaging of metals and metalloids in biological systems». American Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging 8 (3): 169-88.
- Zheng, L., Y. Wang, B. Yang, B. Zhang, y Y. Wu. 2020. «Islet transplantation imaging in vivo». Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy 13 ((Zheng L.; Wang Y.; Yang B.; Zhang B., jjs10@zju.edu.cn; Wu Y., yulianwu@zju.edu.cn) Department of Surgery, The Second Affiliated Hospital, Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou, China): 3301-11. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S263253>.

### 3.2.2.2. Leídos a texto completo. (8)

- Frantellizzi, V., M. Conte, y G. De Vincentis. 2021. «Hybrid Imaging of Vascular Cognitive Impairment». *Seminars in Nuclear Medicine* 51 (3): 286-95. <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2020.12.006>.
- Hutton, B.F., K. Erlandsson, y K. Thielemans. 2018. «Advances in clinical molecular imaging instrumentation». *Clinical and Translational Imaging* 6 (1): 31-45. <https://doi.org/10.1007/s40336-018-0264-0>.
- Iikuni, S., Y. Okada, Y. Shimizu, H. Watanabe, y M. Ono. 2020. «Synthesis and evaluation of indium-111-labeled imidazothiadiazole sulfonamide derivative for single photon emission computed tomography imaging targeting carbonic anhydrase-IX». *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters* 30 (14). <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2020.127255>.
- Kaneta, T. 2020. «PET and SPECT imaging of the brain: a review on the current status of nuclear medicine in Japan». *Japanese Journal of Radiology* 38 (4): 343-57. <https://doi.org/10.1007/s11604-019-00901-8>.
- Melki, S., M.B. Chawki, P.-Y. Marie, L. Imbert, y A. Verger. 2020. «Augmented planar bone scintigraphy obtained from a whole-body SPECT recording of less than 20 min with a high-sensitivity 360° CZT camera». *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* 47 (5): 1329-31. <https://doi.org/10.1007/s00259-019-04525-y>.
- Rangasamy, Loganathan, Bruno Di Geronimo, Irene Ortin, Claire Coderch, Jose Maria Zapico, Ana Ramos, y Beatriz de Pascual-Teresa. 2019. «Molecular Imaging Probes Based on Matrix Metalloproteinase Inhibitors (MMPIs).» *Molecules (Basel, Switzerland)* 24 (16). <https://doi.org/10.3390/molecules24162982>.
- Ritt, Philipp. 2022. «Recent Developments in SPECT/CT». *Seminars in Nuclear Medicine* 52 (3): 276-85. <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2022.01.004>.
- Tissot, H., V. Roch, O. Morel, N. Veran, M. Perrin, M. Claudin, A. Verger, G. Karcher, P.-Y. Marie, y L. Imbert. 2019. «Left ventricular ejection fraction determined with the simulation of a very lowdose CZT-SPECT protocol and an additional count-calibration on planar radionuclide angiographic data». *Journal of Nuclear Cardiology* 26 (5): 1539-49. <https://doi.org/10.1007/s12350-019-01619-w>.

### 3.2.2.3. Estudios incluidos (6)

- Frantellizzi, V., M. Conte, y G. De Vincentis. 2021. «Hybrid Imaging of Vascular Cognitive Impairment». *Seminars in Nuclear Medicine* 51 (3): 286-95. <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2020.12.006>.
- Hutton, B.F., K. Erlandsson, y K. Thielemans. 2018. «Advances in clinical molecular imaging instrumentation». *Clinical and Translational Imaging* 6 (1): 31-45. <https://doi.org/10.1007/s40336-018-0264-0>.
- Kaneta, T. 2020. «PET and SPECT imaging of the brain: a review on the current status of nuclear medicine in Japan». *Japanese Journal of Radiology* 38 (4): 343-57. <https://doi.org/10.1007/s11604-019-00901-8>.
- Melki, S., M.B. Chawki, P.-Y. Marie, L. Imbert, y A. Verger. 2020. «Augmented planar bone scintigraphy obtained from a whole-body SPECT recording of less than 20 min with a high-sensitivity 360° CZT camera». *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* 47 (5): 1329-31. <https://doi.org/10.1007/s00259-019-04525-y>.
- Ritt, Philipp. 2022. «Recent Developments in SPECT/CT». *Seminars in Nuclear Medicine* 52 (3): 276-85. <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2022.01.004>.
- Tissot, H., V. Roch, O. Morel, N. Veran, M. Perrin, M. Claudin, A. Verger, G. Karcher, P.-Y. Marie, y L. Imbert. 2019. «Left ventricular ejection fraction determined with the simulation of a very low-dose CZT-SPECT protocol and an additional count-calibration on planar radionuclide angiographic data». *Journal of Nuclear Cardiology* 26 (5): 1539-49. <https://doi.org/10.1007/s12350-019-01619-w>.

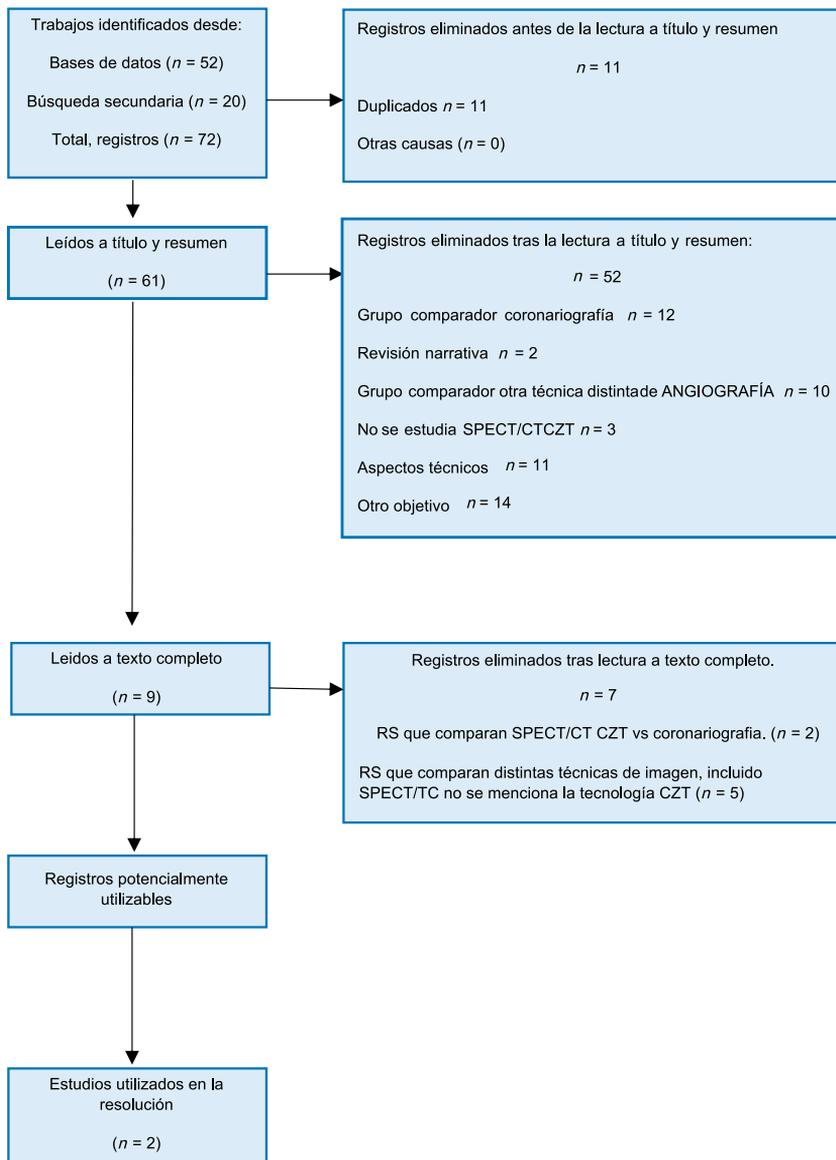
### 3.2.2.4. Estudios excluidos (2)

**TABLA 3. Estudios excluidos. Otras aplicaciones SPECT/TC CZT**

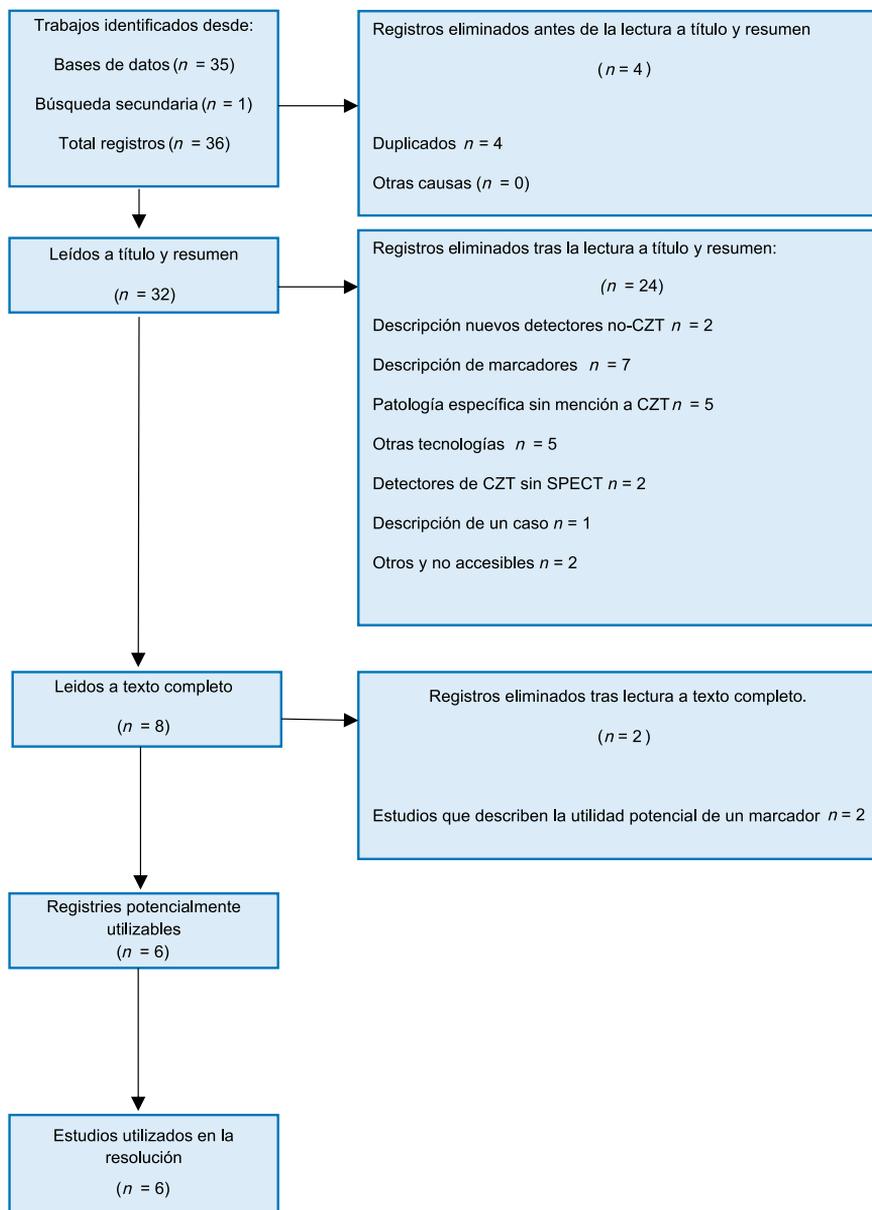
Id	Referencia	Causa de exclusión
Likuni 2020	likuni S, et al. Synthesis and evaluation of indium-111-labeled imidazothiadiazole sulfonamide derivative for single photon emission computed tomography imaging targeting carbonic anhydrase-IX. Bioorg Med Chem Lett 2020; 30 (14).	Descripción del desarrollo y uso experimental de un nuevo marcador.
Rangasamy 2019	Rangasamy L, et al. Molecular Imaging Probes Based on Matrix Metalloproteinase Inhibitors (MMPis). Molecules (Basel). 2019; 24 (16) 2982.	Descripción de la posible utilidad de un marcador utilizable en SPECT, no se menciona CZT

### 3.3. Diagramas de flujo

#### 3.3.1. Diagrama de flujo – Preguntas 1 y 2



### 3.3.2. Diagrama de flujo - Otras aplicaciones



## 3.4. Análisis de la calidad de la evidencia

### 3.4.1. Análisis de riesgo de sesgo del trabajo de Cantoni 2019

Dominio	Valoración
1. ¿Las preguntas de investigación y los criterios de inclusión para la revisión incluyen los componentes PICO?	Sí
2. ¿El reporte de la revisión contiene una declaración explícita de que los métodos de la revisión fueron establecidos con anterioridad a su realización y justifica cualquier desviación significativa del protocolo?	No
3. ¿Los autores de la revisión explicaron su decisión sobre los diseños de estudio a incluir en la revisión?	Sí
4. ¿Los autores de la revisión usaron una estrategia de búsqueda bibliográfica exhaustiva?	Sí
5. ¿Los autores de la revisión realizaron la selección de estudios por duplicado?	No
6. ¿Los autores de la revisión realizaron la extracción de datos por duplicado?	No
7. ¿Los autores de la revisión proporcionaron una lista de estudios excluidos y justificaron las exclusiones?	No
8. ¿Los autores de la revisión describieron los estudios incluidos con suficiente detalle?	Sí parcial
9. ¿Los autores de la revisión usaron una técnica satisfactoria para evaluar el riesgo de sesgo de los estudios individuales incluidos en la revisión?	Sí
10. ¿Los autores de la revisión reportaron las fuentes de financiación de los estudios incluidos en la revisión?	No
11. Si se realizó un meta-análisis, ¿los autores de la revisión usaron métodos apropiados para la combinación estadística de resultados?	Sí
12. Si se realizó un meta-análisis, ¿los autores de la revisión evaluaron el impacto potencial del riesgo de sesgo en estudios individuales sobre los resultados del meta-análisis u otra síntesis de evidencia?	No
13. ¿Los autores de la revisión consideraron el riesgo de sesgo de los estudios individuales al interpretar / discutir los resultados de la revisión?	Sí

Dominio	Valoración
14. ¿Los autores de la revisión proporcionaron una explicación satisfactoria y discutieron cualquier heterogeneidad observada en los resultados de la revisión?	Sí
15. Si se realizó síntesis cuantitativa ¿los autores de la revisión llevaron a cabo una adecuada investigación del sesgo de publicación (sesgo de estudio pequeño) y discutieron su probable impacto en los resultados de la revisión?	Sí
16. ¿Los autores de la revisión informaron de cualquier fuente potencial de conflicto de intereses, incluyendo cualquier financiamiento recibido para llevar a cabo la revisión?	Sí
Valoración Global	Críticamente baja

Tabla adaptada de: Ciapponi A. AMSTAR-2: herramienta de evaluación crítica de revisiones sistemáticas de estudios de intervenciones de salud. Evid Act Pract Ambul. 2018; 21 (1): 4-13. Traducido, resumido y comentado de: Shea BJ, y col. AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both. BMJ. 2017; 358,j4008. PMID:28935701.

Los dominios sombreados son los definidos como críticos.

### 3.4.2. Análisis del riesgo de sesgo del trabajo Baumgarten 2021 (escala de Robins-I)

Estudio	Experimental	Comparador	Confusión	Sesgo de selección	Sesgo de clasificación	Desviación de las intervenciones prevalidación	Falta de datos	Sesgo en la medida de los resultados	Comunicación selectiva de resultados	Evaluación global
Baumgarten 2021	SPECT-CZT	SPECT-convencional	Bajo	Bajo	Información insuficiente	Bajo	Serio	Serio	Bajo	Serio

## 3.5. Tablas de perfil de la evidencia (GRADE)

### 3.5.1. Pregunta 1

**TABLA 4. Pregunta 1: ¿Debería usarse SPECT-CZT versus Spect\_convencional para diagnosticar Déficit de perfusión en Cardiopatía isquémica?**

SPECT-CZT	SPECT convencional
Sensibilidad	0.89 (95% CI: 0.86 a 0.91)      0.85 (95% CI: 0.79 a 0.89)
Especificidad	0.69 (95% CI: 0.61 a 0.75)      0.66 (95% CI: 0.56 a 0.74)

Prevalencias	64.83%      54.42%
--------------	--------------------

Desenlace	N.º de estudios (N.º de pacientes)	Diseño de estudio	Factores que pueden disminuir la certeza de la evidencia				Effect per 1000 patients tested				QoE de precisión del test	
			Riesgo de sesgo	Evidencia indirecta	Inconsistencia	Imprecisión	Sesgo de publicación	probabilidad pre-test de 64.83%		probabilidad pre-test de 54.42%		
								SPECT-CZT	Spect_convencional	SPECT-CZT		Spect_convencional
Verdaderos positivos (pacientes con Déficit de perfusión)	40 estudios 7334 pacientes	corte transversal (estudio preciso de tipo cohorte)	no es serio <sup>a</sup>	serio <sup>b</sup>	no es serio	ninguno	577 (568 a 590)	551 (512 a 577)	484 (468 a 495)	463 (430 a 484)	21 más TP en SPECT-CZT	⊕⊕○○ Baja
Falsos negativos (pacientes incorrectamente clasificados de no tener Déficit de perfusión)							71 (68 a 90)	97 (71 a 136)	60 (49 a 76)	81 (60 a 114)	21 menos FN en SPECT-CZT	

Desenlace	N.º de estudios (N.º de pacientes)	Diseño de estudio	Factores que pueden disminuir la certeza de la evidencia				Effect per 1000 patients tested				QoE de precisión del test
			Riesgo de sesgo	Evidencia indirecta	Inconsistencia	Imprecisión	Sesgo de publicación	probabilidad pre-test de 64,83%	probabilidad pre-test de 54,42%	SPECT-CZT	
Verdaderos negativos (pacientes sin Déficit de perfusión)	40 estudios 7334 pacientes	corte transversal (estudio preciso de tipo cohorte)	no	muy serio <sup>b</sup>			243 (215 a 264)	232 (197 a 260)	315 (278 a 342)	301 (255 a 337)	⊕○○○ Muy baja
			es serio <sup>a</sup>	serio <sup>c</sup>	no es serio	ninguno	11 más TN en SPECT-CZT	120 (92 a 155)	141 (114 a 178)	14 más TN en SPECT-CZT	
Falsos positivos (pacientes clasificados incorrectamente como Déficit de perfusión)							11 menos FP en SPECT-CZT		14 menos FP en SPECT-CZT		

### Explicaciones

- La RS identificada no fue registrada antes de su realización, la extracción de los datos no fue por duplicado y la financiación y posibles conflictos de interés de los estudios originales no se comunicaron.
- Las poblaciones estudiadas difieren en algunas características clínicas relevantes, muchas no están referidas en los originales incluidos en la revisión y además esta falta de datos difiere entre las dos técnicas comparadas. b. El objetivo de la evaluación es mostrar las diferencias entre equipos SPECT/CT CZT vs SPECT/TC convencionales, sin embargo, los equipos mostrados en el trabajo evaluado no están dotados de TC.
- Existe gran heterogeneidad, no explicada, entre los estimadores de los distintos estudios en ambas pruebas. Los valores calculados del I2 oscilan entre I2=95,1%, y I2=68,3%, con p-valores siempre inferiores a p<0.001.

### 3.5.2. Pregunta 2

**TABLA 5. Pregunta 2: SPECT-CZT comparado con Spect-convencional en pacientes con sospecha de cardiopatía isquémica**

Autor(es): UETS-Madrid

Configuración:

Bibliografía:

N.º de estudios	Evaluación de certeza						N.º de pacientes		Efecto		Certeza	Importancia
	Diseño de estudio	Riesgo de sesgo	Inconsistencia	Evidencia indirecta	Imprecisión	Otras consideraciones	SPECT-CZT	Spect-convencional	Relativo (95% CI)	Absoluto (95% CI)		
1	estudios observacionales	serio <sup>a</sup>	No aplicables	serio <sup>b</sup>	no es serio		122	122	-	MD 3.1 mSv menos (4.32 menos a 1.87 menos)	⊕○○○ Muy baja	

Exposición total a radiación (evaluado con: Dosis medida en mSv)

CI: Intervalo de confianza; MD: Diferencia media

#### Explicaciones

a. Estudio observacional apareado. Los posibles factores de confusión parecen controlados por el apareamiento y el análisis. La asignación de los grupos de tratamiento parece tener bajo riesgo de sesgo, sin embargo, la completitud de los datos y la clasificación y seguimiento de las intervenciones no están detalladas con la claridad suficiente para su correcta valoración. No se indican los criterios de selección de los pacientes, ni las causas de la asignación a cada una de las pruebas.

b. El objetivo de la evaluación es mostrar las diferencias entre equipos SPECT/CT CZT vs SPECT/TC convencionales, sin embargo, los equipos mostrados en el trabajo evaluado no están dotados de TC.



**Comunidad  
de Madrid**

Dirección General del Proceso  
Integrado de Salud  
CONSEJERÍA DE SANIDAD