



Caracterización del dolor torácico atípico y rol de la prueba de esfuerzo nuclear en su estratificación: una revisión de la literatura

Characterization of Atypical Chest Pain and the Role of Nuclear Stress Testing in its Stratification: A Literature Review

Caracterização da dor torácica atípica e o papel do teste de estresse nuclear na sua estratificação: uma revisão da literatura

Jorge Luis Badilla Balma^I
jorgeluis.badillabalma21@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0008-1219-5294>

Carol Daniela Arce Sanjur^{II}
carolarce99@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0456-8413>

María Sofía Alpízar Ramírez^{III}
msofalp@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0001-2832-7182>

Micaela Sosa Pizarro^{IV}
micky.sosa.1997@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-6828-9478>

Correspondencia: jorgeluis.badillabalma21@gmail.com

Ciencias de la Salud
Artículo de Investigación

*** Recibido:** 17 de mayo de 2025 *** Aceptado:** 19 de junio de 2025 *** Publicado:** 31 de julio de 2025

- I. Médico General; Caja Costarricense de Seguro Social; Médico y Cirujano General egresado de la Universidad de Ciencias Médicas de Costa Rica; San José, Costa Rica
- II. Médico General; Caja Costarricense de Seguro Social; Médico y Cirujano General egresado de la Universidad de Ciencias Médicas de Costa Rica; San José, Costa Rica
- III. Médico General; Caja Costarricense de Seguro Social; Médico y Cirujano General egresado de la Universidad de Ciencias Médicas de Costa Rica; San José, Costa Rica
- IV. Magíster en Gerencia de Instituciones de Salud; Médica Cirujana; Médico General; Hospital General Docente de Calderón; Quito, Ecuador

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo conocer la utilidad de la prueba de esfuerzo nuclear en la estratificación de riesgo cardiovascular en pacientes con dolor torácico atípico. Esta herramienta diagnóstica evalúa el flujo sanguíneo al músculo cardíaco tanto en reposo como durante el ejercicio. Una vez administrado un fármaco radioactivo intravenoso y con la asistencia de una cámara especial, el médico puede captar una imagen del corazón y valorar cómo este fármaco fluye por la vasculatura del corazón, facilitando el proceso de diagnóstico y detectando afecciones cardíacas que coloquen en riesgo la vida del paciente. En cuanto a la estructura metodológica del presente artículo científico se utilizó un tipo de investigación documental, empleando como técnicas el análisis de contenido que permitió el desarrollo de este cuerpo de investigación a través de la revisión de documentos especializados. Se concluyó que las pruebas de esfuerzo nuclear con pacientes que presentan dolor torácico se caracterizan porque combinan el esfuerzo físico con la imagenología nuclear, permitiendo evaluar al enfermo en todo lo relacionado con la función cardíaca y permitiendo al médico tratante brindar el manejo idóneo al paciente que está siendo evaluado.

Palabras claves: Prueba de esfuerzo nuclear, dolor torácico atípico, estratificación de riesgo

Abstract

This study aims to assess the role of nuclear stress testing in cardiovascular risk stratification of patients with atypical chest pain. This diagnostic tool evaluates blood flow to the heart muscle both at rest and during physical exertion. After intravenous administration of a radioactive tracer and with the aid of a specialized imaging camera, physicians can capture images of the heart and assess how the tracer circulates through the coronary vasculature. This process facilitates diagnosis and helps identify potentially life-threatening cardiac conditions. Regarding the methodological structure of this scientific article, a documentary research approach was employed, using content analysis as the primary technique. This allowed for the development of this body of research through the review of specialized literature. It was concluded that nuclear stress testing in patients with chest pain is characterized by its combination of physical stress and nuclear imaging, enabling a comprehensive evaluation of cardiac function and enabling the treating physician to provide the appropriate management for the patient being evaluated.

Keywords: Nuclear stress testing, atypical chest pain, risk stratification

Resumo

O presente estudo tem como objetivo compreender a utilidade do teste de estresse nuclear na estratificação de risco cardiovascular em pacientes com dor torácica atípica. Essa ferramenta diagnóstica avalia o fluxo sanguíneo para o músculo cardíaco tanto em repouso quanto durante o exercício. Uma vez administrado um medicamento radioativo por via intravenosa e com o auxílio de uma câmera especial, o médico pode capturar uma imagem do coração e avaliar como o medicamento flui pela vasculatura cardíaca, facilitando o processo diagnóstico e detectando condições cardíacas que colocam a vida do paciente em risco. Quanto à estrutura metodológica deste artigo científico, utilizou-se um tipo de pesquisa documental, empregando técnicas de análise de conteúdo que permitiram o desenvolvimento deste corpo de pesquisa por meio da revisão de documentos especializados. Concluiu-se que o teste de estresse nuclear em pacientes com dor torácica caracteriza-se pela combinação do esforço físico com a imagem nuclear, permitindo que o paciente seja avaliado em todos os aspectos relacionados à função cardíaca e possibilitando ao médico assistente fornecer o manejo adequado para o paciente em avaliação.

Palavras-chave: Teste de estresse nuclear, dor torácica atípica, estratificação de risco

Introducción

El dolor torácico genera aproximadamente 4 millones de consultas externas al año y es la segunda causa más común de atención en urgencias, con casi 7 millones de visitas anuales en Estados Unidos (1). Si bien la mayoría de los casos de dolor torácico no son de origen cardíaco, más de 18 millones de personas en Estados Unidos padecen enfermedad arterial coronaria (EAC), lo que provoca más de 1000 muertes diarias (1). La Asociación Estadounidense del Corazón (AHA) y el Colegio Estadounidense de Cardiología (ACC) actualizaron sus directrices para el manejo del dolor torácico, las cuales cuentan con el respaldo de otros cinco grupos de cardiología.

Considerando las cifras estadísticas, en el proceso de diagnóstico, la imagenología juega un rol importante en el diagnóstico de dolor torácico, ya que es una herramienta para la obtención de información en relación a la salud cardíaca del paciente que ingresa a emergencia médica, permitiendo visualizar estructuras internas e identificar la causa del dolor, detectar la existencia de

infartos, embolias pulmonares, disecciones aórticas y otras causas no cardíacas, acelerando la toma de decisiones clínicas por parte del personal médico (1).

La imagenología no invasiva desempeña un papel fundamental en la evaluación de la anatomía de la arteria coronaria epicárdica, la perfusión miocárdica y la función ventricular en pacientes con enfermedades cardiovasculares confirmadas o sospechadas. La creciente carga mundial de enfermedades cardiovasculares ha propiciado la introducción de modalidades de imagenología altamente sensibles y específicas. En las últimas dos décadas, el desarrollo de nuevos softwares ha contribuido enormemente y ha ampliado las dimensiones de la imagenología no invasiva (2).

Cabe destacar que la imagenología molecular ha revolucionado el diagnóstico al utilizar una alta resolución espacial y temporal, mejorando significativamente la sensibilidad y la especificidad. Gracias al creciente conocimiento de la fisiología cardiovascular y a los avances en las tecnologías de imagenología, la imagenología molecular se ha convertido en una herramienta esencial en el campo de la medicina cardiovascular (2).

La introducción de la tomografía por emisión de positrones híbrida con la tomografía computarizada (PET/TC) ha sido un hito importante en el campo de la imagenología de perfusión miocárdica. Ha acortado significativamente el protocolo de imagenología y reducido la exposición a la radiación. La PET cardíaca también ha demostrado ser una modalidad de imagenología no invasiva eficaz para el diagnóstico de enfermedades infiltrativas miocárdicas, isquemia cardíaca e infecciones cardíacas, evaluación de pacientes previa a la derivación para trasplante cardíaco, evaluación de la enfermedad de la arteria coronaria en pacientes sintomáticos en los que otras investigaciones no invasivas siguen siendo equívocas y diferenciación de lesiones cardíacas benignas de lesiones malignas, entre otras (2).

El presente artículo de investigación discute la utilidad de la prueba de esfuerzo nuclear en la estratificación de riesgo en pacientes con dolor torácico. Se abarcan temas como la utilidad de la prueba de esfuerzo nuclear en la estratificación de riesgo en pacientes con dolor torácico atípico, causas de dolor torácico, evaluación del dolor torácico, el dolor torácico y evaluaciones para su diagnóstico, evaluación de pretest, principales signos y síntomas en pacientes con dolor torácico, características clínicas del dolor torácico atípico, diferencias con el dolor típico y dolor torácico, importancia de la estratificación del riesgo en pacientes con dolor torácico atípico, fundamentos de la prueba nuclear, tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT) vs tomografía

por emisión de positrones (PET), tipos de fármacos para el dolor torácico, estratificación del riesgo en las prueba de esfuerzo para predecir eventos cardiovasculares, electrocardiograma (ECG), ecocardiografía de estrés (ecoestrés), angiografía por tomografía computarizada (angiotc) coronario y nuevas tecnologías y futuro de la prueba de esfuerzo nuclear (NST) (PET-CT cardíaco híbrido).

Metodología

El artículo científico aborda la utilidad de la prueba de esfuerzo nuclear en la estratificación de riesgo de pacientes con dolor torácico atípico. Se construyó bajo un paradigma posmoderno, utilizando un enfoque cualitativo y de investigación documental (3). El objetivo fue analizar y sintetizar la evidencia disponible sobre el papel de la prueba de esfuerzo nuclear en la estratificación de riesgo cardiovascular en pacientes que presentan dolor torácico atípico. La investigación se centró en profundizar sobre el dolor torácico, sus causas y el aporte de técnicas de imagenología como la TAC, RM y PET-CT cardíaco híbrido para una evaluación precisa. Para ello, se hizo una búsqueda de trabajos científicos y libros especializados, aplicando la técnica de análisis de contenido La selección de fuentes fue dirigida, utilizando principalmente bibliografía publicada en bases de datos como PubMed y Google Scholar. La elección de textos se basó en su relevancia y disponibilidad en concordancia con los ejes centrales del objetivo, procurando recolectar información actualizada sin sacrificar contenido debido a limitaciones como el rango temporal.

Resultados y Discusión

Presentación y origen del torácico

El dolor torácico puede presentarse como dolor, presión, opresión o malestar en el tórax, hombros, brazos, cuello, espalda, abdomen superior o mandíbula y, con menos frecuencia, como dificultad para respirar, náuseas o fatiga sin dolor. El dolor torácico se considera agudo si aparece de nuevo o si implica un cambio en el patrón, la intensidad o la duración; se considera estable si es crónico con desencadenantes invariables, como el esfuerzo o el estrés emocional. Los pacientes suelen describir el dolor torácico isquémico como presión, opresión o pesadez, retro esternal por esfuerzo

o relacionado con el estrés. El dolor agudo, fugaz, pleurítico, posicional o que cambia de ubicación tiene menos probabilidades de ser de origen cardíaco. Estas directrices sugieren describir el dolor torácico como cardíaco; posiblemente cardíaco; o no cardíaco. El descriptor atípico ya no se utiliza porque los pacientes pueden interpretarlo como benigno (1).

El dolor torácico es un síntoma de presentación muy frecuente. Muchos pacientes son conscientes de la amenaza potencial asociada con este síntoma y consultan ante la mínima molestia. Otros, incluso muchos individuos con enfermedades graves, minimizan o ignoran esta advertencia. La percepción del dolor (tanto sus características como su gravedad) varía significativamente en los distintos individuos y también en ambos sexos. Independientemente de la manera en que se describa, no se debe restar importancia al dolor torácico sin explicar su causa (4).

El corazón, los pulmones, el esófago y los grandes vasos proporcionan información aferente a través de los ganglios autónomos torácicos. Un estímulo doloroso que se origina en estos órganos se percibe en general como procedente del tórax, aunque como todas las fibras nerviosas llegan a los ganglios dorsales, el dolor torácico también puede percibirse en algunos otros sitios desde el cuello hasta epigastrio, incluidos los miembros superiores (4).

Los estímulos dolorosos provenientes de los órganos torácicos pueden causar molestias descritas como opresión, desgarro, distensión con necesidad urgente de eructar, indigestión, pirosis o dolor. Con escasa frecuencia, se informan otras descripciones del dolor torácico, como punzante o dolor agudo tipo pinchazo de aguja. Muchos pacientes con molestia de origen visceral niegan haber tenido dolor e insisten en que es una simple molestia (4).

Cabe resaltar que deben tomarse en cuenta las enfermedades inmediatamente mortales que producen dolor torácico, como los síndromes coronarios agudos, disección de la aorta torácica, neumotórax a tensión, ruptura esofágica y embolismo pulmonar (4).

A continuación, en los cuadros 1, 2, 3 y 4 se describen algunas causas de dolor torácico de origen cardiovascular, gastrointestinal, pulmonar y otras no clasificadas, respectivamente.

Cuadro 1. Algunas causas de dolor torácico producto del sistema cardiovascular.

Causa	Signos y síntomas	Abordaje Diagnostico
Isquemia miocárdica (infarto agudo de miocardio/angina inestable/angina)	Dolor compresivo agudo, que irradia a la mandíbula o el brazo Dolor durante el ejercicio, que se alivia con el reposo (angina de pecho) Galope S4 A veces soplos sistólicos de insuficiencia mitral A menudo, signos de alarma	ECG seriados y biomarcadores cardíacos A veces, ecocardiograma (tradicional, realizado a la cabecera del paciente o ambos) Se considera la gammagrafía con estrés o la angiotomografía en pacientes con hallazgos negativos o sin cambios en el ECG y sin elevación del biomarcador cardíaco en las pruebas seriadas Si se identifican signos compatibles, cateterismo cardíaco y angiografía coronaria.
Diseccción de la aorta torácica	Dolor súbito desgarrante que irradia a la espalda Algunos pacientes presentan síncope, accidente cerebrovascular o isquemia en las piernas Pulsos o presión arterial que pueden ser diferentes en los miembros Edad > 55 años Hipertensión Signos de alarma	Dímero-D en pacientes con bajo riesgo Radiografía de tórax, que puede revelar ensanchamiento del mediastino En pacientes hemodinámicamente estables: angiografía por TC, posiblemente angiografía por RM o ETE En pacientes que son hemodinámicamente inestables: ecocardiografía transesofágica junto a la cabecera del paciente
Miocarditis	Fiebre, disnea, fatiga, dolor torácico (si hay miopericarditis), infección reciente de etiología viral o de otro tipo. En ocasiones, hallazgos compatibles con insuficiencia cardíaca, pericarditis o ambas.	ECG, Biomarcadores cardíacos séricos, Eritrosedimentación Proteína C reactiva En general, ecocardiografía o RM cardíaca

Pericarditis	Dolor agudo constante o intermitente, a menudo agravado por la respiración, la deglución de alimentos o el decúbito supino y que se alivia cuando el paciente se sienta o se inclina hacia adelante Roce pericárdico Distensión venosa yugular (si hay pericarditis constrictiva o derrame pericárdico grande o que se acumula en forma rápida)	ECG, Biomarcadores cardíacos séricos (en ocasiones muestran un aumento mínimo de los niveles de troponina y CK-MB si hay miocarditis asociada) Ecocardiograma transtorácico para evaluar el derrame pericárdico
--------------	--	---

Fuente: Basado en Thompson y Shea (4).

Cuadro 2. Algunas causas de dolor torácico producto problemas gastrointestinal.

Causa	Signos y síntomas	Abordaje Diagnóstico
Rotura esofágica	Dolor súbito intenso después del vómito o la instrumentación (p. ej., esofagogastroscoopia o ecocardiografía transesofágica) Crepitantes subcutáneos detectados durante la auscultación Signos de alarma	Radiografía de tórax Esofagografía con medio de contraste hidrosoluble para la confirmación del diagnóstico
Pancreatitis	Dolor en el epigastrio o en la parte inferior del tórax, que a menudo empeora en decúbito y se alivia al inclinarse hacia adelante Vómitos Hipersensibilidad a la palpación del hipogastrio Shock, Fiebre, Con frecuencia, antecedentes de alcoholismo o de enfermedad biliar	Lipasa sérica (> 3 veces el límite superior normal) TC abdominal
Enfermedad Biliar	Molestias recurrentes en el cuadrante superior derecho del abdomen o el epigastrio después de las comidas (pero no con los esfuerzos)	Ecografía de la vesícula biliar A veces <u>colegammagrafía</u> (gammagrafía con ácido hepático iminodiacético [HIDA])

Trastornos de la motilidad esofágica	Dolor de evolución prolongada y comienzo insidioso que puede asociarse o no con la deglución Usualmente también dificultad para deglutir	Trago de bario (radiografía de esófago, estómago y duodeno con contraste de bario) Manometría esofágica
Reflujo esofágico (ERGE)	Ardor (pirosis) recurrente que irradia desde el epigastrio hacia la garganta, se exacerba con el decúbito ventral o la flexión hacia abajo y se alivia con antiácidos	Evaluación clínica A veces, endoscopia A veces, estudios de motilidad
Úlcera péptica	Molestias inespecíficas y recurrentes, en particular en un paciente que fuma o consume alcohol en forma excesiva, que se alivian con los alimentos, los antiácidos o ambos. Sin signos de alarma (a menos que esté perforado o sangrando).	Evaluación clínica A veces, endoscopia En ocasiones, prueba para detectar <i>Helicobacter pylori</i>

Fuente: Basado en Thompson y Shea (4).

Cuadro 3. Algunas causas de dolor torácico producto problemas pulmonares.

Causa	Signos y síntomas	Abordaje Diagnóstico
Embolia pulmonar	Con frecuencia, dolor pleurítico, disnea, taquicardia A veces, febrícula, hemóptisis, shock Más probable cuando hay factores de riesgo presentes	Risk stratification (Wells Criteria, Pulmonary Embolism Rule-out Criteria [PERC rule], Revised Geneva Scoring System) ECG, radiografía de tórax, BNP, troponina (para evaluar el diagnóstico alternativo y proporcionar información pronóstica) A veces, ecografía en el sitio de atención (tamaño y función del ventrículo derecho, tabique interventricular, vena cava inferior)

		A veces, dímero-D A veces angiografía pulmonar por TC.
Neumotórax a tensión	Disnea significativa, hipotensión arterial, distensión de las venas del cuello, disminución del murmullo vesicular e hiperresonancia a la percusión unilateral En ocasiones, enfisema subcutáneo	En general, a través de la evaluación clínica Evidente en la radiografía de tórax A veces ecografía inmediata en el lugar de la atención.
Neumonía	Fiebre, escalofríos, tos y a veces esputo purulento. A menudo, disnea, taquicardia, signos de consolidación.	Radiografía de tórax
Neumotórax	A veces, dolor torácico pleurítico, disminución de los ruidos respiratorios unilaterales y/o aire subcutáneo	Radiografía de tórax A veces, ecografía a la cabecera del paciente o TC (Tomografía computarizada) de tórax
Pleuritis	Puede presentarse después de una neumonía, una embolia pulmonar o una infección respiratoria viral Dolor al respirar, con la tos. A veces, roce pleural, pero fuera de esto el examen no tiene nada destacable.	En general, a través de la evaluación clínica A veces, radiografía de tórax

Fuente: Basado en Thompson y Shea (4).

Cuadro 4. Otros agentes causales de dolor torácico

Causa	Signos y síntomas	Abordaje Diagnostico
Diversos cánceres torácicos	Variable, pero a veces dolor pleurítico En ocasiones, tos crónica, antecedentes de tabaquismo, signos de enfermedad crónica (pérdida de peso, fiebre), adenopatías cervicales.	Radiografía de tórax TC de tórax si los hallazgos radiológicos son compatibles con cáncer Considerar gammagrafía ósea para el dolor costal localizado y persistente.

Dolor musculoesquelético en la pared torácica (p. ej., debido a traumatismos, desgaste o costocondritis)	A menudo, sugerido por los antecedentes El dolor típico persiste (varios días o más tiempo) y empeora con los movimientos pasivos y activos Hipersensibilidad a la palpación generalizada o localizada	Evaluación clínica
Dolor musculoesquelético en la pared torácica (p. ej., debido a traumatismos, desgaste o costocondritis)	A menudo, sugerido por los antecedentes El dolor típico persiste (varios días o más tiempo) y empeora con los movimientos pasivos y activos Hipersensibilidad a la palpación generalizada o localizada	Evaluación clínica
Fibromialgia	Dolor casi constante, que afecta a múltiples áreas del cuerpo, así como el pecho Por lo general, fatiga y falta de sueño Múltiples puntos gatillo	Evaluación clínica
Infección por herpes zóster	Dolor agudo en forma de banda en el tórax unilateral Exantema vesiculoso clásico unilateral en un dermatoma El dolor puede preceder en varios días al exantema	Evaluación clínica
Idiopático	Diversas características Sin signos de alarma	Diagnóstico de exclusión

Fuente: Basado en Thompson y Shea (4).

Evaluación del dolor torácico

Para la evaluación del dolor torácico hay una serie de pasos que es necesario establecer de manera sistemática. Estos incluyen la anamnesis, revisión por aparatos y sistemas, y antecedentes relevantes incluyendo patológicos, farmacológicos y familiares (4). La anamnesis involucra la descripción de la ubicación, las características y la calidad del dolor. Se deben definir eventos precipitantes, agravantes y atenuantes. Particularmente, se debe indagar acerca de dolor que se presenta durante el ejercicio, reposo, estrés psicológico, la respiración, tos, entre otros. Deben explorarse episodios similares y las circunstancias en que sucedieron, con énfasis en las similitudes o las diferencias con el episodio actual y si los episodios tienen frecuencia y duración crecientes. Además se debe consultar acerca de síntomas asociados como disnea, palpitaciones, síncope, sudoración, náuseas, vómitos, tos, sensación febril y escalofríos (4). En la revisión por aparatos y sistemas deben investigarse síntomas que señalan la posible etiología. Por ejemplo, dolor o edema en miembros inferiores, que puede indicar trombosis venosa profunda y eventualmente embolismo pulmonar, o debilidad crónica y pérdida de peso, que podrían sugerir algún proceso neoplásico (4). Finalmente, deben documentarse los antecedentes personales patológicos, antecedentes quirúrgicos y de procedimientos, uso de fármacos y antecedentes heredofamiliares. Por ejemplo, se debe determinar si hay causas preexistentes (por ejemplo, trastornos cardiovasculares o gastrointestinales), si se han realizado pruebas o procedimientos cardíacos (pruebas de estrés o cateterismo), y factores de riesgo cardiovascular como hipertensión arterial, dislipemia, diabetes, enfermedad cerebrovascular y tabaquismo. También es imperativo registrar el uso de fármacos que puedan desencadenar un espasmo de la arteria coronaria como los triptanos o drogas como la cocaína. Respecto a los antecedentes familiares, deben identificarse antecedentes de infarto agudo de miocardio, en particular familiares de primer grado a una edad temprana (< 55 años en hombres y < 60 en mujeres) y dislipidemia (4).

Procesos diagnósticos

Las pruebas básicas en pacientes con sospecha de EAC y dolor torácico crónico incluyen un electrocardiograma (ECG) y ecocardiograma en reposo (5). Asimismo, los análisis de laboratorio incluyen la glucosa plasmática en ayunas, la hemoglobina glucosilada (HbA1c) y el perfil de lípidos para establecer el riesgo del paciente y determinar la necesidad de tratamiento. Otros

parámetros que es imperativo evaluar son la tasa de filtrado glomerular, la urea y la creatinina, ya que es sabido que la enfermedad renal crónica aumenta la probabilidad de presentar EAC y repercute de forma negativa en su pronóstico (5).

Por otro lado, el ecocardiograma transtorácico (ETT) proporciona información valiosa sobre la anatomía y la función cardíaca, las cuales suelen estar preservadas en el síndrome coronario crónico (SCC). Valores de fracción de eyección disminuida y/o alteraciones regionales de la contracción pueden aumentar la sospecha de daño miocárdico isquémico (5). De la misma manera, el ETT permite evaluar causas alternativas y ayuda al diagnóstico de enfermedades cardíacas como valvuloplastias, insuficiencia cardíaca congestiva y la mayoría de las miocardiopatías (5).

Evaluación pretest para la selección apropiada de estudios

En los pacientes cuyo diagnóstico de EAC es incierto, es razonable establecer una evaluación por medio de imágenes funcionales no invasivas para la detección de isquemia (5). En aquellos pacientes en los que la probabilidad clínica de presentar EAC es elevada, que tienen síntomas refractarios al tratamiento médico o que manifiestan dolor torácico con actividad física leve, podría realizarse directamente una cinecoronariografía (CCG) invasiva, sin realizar más pruebas diagnósticas. Posteriormente, la indicación de revascularización deberá ser guiada de acuerdo con la magnitud y el compromiso hemodinámico de las lesiones coronarias identificadas (5).

Por otro lado, si la EAC no puede ser excluida por la presentación clínica, se recomienda realizar estudios no invasivos (5). Las guías actuales (5) recomiendan el uso de imágenes funcionales no invasivas para la detección de isquemia (cámara gamma / ecoestrés) o de imágenes anatómicas como la angiografía por tomografía computada coronaria (ATCC) como prueba inicial para el diagnóstico de EAC en algunos pacientes (5).

Las pruebas para el diagnóstico de EAC (5) obstructiva están diseñadas para detectar isquemia miocárdica a través de cambios en el ECG, cambios en el movimiento de la pared por resonancia magnética nuclear cardíaca de estrés o ecocardiograma de estrés, y cambios de perfusión por tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT). Estas se asocian con una alta precisión para la detección de estenosis coronarias significativas, en comparación con la prueba invasiva de medición de reserva fraccional de flujo (FFR). Como se mencionó anteriormente, la

evaluación anatómica no invasiva mediante ATCC proporciona una alta precisión para la detección de estenosis coronarias obstructivas (5).

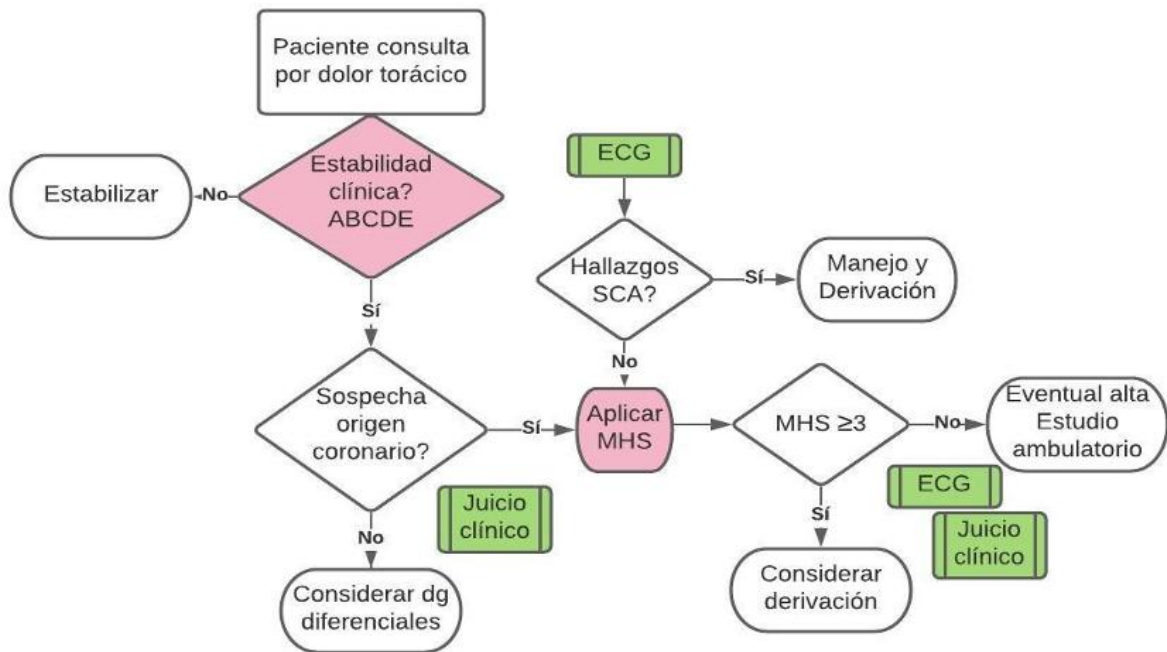
Las estenosis estimadas en 50% a 90% por inspección visual no siempre son funcionalmente significativas; es decir, no siempre inducen isquemia miocárdica. Por lo tanto, se recomienda realizar estudios funcionales invasivos o no invasivos para evaluar los hallazgos detectados en pruebas anatómicas, a menos que se detecte una estenosis de muy alto grado ($> 90\%$) mediante una angiografía invasiva (5).

En cuanto al ECG de esfuerzo, tiene un rendimiento diagnóstico inferior en comparación con las pruebas de diagnóstico por imágenes previamente mencionadas y un poder limitado para confirmar o descartar EAC obstructiva. Finalmente, la CCG es necesaria en pacientes con sospecha de EAC y pruebas no invasivas no concluyentes (5).

En el enfrentamiento del paciente con dolor torácico es importante evaluar la estabilidad clínica en un principio, luego preguntarse si el cuadro es potencialmente fatal y, si esto último se descarta, si es seguro dar de alta (6). No se debe olvidar que el dolor torácico incluye patologías de riesgo vital (infarto agudo de miocardio o IAM, tromboembolismo pulmonar o TEP, disección Aórtica, neumotórax, taponamiento cardíaco, rotura esofágica) por lo que la evaluación primaria es fundamental y se sugiere tomar un ECG de 12 derivaciones idealmente en los primeros 10 minutos a todo paciente que consulta por dolor torácico (6).

La probabilidad de que el paciente que consulta por dolor torácico (6) presente cualquier enfermedad de origen isquémico cardíaco varía según la edad, sexo y las características del dolor (anginoso/no anginoso). Esta probabilidad aumenta en pacientes de mayor edad, en hombres y en aquellos con dolor anginoso clásico. El dolor no anginoso o atípico aumenta con la edad, por lo tanto, la historia clásica del SCA es más frecuente de ver en pacientes jóvenes y, a mayor edad, debemos tener un alto nivel de sospecha con cuadros atípicos (ver figura 1) (6).

Figura 1. Evaluación del dolor torácico en Atención Primaria de Salud (APS)



Fuente: Basado en Poehls (6).

En cuanto a los signos y síntomas del dolor torácico, este se caracteriza por sentir un dolor en el pecho, donde se manifiesta tiene una sensación de opresión que incluye un dolor intenso (6). Estas manifestaciones los pacientes, deben considerar si estos también presentan dificultad para respirar, náuseas, mareos, ritmo cardíaco acelerado, incluso el dolor se puede extender a al cuello mandíbula, brazo y hombros (6).

Cuadro 5. Principales signos y síntomas en pacientes con dolor torácico

	Mayor probabilidad de origen coronario	Indiferente o variable	Menor probabilidad de origen coronario
Localización	Retroesternal central, en todo el tórax, cuello, mandíbula, miembros superiores	Epigastrium, dorso, precordial	Infraumbilical, maxilar superior, zona lateral del tórax, en la distribución de la una dermatoma

Características	Opresivo, pesadez, constricción, ardor.	Sin localización definida	Puntual, agudo, lancinante, desgarrante, sordo. Inicio súbito con intensidad máxima desde el comienzo.
Extensión de la superficie	Zona dolorosa del tamaño de la mano o mayor.		Puntiforme localizado en el dedo
Duración	2 a 20 minutos	>20 minutos	Segundos, fugaz, instantáneo. Muchas horas de duración, más de un día.
Factores precipitantes	Esfuerzo físico, comida, frío .	Emoción, estrés mental. Decúbito dorsal, inicio nocturno.	Inspiración, tos, movimientos de segmento corporal afectado, palpitación, deglución, ingesta alimenticia o alcohólica, ayuno.
Factores que alivian	Reposo, nitritos	Eructo, maniobra de valsalva.	Inspiración, tos, movimiento del segmento corporal afectado, palpitación, deglución, ingesta, vómito, antiácido, analgésicos comunes.
Síntomas Asociados	Sudoración fría, síncope.	Náuseas, vómito, disnea, desasosiego, palpitaciones	Mareos, tos, disfagia, pirosis, regurgitación, sialorrea. Vómitos hemáticos, biliosos o porráceos. Diarrea, melena, enterorragia, fiebre coluria ictericia

Fuente: Reproduced de Barbagelata (5).

Características clínicas del dolor torácico atípico

La angina atípica se define como un dolor torácico que no cumple por completo los criterios de angina típica, pero que, de alguna manera, es compatible con una causa isquémica cardíaca (7). El dolor torácico atípico es el síntoma más frecuente que refieren los pacientes que acuden a urgencias, y aproximadamente dos tercios de ellos tienen una etiología no coronaria (7).

Excluyendo la isquemia e infarto agudo del miocardio, las causas más comunes de dolor torácico atípico son enfermedades relacionadas con el tracto gastrointestinal, síndromes de la pared torácica, enfermedades pericárdicas y enfermedades vasculares (7). Otros diagnósticos menos comunes incluyen neumonía, embolia pulmonar, cáncer de pulmón, aneurisma aórtico, miocarditis, miocardiopatía relacionada con el estrés (síndrome de Takotsubo), estenosis aórtica, herpes zóster y masas cardíacas (7).

Tras descartar un infarto agudo de miocardio y otras afecciones potencialmente mortales, generalmente relacionadas con el compartimento cardiovascular, el pronóstico suele ser muy favorable (7).

Uno de los principales factores del aporte de oxígeno al miocardio es la permeabilidad de los vasos coronarios epicárdicos (7). En la evolución de la enfermedad aterosclerótica, las placas coronarias pueden reducir progresivamente la luz vascular, hasta que el aumento de la resistencia de la arteria epicárdica limita la perfusión miocárdica máxima, generando, en el contexto de un aumento de la demanda miocárdica de oxígeno, isquemia miocárdica y síntomas anginosos (7).

Gracias al uso generalizado de la angiografía coronaria invasiva, casi la mitad de los pacientes con síntomas de angina sugestivos de enfermedad coronaria presentan arterias coronarias normales en la evaluación invasiva. En muchos de estos pacientes, se ha demostrado que los síntomas son secundarios a una disfunción microcirculatoria coronaria, de ahí el término angina microvascular (7). En resumen, se produce una isquemia miocárdica transitoria secundaria a la disfunción de los vasos coronarios de resistencia menor a 500 μ m. La disfunción se documenta, en primer lugar, por una respuesta vasodilatadora disminuida de las arterias coronarias de resistencia pequeñas, y podría afectar tanto la actividad vasodilatadora independiente del endotelio como la dependiente del endotelio. Se han propuesto numerosas hipótesis para explicar este deterioro funcional (principalmente, aumento del tono adrenérgico; aumento de la resistencia a la insulina; deficiencia de estrógenos), pero los mecanismos reales aún no se comprenden por completo (7).

Diferencias entre dolor típico y atípico

La terminología se introdujo hace varios años con el propósito de sistematizar el diagnóstico (8). Sin embargo, esta clasificación tiene limitaciones significativas y su aplicación estricta puede incluso dar lugar a decisiones clínicas erróneas. Su capacidad para identificar a los pacientes con enfermedad coronaria es escasa, ya que, por un lado, una gran proporción de pacientes con cardiopatía isquémica en particular, mujeres y pacientes de edad avanzada o con comorbilidades no presentan angina típica y, por otro, es frecuente que pacientes que sí la presentan no tengan lesiones coronarias o isquemia objetivable (8).

Ante un paciente en quien se quiera evaluar si sus síntomas se deben a isquemia miocárdica, no se debe olvidar que una angina típica no siempre representa una cardiopatía isquémica y, lo que es

más importante, que un dolor torácico atípico no permite descartarla (8). Asimismo, un dolor torácico de características opresivas que aparece exclusivamente en reposo no puede considerarse angina típica, pese a ser sugestivo de angina vasoespástica si las crisis aparecen con un horario nocturno y son recortadas. Además, esta clasificación está centrada en la cardiopatía isquémica y no incluye otras causas cardiológicas y no cardiológicas de dolor torácico (8).

Un punto importante a mencionar es el uso de una terminología menos categórica, como dolor torácico “muy sugestivo”, “sugestivo”, “compatible” o “poco sugestivo” de angina, o dolor torácico “sugestivo” de pericarditis, pleuritis, síndrome aórtico agudo o de pared torácica (8). Estos nuevos términos, junto con la probabilidad pretest de cardiopatía isquémica o de otras afecciones torácicas, tendría una utilidad clínica evidente para orientar el diagnóstico y para seleccionar las pruebas más adecuadas. En ocasiones, el dolor no apunta a ninguna patología concreta, en ese caso se cree sería más adecuado el término “dolor torácico inespecífico, sin evidencia de una enfermedad concreta (8).

Importancia de la estratificación del riesgo en pacientes con dolor torácico atípico

La estratificación del riesgo en pacientes con dolor torácico atípico se puede realizar mediante escalas de riesgo. La escala de riesgo ideal debe demostrar alta sensibilidad y especificidad para identificar a aquellos con alto riesgo de eventos cardiovasculares adversos mayores. Simultáneamente, un sistema de puntuación ideal también debe ser capaz de computar información para otras etiologías no coronarias de dolor torácico que requieren intervenciones y estudios diagnósticos urgentes como son el caso de la disección aórtica y la embolia pulmonar (9).

La evaluación clínica de los pacientes con dolor torácico agudo mediante la historia clínica, la exploración física o herramientas diagnósticas iniciales, como el electrocardiograma (ECG) o los biomarcadores cardíacos, se ha utilizado tradicionalmente; sin embargo, ninguno de estos métodos permite confirmar o descartar con fiabilidad el SCA (9). Para afrontar este reto, han surgido diversas escalas de riesgo clínico (HEART, TIMI, etc.) para la estratificación del riesgo de los pacientes y evaluar la sospecha de SCA. La troponina cardíaca de alta sensibilidad (hs-cTn), ha mejorado aún más la estratificación del riesgo de dolor torácico, permitiendo una rápida estrategia de confirmación y descartación (9).

Los objetivos principales de la estratificación temprana del riesgo son optimizar la asignación de recursos, orientar las pruebas diagnósticas adicionales, disminuir reducir los ingresos hospitalarios innecesarios y mejorar la atención integral al paciente. Estas estrategias facilitan la toma de decisiones de manera eficiente en servicios de urgencias con alta demanda, ayudando a los médicos a adaptar las intervenciones según los riesgos y las necesidades individuales de cada paciente, lo que, en última instancia, se traduce en un manejo más oportuno para quienes presentan mayor riesgo (9).

La puntuación de riesgo de Trombolisis en Infarto de Miocardio (TIMI) se centró inicialmente en predecir la mortalidad a los 14 días en pacientes con infarto de miocardio sin elevación del segmento ST (NSTEMI) y angina inestable (AI). La puntuación TIMI suele incluir factores como la edad, la presencia de al menos tres factores de riesgo de enfermedad arteria coronaria, enfermedad arterial coronaria conocida, uso de aspirina en los últimos 7 días, angina reciente, marcadores cardíacos elevados y cambios en el segmento ST en el electrocardiograma (ECG) (9). En pacientes de bajo riesgo (puntuación de riesgo TIMI de 0 o 1) que acuden al servicio de urgencias con dolor torácico, la utilidad de la puntuación TIMI puede ser limitada. El estudio original indicó que el 4,7 % de los pacientes con una puntuación de 0 o 1 experimentaron resultados adversos en un plazo de 14 días. Estudios de validación posteriores han revelado que entre el 1,7 % y el 2,1 % de los pacientes con una puntuación de 0 aún presentaban resultados adversos de muerte, infarto de miocardio o revascularización en los 30 días siguientes, lo cual es inaceptablemente alto (9).

Se han utilizado mediciones seriadas de biomarcadores para mejorar la precisión de la puntuación TIMI. El estudio ASPECT combinó troponina I, CK-MB y mioglobina con la puntuación TIMI (9). Por el contrario, el estudio ADAPT combinó troponina I solo con la puntuación TIMI a las 2 h para crear un protocolo de diagnóstico acelerado (PDA) para evaluar a los pacientes con dolor torácico que acuden a urgencias. Si bien la sensibilidad y el valor predictivo negativo (VPN) son del 99,3 % y el 99,1 % en el estudio ASPECT, mostraron un 99,7 % y un 99,7 % en el estudio ADAPT, respectivamente (9).

Los estudios de validación TIMI mostraron que las puntuaciones TIMI más altas se asocian con un mayor riesgo de resultados adversos a los 30 días, incluyendo la combinación de muerte, IAM y

revascularización coronaria (intervención coronaria percutánea y cirugía de bypass de la arteria coronaria) con una especificidad del 99,6 % para eventos cardíacos adversos mayores (MACE) en puntuaciones TIMI de alto riesgo (≥ 6) (9). Por lo tanto, si bien una puntuación TIMI de 0 o 1 no puede descartar con seguridad resultados adversos en pacientes con dolor torácico, las puntuaciones más altas son más útiles para que los médicos identifiquen a los pacientes con necesidad de hospitalización para intervenciones médicas o de procedimiento más agresivos (9).

Por otro lado, el Registro Global de Eventos Coronarios Agudos (GRACE) es un gran estudio observacional prospectivo multinacional que involucró a 94 hospitales en 14 países e inscribió a 43,810 pacientes con SCA, incluyendo infarto de miocardio con elevación del segmento ST (STEMI), NSTEMI y AI (9). Las variables utilizadas para calcular la puntuación GRACE incluyen edad, frecuencia cardíaca, presión arterial sistólica, cambios del segmento ST en el ECG, reanimación prehospitalaria, clase Killip, biomarcadores cardíacos y creatinina sérica. Un punto negativo del sistema de puntuación GRACE es que puede necesitar ser más fácilmente aplicable en el entorno de urgencias, ya que algunas de las variables requeridas para el cálculo pueden tardar tiempo en estar disponibles. Además, la puntuación GRACE está diseñada principalmente para pacientes hospitalizados con SCA y puede necesitar ser más precisa para la predicción del riesgo en el entorno de urgencias (9).

Otro modelo de riesgo es la Regla de Dolor Torácico de Vancouver (VCPR) que se originó de un estudio de investigación realizado en Vancouver, Canadá. Se derivó una herramienta utilizando CK-MB como marcador cardíaco (9). Gracias a su alta sensibilidad, la VCPR ayuda a los médicos a identificar a los pacientes de bajo riesgo con dolor torácico que podrían ser dados de alta de forma segura del servicio de urgencias sin necesidad de pruebas cardíacas adicionales. La nueva puntuación VCPR, una herramienta actualizada, se creó utilizando cTn en lugar de CK-MB y mostró una sensibilidad del 99,2% para el SCA de 30 días. Tanto para la VCPR original como para la nueva, si no se cumple ninguno de los criterios, no se requieren investigaciones adicionales y los pacientes pueden ser dados de alta a su domicilio (9).

Por último, se cuenta con la escala HEART (Historia, ECG, Edad, Factores de Riesgo y Troponina) que es una herramienta de predicción clínica que se utiliza para evaluar el riesgo de MACE en pacientes que acuden a urgencias con dolor torácico, con el fin de estratificar a los pacientes en grupos de riesgo bajo, moderado y alto (9). La escala HEART se desarrolló y propuso por primera

vez en un estudio publicado en 2008 en Archives of Internal Medicine por Six et al. Se creó a partir de un análisis retrospectivo de datos de dos hospitales universitarios de los Países Bajos, utilizando datos de 1120 pacientes ingresados en urgencias con dolor torácico. Cada uno de los cinco componentes recibe 0, 1 o 2 puntos según los criterios, con una puntuación total de 0 a 10. Una puntuación de 0 a 3 denota bajo riesgo, con un riesgo de MACE a las 6 semanas inferior al 2 %. Una puntuación de 4 a 6 indica un riesgo intermedio, con un riesgo de MACE a las 6 semanas del 12 al 16 %, y una puntuación de 7 a 10 indica un riesgo alto, con un riesgo de MACE a las 6 semanas del 50 al 65 %. Según el estudio, una puntuación HEART de 0 a 3 apoya el alta hospitalaria, una puntuación de 4 a 6 sugiere observación clínica y una puntuación ≥ 7 puntos sugieren una estrategia invasiva temprana (9).

La escala HEART ha demostrado una alta sensibilidad y un valor predictivo negativo para identificar a pacientes de bajo riesgo que pueden recibir el alta de urgencias de forma segura (9). La escala HEART tuvo un mejor rendimiento en la población de bajo riesgo que otras escalas de riesgo como TIMI y GRACE, con una incidencia de MACE de tan solo el 0,8 % en el grupo de bajo riesgo. La principal limitación de la escala HEART es que se utiliza únicamente en pacientes con dolor torácico indiferenciado; sin embargo, no puede utilizarse en pacientes con diagnóstico previo de SCA (9).

Fundamentos prueba de esfuerzo nuclear

La prueba de fuerza nuclear es una herramienta diagnóstica y de seguimiento para las enfermedades cardiacas que ayuda a valorar el funcionamiento del corazón. A través de este examen se evalúa cómo fluye la sangre al corazón, en periodos de reposo o simulando actividad física (10). Es un procedimiento no invasivo que implica la inyección de una pequeña cantidad de trazador radiactivo en el torrente sanguíneo, administrada junto con imágenes de perfusión miocárdica y una prueba de esfuerzo, que desafía la capacidad funcional del corazón (10). A medida que la sangre que contiene el trazador radiactivo fluye a través del corazón, su energía es detectada por una cámara gamma o un escáner que produce imágenes de la red vascular del corazón después de una prueba de esfuerzo y/o en reposo. La prueba de esfuerzo aumenta la perfusión sanguínea miocárdica y crea una disparidad en el flujo sanguíneo entre las arterias normales y estenosadas, lo que permite al personal ver con mayor claridad si hay regiones del músculo cardíaco que están isquémicas (10). De hecho, esto permite al médico determinar la presencia y progresión de cualquier enfermedad

coronaria sospechada o conocida o si hay antecedentes de infarto de miocardio. Además, una prueba de esfuerzo nuclear puede determinar la efectividad potencial o realizada de intervenciones o procedimientos (por ejemplo, cirugía de bypass o la instalación de un stent coronario) que se pueden implementar para mejorar la perfusión sanguínea del miocardio en el tratamiento de dichas complicaciones cardíacas (10).

Una de las pruebas de esfuerzo más comunes, que acompaña a las imágenes de perfusión nuclear, es la prueba de esfuerzo convencional basada en se basan en el ejercicio. En ciertas circunstancias, puede haber contraindicaciones para realizar el ejercicio, por lo que es más apropiado utilizar una prueba de esfuerzo farmacológica donde se administra un vasodilatador para simular la respuesta cardíaca al ejercicio. El vasodilatador más utilizado es el dipiridamol; otros fármacos menos utilizados son la adenosina y el regadenosón (10). El dipiridamol puede no ser el vasodilatador más potente, pero se asocia con una menor frecuencia de efectos secundarios (aunque de mayor duración) que la adenosina, y es mucho más rentable que el regadenosón (10).

En consonancia con lo antes señalado el dipiridamol, es un inhibidor de la enzima fosfodiesterasa que aumenta indirectamente la perfusión miocárdica al inhibir la degradación del monofosfato de adenosina cíclico y al bloquear la recaptación celular de adenosina endógena (10). Posteriormente, la concentración de adenosina circulante aumenta de 3 a 4 veces. La adenosina actúa entonces sobre el receptor A, que regula positivamente la producción de monofosfato de adenosina cíclico. El monofosfato de adenosina cíclico relaja entonces el músculo liso vascular, induciendo vasodilatación y aumentando la perfusión miocárdica de 3,8 a 7 veces (10). La vasodilatación máxima después de la administración de dipiridamol ocurre en promedio 6,5 minutos después del inicio de la infusión. El efecto hiperémico del dipiridamol puede durar más de 50 minutos, con una vida media del dipiridamol de 30 a 45 minutos (10).

Tomografía Computarizada por Emisión de Fotón Único (SPECT) vs Tomografía por Emisión de Positrones (PET)

Ambos tipos de tomografía son técnicas de imagen que buscan la visualización de los órganos y tejidos del cuerpo, aunque son similares, la PET se caracteriza por tener mayor resolución espacial y precisión en la localización metabólica, a su vez ambas técnicas se emplean para evaluar el flujo sanguíneo en el corazón, utilizan materiales radiactivos para así generar imágenes en el interior del

organismo. Se basan en la captación y retención del radiofármaco por el miocardio (11). Los trazadores basados en Tecnecio-99m (^{99m}Tc) son los radiofármacos más comúnmente utilizados, mientras que se debe evitar el Talio-201 (^{201}Tl) debido a su mayor exposición a la radiación. La necesidad inherente de un territorio miocárdico de referencia perfundido sin ninguna alteración que permita la visualización del miocardio con hipoperfusión relativa constituye la principal limitación de SPECT, particularmente en la EAC multivaso (11,12).

La puntuación de calcio coronario de una TC sin contraste, adquirida para la corrección de atenuación, así como la dilatación isquémica transitoria y la caída de la FEVI post esfuerzo, ayudan a predecir EAC severa. El SPECT tiene buena precisión para la detección de lesiones coronarias que limitan el flujo y aporta información pronóstica (11,12).

A diferencia del SPECT, los radionúclidos comúnmente utilizados (como ^{13}N -amoníaco, ^{15}O -agua y ^{82}Rb) tienen vida media corta. Dado que la corrección de atenuación es obligatoria, este método se realiza rutinariamente combinado con una TC sin contraste (11,12). Además de presentar una calidad de imagen superior y una exposición a dosis de radiación mucho más baja que el SPECT, proporciona medidas cuantitativas absolutas robustas del flujo miocárdico, sin aumentar la radiación ni el tiempo de imagen. Las limitaciones de PET-TC se desprenden de su disponibilidad limitada. Si está disponible, se recomienda utilizar PET-TC en pacientes obesos (debido a la alta energía de los fotones), en pacientes jóvenes (debido a la baja exposición a la radiación) y en aquellos con flujo miocárdico difusamente deteriorado conocido o sospechado, como aquellos con EAC multivaso o disfunción microvascular (11,12).

Es preciso mencionar que las cámaras de SPECT de nueva generación basadas en tecnología de detectores semiconductores de telurio de cadmio-zinc (CZT) permiten reducir sustancialmente la exposición a la dosis de radiación y el tiempo de adquisición de imágenes, así como aumentar la precisión diagnóstica y la cuantificación absoluta de flujo sanguíneo miocárdico (13).

Asimismo, se ha demostrado que el rendimiento del SPECT para diagnóstico para la enfermedad coronaria multivaso ha mejorado considerablemente. No obstante, por lo general, la aterosclerosis coronaria no obstructiva no relacionada con isquemia sigue sin ser detectada mediante pruebas funcionales (14).

Siempre que esté disponible, la evaluación de la perfusión miocárdica con SPECT está recomendada para pacientes con sospecha de SCC y una probabilidad pretest moderada o alta (15%-85%) de enfermedad coronaria obstructiva o con SCC establecido (12). Es importante destacar que, si se adquiere una TC sin contraste para la corrección de la atenuación, esto permite el cálculo adicional del score de calcio coronario, lo cual proporciona información importante para la estratificación del riesgo, incluso en ausencia de estenosis coronarias limitantes del flujo (12).

Al igual que la imagen de perfusión mediante SPECT, la tomografía por emisión de positrones (PET) requiere el uso de radiofármacos. Sin embargo, a diferencia de la SPECT, los radionúclidos comúnmente utilizados (es decir, ^{13}N -amoníaco, ^{15}O -agua y ^{82}Rb rubidio) tienen una vida corta, con semividas en el rango de minutos, lo que requiere la producción de estos radionúclidos ad hoc para cada investigación (12). Dado que la corrección de la atenuación es imprescindible, los estudios de PET se realizan en combinación con TC sin realce de contraste. La gammagrafía se realiza en reposo y durante la infusión de estresantes farmacológicos (dobutamina) o vasodilatadores (dipiridamol, adenosina o regadenosón) (12).

Asimismo, mientras que la PET-TC de perfusión miocárdica produce imágenes de retención que muestran diferencias relativas en el flujo sanguíneo miocárdico (FSM) regional similares a las de SPECT, la única fortaleza de la imagen por PET-TEC es su capacidad para proporcionar medidas cuantitativas absolutas del FSM (12). La medición del FSM con PET cardiaca no aumenta la exposición a la radiación ni el tiempo de adquisición de imágenes. Se pueden obtener de manera sistemática distintas medidas, como el FSM en hiperemia, en reposo, la reserva de FSM y la reserva relativa, proporcionando un valor diagnóstico y pronóstico adicional a la evaluación de la perfusión miocárdica (12).

En general, la PET-TC de perfusión miocárdica se asocia con una gran precisión para detectar estenosis coronarias limitantes del flujo y proporcionar información pronóstica. En varios estudios de comparación directa, la imagen de perfusión con PET-TC fue superior a otras modalidades de imagen funcional (12). Sin embargo, aún queda por dilucidar si la superioridad diagnóstica conduce a una mayor eficacia clínica y a un tratamiento más adecuado de los pacientes. Se ha demostrado que una reserva baja del FSM medida con PET es un predictor independiente de la mortalidad y ayuda a identificar a pacientes con un beneficio de supervivencia por la revascularización

temprana, con ICP o cirugía de revascularización coronaria (CABG) más allá de la extensión de la isquemia miocárdica (12).

Dentro de los puntos negativos de la PET-TC vale la pena resaltar su limitada disponibilidad, comparada con otras modalidades de imagen. Además, existe heterogeneidad metodológica, particularmente en lo que se refiere a umbrales de anormalidad de las medidas cuantitativas, y el ejercicio físico es difícil de realizar (12).

Sí que esté disponible, la evaluación de la perfusión miocárdica mediante PET-TC está recomendada en pacientes obesos (debido a la alta energía de los fotones), en pacientes jóvenes (debido a la baja dosis de radiación) y en aquellos pacientes con evidencia o sospecha de alteraciones difusas del FSM, por ejemplo, en pacientes con enfermedad coronaria multivaso o con disfunción microvascular (12). Cabe destacar que es imprescindible realizar la TC sin realce de contraste para la corrección de la atenuación, lo cual permite el cálculo adicional del score de calcio coronario, proporcionando información esencial para la estratificación del riesgo, incluso en ausencia de estenosis coronarias limitantes del flujo (12).

Estrategias terapéuticas en dolor torácico

La activación plaquetaria y la cascada de coagulación tienen un papel clave en la fase inicial y en la evolución del síndrome coronario agudo sin elevación del segmento ST (SCASEST) (15). Por ello, es esencial una inhibición plaquetaria y anticoagulación (temporal) suficientes para los pacientes con SCASEST, particularmente para aquellos que se someten a revascularización coronaria mediante intervención coronaria percutánea (ICP). El ácido acetilsalicílico (AAS) se considera la piedra angular del tratamiento para inhibir la generación de tromboxano A₂, cuya inhibición es completa con una dosis $\geq 75\text{mg/día}$ (15). El tratamiento con AAS se inicia con una dosis de carga seguida de una dosis de mantenimiento de 75-100mg 1 vez al día.

Por otro lado, la terapia antiplaquetaria dual (TAPD) con AAS y un inhibidor potente del P2Y₁₂ (ticagrelor o prasugrel) es el tratamiento estándar recomendado para los pacientes con SCASEST. El clopidogrel, un inhibidor plaquetario menos potente y más variable, solo se debe usar cuando el prasugrel o el ticagrelor estén contraindicados, no estén disponibles o no se toleren por un riesgo hemorrágico excesivamente alto (15).

El clopidogrel, debe ser suministrado durante un periodo de 12 meses de TAPD si el paciente no es candidato a tratamiento con prasugrel o ticagrelor, o en caso de reducción del TAPD con cambio a clopidogrel. T En el caso de pacientes con riesgo alto de eventos isquémicos y sin riesgo aumentado de sangrado mayor, se indica TAPD durante >12 meses (15).

Por último, se conoce como pretratamiento a la estrategia terapéutica en la que se administran fármacos antiagregantes plaquetarios, normalmente un inhibidor del P2Y₁₂, antes de la coronariografía y cuando se desconoce la anatomía coronaria (15). Aunque los principios del pretratamiento en los SCASEST parecen obvios, pues se trata de lograr una inhibición plaquetaria suficiente en el momento de la ICP, no se han realizado estudios aleatorizados a gran escala que apoyen el uso sistemático del pretratamiento con clopidogrel o un inhibidor potente del P2Y₁₂ (15).

Trazadores utilizados: Tc-99m, rubidio-82.

La PET generalmente se considera superior a la SPECT debido a su precisa corrección de la atenuación, mayor resolución espacial, menor dosis de radiación, tiempos de adquisición de imágenes más rápidos y la capacidad de obtener imágenes dinámicas para la cuantificación del flujo sanguíneo mamario (FSM) (16). Por esta razón, el desarrollo de nuevos trazadores PET se ha acelerado en la última década. Sin embargo, la SPECT sigue siendo mucho más común para uso clínico hoy en día debido a los menores costos de los trazadores y escáneres, y a la flexibilidad para realizar imagen de perfusión miocárdica (MPI), así como otros diagnósticos (16).

Existen varios trazadores de perfusión PET y SPECT aprobados para uso clínico en Europa y Norteamérica y varios otros se encuentran en desarrollo activo para su posible aplicación clínica (16). Los trazadores de perfusión están diseñados para inyectarse en el torrente sanguíneo por vía intravenosa y acumularse en los tejidos diana proporcionalmente a su aporte sanguíneo. Idealmente, los trazadores de perfusión son absorbidos con avidez por el tejido y retenidos permanentemente (o irreversiblemente). La adquisición de imágenes se realiza (16).

Durante la última década, la cuantificación del flujo sanguíneo metabólico (FSM) con PET se ha convertido en una realidad clínica gracias a tres avances principales (16). En primer lugar, el desarrollo de un software de procesamiento de imágenes robusto y fácil de usar. En segundo lugar, la disponibilidad de sistemas PET capaces de operar en un amplio rango de tasas de conteo, las cuales se experimentan durante la obtención de imágenes dinámicas de primer paso a medida que

el trazador se distribuye por el paciente (desde la administración hasta la captación) y debido a la desintegración radiactiva. En tercer lugar, el desarrollo de computadoras más potentes (16).

En cuanto a la investigación sobre nuevos trazadores de perfusión PET se ha centrado principalmente en F como radioisótopo debido a su química relativamente simple y versátil (por ejemplo, reacciones de sustitución nucleofílica), producción rutinaria de ciclotrones, vida media relativamente larga (110 minutos) que permite la síntesis y el transporte del trazador, y corto alcance de positrones que permite una mayor resolución espacial de la imagen (16). Los trazadores marcados con F pueden clasificarse por el mecanismo de focalización mitocondrial que incluye cationes lipofílicos que penetran. Similar al ^{82}Rb , el Tl(I)^+ tiene la misma valencia electrónica que el potasio (K^+) y un radio atómico similar (156 pm), lo que lo convierte en un sustrato eficiente para el cotransportador Na^+/K^+ ATPasa. También se considera un marcador de la integridad de la membrana celular, pero con mayor extracción (y retención) de primer paso que el Rb. Sin embargo, el isótopo emisor gamma ^{201}Tl presenta dos desventajas clave que han limitado su uso clínico. Sus bajas energías fotónicas (69-83 keV) se absorben fácilmente, lo que lo hace más (16).

Rendimiento diagnóstico de la prueba de esfuerzo nuclear en dolor torácico atípico

Como se ha sostenido anteriormente, el dolor torácico es el síntoma clave entre las múltiples manifestaciones que puede tener la cardiopatía isquémica (17). La prueba de esfuerzo es la exploración más empleada y útil en el diagnóstico de enfermedad coronaria, en la que seguimos aceptando como estándar de oro la angiografía coronaria (17). Hay que recordar, sin embargo, que existen situaciones que no afectan suficientemente a la luz coronaria como para desencadenar isquemia durante el ejercicio, pero que pueden provocar fenómenos de isquemia por otros mecanismos. Algunos ejemplos son el espasmo, la rotura de placa o la trombosis, los cuales pueden cursar con consecuencias potencialmente catastróficas (17).

La estimación clínica de la probabilidad de enfermedad coronaria se basa en datos de la historia clínica, exploración física, y del ECG basal (presencia de ondas Q o anomalías del segmento ST), así como de la experiencia del médico en la evaluación de este problema (17).

Cabe destacar la particularidad que cuando un paciente masculino con varios factores de riesgo coronario es catalogado clínicamente con angina típica o definitiva, su probabilidad de tener enfermedad coronaria es tan elevada que el resultado de la prueba de esfuerzo no cambia de manera

significativa esta probabilidad (17). Sin embargo, en un paciente masculino de mediana edad catalogado como de angina atípica (con una probabilidad del 50% de cardiopatía isquémica), el resultado de la prueba de esfuerzo tiene una consecuencia directa en el diagnóstico final del paciente (17).

Es importante recalcar que existe una amplia variabilidad en la sensibilidad y especificidad de esta modalidad. Si no se incluyen series con pacientes postinfarto (58 estudios con 11.691 pacientes), la exactitud de la prueba diagnóstica proporciona una sensibilidad del 67% y una especificidad del 72%. La sensibilidad de la prueba de esfuerzo varía en función de la severidad de la enfermedad coronaria: en pacientes con enfermedad de un vaso, la sensibilidad oscila entre 25 y 60%, en enfermedad de dos vasos entre el 38 y 91% y en enfermedad de tres vasos entre el 73 y 100% (17).

Rol del Electrocardiograma

El ECG es una modalidad diagnóstica no invasiva con un impacto clínico considerable en la investigación de la gravedad de las enfermedades cardiovasculares (18). El ECG se utiliza cada vez más para el seguimiento de pacientes con patología cardíaca, como parte integral de la evaluación preoperatoria de pacientes sometidos a cirugía no cardíaca y para el cribado de personas con ocupaciones de alto riesgo y deportistas (18).

Las enfermedades cardiovasculares como principal causa de muerte, recalcan más la importancia que los profesionales de la salud desarrollen habilidades y conocimientos para interpretar los ECG y brindar la mejor atención con prontitud. Muchos profesionales de la salud consideran que la interpretación avanzada de los hallazgos del ECG es una tarea compleja (18). Los errores en el análisis pueden llevar a diagnósticos desacertados, retrasando el tratamiento adecuado.

Nuevas tecnologías y futuro del NST (PET-CT cardíaco híbrido)

La PET-CT se ha convertido en una herramienta indispensable en la práctica clínica debido a su capacidad única para fusionar datos funcionales y anatómicos (19). Su integración en una sola sesión de imágenes ha mejorado significativamente la precisión del diagnóstico, la planificación del tratamiento y el manejo del paciente. Esta tecnología continúa evolucionando, con investigación continua enfocada en refinarla y mejorar la calidad de la imagen (19).

Cabe mencionar que la rápida evolución de la tecnología PET-CT se debe a la convergencia de diversos factores, como los avances en las tecnologías de detección, los algoritmos de reconstrucción de imágenes y la inteligencia artificial (IA) (19). Estos avances no solo mejoran la precisión diagnóstica, sino que también optimizan los flujos de trabajo de imagen, lo que permite a los profesionales clínicos tomar decisiones informadas de forma rápida y eficaz (19).

Las innovaciones tecnológicas en PET-CT (19) han marcado una nueva era de precisión y eficiencia en la imagenología médica. Gracias a los avances en la sensibilidad del detector, la resolución espacial y las capacidades de tiempo de vuelo (TOF), los sistemas PET-CT contemporáneos ofrecen una claridad sin precedentes en la visualización de información metabólica y anatómica (19). La integración de fotomultiplicadores de silicio, detectores digitales y algoritmos de reconstrucción de imágenes ha mejorado significativamente la precisión diagnóstica. Estas innovaciones no sólo perfeccionan la detección y estadificación del cáncer, sino que también amplían el alcance de las aplicaciones de esta modalidad en neurología, cardiología y otras áreas (19).

Los sistemas híbridos de tomografía por emisión de positrones (PET) y resonancia magnética (RM) están emergiendo como una tecnología prometedora para el estudio de la enfermedad cardiovascular (21). Inicialmente, los sistemas integrados de PET y tomografía computarizada (TC) tuvieron un mayor desarrollo gracias a su amplio uso en oncología y mayor precisión de los mapas de atenuación obtenidos mediante TC. Sin embargo, el desarrollo tecnológico de los equipos de PET/RM en las últimas décadas ha permitido superar las limitaciones técnicas inicialmente descritas e introducir su utilización en el paciente con patología cardiovascular (21). Se han descrito indicaciones como la evaluación de la viabilidad miocárdica, las miocardiopatías inflamatorias o infiltrativas, la endocarditis, las enfermedades del pericardio y las masas (20,21). Esta nueva tecnología permite mejorar la caracterización tisular, valorar aspectos funcionales y reducir la exposición del paciente a la radiación respecto a los equipos de PET/TC. Sin embargo, pocos estudios exploran el valor adicional de la PET/RM frente a cada técnica por separado en la evaluación de diversas cardiopatías. Tampoco existen estudios nacionales previos que describan la experiencia inicial de implementar su utilización en nuestro entorno hospitalario (21).

La tecnología multimodal de PET/RM añade valor diagnóstico sobre todo en la valoración de enfermedades tumoral, inflamatoria e infecciosa y con hallazgos no concluyentes por RM o PET, y complementa cada técnica por separado (21). Los principales beneficios de la PET/RM se dan por la posibilidad de una adquisición simultánea, la integración de imágenes anatómicas/funcionales (RM) y metabólicas (PET), y la interacción de distintos profesionales expertos en imagen, aunque son necesarios las adecuadas preparación y selección de los pacientes, así como el diseño de estudios de costo-efectividad (21).

Conclusiones

Se puede concluir que las pruebas de esfuerzo nuclear con pacientes que presentan dolor torácico se caracterizan porque combinan el esfuerzo físico con la imagenología nuclear, permitiendo evaluar al enfermo en todo lo relacionado con la función cardiaca, por lo que ayuda a detectar isquemias, diagnostica enfermedades coronarias, siendo de gran ayuda para el médico tratante, ya que puede indicar el tratamiento idóneo sobre la base de su condición de salud. Dentro de las bondades de este tipo de examen diagnóstico está el hecho de que permite visualizar el flujo sanguíneo que va al músculo cardíaco, ya sea cuando el paciente está de reposo o en movimiento; durante la realización del examen, ayuda al especialista a identificar los niveles de riesgo de eventos cardiovasculares tales como infarto o muerte súbita.

En relación a la eficiencia de este tipo de pruebas ante la presencia de dolor torácico, se puede asegurar que son muy útiles y certeras para el proceso de diagnóstico de la función cardiaca o la detección de un flujo de sangre inadecuado al corazón, mas no concluyentes para enfermedades coronarias, siendo este examen una herramienta valiosa cuando un paciente presenta dolor torácico y el tratamiento de su afección.

En cuanto a la combinación PET/CT, esta es una técnica híbrida que es más precisa que sus antecesoras, debido a que la evaluación de la perfusión miocárdica mide con precisión el flujo sanguíneo al músculo cardíaco cuando este está en reposo y durante la realización del esfuerzo físico. Esta técnica identifica las áreas de flujo sanguíneo deficiente que podrían indicar enfermedad coronaria, y a su vez permite visualizar de manera clara las enfermedades cardíacas.

Finalmente, se debe decir que el uso de PET/CT con la IA ayuda a optimizar la resolución de las imágenes y minimizar el ruido, ayuda a facilitar el diagnóstico de enfermedades y es de gran ayuda establecer los distintos tratamientos considerando los resultados de forma individual. Esto hace ver cómo la tecnología ayuda al tratamiento y seguimiento de pacientes con distintas afecciones cardiacas y aumenta la posibilidad de recuperación de los pacientes.

Referencias bibliográficas

1. Buelt A, Kennady J, Arnold M. Chest Pain Evaluation: Updated Guidelines From the AHA/ACC. *American Family Physician*. 2023 Feb;107(2):204-6. Disponible en: <https://www.aafp.org/pubs/afp/issues/2023/0200/practice-guidelines-chest-pain-evaluation.html/1000>
2. Ahmed I, Devulapally P. Nuclear Medicine PET Scan Cardiovascular Assessment, Protocols, and Interpretation. En: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Ene. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK570631/>
3. Hernández-Sampieri R, Mendoza CP. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. México: McGraw-Hill Education;2018.
4. Thompson AD, Shea MJ. Dolor torácico. En: Howlett JG, ed. MSD Manual, versión para profesionales. Whitehouse Station (NJ): Merck. Disponible en: <https://www.msdmanuals.com/es/professional/trastornos-cardiovasculares/s%C3%ADntomas-de-las-enfermedades-cardiovasculares/dolor-tor%C3%A1cico>
5. Barbagelata L. Enfermedad coronaria y dolor torácico crónico: abordaje actual según las últimas guías. *Acta Gastroenterológica Latinoamericana*. 2022 Dec 21;52(4):418-23. doi: <https://doi.org/10.52787/agl.v52i4.262>
6. Poehls RC. Dolor torácico en APS. En: Mora MI, ed. Medicina Familiar UC [Internet]. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile; 2021 abr. Disponible en: <https://medicina.uc.cl/publicacion/dolor-toracico-en-aps/>
7. Baggiano A, Guglielmo M, Muscogiuri G, Guaricci AI, Del Torto A, Pontone G. (Epicardial and microvascular) angina or atypical chest pain: differential diagnoses with

- cardiovascular magnetic resonance. *European Heart Journal Supplements*. 2020 Jun;22(Supplement_E):E116-20. doi:<https://doi.org/10.1093/eurheartj/suaa075>
8. Sauleda JS, Barrabés JA. Angina típica, angina atípica y dolor torácico atípico: ¿es hora de cambiar esta terminología?. *Revista española de cardiología*. 2021;74(1):118-9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2020.09.020>
 9. Yukselen Z, Majmundar V, Dasari M, Arun Kumar P, Singh Y. Chest pain risk stratification in the emergency department: current perspectives. *Open Access Emergency Medicine*. 2024 Dic 31:29-43. doi: <https://doi.org/10.2147/OAEM.S419657>
 10. Gupta A, Samarany S. Dipyridamole Nuclear Stress Test. En: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Ene. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK544321/>
 11. Sociedad Interamericana de Cardiología. Guía ESC 2024 sobre síndromes coronarios crónicos [Internet]. Madrid: SIAC; 2024. Disponible en: <https://www.siacardio.com/wp-content/uploads/2015/01/Guia-ESC-2024-Sindromes-coronarios-cronicos-1.pdf>
 12. European Society of Cardiology. Guía ESC 2024 sobre el diagnóstico y tratamiento de los síndromes coronarios crónicos [Internet]. Madrid: Sociedad Española de Cardiología; 2024. Disponible en: https://secardiologia.es/images/2023/Gu%C3%ADas/Final_GPC_ESC_2024_SCC.pdf
 13. Cantoni V, Green R, Acampa W, Zampella E, Assante R, Nappi C, Gaudieri V, Mannarino T, Cuocolo R, Di Vaia E, Petretta M. 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*. 2021 Apr 1;28(2):698-715. doi: <https://doi.org/10.1007/s12350-019-01747-3>
 14. Panjer M, Dobrolinska M, Wagenaar NR, Slart RH. Diagnostic accuracy of dynamic CZT-SPECT in coronary artery disease. A systematic review and meta-analysis. *Journal of Nuclear Cardiology*. 2022 Aug;29(4):1686-97.
 15. Collet JP, Thiele H, Barbato E, Barthélémy O, Bauersachs J, Bhatt DL, Dendale P, Dorobantu M, Edvardsen T, Folliguet T, Gale CP. Guía ESC 2020 sobre el diagnóstico y tratamiento del síndrome coronario agudo sin elevación del segmento ST: Grupo de Trabajo de la Sociedad Europea de Cardiología (ESC) para el diagnóstico y tratamiento del

- síndrome coronario agudo (SCA) en pacientes sin elevación persistente del segmento ST. doi: <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2020.12.024>
16. Klein R, Celiker-Guler E, Rotstein BH, deKemp RA. PET and SPECT tracers for myocardial perfusion imaging. In Seminars in nuclear medicine 2020 May 1 (Vol. 50, No. 3, pp. 208-218). WB Saunders. doi: <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2020.02.016>
 17. Arós F, Boraita A, Alegría E, Alonso ÁM, Bardají A, Lamiel R, Luengo E, Rabadán M, Alijarde M, Aznar J, Baño A. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología en pruebas de esfuerzo. Revista española de cardiología. 2000 Jan 1;53(8):1063-94.
 18. Sattar Y, Chhabra L. Electrocardiogram. En: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Ene-. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK549803/>
 19. Hussain D, Abbas N, Khan J. Recent breakthroughs in pet-ct multimodality imaging: Innovations and clinical impact. Bioengineering. 2024 Nov 30;11(12):1213. doi: <https://doi.org/10.3390/bioengineering11121213>
 20. Roy SG, Akhtar T, Bandyopadhyay D, Ghosh RK, Hagau R, Ranjan P, Gerard P, Jain D. The Emerging Role of FDG PET/CT in diagnosing endocarditis and cardiac device infection. Current Problems in Cardiology. 2023 Feb 1;48(2):101510. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2022.101510>
 21. Barrio P, López-Melgar B, Fidalgo A, Romero-Castro MJ, Moreno-Arciniegas A, Field C, Garcerant M, Shihadeh LA, Díaz-Antón B, de Aguiar SR, Cañamaque LG. Valor adicional de la tecnología híbrida de PET/RM frente a la RM y la PET en la enfermedad cardiovascular. Revista Española de Cardiología. 2021 Apr 1;74(4):303-11. doi: <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2020.06.023>