

**COMPARACIÓN DE DOS ESTRATEGIAS EN LA UNIDAD  
DE DOLOR TORÁCICO: ECOCARDIOGRAFÍA DE  
ESTRÉS Y TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA  
CORONARIA MULTIDETECTOR (COECOTAC)**

Miriam Piñeiro Portela

---

Tesis doctoral UDC / 2023

Director y tutor:

Jesús Peteiro Vázquez

Codirector:

Alberto Bouzas Mosquera

**Programa de doctorado en Ciencias de la Salud**

A Coruña, Enero 2023



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



D. Jesús Peteiro Vázquez, Doctor en Medicina, PDI y Profesor Colaborador de la Universidade de A Coruña, Investigador del CIBER Cardiovascular y Facultativo Especialista en Cardiología del Complejo Hospitalario Universitario de A Coruña.

D. Alberto Bouzas Mosquera, Doctor en Medicina y Coordinador de la Unidad de Imagen y Función Cardíaca del Servicio de Cardiología del Complejo Hospitalario Universitario de A Coruña.

Acreditan

Que el trabajo contenido en la presente memoria y titulado:

“Comparación de dos estrategias en la unidad de dolor torácico: ecocardiografía de estrés y tomografía computarizada coronaria multidetector (COECOTAC)” que, para optar al grado de Doctora, presenta Dña. Miriam Piñeiro Portela, licenciada en Medicina y Cirugía y Médica Especialista en Cardiología, ha sido realizado bajo nuestra dirección y reúne las características precisas para su presentación y defensa pública como Tesis Doctoral.

A Coruña, 23 Enero 2023

Dr. Jesús Peteiro Vázquez

Dr. Alberto Bouzas Mosquera



**“Nunca me planteé renunciar,  
ni en los peores momentos”**

Katalin Karikó



## AGRADECIMIENTOS

A todos los pacientes que con esplendidez y gentileza han participado en este estudio.

Al Dr. Jesús Peteiro Vázquez, tutor y director de esta tesis, pionero y maestro del ecocardiograma de estrés. Su inquietud hacia esta técnica es infinita y así nos lo transmite a diario. Sus recomendaciones y ayuda han sido básicas para este trabajo.

Al Dr. Alberto Bouzas Mosquera, codirector de esta tesis y siempre al servicio de la Unidad de Imagen y Función Cardíaca del Servicio de Cardiología del Complejo Hospitalario Universitario de A Coruña. Gracias por tu esfuerzo y dedicación.

A mis compañeros del Servicio de Cardiología del Complejo Hospitalario Universitario de A Coruña, en especial a los de la Unidad de Imagen y Función Cardíaca, este proyecto es vuestro. A mis compañeros del Servicio de Cardiología del Complejo Hospitalario de Ferrol, donde tantos años trabajé.

A mi padre Juan Piñeiro Andión y a mi hermana la Dra. Rosalía Piñeiro Portela, de profesión investigadores, trabajadores inagotables, generadores de conocimiento y excelentes comunicadores. Junto a mi madre Florentina Portela Carrera y a mi hermano Jorge Piñeiro Portela, han minimizado este trabajo con su colaboración.

Al Dr. Pablo Pazos, cardiólogo del Hospital Álvaro Cunqueiro de Vigo, por su colaboración tan profesional como altruista.

A Ruth Blanco y familia, amigos y grandes facilitadores en esta última etapa.

A mis amigas, las Kazanas, ajenas a mi profesión pero imprescindibles en mi vida.

A Germán, hombre leal y generoso. Bastión principal para afrontar y terminar esta tesis. Sin tu apoyo no habría sido posible. Eres un ejemplo para nuestros hijos Pilar, Miguel y Jorge, por tu capacidad de sacrificio, esfuerzo y perseverancia. Muchas gracias.

## ABREVIATURAS

AFCI:	antecedentes de cardiopatía isquémica precoz
ARA-II:	antagonistas de los receptores de la angiotensina II
CI:	cardiopatía isquémica
CHUAC:	Complejo Hospitalario Universitario de A Coruña
DL:	dislipemia
DM:	diabetes mellitus
DP:	doble producto
EAC:	enfermedad arterial coronaria
BRDHH:	bloqueo de rama derecha del Haz de Hiss
BRIHH:	bloqueo de rama izquierda del Haz de Hiss
ECG:	electrocardiograma
EcoE:	ecocardiograma de estrés
FC:	frecuencia cardíaca
FCMT:	frecuencia cardíaca máxima teórica
FEVI:	fracción de eyección del ventrículo izquierdo
FRCV:	factor de riesgo cardiovascular
HR:	hazard ratio
HTA:	hipertensión arterial
IC:	intervalo de confianza
IECAs:	inhibidores de la enzima convertora de angiotensina
IM:	infarto de miocardio

IMS:	índice de motilidad segmentaria parietal
IVUS:	ultrasonido intravascular
lpm:	latidos por minuto
MDM:	marcadores de daño miocárdico
METS:	equivalentes metabólicos
ms:	milisegundos
mSv :	miliSievert
min:	minuto
NNT:	número de pacientes que es necesario tratar
OR:	odds ratio
PCR:	parada cardiorrespiratoria
PET:	tomografía de emisión de positrones (del inglés <i>positron emission tomography</i> )
RFF	reserva fraccional de flujo
RNM:	resonancia nuclear magnética
RR:	riesgo relativo
SCA:	síndrome coronario agudo
SPECT:	tomografía computarizada por emisión de fotón simple (del inglés <i>single photon emission computed tomography</i> )
SU:	servicio de urgencias
TCMD:	tomografía computarizada multidetector
Tn:	troponina
Tn us:	troponina ultrasensible
UDT:	unidad de dolor torácico
VI:	ventrículo izquierdo

## RESUMEN

**Introducción y objetivos:** Actualmente existen diferentes estrategias para la detección del síndrome coronario agudo (SCA) en una unidad de dolor torácico. Nuestro objetivo es comparar el ecocardiograma de estrés (EcoE) y la tomografía computarizada multidetector (TCMD) en este escenario.

**Métodos:** Se aleatorizó a 203 pacientes con al menos 1 factor de riesgo cardiovascular y con electrocardiograma y troponinas normales a EcoE (103) o a TCMD (100). El objetivo primario era un combinado de eventos graves (muerte e infarto de miocardio no mortal), revascularizaciones y readmisiones. El objetivo secundario fue el coste.

**Resultados:** Se realizaron 61 coronariografías, 34 (33%) en el grupo EcoE y 27 (27%) en el grupo TCMD ( $p = 0,15$ ). Se confirmó SCA en 53 pacientes (el 88 y el 85%;  $p = 0,35$ ). No hubo diferencias significativas en el objetivo primario (el 42 y el 41%;  $p = 0,91$ ) ni en el número de eventos graves entre grupos (el 5 y el 7%;  $p = 0,42$ ). El coste medio en la sala de urgencias fue menor en el grupo con EcoE negativo comparado con el grupo con TCMD negativa (557 y 706 euros;  $p = 0,02$ ), aunque no se encontraron diferencias significativas con respecto al coste total.

**Conclusiones:** No se encontraron diferencias significativas en cuanto a eficacia y seguridad entre el EcoE y la TCMD en el cribado del dolor torácico agudo en pacientes con probabilidad baja-intermedia de SCA. El coste medio en la sala de urgencias fue significativamente menor en el subgrupo EcoE negativo.



## RESUMO

**Introducción e obxetivos:** Actualmente existen diferentes estratexias para a detección do síndrome coronario agudo (SCA) nunha unidade de dor torácica. O noxo obxetivo é comparar o ecocardiograma de estrés (EcoE) e a tomografía computarizada multidetector (TCMD) neste escenario.

**Métodos:** Aleatorizáronse a 203 pacientes con ao menos 1 factor de risco cardiovascular e con electrocardiograma e troponinas normais a EcoE (103) ou a TCMD (100). O obxetivo primario era un combinado de eventos graves (muerte e infarto de miocardio no mortal), revascularizacións y readmisións. O obxetivo secundario foi o custo.

**Resultados:** Realizáronse 61 coronariografías, 34 (33%) no grupo EcoE e 27 (27%) no grupo TCMD ( $p = 0,15$ ). Confirmouse SCA en 53 pacientes (88% e 85%;  $p = 0,35$ ). Non houbo diferencias significativas no obxetivo primario (42% e 41%;  $p = 0,91$ ) nin no número de eventos graves entre grupos (5% e 7%;  $p = 0,42$ ). O custo medio na sala de urxencias foi menor no grupo con EcoE negativo comparado co grupo con TCMD negativa (557 y 706 euros;  $p = 0,02$ ), aínda que non se encontraron diferencias significativas con respecto o custo total.

**Conclusións:** Non se encontraron diferencias significativas en canto a eficacia e seguridade entre o EcoE e a TCMD no cribado de dor torácica aguda en pacientes con probabilidade baixa-intermedia de SCA. O custo medio na sala de urxencias foi significativamente menor no subgrupo con EcoE negativo.



## ABSTRACT

**Introduction and objectives:** This study aimed to compare stress echocardiography (SE) and multidetector computed tomography (MCT) in patients admitted to a chest pain unit to detect acute coronary syndrome (ACS).

**Methods:** A total of 203 patients with  $\geq 1$  cardiovascular risk factor, no ischemic electrocardiogram changes and negative biomarkers were randomized to SE (n = 103) or MCT (n = 100). The primary endpoint was a combination of hard events (death and nonfatal myocardial infarction), revascularizations, and readmissions during follow-up. The secondary endpoint was the cost of the two strategies.

**Results:** Invasive angiography was performed in 61 patients, 34 (33%) in the SE group and in 27 (27%) in the MCT group,  $P = .15$ ). A final diagnosis of ACS was made in 53 patients (88% vs 85%,  $P = .35$ ). There were no significant differences between groups in the primary endpoint (42% vs 41%,  $P = .91$ ), or in hard events (5% vs 7%,  $P = .42$ ). There were no significant differences in overall cost, but costs were lower in patients with negative SE than in those with negative MCT (557 vs 706 euro;  $P = .02$ ).

**Conclusions:** No significant differences were found in efficacy and safety for the stratification of patients with a low to moderate probability of ACS admitted to a chest pain unit. The cost of the two strategies was similar, but cost was significantly lower for SE on comparison of negative studies.



# ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>7</b>
<b>ABREVIATURAS.....</b>	<b>9</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>11</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>13</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>15</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>23</b>
1.1. Dolor torácico agudo .....	23
1.1.1. Dolor torácico en el contexto de Síndrome Coronario Agudo.....	23
1.1.2. Unidad de dolor torácico.....	25
1.1.3. Prueba de esfuerzo convencional .....	27
1.1.4. Pruebas de imagen no invasiva .....	29
1.2. Relación entre anatomía e isquemia coronaria .....	29
1.2.1. Estudio anatómico .....	32
1.2.2. Estudio funcional .....	34
1.3. Técnicas diagnósticas de imagen funcionales .....	34
1.3.1. Alteraciones de la perfusión miocárdica: SPECT de perfusión miocárdica .....	35
1.3.2. Alteraciones de la perfusión miocárdica: Resonancia magnética cardíaca de estrés.....	36
1.3.3. Alteraciones de la función ventricular izquierda: Ecocardiograma de estrés.....	37
1.3.3.1. Modalidades de estrés .....	38
1.3.3.2. Seguridad .....	40
1.3.3.3. Validez del electrocardiograma.....	40
1.3.3.4. Adquisición de imágenes .....	41
1.3.3.5. Interpretación de imágenes .....	41
1.3.3.6. Limitaciones en la interpretación de imágenes .....	45
1.4. Técnicas diagnósticas de imagen anatómica no invasiva, tomografía multidetector .....	45
1.4.1. Estudio de calcio coronario.....	46
1.4.2. Coronariografía no invasiva .....	48
1.4.2.1. Preparación del paciente .....	49
1.4.2.2. Adquisición de imágenes .....	50
1.4.2.3. Seguridad .....	52

1.4.2.4. Interpretación de imágenes.....	53
1.4.2.5. Limitaciones en la interpretación de imágenes .....	55
1.5. Estudios iniciales de ecocardiograma de estrés y tomografía coronaria multidetector en dolor torácico agudo .....	55
1.6. Aspecto económico .....	60
<b>2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....</b>	<b>63</b>
2.1. Factibilidad .....	64
<b>3. MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>67</b>
3.1. Pacientes .....	67
3.2. Aleatorización.....	68
3.3. Protocolo ecocardiograma de estrés .....	69
3.4. Protocolo tomografía coronaria multidetector.....	71
3.5. Sospecha síndrome coronario agudo .....	73
3.6. Seguimiento y objetivos .....	73
3.7. Análisis estadístico .....	75
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>79</b>
4.1. Población global de pacientes .....	80
4.2. Grupo Ecocardiograma de estrés (n=103).....	83
4.2.1. Resultados de la ergometría del ecocardiograma de estrés .....	83
4.2.2. Resultados de la imagen del ecocardiograma de estrés.....	83
4.2.3. Resultados de la coronariografía en el grupo ecocardiograma de estrés.....	85
4.3. Grupo Tomografía coronaria multidetector (n=100).....	86
4.3.1. Resultados del grupo tomografía coronaria multidetector .....	86
4.3.2. Resultados de la coronariografía en el grupo tomografía coronaria multidetector .....	87
4.4. Síndrome coronario agudo .....	87
4.5. Eventos .....	89
4.6. Estancia hospitalaria .....	95
4.7. Coste económico .....	95
4.8. Número de pruebas tras la aleatorización.....	96
<b>5. DISCUSIÓN.....</b>	<b>101</b>
5.1. Estrategia anatómica frente a estrategia funcional en situación aguda.....	101

5.2. Estrategia anatómica frente a estrategia funcional en situación crónica .....	110
5.3. Coronariografía y detección de enfermedad coronaria.....	111
5.4. Seguimiento.....	113
5.5. Coste.....	113
5.6. Limitaciones .....	114
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>119</b>
6.1. ¿Qué se sabe del tema?.....	119
6.2. ¿Qué aporta de nuevo? .....	120
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>123</b>
<b>8. DIFUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>157</b>
8.1. Publicaciones en Revistas .....	157
8.2. Comunicación de resultados.....	157
8.2.1 Congresos Nacionales .....	157
8.2.2. Congresos internacionales.....	158
8.2.3. Cursos de Formación .....	158
8.3. Premios.....	158
<b>9. ANEXOS.....</b>	<b>161</b>
Anexo 1. Programa de observación y estudio del paciente con Dolor Torácico en Urgencias en el Hospital Juan Canalejo de A Coruña (protocolo original) .....	161
Anexo 2. Definiciones .....	191
Anexo 3. Proceso asistencial de atención al dolor torácico agudo sospechoso de origen isquémico con ecg no diagnóstico y troponinas normales en urgencias: propuestas de mejora.....	195
Anexo 4. Protocolo UDT Troponina ultrasensible .....	207
Anexo 5. Protocolo MEET-ACP .....	209
Anexo 6. Publicaciones .....	215
Anexo 7. Índice de tablas y figuras.....	227



# 1

## Introducción

---



# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. DOLOR TORÁCICO AGUDO

### 1.1.1. Dolor torácico en el contexto de Síndrome Coronario Agudo

Se considera dolor torácico agudo no traumático a todo dolor de tórax, de más de unos segundos de duración, sobrevenido y sin relación aparente con un traumatismo, ni lesiones visibles o palpables. La etiología es banal en la mayoría de los individuos por lo que identificar las causas que ponen en riesgo la vida, entre las que se encuentra el síndrome coronario agudo (SCA), es un reto para los profesionales. El espectro clínico del SCA es muy variable, con un debut tan grave como la parada cardiorrespiratoria. No obstante, en muchas ocasiones el paciente consulta en el servicio de urgencias (SU) cuando ya ha desaparecido el dolor torácico. La presunción diagnóstica se basa en datos clínicos y exploraciones básicas, principalmente electrocardiograma (ECG), radiografía de tórax y datos analíticos.

En la mayoría de las ocasiones las características clínicas del dolor orientan a su etiología: cardiovascular (isquémico, pericarditis, tromboembolismo pulmonar o disección aorta) o no cardiovascular (respiratorio, osteomuscular, digestivo o neurogénico). El dolor torácico es el síntoma más frecuente por el que el paciente con enfermedad coronaria solicita atención sanitaria. El dolor torácico isquémico típico es opresivo, retroesternal y puede irradiarse a cuello, mandíbula, región interescapular, hombro y miembro superior izquierdo. Su duración en caso de angina habitualmente es inferior a 15-20 minutos y se desencadena con el ejercicio físico, frío o situaciones de estrés. No se modifica con los movimientos respiratorios, ni corporales, ni con la tos. Alivia con nitritos o reposo y se puede acompañar de cortejo vegetativo (sudoración profusa, náuseas y vómitos). En el caso del infarto de miocardio (IM) la sintomatología es similar pero de mayor duración e

intensidad, no cede con nitritos sublinguales ni con reposo (1). No obstante, el dolor isquémico puede presentarse de forma atípica como epigastralgia o con síntomas diferentes al dolor torácico, definidos como equivalentes anginosos, que son más frecuentes en mujeres, ancianos y pacientes diabéticos (2). El equivalente anginoso más usual es la disnea pero síntomas tan poco específicos como mareo, debilidad o fatiga pueden ser los síntomas guía en algunos pacientes con SCA.

El ECG de 12 derivaciones es una herramienta diagnóstica sencilla e indispensable en el estudio del paciente con sospecha de enfermedad arterial coronaria (EAC). Tras el contacto con el servicio de urgencias en un tiempo límite de 10 minutos debe realizarse un ECG para determinar la necesidad de tratamiento y/o ingreso inmediato (3, 4). Su sensibilidad y especificidad aumenta cuando el paciente tiene dolor pero en muchas ocasiones éste consulta libre de síntomas. Disponer de un ECG previo es útil para analizar los cambios con respecto al estudio basal. Sin embargo, el ECG presenta limitaciones ya que en ausencia de isquemia el 50% de los pacientes con enfermedad coronaria significativa tiene un ECG normal (5, 6). Además, existen una serie de factores que pueden inducir cambios en el segmento ST o en las ondas T similares a las provocadas por isquemia (bloqueo de rama izquierda, hipertrofia ventricular izquierda, tratamiento con digoxina, marcapasos u otras alteraciones de la repolarización) y convierten en este contexto al ECG en no interpretable (7).

La radiografía de tórax puede aportar signos directos o indirectos de la etiología de dolor torácico. Ante sospecha de SCA se recomienda realizar un estudio radiológico portátil.

La determinación de la concentración sérica de marcadores de daño miocárdico (MDM) que refleja el daño muscular cardíaco producido por isquemia ha sido un instrumento valioso para el diagnóstico de SCA. La elevación de estas proteínas es un criterio diagnóstico de infarto agudo de miocardio pero una proporción de pacientes con SCA son finalmente diagnosticados de angina inestable y no de infarto. Por otra parte, la cinética de liberación de estas proteínas, la concentración previa en suero, la tasa de secreción y la presencia en otros tejidos, influyen en la capacidad de estos marcadores como herramientas diagnósticas. La troponina cardíaca T (TnT) y la troponina cardíaca I (Tn I) son los biomarcadores de elección para la evaluación del daño miocárdico. Ambas

se elevan varias horas después de que ocurra la lesión miocárdica por lo que su sensibilidad no es muy alta en las primeras horas, ésta aumenta cuando se realizan determinaciones repetidas a las 4-6 horas. Con la cuantificación de la troponina ultrasensible (Tn us) se ha mejorado el diagnóstico precoz del infarto de miocardio (IM) con determinaciones a las 1-3 horas (8), lo que se traduce en un valor predictivo negativo mayor para excluir IM en un menor tiempo (9).

### **1.1.2. Unidad de dolor torácico**

El dolor torácico supone el 4-7% de las consultas en las urgencias hospitalarias (10) y aunque en la mayoría de las ocasiones se corresponde a un cuadro intrascendente, la importancia de su correcta valoración estriba en la identificación rápida de los procesos graves. En Estados Unidos existen 8 millones de consultas al año en el SU, lo que supone un 5.8% de las consultas globales, con un gasto de 10-14 billones de dólares (11) . En nuestro país se estima que por cada mil habitantes, un hospital de referencia atiende una urgencia de dolor torácico al mes (12), lo que se traduce en un aluvión de consultas sobre el sistema sanitario difícil de gestionar. Un 10-30% de los casos son sospechosos de SCA, y en menos de un 5 % se confirma finalmente el diagnóstico. Se calcula que alrededor del 2-10 % de los SCA no llegan a ser diagnosticados pese a la realización de las pruebas iniciales, con el consiguiente aumento de la morbimortalidad (13-15). Asimismo, el diagnóstico fallido de SCA supone una fuente de demanda por mala praxis o negligencia médica. Un estudio epidemiológico analizó más de 11.000 demandas presentadas contra los servicios de urgencias en Estados Unidos. El 5% de los sumarios correspondían a IM y el 4% a casos de dolor torácico, con una media de indemnización en el proceso IM cercana a los 250.000 dólares y de más de 300.000 dólares en el proceso de dolor torácico. Como anécdota, entre las diez primeras indemnizaciones millonarias de Estados Unidos se encuentra el cobro de 25 millones de dólares debido a un IM sufrido meses después de una visita al cardiólogo (16, 17).

En 1961 se introduce el concepto de unidad coronaria y se consigue reducir la mortalidad hospitalaria del IM a la mitad, debido a la detección precoz y el tratamiento inmediato de las arritmias (18). Subsecuentes novedades farmacológicas y técnicas

consiguen mejorar todavía más esta cifra. Como consecuencia del beneficio, el crecimiento de estas unidades de ingreso resultó imparable, aunque finalmente el diagnóstico de SCA solo se confirmaba en menos de un tercio de los casos, lo que planteó la necesidad de una actuación más coste-eficiente (19). Con la finalidad de evitar ingresos innecesarios y reducir la tasa de altas inapropiadas, se desarrolla la primera unidad de dolor torácico (UDT) en Estados Unidos. En el año 1981 Raymond Bar, cardiólogo del Hospital Saint Agnes en Baltimore (Maryland) ofrece en el servicio de urgencias el primer programa mundial de despistaje rápido para sospecha de SCA (20). Ágilmente se extiende esta estrategia por todo el país y, en 1997, el 15% de los SU en Estados Unidos disponen de estas unidades (21). Mediante protocolos de estudio para riesgo de SCA, la asistencia resultaba más eficiente, debido a una mayor precisión diagnóstica con menor estancia hospitalaria y coste (22). En definitiva, el objetivo era garantizar la seguridad del paciente y conseguir una mejor relación coste-efectividad. En el año 2002 la Sección de Cardiopatía Isquémica y Unidades Coronarias de la Sociedad Española de Cardiología propone un protocolo de funcionamiento de una UDT (23); bien como unidad estructural, con recursos propios en los servicios de urgencias; o bien como unidad funcional, que aprovecha los recursos ya existentes en el hospital. Como primer escalón diagnóstico se postula la realización de una prueba de esfuerzo. A diferencia de las guías de la American Heart Association (AHA) para el manejo de los pacientes con angina inestable e IM sin elevación del segmento ST (24), en las directrices españolas ya existía un apartado que trataba sobre las pruebas de detección de isquemia mediante imagen; ecocardiograma de estrés y gammagrafía de perfusión miocárdica. En el mismo volumen de la revista se divulgan dos trabajos que demuestran que un protocolo de atención rápida al dolor torácico en el SU es seguro, factible y económico en nuestro país (25, 26) . Mediante una redefinición de los circuitos asistenciales y con un protocolo adecuado, se puede discriminar en el menor tiempo posible a los pacientes de bajo riesgo que no precisen ingreso y evitar que sean dados de alta aquellos de riesgo elevado.

Inicialmente los protocolos de estas UDT consistían en un período de vigilancia de 6-8 horas (en la actualidad la Tn us ha acortado los tiempos a 1-3 horas), con la realización de una radiografía de tórax, un electrocardiograma y determinaciones de marcadores de daño miocárdico repetidas y; si no existían datos que permitían establecer un diagnóstico de certeza para SCA, se realizaba una prueba no invasiva provocadora de isquemia,

generalmente una ergometría máxima con protocolo de Bruce. La estancia de los pacientes en la UDT no solía ser superior a las 12 horas. En cualquier caso, cada hospital establecía el protocolo que mejor se adaptaba a su propio funcionamiento y a la disponibilidad técnica y profesional. En cuanto a la elección del tipo de prueba a realizar, dependería de los recursos y de la experiencia local. El propósito principal sería minimizar la probabilidad de la existencia de un SCA a un nivel tan bajo, que el alta médica fuera una estrategia segura, con un objetivo ideal de no perder más del 1% de los SCA a través de actuación coste-eficiente.

### **1.1.3. Prueba de esfuerzo convencional**

La ergometría convencional es la prueba que ha sido más utilizada en este contexto. Está disponible en la mayoría de los hospitales, no requiere de superespecialización y no supone un coste elevado. La provocación de depresión del segmento ST en respuesta a un incremento del trabajo cardíaco está aceptado como el test más simple y es ampliamente utilizado para la documentación de isquemia miocárdica (27). Este fenómeno refleja cambios en la polaridad de un segmento miocárdico a consecuencia de alteraciones en el estado eléctrico de los miocitos inducidas por la isquemia miocárdica (28), y depende en parte de la localización y la extensión de la isquemia. Suele utilizarse el protocolo de Bruce con los criterios estándar de positividad y finalización de la prueba (29). Se finaliza la prueba en los siguientes supuestos: agotamiento físico, angina severa, cambios significativos en el segmento ST, arritmia significativa, respuesta hipertensiva o hipotensiva severa (presión arterial sistólica > 240 mmHg, diastólica > 110 mmHg o descenso de la presión arterial sistólica > 20 mmHg desde el valor basal). Se trata de realizar una prueba máxima limitada por síntomas o signos de isquemia. Un resultado negativo significa que se ha completado la prueba hasta un nivel igual o superior al 85 % de la frecuencia cardíaca máxima teórica (FCMT) según la edad y no se observa ninguno de los supuestos anteriores. La FCMT se calcula habitualmente como 220-edad en años. Se considera un resultado no concluyente cuando no hay datos de isquemia pero no se alcanza el 85 % de la FCMT, aunque se ha documentado que establecer este límite en el 80 % de la FCMT, no supone un riesgo de eventos isquémicos y reduce el grupo de estudios no diagnósticos en un 25 % (30). La modalidad de ejercicio más ampliamente utilizada en la

práctica clínica es la cinta rodante frente al cicloergómetro. El ejercicio en tapiz es más fisiológico, proporciona una mayor carga de ejercicio (31) y no precisa de aprendizaje. La sensibilidad y especificidad de la técnica difieren en función de las características basales de los pacientes y de la metodología de la prueba de esfuerzo. En el metanálisis de Gianrossi que comparaba ergometría y coronariografía invasiva en aproximadamente 24.000 pacientes, la sensibilidad y especificidad de aquellos sin IM previo resultó del 67% y 72% respectivamente (32). Su realización precoz en el contexto de dolor torácico agudo es segura, una vez excluidas las etiologías graves (tromboembolismo pulmonar, disección de aorta y neumotórax). Los primeros estudios de la ergometría en el contexto de una UDT demostraron que la mayoría de estas exploraciones resultaban negativas, entre el 60 y el 90 % de los test eran normales, con un elevado valor predictivo negativo (19, 30, 33, 34) y sin reportarse ninguna complicación grave durante su realización. Además de la evaluación diagnóstica, la ergometría tiene una utilidad pronóstica en los pacientes con dolor torácico agudo, con una probabilidad de evento grave (muerte o IM) al año menor al 2% ante un resultado negativo (22). La incapacidad para no completar el primer estadio o alcanzar 5 equivalentes metabólicos (METS) incrementa el riesgo de eventos cardiovasculares (35).

Con todo, la ergometría presenta limitaciones en el contexto de dolor torácico agudo. En primer lugar, el paciente debe ser capaz de caminar en la cinta y su ECG debe ser interpretable para valoración de isquemia, con lo que se excluyen aquellos con alteraciones de la repolarización como patrón bloqueo rama izquierda (BRIHH) , tratamiento con digoxina, marcapasos, hipertrofia ventricular izquierda con patrón de sobrecarga o Wolf Parkinson White. Otra limitación es la dificultad de suspender el tratamiento con betabloqueantes y antagonistas del calcio no dihidropiridínicos un mínimo de 5 vidas medias (aproximadamente 48 horas) que impida alcanzar el 85% de la FCMT para la edad. Por otro lado, debido a la baja prevalencia de EAC en el contexto de UDT el número de resultados falsos positivos no es despreciable (36), lo que aumenta el número de pruebas ulteriores, en su mayoría coronariografías innecesarias. Además existen poblaciones con una elevada frecuencia de falsos positivos como las mujeres; grupo en el que es más frecuente el equivalente anginoso, explicada entre otras causas por la menor prevalencia de enfermedad y las diferencias intrínsecas en la respuesta del segmento ST (37-40) .

#### 1.1.4. Pruebas de imagen no invasiva

Debido a la baja sensibilidad y a las limitaciones de la ergometría en el contexto de dolor torácico agudo, las pruebas de imagen, ya sean funcionales o anatómicas, comienzan a utilizarse en las UDT a comienzos del año 2000 con buenos resultados en seguridad y coste-efectividad. La repercusión de la incorporación de los estudios de imagen en el escenario agudo se traduce en la publicación de las guías NICE del año 2010 (41) para el manejo de pacientes con dolor torácico agudo en el Reino Unido. Existe un cambio muy importante en el papel de la ergometría convencional en este escenario, ya que estas directrices desaconsejan explícitamente su empleo en pacientes sin historia de enfermedad coronaria, debido a su pobre fiabilidad diagnóstica en comparación con otros test de imagen, todo ello apoyado por una relación de coste-eficacia favorable a las estrategias diagnósticas alternativas. Empero, las técnicas de imagen no han reemplazado a la ergometría en la práctica clínica, pues precisan de una curva de aprendizaje importante y unos costes no despreciables. Su elección depende de las características del paciente y fundamentalmente de la disponibilidad y experiencia de los gabinetes donde se realicen.

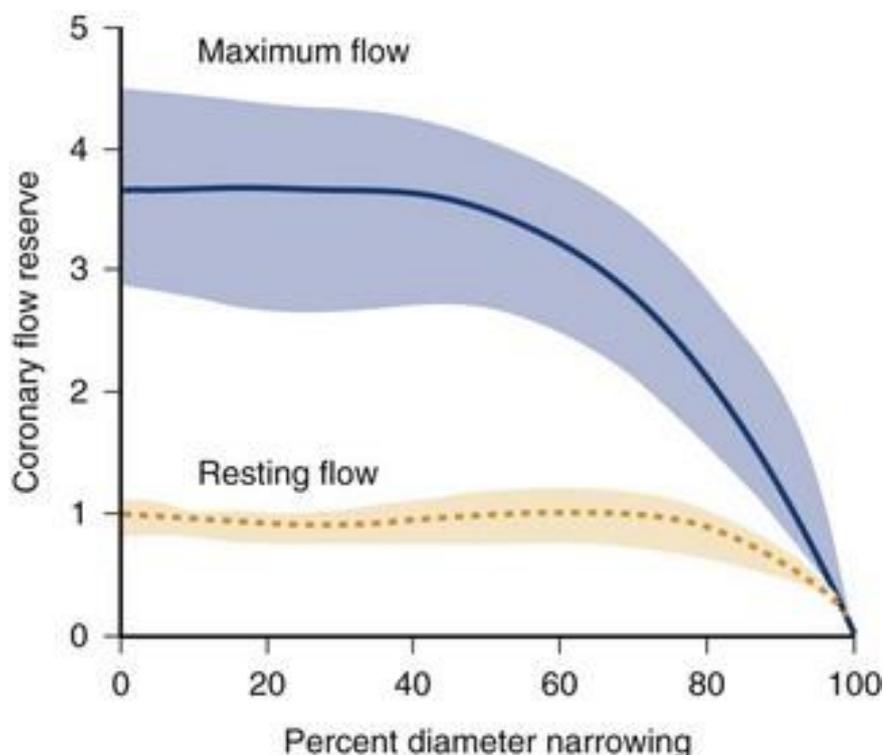
En los apartados 1.2., 1.3. y 1.4. se desarrolla el valor diagnóstico y pronóstico de las distintas pruebas de imagen cardíaca disponibles para el estudio de EAC.

## 1.2. RELACIÓN ENTRE ANATOMÍA E ISQUEMIA CORONARIA

Disponemos de dos estrategias para el estudio del dolor torácico sugestivo de enfermedad aterosclerótica: la anatómica, que visualiza de manera directa el árbol coronario y la funcional, que valora su capacidad para aportar circulación al miocardio en reposo y en situación de estrés. No siempre es posible una adecuada correlación anatómico-funcional de una lesión coronaria debido a la complejidad de factores que determinan la significación de una estenosis. El flujo a través de un vaso es proporcional a la cuarta potencia de su radio, por tanto el diámetro de la estenosis es un indicador crudo de la resistencia del flujo a su través. Pero existe una compleja interrelación de elementos que determinan su significación más allá de la escueta clasificación mediante el porcentaje del diámetro luminal. La morfología, la longitud, la entrada y salida del ángulo de la

estenosis influyen en su gradiente de presión a través de la misma. El tono de la microvasculatura, la viscosidad y densidad sanguínea modulan el componente del flujo anterógrado y de los vasos colaterales.

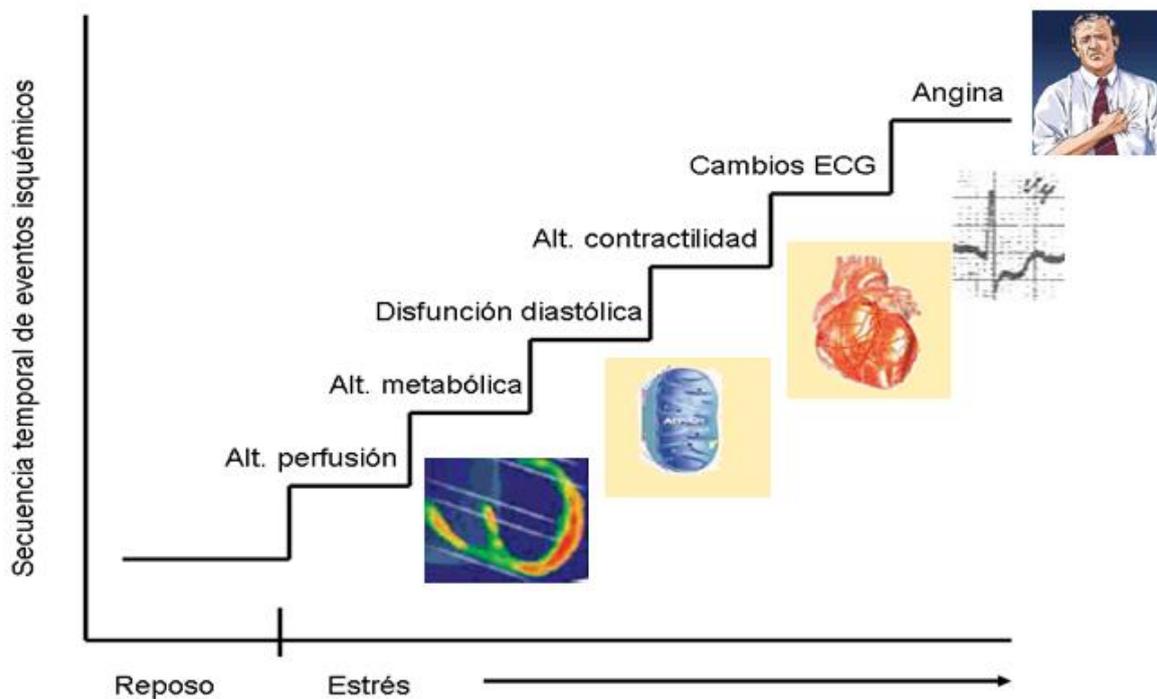
La estenosis en una arteria epicárdica disminuye la presión de perfusión, y como consecuencia, a través de la autorregulación coronaria, se produce una vasodilatación arteriolar. En reposo hasta que la estenosis no alcanza el 85-90% del diámetro, el flujo coronario es suficiente. Sin embargo, la capacidad de máxima hiperemia empieza a disminuir a partir de una estenosis del 45-65% del diámetro. Desde el punto de vista experimental se considera necesaria una reducción mayor del 75% en el área de corte transversal de un vaso, que equivale al 50% de estenosis por diámetro, para dificultar el flujo sanguíneo y así producir isquemia en una situación de estrés. Dicha evidencia experimental es la que en la práctica clínica se traslada en definir lesiones con diámetro > 50% como significativas (**Figura 1**) (42).



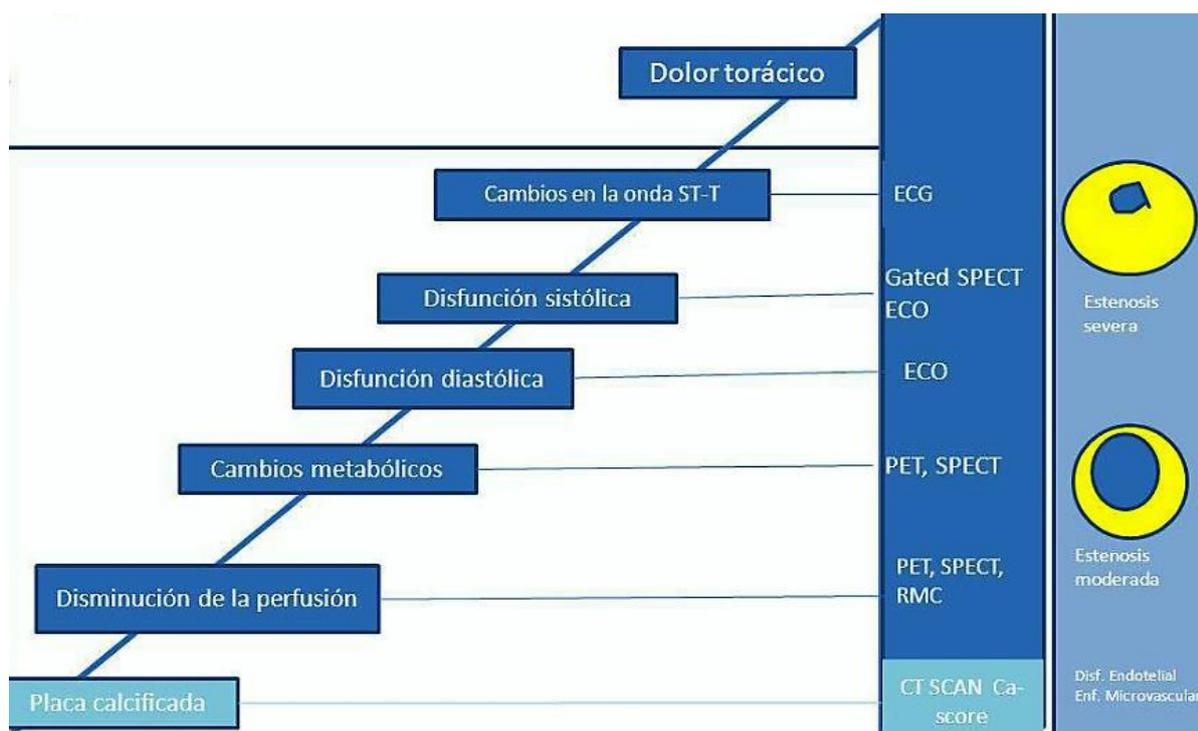
**Figura 1.** Capacidad de reserva coronaria.

Modificado de Gould et al. American Journal of Cardiology. 1974;33(1):87-94.

La isquemia miocárdica es el resultado de un desequilibrio entre la oferta y la demanda de oxígeno al miocardio, y sus síntomas y signos pueden ser utilizados como instrumento diagnóstico. La isquemia miocárdica sigue una “cascada” típica de eventos en la que los diferentes marcadores aparecen de una forma jerárquica en una secuencia temporal bien definida (43, 44) (**Figuras 2.1 y 2.2**).



**Figura 2.1.** Cascada isquémica. El desbalance entre la demanda y la suplenia de oxígeno en el miocardio desencadena isquemia. Si se mantiene, se producen una serie de alteraciones que van en orden y se conocen como cascada isquémica. Las alteraciones en la perfusión y contractilidad cardíaca detectadas por pruebas de imagen funcionales aparecen en primer lugar. Los cambios en el ECG y la angina son los últimos en la cascada. Alt: Alteración. ECG: Electrocardiograma. Cortesía Dr.Alberto Bouzas.



**Figura 2.2.** Técnicas de imagen en la cascada isquémica. Adaptado de O'Rourke et al. *Hurst's the Heart*. 12 edición. 2008. McGrawHill. New York. ECG: Electrocardiograma. ECO: Ecocardiograma. SPECT: Tomografía computarizada por emisión de fotón simple PET: Tomografía por emisión de positrones RMC: Resonancia magnética cardíaca. CT SCAN/Ca score: Tomografía computarizada/Score de calcio Disf: disfunción. Enf: Enfermedad.

La relación entre la presencia de lesiones coronarias y la presencia de isquemia en ocasiones no es clara. No siempre la visualización de lesiones coronarias, incluso significativas, es sinónimo de isquemia y, por tanto, anatomía y función son abordajes válidos y complementarios para el estudio de cardiopatía isquémica.

### 1.2.1. Estudio anatómico

Los test anatómicos visualizan de manera directa las arterias coronarias y sus ramas.

#### Coronariografía invasiva

Debido a la alta resolución temporal y espacial, la técnica *gold standar* para el diagnóstico de aterosclerosis es la angiografía coronaria invasiva. Identifica la severidad,

morfología y localización de las lesiones por lo que añade al diagnóstico valor pronóstico y es guía terapéutica para la revascularización percutánea y quirúrgica (45). Sin embargo, por su condición de luminograma (46, 47), existen una serie de limitaciones a tener en cuenta. Con respecto a la reproducibilidad, al basarse en una estimación visual de un rango de porcentaje, existe una alta variabilidad inter e intraobservador fundamentalmente en las lesiones en el límite de la significación. En la práctica clínica no se recurre a la cuantificación automática, no obstante, aún con este método la variabilidad es considerable (48). Con respecto a la severidad y extensión de la enfermedad, la angiografía invasiva no proporciona información sobre lesiones excéntricas o lesiones no obstructivas que pueden ser consideradas de riesgo. La clasificación clásica de enfermedad coronaria en uno, dos o tres vasos es en ocasiones simplista y no aplicable en todos los escenarios clínicos. El desarrollo de nuevas herramientas como la ecografía intravascular (IVUS) para visualizar imágenes desde dentro de la arteria aporta información in vivo sobre la morfología y características de la pared arterial. El IVUS puede detectar enfermedad en estadios iniciales, diferencia la composición (calcificada, no calcificada y mixta) y la excentricidad de las placas, e identifica roturas y disecciones.

#### Coronariografía no invasiva

Con el vertiginoso desarrollo técnico en tomografía computarizada a finales de la década de los años 90, fundamentalmente la técnica helicoidal y el desarrollo de múltiples filas de detectores, se obtuvieron imágenes de las arterias coronarias con la suficiente resolución temporal y espacial como para disponer de una angiografía coronaria no invasiva. La tomografía coronaria multidetector (TCMD) proporciona, además de la cuantificación y localización de la estenosis, información sobre la composición global de la placa y su distribución (concéntrica y excéntrica). Asimismo, identifica ciertas características que pueden facilitar el riesgo de vulnerabilidad como son el remodelado positivo, la placa de baja atenuación ( $< 30$  unidades Hounsfield), el core necrótico y la calcificación moteada (49-51). De todos modos, el estudio con tomografía no deja de ser información morfométrica.

### 1.2.2. Estudio funcional

Los test funcionales valoran la capacidad de las arterias coronarias y sus ramas de aportar circulación al miocardio en reposo y en situación de estrés. El estudio de perfusión y/o de la motilidad del ventrículo izquierdo muestra la consecuencia de la severidad de la enfermedad arterial coronaria. La técnica *gold standar* para definir isquemia y la única que la cuantifica de manera absoluta es la tomografía por emisión de positrones (PET, del inglés *positron emission tomography*) aunque su disponibilidad en la práctica clínica es baja (52). Es posible obtener información añadida de la contractilidad y del engrosamiento del ventrículo izquierdo cuando se sincroniza con la onda R del ECG. Tiene una mayor resolución espacial y de contraste frente al SPECT pero presenta una disponibilidad y una evidencia científica anecdótica en el contexto de dolor torácico agudo (53). Lo mismo ocurre con la resonancia nuclear magnética (RNM) cardíaca de estrés.

Otras técnicas no invasivas ampliamente estudiadas y disponibles para el manejo habitual son la tomografía computarizada por emisión de fotón simple (SPECT, del inglés *single photon emission computed tomography*) y el ecocardiograma de estrés (EcoE). Los resultados de estas técnicas han demostrado correlación con la coronariografía aunque con discordancias de hasta un 15% (54-56).

Por otra parte, en el laboratorio de hemodinámica es posible evaluar la repercusión fisiológica de las lesiones intermedias mediante el cálculo de la reserva fraccional de flujo (RFF). Asimismo, avances tecnológicos en la TCMD permiten el cálculo de la RFF de forma no invasiva y el estudio de perfusión miocárdica con estrés, posibilitando una valoración coronaria anatómica y su significado funcional en un solo procedimiento, pero desafortunadamente estas técnicas no están ampliamente accesibles (57-61).

## 1.3. TÉCNICAS DIAGNÓSTICAS DE IMAGEN FUNCIONALES

Acorde con la secuenciación temporal de la cascada isquémica (**Figuras 2.1 y 2.2**) existe un gradiente de sensibilidad de los diferentes marcadores clínicos de isquemia: la alteración de la perfusión regional es el más sensible y el dolor torácico es el menos sensible. Los cambios en el ECG, si éste es interpretable, se encuentran en el penúltimo peldaño. El

añadir imágenes al ECG permite detectar secuencias más tempranas en la cascada isquémica: alteraciones de la perfusión miocárdica o alteraciones de la función ventricular izquierda, mejorando la sensibilidad en el primer caso y la especificidad en el segundo.

### **1.3.1. Alteraciones de la perfusión miocárdica: SPECT de perfusión miocárdica**

Una estenosis de una arteria epicárdica reduce el flujo máximo alcanzable en el territorio del que depende, aunque en condiciones de reposo pueda ser similar al que se observa en regiones irrigadas por arterias coronarias normales. En una situación de hiperemia (durante el ejercicio o tras dipiridamol/regadenosón o adenosina) tiene lugar una heterogeneidad en la perfusión con menor incremento de flujo en las regiones irrigadas por la arteria estenótica, especialmente entre la perfusión del subendocardio y del subepicardio (42, 62). La visualización de la perfusión se puede llevar a cabo mediante medicina nuclear, ecocardiografía de contraste y resonancia magnética.

El equipo de detección en medicina nuclear es la tomogammacámara que realiza exploraciones isotópicas como el SPECT y PET.

La prueba de imagen de perfusión miocárdica más utilizada en el contexto de dolor torácico agudo es el SPECT. En varias investigaciones para el estudio de dolor torácico agudo, el SPECT de perfusión miocárdica ofreció una mayor sensibilidad para la detección de EAC con respecto a la ergometría convencional con una sensibilidad del 92% y una especificidad del 86% (63-65) . La sincronización con la onda R del ECG (Gated-SPECT) valora la motilidad y el engrosamiento segmentario lo que facilita el estudio septal en el BRIHH y la diferenciación de los artefactos o atenuaciones fisiológicas de los tejidos blandos. Otra ventaja es que la calidad de la imagen no se ve afectada con el hábito físico del paciente (66). Por ello en el año 2009 las guías ACC/AHA/ASCN (67) para el uso apropiado de las técnicas con radionúclidos recomiendan su realización en pacientes con posible SCA sin cambios en el ECG o BRIHH, MDM normales y dolor torácico en curso o reciente.

La clasificación de los pacientes con dolor torácico agudo mediante SPECT está disponible a través de dos estrategias con similar coste-efectividad, una precoz en reposo y otra tras estrés, ambas pueden ser complementarias (68-70).

### SPECT de perfusión en reposo

El estudio de perfusión miocárdica en reposo precoz con la inyección del radioisótopo (tecnecio-99m o talio-201) durante la presencia de los síntomas o dentro de las dos horas de la resolución de estos, aporta información diagnóstica y pronóstica útil para el triaje de pacientes con dolor torácico. Las alteraciones de la perfusión pueden persistir durante más tiempo luego de la desaparición de los síntomas secundarios a isquemia miocárdica (71). Su valor predictivo negativo es cercano al 100% para la detección de IM, siendo la tasa de eventos cardíacos graves < 1% en un contexto de dolor torácico agudo (72-75).

### SPECT de perfusión de estrés

De todos modos el estudio en reposo puede resultar normal, aun cuando la EAC está presente; por este motivo, se puede realizar posteriormente una prueba de estrés evocadora de isquemia (76). Siempre es preferible utilizar como estrés el ejercicio (77), ya que es más seguro, fisiológico y proporciona información añadida sobre la capacidad funcional. Ante la incapacidad para el ejercicio o que éste se asuma insuficiente se pueden utilizar vasodilatadores (adenosina, dipiridamol y regadenosón) o inotrópicos (dobutamina-atropina).

### **1.3.2. Alteraciones de la perfusión miocárdica: Resonancia magnética cardíaca de estrés**

La RNM cardíaca de estrés puede detectar isquemia mediante la alteración de la perfusión inducida con vasodilatadores (dipiridamol, adenosina o regadenoson) o mediante la alteración de la contractilidad parietal provocada con ejercicio o dobutamina. Presenta una mayor resolución de imagen que el SPECT y no emplea radiaciones ionizantes. Su utilidad diagnóstica en cardiopatía isquémica se aproxima al PET, con una sensibilidad del 87% y especificidad del 85% (78). Permite además, realizar un estudio morfológico cardíaco, caracteriza el infarto, identifica la presencia de edema y de viabilidad miocárdica, con lo que mejora la precisión diagnóstica y añade valor pronóstico (79).

Aunque el ejercicio es el estrés más fisiológico, debido al largo tiempo de adquisición de las imágenes y a los artefactos de movimiento resultado de la necesidad de apnea durante

el esfuerzo, el uso de cicloergómetro o cinta sin fin se utiliza en centros superespecializados (80, 81). A pesar de que la RNM con dobutamina tiene mayor precisión diagnóstica en la detección de alteraciones de la contractilidad parietal que el ecocardiograma dobutamina (82), en general, se prefiere el uso de vasodilatadores frente a dobutamina debido a una mayor sensibilidad, mejor tolerabilidad y perfil de seguridad (83-85).

Existe escasa evidencia del uso de RNM de estrés en el contexto de dolor torácico agudo. En varios estudios Miller (86, 87) concluye que, en una cohorte de riesgo intermedio o alto para SCA, la RNM de estrés resulta más coste-efectiva que la estrategia convencional. Sin embargo, en una cohorte de menor riesgo, cuando se compara RNM estrés frente a estrategia de estrés, en su mayoría EcoE, la estrategia estrés resultó más coste-efectiva (88). En resumen, los datos disponibles sugieren una posible ventaja de la RNM en pacientes seleccionados de alto riesgo con antecedentes de IM o EAC debida a la capacidad de caracterizar el infarto y estudiar la viabilidad. De todos modos, debido a su baja disponibilidad, su mayor consumo de tiempo, mayor coste y necesidad de personal especializado, su aplicación en la unidad de dolor torácico es limitada y se reserva a centros con alta experiencia y volumen.

### **1.3.3. Alteraciones de la función ventricular izquierda: Ecocardiograma de estrés**

La isquemia aguda miocárdica da lugar a una disineria regional ventricular izquierda; un marcador precoz, sensible y específico de isquemia. Son cambios reversibles que en la cascada isquémica preceden a las alteraciones en el ECG y a la presentación clínica (43). La práctica de la ecocardiografía convencional durante un estrés cardiovascular aporta una información adicional mejorando la sensibilidad y especificidad en la detección de isquemia. El desarrollo de alteraciones de la contractilidad segmentaria con el estrés implica una limitación significativa del flujo coronario, correspondiendo generalmente con una estenosis coronaria de más del 50% del diámetro del vaso.

Hace más de 30 años Armstrong demostró que el ecocardiograma de estrés era complementario y añadía valor a la ergometría, fundamentalmente cuando el ECG no era diagnóstico. Este estudio fue uno de los pioneros en utilizar la adquisición de imágenes

digitales offline para poder comparar simultáneamente la motilidad segmentaria del ventrículo izquierdo en reposo y en postejercicio (89). Las mejoras progresivas (sincronización de los planos en diferentes etapas, imagen armónica y agentes de contraste) han convertido esta técnica en una gran competidora frente al SPECT con una creciente aceptación en la comunidad médica (90-93). Presenta mayor versatilidad y disponibilidad, es más rápida y barata (94) , con una precisión diagnóstica (95) y un valor pronóstico (96) similar, evitando la radiación.

El diagnóstico de enfermedad coronaria se basa en la detección de trastornos contráctiles en reposo y fundamentalmente inducidos por el estrés. El ecocardiograma de estrés presenta una sensibilidad del 85% y una especificidad del 87% para el diagnóstico de EAC obstructiva (97-99). La tasa de eventos tras un EcoE normal (inferior al 1%) es comparable a la que predice un SPECT de perfusión miocárdico normal (100-102). La información obtenida de la función regional y global en el pico del ejercicio, modalidad empleada en nuestro laboratorio, es un fuerte predictor de futuros eventos cardiacos y es aditivo a las variables clínicas, la duración del ejercicio y la función ventricular de reposo (103-112). Esta demostración pronóstica fue evaluada en varios grupos (110), inclusive en pacientes diabéticos e hipertensos y es independiente del sexo y edad.

### *1.3.3.1. Modalidades de estrés*

#### Ecocardiograma de ejercicio

De entre las modalidades de estrés, el ejercicio es el preferido por ser el más fisiológico y el de menor riesgo por lo que es recomendado como de primera elección (97, 113, 114). El ejercicio físico combina estímulos metabólicos con la modulación neural de la circulación coronaria (77), conserva la respuesta electromecánica normal y puede proporcionar información pronóstica importante sobre el estado funcional del paciente. La elección del tipo de ejercicio depende del laboratorio y de las posibilidades del paciente. En nuestro medio se prefiere el tapiz rodante frente al cicloergómetro pues proporciona una mayor carga de ejercicio (31, 115). La bicicleta basculante con opción de inclinación lateral podría mejorar la calidad de la imagen en algunos pacientes al obtener los planos en

decúbito lateral izquierdo, pero es menos fisiológica. Es muy común que en ancianos y mujeres la prueba se suspenda prematuramente por dolor de muslos pudiendo no alcanzar el esfuerzo máximo (111). Aunque el doble producto alcanzado (presión arterial por frecuencia cardíaca) es comparable en ambas modalidades, el consumo de oxígeno es mayor en cinta rodante (111, 116, 117).

En la realización de la ecocardiografía post-ejercicio, dado que las alteraciones de la motilidad pueden ser de vida corta, es indispensable la obtención de imágenes en el menor tiempo posible, por lo que se debe enfatizar al paciente ser rápido para colocarse en la camilla del ecocardiógrafo y así acortar los tiempos de la obtención de todas las imágenes, siempre antes del primer minuto una vez terminado el esfuerzo. Sin embargo, la resolución de las alteraciones de la contractilidad es muy variable y puede que las imágenes post-ejercicio no las detecten (118).

Por tanto, para aumentar la sensibilidad y disminuir el número de falsos negativos durante el EcoE de ejercicio, se recomienda la obtención de las imágenes en pico de ejercicio, tanto en cinta como en bicicleta. La sensibilidad con imágenes pico en cinta aumenta hasta un 85%-90% (119) y aporta valor pronóstico (112). Se ha demostrado la factibilidad de obtener las imágenes en pico durante el ejercicio en cinta (104, 111) y ésta es muy utilizada en nuestro entorno (120, 121).

#### Ecocardiograma de estrés farmacológico

La simulación del ejercicio con fármacos puede resolver los inconvenientes de la adquisición de imágenes en movimiento y la incapacidad de algunos pacientes para realizar un adecuado ejercicio (122, 123). La dobutamina y el dipiridamol son los agentes más utilizados. La dobutamina aumenta la demanda miocárdica de oxígeno y tiene un efecto vasodilatador específico en la microcirculación coronaria. La infusión intravenosa de dobutamina se comienza habitualmente con 5  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ . Cada 3 min de intervalo, se aumenta a 10, 20 y hasta un máximo de 40  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ . Si la frecuencia cardíaca no alcanza el 85% del máximo teórico, se añade atropina intravenosa a dosis de 0,5 mg con un máximo de 1-2 mg. El betabloqueante intravenoso debe estar preparado para administrar antes del fin del protocolo en caso de arritmias o disinergias severas. El dipiridamol al ser

un vasodilatador arterial puro induce a un fenómeno de robo al magnificar la heterogeneidad transmural. Si se utiliza dipiridamol la perfusión es de 0,84 mg/kg durante 6 min y si la prueba resulta negativa se administra atropina intravenosa. La aminofilina (120-240 mg) contrarresta el efecto del dipiridamol. El uso de dobutamina proporciona una información similar al EcoE de ejercicio mientras que el uso de dipiridamol presenta menor sensibilidad para la detección de EAC de un vaso (124).

### *1.3.3.2. Seguridad*

La utilización de fármacos no está exenta de complicaciones. En el Registro Internacional de Ecocardiograma de Estrés se estudiaron el número y tipo de complicaciones en 26.295 pacientes sometidos a ejercicio y en 35.103 sometidos a dobutamina con los siguientes resultados: IM agudo 1 y 11 respectivamente /taquicardia ventricular sostenida 2 y 27/ fibrilación ventricular 0 y 11/ rotura cardíaca 1 y 5/ asitolia 0 y 2/ shock cardiogénico-hipotensión 0-2/ bloqueo aurículoventricular de 3ª grado 0 y 2 (125). Hay que tener en cuenta que en este estudio se incluyeron pacientes de alto riesgo. Un estudio analizó las complicaciones de más de 22.000 EcoE realizados en la Península Ibérica. La modalidad ejercicio resultó más segura y se encontró relación entre la experiencia en ecocardiografía de estrés con dobutamina y la frecuencia de complicaciones (120).

### *1.3.3.3. Validez del electrocardiograma*

A pesar del desplazamiento de los electrodos para permitir la obtención de imágenes en los planos paraesternales y apicales no existe interferencia para el análisis del segmento ST (126). La imposibilidad de alcanzar la frecuencia cardiaca prevista para la edad del paciente es un predictor independiente pronóstico. Sin embargo, al añadir imagen, un esfuerzo suficiente y máximo, en ausencia de nuevas alteraciones de la contractilidad se traduce como de buen pronóstico, aun cuando el paciente tenga clínica y/o positividad electrocardiográfica; ya que se trata generalmente de enfermedad coronaria de un vaso y excepcionalmente compromiso de la arteria descendente anterior (106). Las alteraciones del ST y los cambios en la presión arterial en el EcoE farmacológico ofrecen menor nivel de información diagnóstica y pronóstica.

#### ***1.3.3.4. Adquisición de imágenes***

Si la modalidad elegida es el ejercicio en cinta, las imágenes ecocardiográficas se adquieren en situación basal en la camilla, en el pico de estrés con el paciente caminando o corriendo y en el post-ejercicio inmediato. La adquisición se realiza de manera continua en pico de ejercicio y en el primer minuto tras el mismo, para tras terminar la prueba seleccionar los ciclos de mejor calidad en cada proyección y realizar el cotejo con las imágenes en reposo. Nuestro grupo demostró que añadir la imagen en pico de ejercicio es más sensible y puede identificar un subgrupo de pacientes con mayor riesgo de eventos (103-105). Además del aumento de la sensibilidad, la adquisición de imagen en pico de ejercicio tiene otras ventajas: 1) se puede escanear al paciente durante distintas fases de la prueba o cuando existen dudas sobre la conveniencia de suspenderla, por ejemplo, en caso de síntomas o cambios en el segmento ST; 2) no existe limitación de tiempo en la adquisición que hay en el post-ejercicio; en este último caso, no debe demorarse más de 60 segundos, pues las anomalías contráctiles pueden recuperarse rápidamente, sobre todo en pacientes jóvenes y bajo tratamiento betabloqueante (103-105).

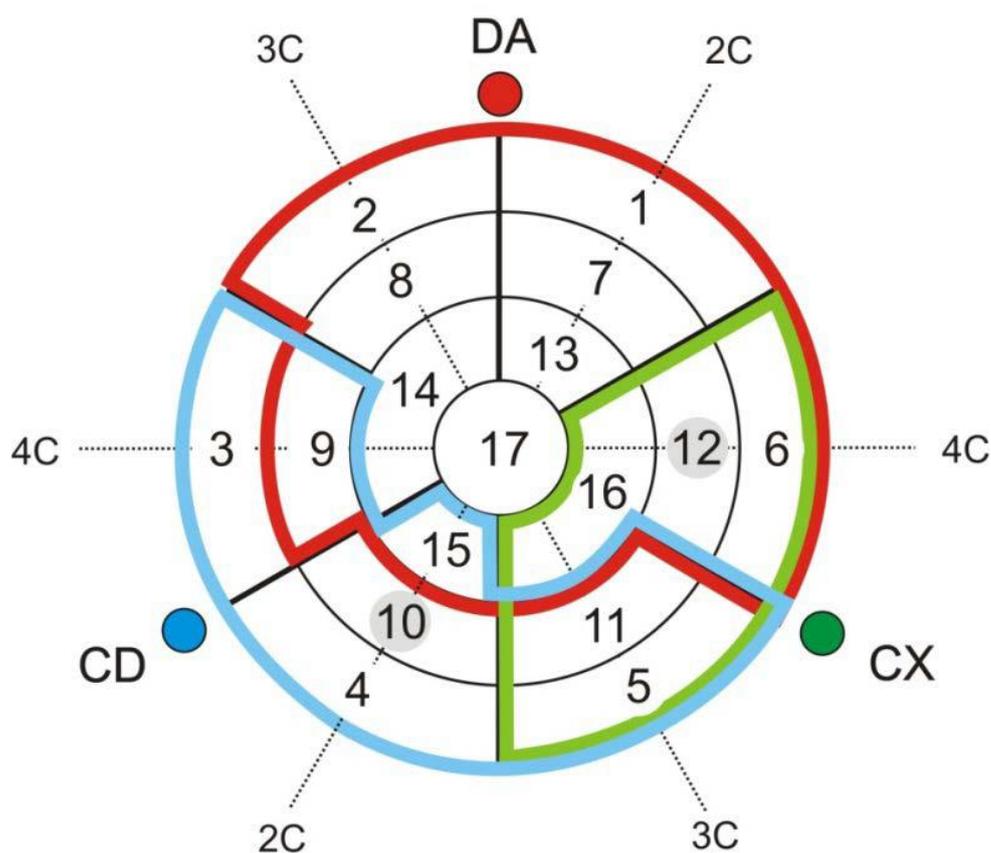
Si la modalidad elegida es la farmacológica las imágenes se adquieren en decúbito lateral izquierdo en la camilla.

El análisis de las imágenes se realiza en formato *quad-screen*, que permite la comparación simultánea de un ciclo; en situación basal, en el estrés máximo y en la recuperación inmediata, sincronizada con el ECG.

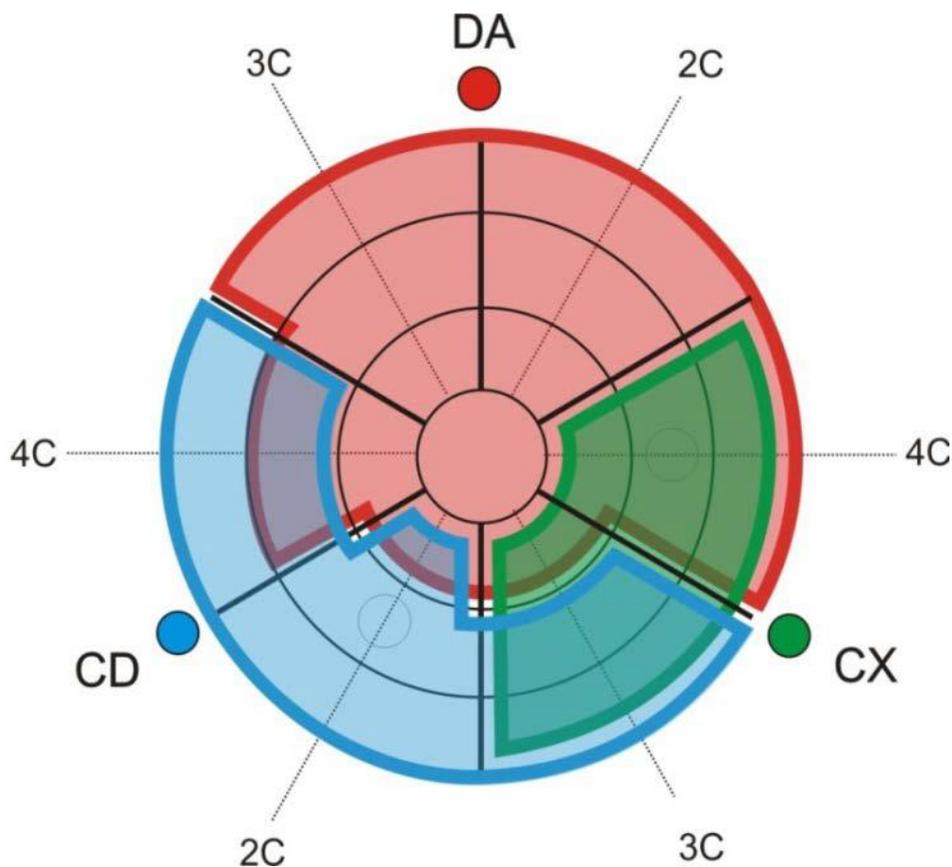
#### ***1.3.3.5. Interpretación de imágenes***

El ventrículo izquierdo se divide en 16 segmentos según la correlación anatómica con el árbol coronario siguiendo las recomendaciones de la American Society of Echocardiography (127). Existe un modelo de los de 17 segmentos que incluye el ápex puro (128). Es una forma de representar la contracción segmentaria en un gráfico con forma de círculo. La parte más externa del círculo corresponde a los segmentos basales y la parte del centro, a los segmentos apicales. La cara anterior queda arriba, la cara lateral se representa a la derecha, la cara inferior abajo y el septo queda localizado a la izquierda del gráfico.

Comenzando en el cruce anterior del septo interventricular y la pared libre del ventrículo derecho y continuando en sentido antihorario, los segmentos basales y medios ventriculares deben ser etiquetados como antero-septal, inferior-septal, inferior, inferior-lateral, antero-lateral y anterior. En el modelo de 17 segmentos, el ápex se divide en 5 segmentos, incluyendo los segmentos septal, inferior, lateral y anterior, así como el "casquete apical", que se define como el miocardio más allá del extremo de la cavidad del ventrículo izquierdo. Los segmentos se numeran desde el segmento anterior basal (segmento 1) siguiendo una dirección antihoraria y desde la base al ápex del ventrículo izquierdo (**Figura 3**). El modelo de 16 segmentos es adecuado para el estudio de la contractilidad segmentaria ya que el casquete apical puro tiene motilidad fisiológicamente reducida.



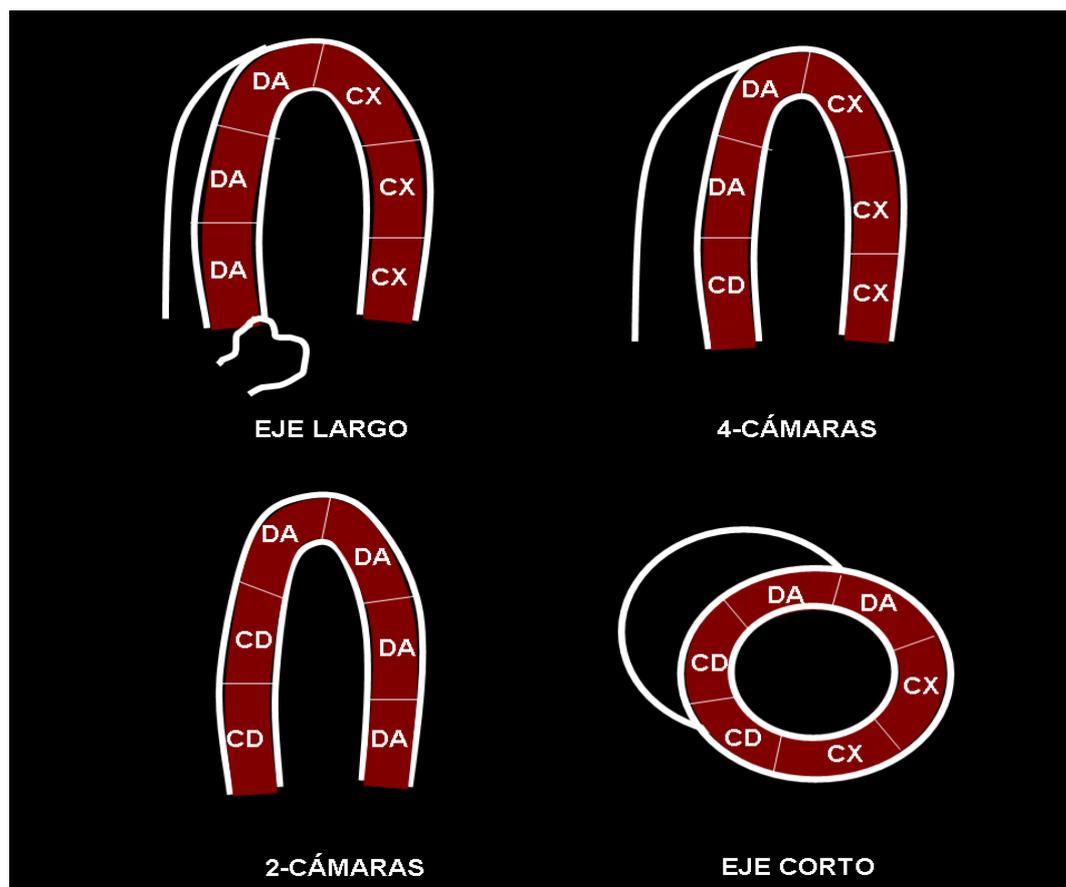
**Figura 3.** Modelo de 17 segmentos del ventrículo izquierdo con la numeración de los segmentos DA, arteria descendente anterior (rojo); CX, arteria circunfleja (verde); CD, arteria coronaria derecha (azul). Cortesía del Dr. Nemesio Álvarez García.



**Figura 4.** Modelo de 17 segmentos del ventrículo izquierdo con sus territorios coronarios. DA, arteria descendente anterior (rojo); CX, arteria circunfleja (verde); CD, arteria coronaria derecha (azul). Cortesía del Dr. Nemesio Álvarez García.

Aunque existe cierta variabilidad individual en la irrigación sanguínea dependiendo fundamentalmente de la dominancia coronaria, los segmentos suelen corresponder con las tres arterias coronarias principales (128, 129). La lectura debe ser sistematizada y racional, relacionando el segmento comprometido y la irrigación coronaria. Los planos apicales (4-cámaras, 2-cámaras y 3-cámaras) permiten una evaluación de todos los segmentos del ventrículo izquierdo. Para una evaluación más integral se aconseja escanear los planos paraesternales (eje largo y corto).

Los segmentos 1, 2, 7, 8, 12, 13, 14 y 16 son habitualmente irrigados por la arteria coronaria descendente anterior; los segmentos 5, 6, 11 por la arteria coronaria derecha; y los segmentos 3, 4, 9, 10 y 15 por la arteria circunfleja (**Figuras 4 y 5**). No obstante, existen segmentos con irrigación mixta o variable, por ejemplo el segmento 15 puede ser irrigado por la arteria descendente anterior y/o circunfleja o el segmento 16 puede ser irrigado por la arteria descendente anterior y/o coronaria derecha.



**Figura 5.** Se muestran los 16 segmentos en los diferentes planos ecocardiográficos con sus territorios coronarios. DA, arteria descendente anterior; CX, arteria circunfleja; CD, arteria coronaria derecha. Cortesía del Dr. Alberto Bouzas Mosquera.

Para la cuantificación de la motilidad segmentaria se calcula el índice de motilidad segmentaria en reposo y bajo los diferentes niveles de estrés siguiendo las recomendaciones de la American Society of Echocardiography (130). Se procede a un análisis visual de los segmentos clasificándose como normales (puntuación=1), hipocinéticos (puntuación=2), acinéticos (puntuación=3) y discinéticos (puntuación=4). Estos valores se suman y el resultado se divide entre el número de segmentos. La valoración de la contracción regional del ventrículo izquierdo mediante este índice podría ser mejor indicador pronóstico que la FEVI ya que no depende de asunciones geométricas y no es necesaria la visualización completa de toda la silueta cardíaca, sino que para su cálculo basta con que cada uno de los segmentos se visualice en al menos una proyección (131). Su incremento representa una medida de la extensión y severidad de la isquemia. Un índice de motilidad post-ejercicio  $>$  de 1,4 o una fracción de eyección que con el esfuerzo no se incremente un 10 % predice una peor evolución.

### *1.3.3.6. Limitaciones en la interpretación de imágenes*

La principal limitación deriva de la dificultad de poder realizar un análisis cuantitativo. Una ventana acústica subóptima dificulta la visualización del borde endocárdico. A pesar de la mejoría técnica en los ecógrafos y en los sistemas digitales, en un 5-7% de los estudios ecocardiográficos basales se reporta mala ventana. El análisis de los bordes endocárdicos laterales y anteriores es el más dificultoso. El empleo de un ecopotenciador aumenta el porcentaje de segmentos valorables y mejora la variabilidad interobservador (132-134). Pese a todo la experiencia del operador en la adquisición e interpretación de las imágenes es la que conlleva una menor variabilidad interobservador (135).

Además de la calidad subóptima de la imagen y la pericia del operador existen diversas situaciones en que la exactitud de las pruebas es adversamente afectada. Causas de falsos negativos que por tanto disminuyen la sensibilidad de la prueba serían entre otras: enfermedad de un vaso (generalmente de la arteria circunfleja), lesiones menores del 70%, tratamiento previo con betabloqueantes u otra mediación antianginosa, circulación colateral suficiente al vaso con lesión, nivel de estrés subóptimo y anomalías de contracción en reposo (IM previo). Causas de falsos positivos que por tanto disminuyen la especificidad de la prueba serían: despolarización inversa del septum interventricular y retardada del ventrículo izquierdo (bloqueo de rama izquierda y/o marcapasos), miocardiopatía, enfermedad microvascular o una respuesta hipertensiva aguda. Debido a la disposición anatómica en planos cercanos a la válvula mitral, los segmentos inferobasal y septobasal pueden ser interpretados falsamente como hipocinéticos (136-138).

## **1.4. TÉCNICAS DIAGNÓSTICAS DE IMAGEN ANATÓMICA NO INVASIVA, TOMOGRFÍA MULTIDECTOR**

Tradicionalmente el estudio de la anatomía coronaria debía realizarse de manera invasiva mediante un cateterismo. La posibilidad de un estudio fiable no invasivo mediante tomografía coronaria supuso una revolución en el campo de la imagen para el estudio de sospecha de cardiopatía isquémica. Existe evidencia sólida que avala la elevada la

precisión diagnóstica de la tomografía computarizada cardíaca en comparación con el cateterismo, siendo uno de los datos más constantes su elevado valor predictivo negativo con cifras próximas al 100% (139). Este dato tiene un significado clínico inmediato y se traduce en que si una evaluación de coronarias es técnicamente correcta e interpretable, el resultado negativo descarta con alta seguridad la presencia de enfermedad coronaria significativa. Aunque la técnica es menos específica; fundamentalmente en pacientes con antecedente de cardiopatía isquémica o con elevada probabilidad pre-test de EAC, debido a la dificultad de analizar lesiones difusas y/o placas calcificadas, la evolución tecnológica tanto de los equipos como de los softwares de reconstrucción hace que el rendimiento sea cada vez mejor.

Existen dos formas de evaluar la aterosclerosis coronaria mediante una tomografía computarizada cardíaca: el estudio de calcio coronario y la coronariografía no invasiva. Con frecuencia la angiografía no invasiva se planifica tras la realización del score calcio, si bien existe una controversia para puntuaciones de calcio muy elevadas debido a la posibilidad de segmentos no evaluables.

Todos los estudios comienzan realizando un topograma para determinar los límites del volumen cardíaco a adquirir, generalmente entre la carina traqueal y el tercio superior del abdomen. Para el estudio en pacientes con revascularización quirúrgica se aumenta el topograma para asegurar la correcta evaluación de los puentes de safena y/o arterias mamarias. El estudio del triple descarte que añade a la coronariografía el estudio de la aorta torácica, las arterias pulmonares y el parénquima pulmonar precisa de un topograma desde el borde inferior de las clavículas y una inyección de contraste de manera bifásica.

#### **1.4.1. Estudio de calcio coronario**

Se realiza como único examen sin inyección de contraste yodado o como parte inicial de la angiografía, con objeto de detectar y medir el calcio arterial coronario, mediante el score de calcio. La cantidad de calcio coronario está estrechamente relacionada con la carga total de placa aterosclerótica y con eventos cardíacos mayores, en especial en aquellos pacientes de riesgo intermedio (140-142). Se cuantifica por el método de Agatston (143), una herramienta semi-automática que genera una puntuación a

la extensión de las calcificaciones coronarias, por definición aquellas con  $> 130$  Unidades Hounsfield (**Tabla 1**). Si no se identifica calcio el score es=0. Se considera un score de Agatston  $> 100$  carga aterosclerótica moderada y riesgo cardiovascular moderado. Un score de Agatston  $> 400$  se corresponde con una carga extensa y un alto riesgo cardiovascular. Además de la puntuación global se puede calcular el percentil considerado para su sexo y edad (144). Superar el percentil 75 es predictivo de enfermedad coronaria significativa (145). En la actualidad, el cribado general en individuos asintomáticos no está recomendado. En aquellos sin síntomas pero con factores de riesgo, este puntaje podría incorporarse a la toma de decisiones para reclasificarlos y ayudar a identificar a aquellos que se beneficiarían de un tratamiento más agresivo o de pruebas complementarias para el diagnóstico de enfermedad coronaria. En pacientes sintomáticos con probabilidad baja-intermedia el score calcio podría resultar útil por su altísimo valor predictivo negativo y su alta sensibilidad (146, 147). La ausencia de calcio es un marcador potente de muy bajo riesgo de eventos coronarios ( $<1\%$  anual) (148). Sin embargo, la placa blanda es indetectable mediante este score y se asocia a una mayor tasa de eventos clínicos. En el subgrupo del estudio CONFIRM de pacientes sintomáticos con calcio coronario=0, un 3,5% de los mismos presentaban lesiones significativas en la angiografía no invasiva con un aumento de eventos cardiovasculares no mortales durante el seguimiento (149). Por ello, y fundamentalmente en pacientes sintomáticos, la coronariografía no invasiva añade valor en la detección de este tipo de lesiones.

**Tabla 1.** Estudio de calcio coronario. Score de Agatston.

Valor absoluto (unidades Agatston)	
0	Ausente
$>0 < 10$	Mínimo
$\geq 10 < 100$	Ligero
$\geq 100 < 400$	Moderado
$\geq 400 < 1000$	Severo
$\geq 1000$	Extenso

### 1.4.2. Coronariografía no invasiva

La principal indicación de la angiografía coronaria mediante tomografía computarizada es la valoración anatómica. En la actualidad se están perfeccionando técnicas para la evaluación del significado funcional de las lesiones intermedias o con alta carga de calcio, a través del estudio de perfusión y de la reserva fraccional de flujo (59-61).

Los grandes avances tecnológicos en tomografía computarizada a finales de la década de los años 90, fundamentalmente la técnica helicoidal y el desarrollo de múltiples filas de detectores permitieron la obtención de imágenes del árbol coronario con elevada resolución temporal y espacial. Tras haberse generalizado el uso de los escáneres multidetector de 64 cortes, la precisión diagnóstica se puede comparar con el método de referencia (150-152), la angiografía invasiva, aunque resulta inferior en presencia de calcificación significativa, dispositivos metálicos en la luz del vaso o frecuencia cardíaca irregular, lo que limita su valor predictivo positivo (83%) y su especificidad (64-83%) (65). Sin embargo, debido a su alta sensibilidad (96%) y fundamentalmente su altísimo valor predictivo negativo (99%), la demostración de un árbol coronario sin lesiones significativas es una herramienta muy valiosa en diversos escenarios clínicos, incluyendo el agudo (139, 153, 154). Destaca la mínima probabilidad de no identificar lesiones de alto riesgo como son las del tronco común o de la descendente anterior proximal y el excelente pronóstico a largo plazo, con tasas de eventos cardíacos graves muy bajas (0,04%) y con una incidencia anual de mortalidad global del 0,28 % tras un estudio normal (155, 156).

Están disponibles equipos de 128, 256 y 320 detectores, algunos con emisión dual, que permiten la realización de una angiografía coronaria no invasiva de una excelente calidad de imagen en un solo latido y con una mínima apnea (157). Se adquiere un gran volumen de información que luego es reconstruido para el estudio del lumen y la pared de las arterias coronarias y sus ramas. Además del grado de estenosis se puede estudiar la composición y disposición de la placa de ateroma.

La calidad de un estudio viene definida por tres conceptos: resolución temporal, resolución espacial y resolución de contraste (158-160).

### Resolución temporal

La resolución temporal es el tiempo requerido para obtener los datos que permiten reconstruir una imagen y se expresa en milisegundos (ms). Sus factores determinantes son la velocidad de rotación del *granty* y el método de reconstrucción. Una alta resolución temporal significa que se obtienen las imágenes a gran velocidad, permitiendo reducir los artefactos por movimiento que degradan su calidad. Actualmente, gracias al desarrollo tecnológico, con algunos protocolos, es posible realizar el estudio en un solo latido, con una resolución de hasta 66 ms.

### Resolución espacial

La resolución espacial se define como la distancia mínima en que dos puntos se identifican como separados y se expresa en milímetros (mm). A mayor resolución espacial, más preciso es el detalle anatómico, lo que permite evaluar vasos tan finos como las arterias coronarias. La máxima resolución actual es de 0,3-0,4 mm.

### Resolución de contraste

La resolución de contraste es la capacidad de diferenciar la composición de distintos tejidos. En la tomografía computarizada, la resolución de contraste es baja, por lo que es necesaria la administración de medios de contraste yodado que realzan el lumen de las estructuras vasculares e impregnan los tejidos en distinta cuantía.

#### ***1.4.2.1. Preparación del paciente***

La selección y la preparación del paciente son los puntos críticos para determinar la calidad de la imagen. En el escenario de dolor torácico agudo las dificultades derivan de la procedencia del paciente desde el servicio de urgencias y la necesidad de un resultado con premura.

A través de consensos internacionales se han definido ciertos requisitos mínimos para una angiografía coronaria como son el uso de equipos de al menos 64 multidetectores, frecuencia cardíaca (FC) regular y menor de 60-65 latidos por minuto (lpm), ausencia de

contraindicación para el uso de medio de contraste (como sería el caso de alergia o filtrado glomerular menor de 30 ml/min), capacidad de realizar una apnea durante 15-20 segundos, ausencia de gestación y tolerar fármacos como los betabloqueantes y/o el uso de nitroglicerina sublingual, entre otros medicamentos (67, 161). La presencia de fibrilación auricular puede limitar la calidad de un estudio.

Si la FC es  $> 60-65$  lpm el pretratamiento con betabloqueante intravenoso reduce un 10-20% la FC basal. Otra ventaja de estos fármacos es la menor variabilidad del ritmo y la disminución de la taquicardia refleja al administrar vasodilatadores (162). El uso de nitroglicerina sublingual mejora el rendimiento de la prueba al aumentar el calibre y mejorar la opacificación de las coronarias, fundamentalmente en los segmentos más distales (163).

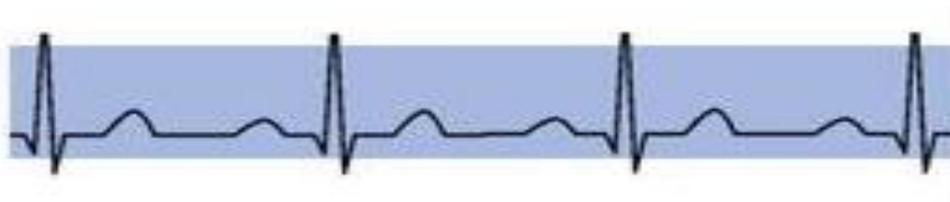
#### *1.4.2.2. Adquisición de imágenes*

Para evitar los artefactos de movimiento, la realización del estudio precisa de un sistema que sincronice las imágenes adquiridas con la señal eléctrica obtenida mediante el electrocardiograma del paciente. El espacio entre los picos de dos ondas R, el intervalo RR, representa un latido cardíaco. El RR se puede dividir de forma relativa (valores porcentuales, %) o absoluta (milisegundos). Según la sincronización con el ECG y el avance de la mesa del paciente existen dos tipos de adquisición: retrospectiva y prospectiva (158).

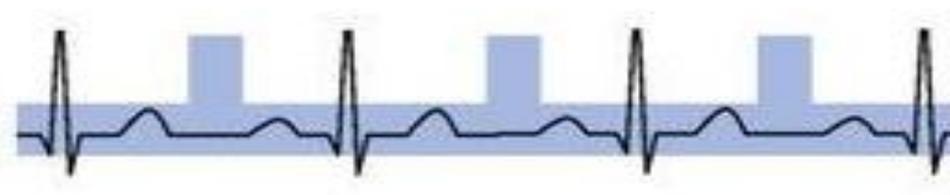
#### Adquisición retrospectiva (Figura 6.1 y 6.2)

En la adquisición retrospectiva o helicoidal se obtiene un volumen de datos de todos los segmentos cardíacos durante todo el ciclo, lo que permite reconstruir las imágenes en distintas fases, y por tanto, flexibilidad para seleccionar la fase óptima en la valoración de cada arteria coronaria, y analizarlas en modalidad cine para ver función ventricular y valvular. La desventaja es que aumenta la dosis de radiación, entre 12-18 miliSieverts (mSv). Para disminuir parcialmente la dosis efectiva se puede utilizar un algoritmo inteligente de modulación de dosis, que consiste en usar la dosis completa solo en la fase diastólica, con las arterias coronarias menos afectadas por el movimiento, y

reducirla en sístole para disminuir hasta un 25% del total (164, 165). También se puede reducir la intensidad de la corriente en función de las características antropomórficas del paciente.



**Figura 6.1.** Adquisición de imágenes. Estudio retrospectivo. La información se adquiere en todo el ciclo cardíaco. La desventaja es la alta dosis de radiación.



**Figura 6.2.** Adquisición de imágenes. Estudio retrospectivo con modulación de dosis. La dosis completa se aporta solo en diástole, reduciéndose significativamente en el resto del ciclo.

### Adquisición prospectiva (Figura 7)

La adquisición prospectiva es secuencial, no helicoidal. El tubo gira en la fase predeterminada, durante el siguiente latido la mesa se desplaza, vuelve el tubo a girar y así sucesivamente. La radiación se limita a un periodo muy corto del ciclo cardíaco, en diástole, habitualmente fases 70-80% del intervalo RR. La probabilidad de que se obtengan imágenes estáticas de mejor calidad diagnóstica será mayor mientras menor sea la frecuencia cardíaca, pues la ventana de tiempo para adquirir la información es mayor. Esta tecnología obliga a frecuencias cardíacas bajas y estables, menores de 60-65 lpm y no permite el estudio de la función ventricular y/o valvular. La ventaja de la adquisición prospectiva es la menor dosis de radiación que recibe el paciente (un 80% menos), alrededor de 4 a 6 mSv (166). Utilizando el ECG padding podemos modificar la ventana temporal y hacer alguna corrección que evite los artefactos si el ritmo cardíaco es poco regular (167).



**Figura 7.** Adquisición de imágenes. Estudio prospectivo. Se adquiere la información en un solo periodo del ciclo (diástole).

### Nuevos métodos de adquisición

La adquisición flash es propia de los equipos de doble fuente. Es una adquisición helicoidal con un pitch alto. Realiza la adquisición en un solo latido y con una dosis de radiación muy baja, de hasta 0.4 mSv (168).

#### *1.4.2.3. Seguridad*

El riesgo de nefropatía inducida por contraste iodado administrado por vía endovenosa fue analizado en pacientes de alto riesgo de cinco estudios y su incidencia resultó en torno a un 5% sin consecuencias clínicas ni riesgo de hemodiálisis (169). La cantidad de contraste para una coronariografía se calcula en función de las características antropométricas del paciente y suele ser suficiente 60-80 ml.

La exposición a la radiación en la tomografía computarizada coronaria, es un motivo de preocupación en la comunidad científica. Es sabido que este riesgo es mayor en mujeres y en los jóvenes. Para minimizarlo es fundamental seleccionar el paciente y aplicar diversas técnicas, relacionadas con el rango de escaneo, la frecuencia cardiaca, la modulación de la corriente y el voltaje. La dosis equivalente en mSv, se refiere a unidades de “daño tisular”, que dependen de la dosis recibida, de la radiosensibilidad del tejido, del sexo y edad del paciente (en el corazón se multiplica el producto dosis-longitud DLP por 0,014 y se obtendrá la dosis en mSv).

La cuantificación de calcio equivale a 1-4 (mSv) y una tomografía retrospectiva sin modulación de dosis equivale a 15 mSv y con modulación a 9 mSv. El modo prospectivo reduce en un 80% la dosis de radiación. Equipos de 128/320 detectores y equipos de doble fuente pueden limitar la radiación a un latido y minimizar la dosis a < 1 mSv. En resumen,

una planificación detallada de cada caso nos ayuda a conseguir el objetivo de dosis ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*) (170, 171).

El riesgo de una reacción alérgica grave al material de contraste que contiene yodo raramente ocurre.

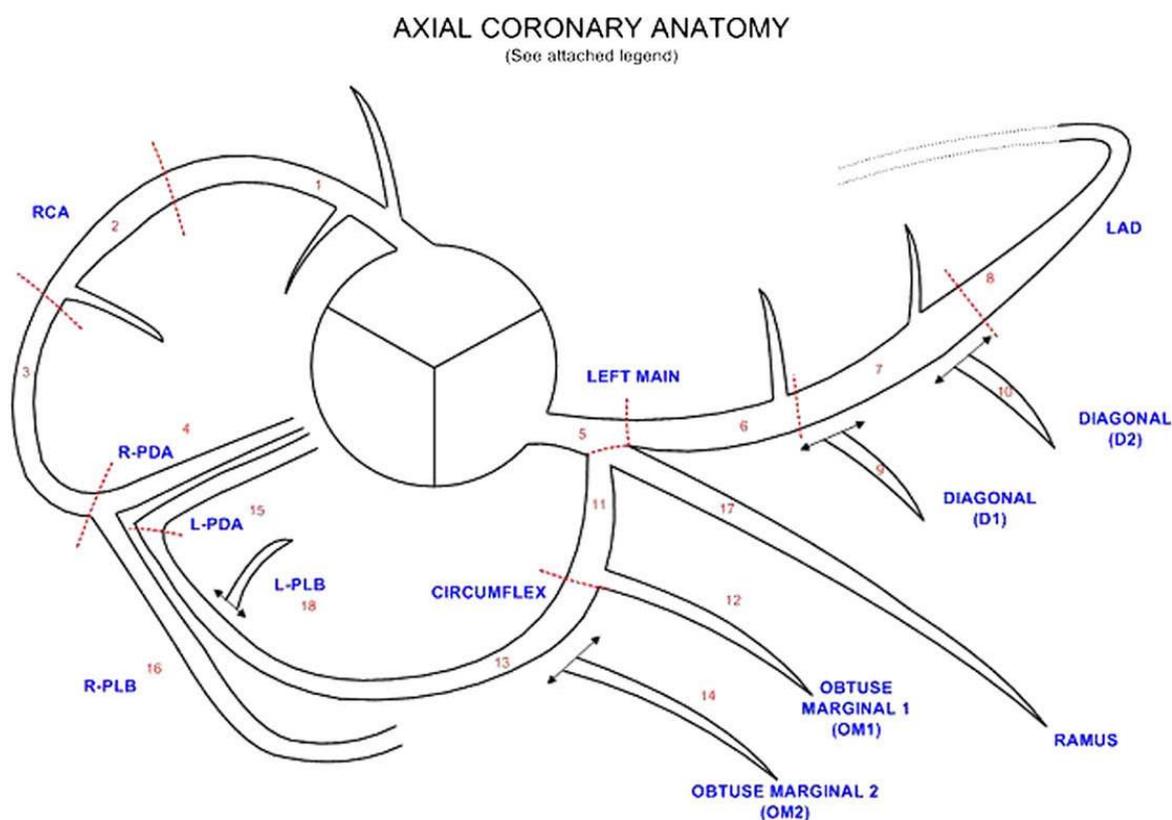
#### ***1.4.2.4. Interpretación de imágenes***

El flujo coronario es fundamentalmente diastólico pero el patrón y la velocidad de movimiento es diferente para cada arteria coronaria, incluso en sus diferentes segmentos. En la coronaria izquierda predomina un flujo diastólico y en la derecha existe también flujo sistólico que resulta de la baja compresión extravascular ejercida por el ventrículo derecho y las aurículas. El control de la frecuencia cardíaca disminuye el movimiento de las arterias y evita artefactos, con la administración de los betabloqueantes es posible alcanzar el objetivo deseado de 50-65 latidos por minuto. En meso/telediástole (60-75% del intervalo RR) se minimiza el movimiento de las coronarias aunque existe variabilidad interindividual y de la arteria a estudiar, presentando de manera general la coronaria derecha menor movimiento en una fase más temprana del RR (172, 173).

A partir del volumen obtenido, se pueden analizar las imágenes con reconstrucciones multiplanares (MPR: *Multiplanar Reconstruction*), proyecciones de máxima intensidad (MIP: *Maximum Intensity Projection*) y de volumen (VR: *Volume Rendering*), que facilitan la interpretación del estudio y demuestran las estructuras de una manera más comprensible (174). Los planos multiplanares reproducen los planos clásicos de un ecocardiograma. Mediante la proyección MIP se visualizan únicamente los vóxeles que tiene la mayor intensidad de contraste en una proyección determinada y con el grosor de corte deseado. Al engrosar el corte en la MIP, se potencian las estructuras vasculares, por ello y para no obviar un trombo o placa de ateroma, se deben revisar siempre las imágenes fuentes. El estudio de las coronarias debe realizarse con un MIP muy fino (no más de 3 mm). El *volume rendering* es una reconstrucción tridimensional.

### Segmentación arterias coronarias

Los angiogramas son evaluados usando el modelo de 17 segmentos modificado (175), que incluye los grandes troncos arteriales coronarios y sus ramas principales (**Figura 8**).



**Figura 8.** Esquema de la segmentación del árbol coronario axial. Tomado de las guías de la Sociedad de tomografía computarizada cardiovascular (SCCT). Raff et al. *Journal of Cardiovascular Computed Tomography* (2009) 3, Pg 127. (174), modificado de Austen et al (175)

### Cuantificación de la estenosis

La cuantificación de la estenosis que produce la placa se gradúa en un rango de porcentaje. Su valoración puede realizarse por métodos de cuantificación automáticos pero requiere de revisión y corrección manual en muchas ocasiones. La estimación visual tiene buena correlación con la angiografía invasiva (176-179). Se clasifica como mínima (menor a 30% de estenosis), leve (30-50%), moderada (50-70%), severa (mayor a 70%) y oclusión (100% estenosis). En la evaluación del tronco coronario izquierdo, en general estenosis severa es aquella mayor a 50% (174).

#### *1.4.2.5. Limitaciones en la interpretación de imágenes*

En el apartado 1.4.2.1.se mencionan los puntos de selección y preparación del paciente claves para determinar la calidad de la imagen. En una revisión sistemática de más de 40 estudios se reporta aproximadamente un 5% de tomografías no concluyentes en su totalidad o en parte, datos que pueden ser mayores en la práctica clínica real. Se ha estudiado la precisión de la técnica según la arteria y los segmentos (180). La sensibilidad es menor en la arteria circunfleja (88%) y en los segmentos distales (80%). Los artefactos relacionados con la enfermedad coronaria calcificada y difusa sobrevaloran en ocasiones la significación de las lesiones (181). Además la angiografía tiene dificultad para detectar enfermedad microvascular (182), estenosis en vasos de muy pequeño calibre menores de 2 mm (183) y accidentes de placa en lesiones no obstructivas (184, 185).

### **1.5. ESTUDIOS INICIALES DE ECOCARDIOGRAMA DE ESTRÉS Y TOMOGRAFÍA CORONARIA MULTIDETECTOR EN DOLOR TORÁCICO AGUDO**

A mediados de los años 2000 se divulgan los primeros estudios en contexto de dolor torácico agudo comparando EcoE o TCMD frente a estrategia convencional, que incluía ergometría o SPECT de perfusión. En el año 2007 un estudio aleatorizado unicéntrico publicado por Jeetley et al (n=433) comparó el EcoE frente a ergometría convencional en pacientes con sospecha de SCA y ECG no diagnóstico. Con un seguimiento de 9 meses se demostró que el EcoE era superior a la ergometría en seguridad y eficacia, ya que clasificó a un mayor número de pacientes como de bajo riesgo (77% vs 33%,  $p < 0,001$ ) sin aumentar los eventos adversos en el seguimiento (5% vs 3%,  $p = \text{NS}$ ). Asimismo, disminuyó la necesidad de ingreso y el número de pruebas posteriores (20% vs 47%,  $p < 0,001$ ), por lo que resultó más barato (326\$ vs 495\$,  $p = 0.01$ ) (186). Ese mismo año Nucifora (n=199) publica los resultados del ASSENCE, un estudio multicéntrico que comparó coste-efectividad del EcoE con dobutamina vs una estrategia habitual que incluía ergometría. Con un seguimiento a 60 días se concluyó que el EcoE dobutamina era una estrategia segura, sin registrarse ningún evento cardiovascular al alta (0% vs 11%,  $p = 0.004$ ); y además, más barata que la ergometría en los pacientes con resultado negativo (1.029\$ vs

1.684\$,  $p=0,005$ ). En ambos estudios los autores concluyen que la adición de imagen a la estrategia convencional resulta coste-efectiva (187).

En 2007 Goldstein publica el primer ensayo clínico randomizado con cerca de 200 pacientes, en el que se comparó TCMD frente a la estrategia habitual, que incluía SPECT de perfusión, en una unidad de dolor torácico. En el grupo del TCMD ( $n=99$ ) los pacientes con estenosis superiores al 70% fueron remitidos a coronariografía invasiva y los pacientes sin lesiones o con estenosis menores del 25% o score calcio menor 100 fueron dados de alta. Aquellos con lesiones intermedias o resultados no concluyentes se remitieron a ergometría con isótopos. Con un seguimiento de seis meses no se documentaron eventos cardiovasculares mayores (muerte cardíaca, IAM o angina inestable) en ningún grupo. La estrategia TCMD resultó más rápida (3,4 horas vs 15,0 horas;  $p<0,001$ ) y económica de manera significativa (\$1.586 vs. \$1.872;  $p<0,001$ ). Sin embargo, conllevó con más frecuencia la realización de coronariografía (12,1 % vs 7,1%;  $p=0,10$ ) (188).

A partir de estos estudios iniciales se diseñan varios ensayos randomizados comparando la TCMD frente a pruebas funcionales para intentar resolver el dilema de si la precisión diagnóstica al añadir imagen anatómica se traduce en beneficio para el paciente y menor coste para el sistema sanitario. Previo al inicio de nuestra investigación existían pocos ensayos clínicos randomizados que comparaban EcoE frente a TCMD en el servicio de urgencias y según nuestro conocimiento ningún estudio publicado hasta esa fecha había realizado una comparación frente a frente en exclusiva. Los resultados de los ensayos clínicos randomizados que comparaban TCMD frente a una estrategia funcional, se resumen en la **Tabla 2**. Aquellos en donde la estrategia comparadora incluía EcoE se desarrollarán en la Discusión, Véase apartado 5.

**Tabla 2** Ensayos clínicos randomizados que comparan una estrategia anatómica con TCMD frente a una estrategia funcional en el contexto de dolor torácico agudo

Ensayo, autor, año	Unicéntrico	N total n por brazos	FU días	Resultados Objetivo Primario	Resultados Objetivo secundario	Subanálisis
Goldstein et al 2007 (188)	Unicéntrico EEUU	N= 197	180	Eventos CV	Tiempo diagnóstico	Coste
		n= 99 TCMD vs n=98 SPECT		0 TCMD  0 SPECT  p = NS	3.4 h TCMD  15.0 h SPECT  p < 0.001	1,586 \$ TCMD  1,872 \$ SPECT  p < 0.001
CT-STAT Goldstein et al 2011 (189)	Multicéntrico EEUU	N= 699	180	Tiempo diagnóstico	Coste	MACE si test normal
		n= 361 TCMD vs n= 338 SPECT		2.9 h TCMD  6.2 h SPECT  p < 0.001	2,137 \$ TCMD  3,458\$ SPECT  p < 0.001	0.8% TCMD  0.4% SPECT  p = 0.29
Miller et al 2011 (190)	Multicéntrico EEUU	N= 60	90	Coste	Diagnóstico EAC	Readmisiones
		n= 30 TCMD+SOC vs n= 30 SOC		4,288 \$ TCMD+SOC  12,148 \$ SOC  p = 0.652	18 TCMD+SOC  1 SOC  p = 0.032	6 TCMD +SOC  16 SOC  p = 0.007
ACRIN/PA, Litt et al 2012 (191)	Unicéntrico EEUU	N= 1370	30	MACE tras TCMD normal	Alta SU	Estancia (mediana)
		n= 908 TCMD vs n= 462 SOC		<1% TCDM	49.6% TCMD  22.7% SOC	18.0 h TCMD  24.8 h SOC  p < 0.001

Ensayo, autor, año	Unicéntrico	N total n por brazos	FU días	Resultados Objetivo Primario	Resultados Objetivo secundario	Subanálisis
ROMICAT II, Hoffman et al, 2012 (192)	Multicéntrico EEUU	N= 1000	28	Estancia (mediana)	Tiempo diagnóstico	Alta SU
		n= 501 TCMD vs n= 499 SOC		8.6 h TCMD  26.87 h SOC  p < 0.001	5.8 h TCMD  21 h SOC  p < 0.001	47% TCMD  12% SOC  p < 0.001
CATCH, Linde et al 2013 (193)	Unicéntrico Dinamarca	N= 600	120	EAC significativa en CG	Eventos CV	
		n= 299 TCMD vs n= 301 SOC		12% TCDM  4% SOC  p = 0.001	8 TCDM  15 SOC  p = 0.1	
CT-COMPARE, Hamilton-Craig et al 2014 (194)	Unicéntrico Australia	N= 562	30	Precisión dg SCA	Coste	Estancia media
		n= 322 TCMD vs n= 240 PE		100%S 94%E TCDM  83%S 91%E PE	2,193 \$ TCMD  2,704 \$ PE  p < 0.001	13.5 h TCMD  19.7 h SOC  p < 0.005
PROSPECT, Levsky et al 2015 (195)	Multicéntrico EEUU	N= 400	365	Coronariografía	Estancia media	Radiación
		n= 200 TCMD vs n= 200 SPECT		15% TCMD  16% SPECT  p = NS	28.9 h TCMD  30.4 h SPECT  p = 0.06	9.6 mSv TCMD  27.0 mSv SPECT  p < 0.001

Ensayo, autor, año	Unicéntrico	N total n por brazos	FU días	Resultados Objetivo Primario	Resultados Objetivo secundario	Subanálisis
PERFECT, Uretsky et al 2017 (196)	Multicéntrico EEUU	N= 411	365	Pruebas en cascada	Hospitalización (objetivo primario)	Revascularizaciones
		n= 205 TCMD vs n= 206 lestrés		21% TCMD  15% lestrés  p = 0.1	14% TCMD  16% lestrés  p = 0.5	2% TCMD  0% lestrés  p < 0.001
BEACON, Dedic et al 2016 (197)	Multicéntrico Países bajos	N= 500	30	Revascularización	Alta	Coste directo
		n= 250 TCMD vs n= 250 SOC		9% TCMD  7% SOC  p = 0.40	65% TCMD  59% SOC  p = 0.16	333 \$ TCMD  510 \$ SOC  p < 0.01
Levsky et al 2018 (198)	Unicéntrico EEUU	N= 400	733	Hospitalización	Estancia mediana	Radiación media
		n= 201 TCMD vs n= 199 EcoE		19 % TCMD  11% Eco E  p = 0.026	5.4 h TCMD  4.7 h Eco E  p < 0.001	7.7 mSv TCMD  0.96 mSv EcoE  p < 0.001

SOC: estrategia convencional (*del inglés standar of care*). TCMD: tomografía computarizada multidetector. EcoE: ecocardiograma de estrés. EEUU: Estados Unidos de América. SPECT: tomografía computarizada por emisión de fotón simple. FU: seguimiento (*del inglés follow up*). CV: cardiovascular. EAC: enfermedad arterial coronaria. h: horas. CG: coronariografía. S: Sensibilidad. E: especificidad. dg: diagnóstico. Iestrés: imagen de estrés.

## 1.6. ASPECTO ECONÓMICO

El avance tecnológico de la imagen cardíaca mejoró la calidad asistencial en el dolor torácico agudo pero no debemos olvidar el coste de los tests. Así, con respecto a la imagen en reposo, si la media de coste de un ecocardiograma es 1 (como coste comparador), el de una tomografía es 3.1, el de una RNM es 5.51, el de un PET es 14.03, y el de un cateterismo derecho e izquierdo es de 19.96. En las pruebas de estrés, si la media de coste de una prueba de esfuerzo convencional es 1 (como coste comparador), es 2.1 para EcoE y 5.7 para SPECT (199). Por ello, en la elección de una técnica diagnóstica es crucial tener en cuenta el estudio coste-efectividad, aunque existen una gran cantidad de variables, muchas veces difíciles de computar. El alcance económico de las diferentes estrategias en el triaje del dolor torácico tiene un gran interés que ha sido y se continua estudiando en múltiples revisiones y ensayos clínicos (86, 94, 98, 153, 186, 187, 200-202). La reducción del tiempo al alta y la utilización de técnicas no invasivas pueden suponer un ahorro considerable. El coste no solo depende de la técnica elegida, sino también de las pruebas que se generan en cascada. La selección del test debe individualizarse en cada paciente y responder a una cuestión concreta con el menor número de pruebas. En la actualidad el coste gana importancia en los nuevos algoritmos de manejo en la UDT. Así, en las guías de la AHA/ACC publicadas en el año 2021 para la evaluación y manejo del dolor torácico existen hasta siete apartados específicos con consideraciones para el coste según el riesgo de los pacientes y según la técnica a utilizar (203). La disponibilidad de biomarcadores sensibles y la adherencia a las recomendaciones de los protocolos, reducen la necesidad de pruebas en el servicio de urgencias, la estancia hospitalaria y la razón de ingreso con el consiguiente ahorro.

# 2

## Justificación y objetivos

---



## 2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

En la Unidad de dolor torácico de nuestro hospital (Complejo Hospitalario Universitario A Coruña, CHUAC) atendemos fundamentalmente a pacientes con probabilidad baja o intermedia de enfermedad arterial coronaria con electrocardiograma no diagnóstico de síndrome coronario agudo y marcadores de daño miocárdico seriados negativos. En nuestro medio, el dolor torácico supone el 12% de las urgencias médicas y el 4,4% de las urgencias recibidas en un hospital terciario (10). Sin embargo, sólo en el 25% de estas consultas se confirma este diagnóstico (14). Por otro lado, aproximadamente un 5% de los pacientes que consultan en urgencias por dolor torácico con ECG no diagnóstico y MDM seriados negativos presentan un SCA (15, 204). Con la finalidad de disminuir la tasa de ingresos hospitalarios y el número de pacientes dados de alta con SCA, se diseñó y se puso en marcha en el año 2007 un programa de observación, estudio y valoración acelerada para los pacientes que consultaban por dolor torácico no traumático en el Servicio de Urgencias del Complejo Hospital Universitario de A Coruña (CHUAC). En el protocolo inicial de esta UDT virtual se recoge la posibilidad de realizar ecocardiograma de ejercicio, o ecocardiograma dobutamina ante la imposibilidad para la deambulación o ECG no interpretable (véase **Anexo 1**, Protocolo Original UDT CHUAC 2007).

En ese momento las guías de práctica clínica reconocían la ergometría como prueba fundamental en el protocolo de la unidad de dolor torácico (24, 205). A pesar de su gran disponibilidad y de su bajo coste, en ocasiones la modesta precisión diagnóstica conlleva a la realización de más tests complementarios. Existían estrategias alternativas para realizar el triaje de estos pacientes con mayor precisión como eran el ecocardiograma de estrés (110, 186, 187, 206), la perfusión miocárdica con radiosótopos (72) y la tomografía computarizada multidetector (188, 201, 207). La ecocardiografía de estrés podría tener ventajas sobre las técnicas de perfusión nuclear, sobre todo en el escenario agudo, dada la rapidez de obtención de los resultados, la posibilidad de detectar anomalías

extramiocárdicas como causa de los síntomas, y el menor número de contraindicaciones y ausencia de radiación. La coronariografía no invasiva aumentaba la realización de pruebas invasivas posteriores con el consiguiente intervencionismo, sin estar demostrado si esta detección y tratamiento mejoraban el pronóstico a largo plazo.

En nuestro hospital disponíamos de las tres técnicas de imagen para estudio de EAC, si bien existía poca disponibilidad para estudios de gammagrafía con radioisótopos.

Hasta ese momento no se habían comparado en exclusiva EcoE y TCMD en pacientes estables con dolor torácico agudo, por ello y tras comprobar la factibilidad, diseñamos un estudio experimental aleatorizado unicéntrico con el objetivo de analizar el impacto clínico y económico de la realización de EcoE en comparación con la TCMD en pacientes estables de nuestra UDT con probabilidad baja o intermedia de enfermedad coronaria. Nuestro grupo disponía de una amplia experiencia en EcoE para la valoración del dolor torácico, con varios cardiólogos del servicio de imagen cardíaca involucrados y numerosas publicaciones de los datos obtenidos (105, 110, 208, 209). Sin embargo, la experiencia con TCMD se limitaba al servicio de radiología y se recurría a ella en la UDT raramente.

## **2.1. FACTIBILIDAD**

Desde el año 2007 hasta el diseño del estudio en el año 2010 se realizaron una media de 1000 consultas anuales en la UDT. En aquel momento disponíamos de una sala de ecocardiografía exclusiva para ecocardiografía de estrés, equipada con cinta rodante (T2100, GE) y ecocardiógrafo (Vivid 5, GE, Horten, Norway). Una sala no exclusiva en radiología realizaba tomografía coronaria de 64 cortes (GE Lightspeed).

En ese momento, en nuestro centro se realizaban más de 7 ecocardiogramas de estrés por día. Cuatro cardiólogos estaban involucrados a tiempo parcial o total en la realización e interpretación de la ecocardiografía de estrés en nuestro laboratorio y dos radiólogos en la realización de TC coronario multicorte.

# 3

## Material y métodos

---



## 3. MATERIAL Y MÉTODOS

### 3.1. PACIENTES

Se incluyeron pacientes entre 18 y 80 años con uno o más factores de riesgo cardiovascular (FRCV) remitidos a nuestra UDT desde el Servicio de Urgencias con sospecha de SCA, ECG no diagnóstico para SCA y seriación negativa de marcadores de daño miocárdico. El estudio fue aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica de Galicia (código de registro CEIC Galicia 2010/192). Los datos demográficos y clínicos fueron introducidos en un cuaderno de recogida de datos en el momento de la realización del test. Se consideró FRCV: varón mayor 45 años, mujer mayor de 55 años, diabetes mellitus (DM), historia de tabaquismo, dislipemia (DL), hipertensión (HTA), historia de enfermedad arterial coronaria (EAC) y antecedentes familiares de cardiopatía isquémica precoz (AFCI). Los pacientes referidos para estudio de dolor torácico se clasificaron como angina típica (molestia retroesternal desencadenada con el ejercicio o estrés emocional que desaparece en 10 minutos tras el reposo o la administración de nitroglicerina), atípica (sólo cumple 2 de las 3 condiciones anteriores) o no angina ( $\leq 1$  de los criterios anteriores) según la escala Diamond (210).

Se estratifico el riesgo de los pacientes según el TIMI risk score (211) que aplica 1 punto a cada una de las siguientes variables: edad  $\geq 65$  años,  $\geq 3$  FRCV (HTA, DM, DL, tabaquismo e AFCI), enfermedad coronaria conocida, uso de aspirina en la última semana,  $\geq 2$  episodios de angina en las últimas 24 horas, cambios en el segmento ST  $\geq 0,5$  mm y marcadores de daño miocárdico positivos. El resultado 0-1 puntos es riesgo bajo, 2-4 puntos es riesgo intermedio y  $> 5$  puntos es riesgo alto (Véase **Anexo2**, definiciones).

Se precisaba que hubiera transcurrido al menos 12 horas desde el último episodio de dolor, que hubiera al menos dos ECG en un intervalo mínimo de 6-12 horas sin cambios

y que la troponina I no ultrasensible fuera  $\leq 0,3$  mg/dl (al menos dos determinaciones con intervalo mínimo de 6 horas). El ECG basal se consideró interpretable en ausencia de bloqueo rama izquierda, ritmo de marcapasos, hipertrofia ventricular izquierda con datos de sobrecarga, alteraciones de la repolarización, tratamiento con digoxina o síndrome de preexcitación. Se excluyeron pacientes portadores de stents, incapaces de realizar apnea prologada (10-15 segundos), con frecuencia cardíaca irregular, contraindicación para betabloqueantes si frecuencia cardíaca  $> 65$  latidos por minutos y/o tensión arterial sistólica  $< 100$  mmHg, contraindicación o alergia a contraste iodado, dobutamina y/o atropina, gestación o creatinina sérica  $> 1,3$  mg/dl. Todos los pacientes debían comprender y firmar el consentimiento informado.

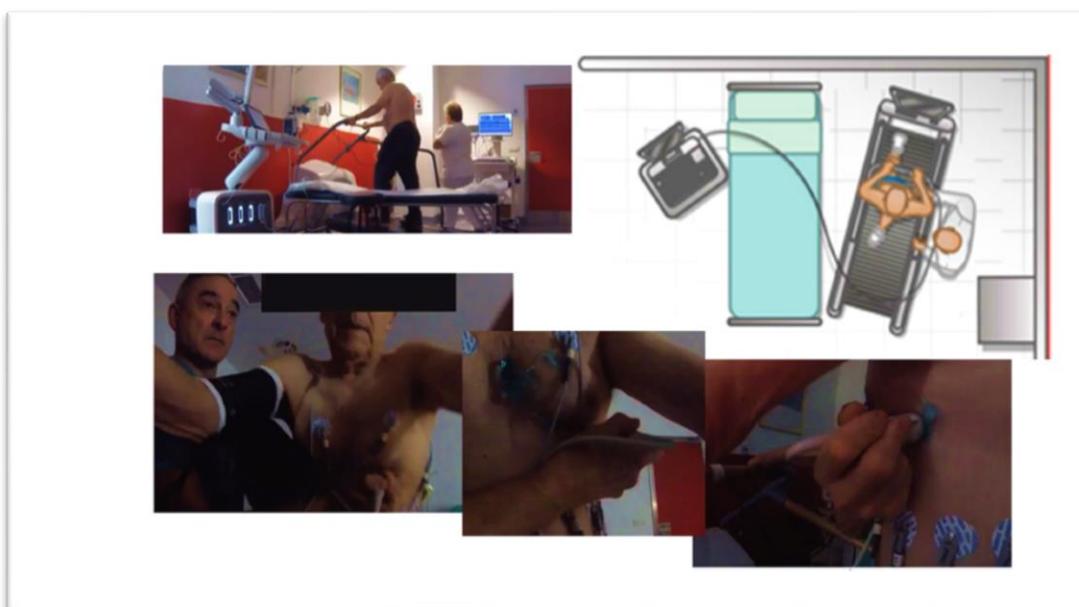
### **3.2. ALEATORIZACIÓN**

La asignación se realizó de lunes a viernes en horario laboral (de 8:00 a 15:00 horas), utilizando un procedimiento basado en números aleatorios, tras ser valorados por el cardiólogo y comprobar que se cumplían los criterios de inclusión y no había causas de exclusión. Los pacientes remitidos fuera del horario laboral permanecían ingresados hasta ser valorados por el cardiólogo y, si se remitían durante el fin de semana, permanecían ingresados hasta el lunes. Debido a motivos asistenciales solo se disponía del escáner para este estudio 1 día a la semana por lo que la aleatorización no fue consecutiva. Una vez que el paciente firmaba el consentimiento informado, era randomizado a uno de los dos grupos de prueba de detección de EAC (ecocardiograma de estrés o tomografía coronaria multidetector) mediante la apertura de un sobre en la UDT que garantizaba un sistema de aleatorización total. El estudio, por razones obvias, se realizó sin enmascaramiento.

Tras la realización de la prueba se procedía al alta si el resultado descartaba SCA. Si el resultado era positivo o no valorable para detección de EAC se ingresaba al paciente para realizar coronariografía (CG) y decidir el mejor tratamiento.

### 3.3. PROTOCOLO ECOCARDIOGRAMA DE ESTRÉS

Se utilizó un protocolo de prueba de esfuerzo individualizado según las características clínicas de los pacientes (Bruce, Bruce modificado o Naughton) y un ecocardiograma bidimensional en reposo, pico de ejercicio y en el primer minuto después del ejercicio. Si existían dudas para decidir el protocolo se hacía caminar al paciente fuera de la cinta antes de comenzar. La adquisición de imágenes en pico y post-esfuerzo precisa de una disposición especial del tapiz rodante, la camilla y el ecocardiógrafo. La **Figura 9** muestra la disposición en nuestro laboratorio. Para la obtención de un registro fiable del ciclo RR del ECG es necesario un enlace directo del cable de ECG desde el tapiz rodante hasta el ecocardiógrafo.



**Figura 9.** Disposición del tapiz rodante, la camilla y el ecocardiógrafo en nuestro laboratorio. Tomado de Peteiro J. J Clin Ultrasound. 2022; 50:1125–11

La frecuencia cardíaca, la presión arterial y un ECG de 12 derivaciones se obtuvieron en situación basal y en cada etapa del ejercicio tal y como se realiza en una ergometría convencional. Los motivos para interrumpir la prueba eran los siguientes: agotamiento físico, angina severa, arritmia significativa, respuesta hipertensiva o hipotensiva severa (presión arterial sistólica > 240 mmHg, diastólica > 110 mmHg o

descenso presión arterial sistólica  $> 20$  mmHg desde el valor basal) o isquemia severa ecocardiográfica. En caso de incapacidad para el ejercicio se consideraba la administración de dobutamina comenzando con  $10 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$  e incrementando cada 3 minutos  $10 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$  hasta  $40 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ . Tras la infusión de dobutamina se administraría atenolol intravenoso. Si no se alcanzaba el 85% de la frecuencia máxima teórica (FCMT=  $220$  latidos – edad en años) se utilizaba atropina intravenosa (bolos de  $0,5$  mg hasta un máximo de  $2$  mg). Si finalmente no se lograba el 85% de la FCMT el resultado era no concluyente.

Los cambios electrocardiográficos isquémicos inducidos por el ejercicio se definieron como el desarrollo de una desviación del ST de al menos  $1$  mm a  $80$  mseg del punto J. Una ergometría clínica positiva se definió ante la aparición de dolor torácico o equivalente anginoso (disnea importante) con el ejercicio. Una ergometría eléctrica positiva se definió cuando se objetivaban cambios electrocardiográficos isquémicos durante el ejercicio.

Se animaba al paciente a realizar un esfuerzo máximo y en determinados casos se solicitó que no corriese y tratara de caminar rápido para disminuir los movimientos corporales. Las imágenes en pico de ejercicio se obtuvieron mientras el paciente caminaba en la cinta y estaba próximo al agotamiento físico o bien había alcanzado objetivos. Para la obtención de los planos apicales (cinco cámaras, cuatro cámaras y dos cámaras) se situó con consistencia el transductor en la región apical. Para estabilizar la posición del transductor en esa región la otra mano realizaba una presión firme sobre la espalda. El transductor se situaba en la región paraesternal para obtener los planos paraesternal eje largo y corto. Se grabaron en adquisición continua imágenes en pico de ejercicio y en el primer minuto tras el mismo, para tras terminar la prueba seleccionar los ciclos de mejor calidad en cada proyección y realizar el cotejo con las imágenes en reposo. El estudio utilizó una pantalla digital en formato *quad* que permite comparar las tres etapas de la prueba (reposo, pico de ejercicio y posejercicio). El análisis ecocardiográfico utilizó el índice de motilidad segmentaria parietal (IMS) basado en un sistema de puntuación numérica de la contractilidad de los segmentos individuales (1=normal, 2=hipocinesia, 3=acinesia, y 4=discinesia) en el modelo de los 16 segmentos propuesto por la American Society of Echocardiography (130). Se calculó el IMS basal y de ejercicio así como en incremento del IMS ( $\Delta$  IMS), es decir, la diferencia entre IMS en ejercicio y reposo. Una

nueva anomalía de la contractilidad o un empeoramiento de una basal en dos segmentos adyacentes se consideró isquemia. La hipocinesia aislada del segmento inferobasal o septo-basal no se consideró isquemia si no existía algún segmento adyacente afectado (136). En presencia de bloqueo de rama izquierda o estimulación ventricular por marcapasos se consideró isquemia el empeoramiento del engrosamiento septal y/o de la contractilidad de los segmentos apicales en el plano de 2 cámaras (212). Se consideró isquemia extensa a la afectación de al menos 3 segmentos. La isquemia con distribución multivaso se definió como el desarrollo de anomalías en la motilidad segmentaria en más de un territorio coronario. Las zonas acinéticas que se mantenían igual o se transformaban en discinéticas eran consideradas necrosis. El resultado se consideró positivo para isquemia si se demostraba isquemia desde el punto de vista ecocardiográfico (no se consideró la prueba positiva si dicha positividad era clínica y/o ECG aislada). La fracción de eyección en reposo y ejercicio se estimó de forma visual (213). El estudio era realizado e interpretado por un cardiólogo experto en imagen cardíaca que disponía de los datos clínicos del paciente. El EcoE se consideró positivo sólo si se demostraba isquemia ecocardiográfica. No se consideró positivo si existía sólo necrosis sin isquemia ecocardiográfica.

### **3.4. PROTOCOLO TOMOGRAFÍA CORONARIA MULTIDECTOR**

Se utilizó un escáner de 64 detectores. Si la FC era mayor a 65 lpm los pacientes eran pretratados con atenolol de forma intravenosa (IV) bajo monitorización continua electrocardiográfica para una FC objetivo < 65. Se emplearon bolos de 2,5 mg de atenolol IV hasta un máximo de 10 mg. Los pacientes que mostraban signos de ansiedad podían tratarse con diazepam 5-10 mg vía oral durante la entrevista con el cardiólogo. No se administró en ningún estudio nitroglicerina sublingual.

El protocolo de estudio comenzaba realizando un topograma para determinar los límites del volumen cardíaco a adquirir, generalmente limitado entre la carina traqueal y el tercio superior del abdomen. La potencia de radiación y la corriente del tubo (rayos X de 120 kilovoltios, con corriente del tubo entre 250-350 miliamperios) se optimizaron respecto a las características morfológicas de cada paciente para reducir la dosis efectiva

de radiación (214). El grosor de corte anatómico se situó entre 0,5 y 0,75 mm, eje z del voxel isovolumétrico (172).

Se administró contraste yodado mediante bomba de infusión a través de una vena antecubital, con la finalidad de realzar el árbol vascular arterial coronario. El volumen de contraste administrado fue de aproximadamente 1 ml/kg (60-120 ml) a una concentración de 320 mg/ml y con una velocidad de infusión de 5-6 ml/s. Tras la administración del contraste mediante un sistema de doble cabezal se realizó un lavado con suero fisiológico (40-50 ml). La región de interés se situaba en la aorta ascendente y tras alcanzar una intensidad de 120 unidades Hounsfield en la misma, se solicitó la realización de una apnea y seguidamente se realizó la adquisición continua de las imágenes desplazando lentamente al paciente dentro del equipo a una velocidad constante, obteniendo información de todos los segmentos cardíacos a lo largo del ciclo.

Se realizó una adquisición retrospectiva con mecanismos de modulación de dosis, optimizando la adquisición entre el 30 y el 70% del intervalo RR.

El análisis del estudio se llevó a cabo mediante un software especializado en la estación de trabajo de tomografía con las herramientas disponibles: 1) proyecciones axiales 2) reconstrucciones multiplanares oblicuas y curvadas, útiles particularmente cuando existía una marcada calcificación parietal coronaria 3) proyecciones de máxima intensidad (MIP) y 4) reconstrucciones 3D (*volume rendering*) para el estudio de la anatomía coronaria y anomalías en el origen y trayecto. Se aceptó la valoración visual ya que ha demostrado concordancia con la angiografía invasiva (176-179). En determinadas circunstancias, como lesiones en el límite de la severidad, se empleó de forma adicional un software de cuantificación automática para revisar y corregir de forma manual, en caso de que la detección de la luz arterial no fuera la adecuada. La evaluación debía realizarse en al menos dos secciones longitudinales ortogonales del vaso. Cuando la lesión era limítrofe se estudiaba el área luminal mínima en la sección transversa. Si no existían placas de ateroma la arteria se consideraba normal. Una estenosis menor del 30% se consideró mínima y entre el 30-50% se consideró ligera. Se consideró EAC significativa a un estrechamiento > 50% en cualquier segmento de una de las arterias coronarias o sus ramas (68, 177-179). Si la calidad de la imagen no permitía la exclusión de estenosis significativa debido a artefactos de movimiento, excesiva calcificación o bajo ratio contraste/ruido el estudio se

consideraba no concluyente en ausencia de estenosis significativa en los segmentos valorables. El estudio era interpretado por un radiólogo experto en tomografía computarizada que disponía de los datos clínicos del paciente. La TCMD se consideró positiva si existía un estrechamiento  $> 50\%$  en cualquier segmento de una de las arterias coronarias o sus ramas principales.

### **3.5. SOSPECHA SÍNDROME CORONARIO AGUDO**

Se remitieron a coronariografía los pacientes con isquemia ecocardiográfica en el grupo EcoE y aquellos con estrechamiento  $> 50\%$  en una de las arterias coronarias o sus ramas en el grupo TCMD o bien con resultados no concluyentes. La sospecha de SCA se confirmó cuando en la coronariografía se demostraba un estrechamiento  $> 50\%$  en una de las arterias coronarias o sus ramas en el territorio que resultó positivo en la técnica del triaje. Se clasificó la enfermedad coronaria como de uno, dos o tres vasos. Los pacientes con resultado negativo en las técnicas de triaje fueron dados de alta. La revascularización y el inicio de tratamiento médico tras el evento índice al igual que el inicio y/o cambio de tratamiento durante el seguimiento dependían del criterio del equipo médico responsable.

### **3.6. SEGUIMIENTO Y OBJETIVOS**

Se realizó el seguimiento de los pacientes al año y a los 3,5 años de finalizar el periodo de reclutamiento. Se revisó la historia clínica para conocer si el paciente había presentado eventos adversos graves (muerte, muerte cardiovascular e infarto de miocardio no fatal), revascularización o una nueva visita a UDT. El Servicio Galego de Saúde (SERGAS) dispone de historia clínica electrónica, un registro unificado de toda la información clínica procedente de actividades relacionadas con la salud: consultas, intervenciones quirúrgicas, pruebas diagnósticas, prescripciones farmacológicas, etc... realizadas a un ciudadano en los diferentes niveles asistenciales. Esta información se puede consultar a través de la herramienta denominada IANUS. Se contactó por teléfono con el

paciente cuando se consideró necesario (por ejemplo residencia en otra área sanitaria). Se revisaron los certificados de defunción si era preciso.

El objetivo primario del estudio fue un combinado de eventos graves [muerte e infarto de miocardio (IM) no mortal], revascularizaciones coronarias y readmisiones en la UDT. El objetivo secundario fue el coste de cada técnica.

La muerte se consideró como cardiovascular cuando se produjo por cualquier causa de origen cardíaco (shock, arritmia, insuficiencia cardíaca, complicación mecánica, reinfarto o parada cardíaca) o vascular (accidente cerebrovascular, tromboembolismo pulmonar,...) así como cualquier muerte de origen no aclarada inesperada. El IM se definió como dolor torácico de características isquémicas y elevación de los marcadores de daño miocárdico que se acompaña o no de cambios en el ECG. La revascularización coronaria podía ser quirúrgica mediante implante de puente arterial/venoso y/o percutánea mediante angioplastia/implante de stent.

El objetivo secundario fue el coste en cada estrategia. Se calculó desde el momento de la aleatorización en función del coste de cada técnica, coronariografía diagnóstica, revascularización percutánea o quirúrgica y número de días de estancia hospitalaria hasta el alta médica del evento índice. La estancia hospitalaria se calculó desde la randomización hasta el alta del evento índice, incluida la revascularización. En la **Tabla 3** se detallan los costes utilizados basados en los datos económicos más recientes de nuestra comunidad (215).

**Tabla 3.** Coste de pruebas diagnósticas, revascularización y estancia.

Pruebas, procedimientos, estancia	Euros
EcoE	377
TCMD	526
Coronariografía	1055
Angioplastia	6856
Cirugía revascularización	7000
Estancia urgencias	181
Estancia hospitalaria (día)	529

EcoE: ecocardiograma de estrés. TCMD: tomografía computarizada multidetector. Elaborada en base a los datos económicos más recientes de nuestra comunidad (215).

### 3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las variables cuantitativas se presentan como proporciones que reflejan el porcentaje en cada grupo y las variables cualitativas como media y desviación estándar. El análisis se realizó por intención de tratar. Las comparaciones entre grupos para variables cualitativas se realizaron mediante test de Chi-cuadrado. Para variables cuantitativas se utilizó un test de comparación de medias (t de Student). Para el análisis de supervivencia se utilizó el estimador de Kaplan-Meier. Los pacientes diagnosticados de SCA en el evento índice fueron censurados en el momento de ese diagnóstico para el análisis del objetivo primario. En base al estudio ROMICAT y a datos de nuestra unidad posteriormente publicados y (201, 216), asumiendo una tasa de eventos combinados del 30% en el grupo de EcoE y para demostrar una reducción en la tasa de eventos del 43% en el grupo TCMD , con un nivel de significación del 95% y una potencia del 80%, se calculó un tamaño muestral de 182 pacientes en cada grupo. Se consideró estadísticamente significativo un valor de  $p < 0,05$ .

El análisis estadístico se realizó mediante el paquete SPSS versión 19 (SPSS, Chicago, Illinois)



4

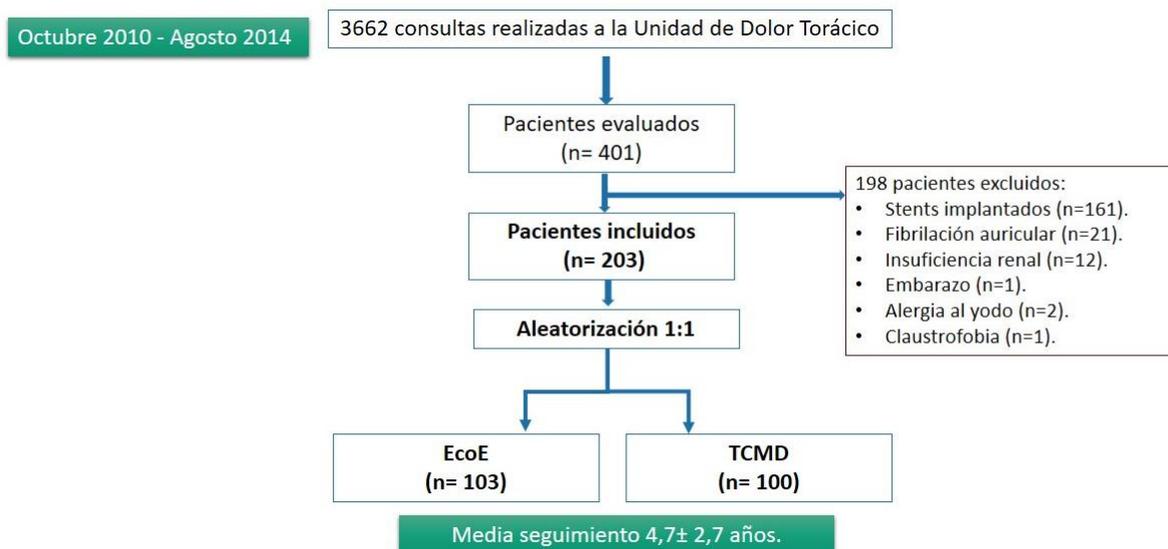
# Resultados

---



## 4. RESULTADOS

Desde Octubre del 2010 hasta el Agosto del 2014 se realizaron 3662 consultas a nuestra UDT remitidas desde el Servicio de Urgencias. Se disponía de TCMD para el estudio 1 día a la semana por lo que el reclutamiento no fue consecutivo. De los 401 pacientes evaluados como posibles candidatos para participar en el estudio, se incluyeron 203. El principal motivo de exclusión resultó ser portador de stent (n=161, 81,3%). Otros motivos en orden decreciente fueron fibrilación auricular (n=21, 10,6%), insuficiencia renal (n=12, 6,0%), alergia a contrastes iodados (n=2, 1,0%), embarazo (n=1, 0,5%) y claustrofobia (n=1, 0,5%). Finalmente 203 pacientes con al menos 1 factor de riesgo cardiovascular y con electrocardiograma no diagnóstico y troponinas normales fueron randomizados a estrategia EcoE o estrategia TCMD. Un total de 103 (50,7%) se remitieron a EcoE y 100 (49,3%) a TCMD pacientes. En la **Figura 10** se representa un diagrama de flujo del estudio.



**Figura 10.** Diagrama de flujo del estudio. EcoE: ecocardiograma de estrés. TCMD: tomografía computarizada multidetector.

#### 4.1. POBLACIÓN GLOBAL DE PACIENTES

Las características basales de los pacientes se detallan en la **Tabla 4**. La edad media fue de  $64 \pm 11$  años y 131 pacientes (64,5%) eran varones. Los factores de riesgo cardiovascular incluyeron hipertensión en 143 pacientes (70,4%), hipercolesterolemia en 152 (74,8%), diabetes mellitus en 57 (28,0%), y tabaquismo en 74 (36,4%). De todos los pacientes, un 15% tenía antecedente de enfermedad coronaria previa y un 5% antecedentes familiares de enfermedad coronaria. La mayor parte (> 90%) tenían  $\geq 2$  factores de riesgo, con una media de  $3,3 \pm 1,2$ . Con respecto a otras patologías 7 (3,4%) pacientes tenían enfermedad vascular periférica y 5 (2,5%) enfermedad pulmonar obstructiva crónica. No se demostraron diferencias significativas entre ambas estrategias en las características clínicas.

Las razones principales para realizar la consulta a la UDT incluyeron angina típica en 122 pacientes (60,1 %), angina atípica/probable en 77 (37,9%) y dolor no anginoso en 4 (2,0%). Todos los pacientes con dolor torácico no anginoso fueron aleatorizados a EcoE y no se encontraron diferencias significativas en cuanto a angina típica o atípica en ambos grupos.

Con respecto al tratamiento antiisquémico, 72 pacientes (35,5%) estaban recibiendo ácido acetilsalicílico, 48 (23,6%) betabloqueantes (en las 48 horas previas al test), 15 (7,4%) antagonistas del calcio y 16 (7,9%) nitratos. Bajo tratamiento con inhibidores de la enzima convertidora angiotensina (IECAS) o antagonista receptores angiotensina II (ARA II) se encontraban 90 pacientes (44,3%) y con diuréticos 39 (19,2%). Tampoco se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos.

De los 203 pacientes, 21 (10,3%) tenían antecedentes de infarto de miocardio, 9 con infarto transmural (2 de localización anterior) y 12 con infarto no transmural. Un total de 9 pacientes (4,4%) habían sido ingresados por angina inestable y 4 (2%) tenían antecedente de angina estable. En cuanto a antecedentes de revascularización, 12 (5,9%) habían sido sometidos a cirugía de revascularización coronaria y 6 (3%) a intervencionismo coronario percutáneo sin stent. Se encontraron diferencias significativas en cuanto a ingreso por angina inestable grupo (EcoE 8 [7.8%] vs TCMD 1[1%]  $p= 0,035$ ) y antecedente de angioplastia sin stent (grupo EcoE 6 [5.8%]) vs TCMD 0 [0]  $p= 0,029$ ).

La mayoría de los pacientes tenían un score de riesgo TIMI bajo,  $n=138$  (68,0%), y 65 (32,0%) pacientes tenían un riesgo TIMI intermedio sin existir diferencia entre ambas estrategias ( $p=0,37$ ). Un 45,0% de los pacientes tenían un índice UDT65 ( $217 \geq 0-1$ ), sin existir diferencia entre ambos grupos. El índice de riesgo UDT65, descrito por Sanchis et al, atribuye un punto a cada una de las siguientes variables: uso de aspirina, diabetes, tipicidad del dolor torácico y 65 o más años de edad. Se desarrolló y validó en población española, permite estratificar el riesgo de que el paciente desarrolle un SCA a corto plazo, y es una herramienta útil para la toma de decisiones clínicas.

En cuanto a las constantes vitales en el servicio de urgencias la tensión arterial sistólica fue de  $135 \pm 18$  mmHg y la diastólica de  $81 \pm 11$ mmHg sin encontrarse diferencias significativas entre grupos. La frecuencia cardíaca registrada fue de  $71 \pm 12$  latidos por minutos, significativamente menor en el grupo TCMD [grupo EcoE  $75 \pm 14$  vs TCMD  $67 \pm 11$   $p=0,003$ ]. Un total de 9 (4,4%) pacientes presentaban un bloqueo de rama derecha en el ECG, 4 (2,0%) presentaban un bloqueo de rama izquierda y 4 (2,0%) un ritmo de estimulación por marcapasos.

**Tabla 4.** Características basales de los pacientes incluidos en el estudio.

	Eco E (n=103)	TCMD (n = 100)	p
<b>Varones</b>	66(67,1)	65 (65)	0,80
<b>Edad, años</b>	63,9 ± 11	63,5 ± 11	0,84
<b>Ex/Fumadores</b>	35(34)	39(39)	0,55
<b>EAC previa</b>	18(18,5)	12(12)	0,81
<b>Angina estable</b>	2(1.9)	2(2)	0,99
<b>Hospitalización angina inestable</b>	8(7.8)	1(1)	0,035
<b>IM antiguo</b>	12(11,7)	9(9)	0,53
<b>Angioplastia previa (sin stent)</b>	6(5,8)	0	0,029
<b>Cirugía coronaria previa</b>	9(8,7)	3(3)	0,08
<b>Diabetes</b>	30 (29,1)	27 (27)	0,11
<b>Hipertensión</b>	72 (69,9)	71 (71)	0,66
<b>Hipercolesterolemia</b>	78(75,7)	74 (74 )	0,77
<b>Antecedentes familiares EAC</b>	4 (3,9)	6 (6)	0,48
<b>TIMI score medio</b>	30 (29.1)	35(35)	0,37
<b>TIMI score bajo</b>	73(70,9)	65(65)	0,37
<b>TA Urgencias mmHg</b>	132 ± 17	138 ± 17	0,20
	79 ± 10	77 ± 11	0,21
<b>FC Urgencias lpm</b>	75 ± 14	67 ± 11	0,003
<b>ECG con BRIHH/BRDHH/MP</b>	11 (10,6)	6(6)	0,40
<b>BRDHH</b>	5	4	
<b>BRIHH</b>	2	2	
<b>MP</b>	4	0	
<b>Dolor torácico</b>			
<b>Angina típica</b>	66 (64,1)	56 (56)	0,24
<b>Angina atípica/probable</b>	33 (32,0)	44 (44)	0,07
<b>Dolor no anginoso</b>	4 (3,9)	0 (0 )	0,04
<b>Medicaciones</b>			
<b>Acido acetilsalicílico</b>	32(32,1)	40(40)	0,18
<b>β-bloqueantes</b>	21(20,4)	27 (27)	0,26
<b>Antagonistas del calcio</b>	10 (9,7)	5 (5)	0,20
<b>Nitratos</b>	7 (6,8)	9 (9)	0,56
<b>IECAs/ARA-II</b>	47 (45,6)	43 (43)	0,70
<b>Diuréticos</b>	18 (17,5)	21 (21)	0,52

Los datos se expresan n (%) o media ± desviación estándar. IM: Infarto miocárdico. TA: Tensión arterial. mmHg: milímetros de mercurio. FC: frecuencia cardíaca. lpm: latidos por minuto. BRDHH: bloqueo de rama derecha Haz His BRIHH: bloqueo de rama izquierda. Haz His MP: marcapasos. IECAs: inhibidores de la enzima convertora angiotensina. ARA-II: antagonista receptores angiotensina II. EAC: enfermedad arterial coronaria.

## 4.2. GRUPO ECOCARDIOGRAMA DE ESTRÉS (N=103)

### 4.2.1. Resultados de la ergometría del ecocardiograma de estrés

Los 103 pacientes randomizados al grupo EcoE pudieron caminar en la cinta sin fin. Casi todos los pacientes (99, [96,1%]) se estudiaron utilizando un protocolo de Bruce convencional. En 3 (2,9%) pacientes se utilizó el protocolo Bruce modificado y solo en 1 (1%) el protocolo Bruce deportivo. Se administró atropina intravenosa ( $1,3 \pm 0,4$  mg) en 16 (15,5%) pacientes. El motivo más frecuente para interrumpir la prueba de esfuerzo fue agotamiento en 95 (92,2%) pacientes. Otros motivos para la interrupción fueron disinergia extensa en 4 pacientes (3,9%), angina limitante en 3 pacientes (2,9%) y molestia en las extremidades inferiores en 1 paciente (1%). No se documentó ninguna complicación durante la realización de la prueba.

En total, 5 (4,8%) pacientes no alcanzaron el 85% de la frecuencia máxima teórica. La tensión arterial sistólica pasó de  $132 \pm 17$  mmHg a  $160 \pm 25$  mmHg en pico de ejercicio, y la frecuencia cardíaca máxima pasó de  $75 \pm 14$  a  $145 \pm 29$  latidos por minuto. El doble producto pico fue de  $22.812 \pm 5.241$ . La capacidad funcional estimada media resultó  $9,1 \pm 2,8$  METS y la duración media del esfuerzo fue de  $7,5 \pm 2,2$  minutos.

La ergometría resultó clínica positiva en 25 pacientes (24,3%) y dudosa en 1 (0,9%), eléctrica positiva en 21 (20,4%) y eléctrica no diagnóstica en 13 (12,6%). Entre las 21 pruebas electrocardiográficamente positivas, en una 1 (4,8%) se registró un descenso ascendente del segmento ST, en 13 (61,3%) un descenso horizontal y en 5 (23,8%) un descenso descendente, mientras que en 2 pacientes (9,5%) hubo ascenso del segmento ST.

### 4.2.2 Resultados de la imagen del ecocardiograma de estrés

No fue preciso administrar contraste ecocardiográfico por ventana no óptima. Con respecto al componente imagen el EcoE resultó anormal en 38 pacientes (36,9%). Positivo para isquemia en 36 (34,9%) pacientes y se detectó necrosis sin isquemia asociada en 2

casos (1,9%). De los 36 pacientes con isquemia en el EcoE, 15 (41,6%) no presentaron dolor durante la ergometría, y en 13 (36,1%) no se registraron alteraciones electrocardiográficas, mientras que en 17 (47,2%) la prueba fue negativa clínica y eléctrica. En 6 (16,6%) casos el resultado electrocardiográfico no fue concluyente. Por otra parte, en 7 (22,6%) de los 31 pacientes con resultado clínico y/o ECG positivo no se demostró isquemia en el EcoE.

La fracción de eyección basal fue de  $59,4 \pm 6,4\%$  y se incrementó al  $62,8 \pm 9,9 \%$ . El índice de puntuación de motilidad parietal basal fue de  $1,05 \pm 0,17$  y el pico de  $1,20 \pm 0,33$  con un delta ascenso de  $0,16 \pm 0,31$ .

Según el número de territorios afectados 24 (66,6%) pacientes presentaron afectación multiterritorio y 12 (33,3%) pacientes presentaron isquemia de un solo territorio. En 6 (16,6%) pacientes se detectó necrosis con isquemia a distancia y en 1 (2,7%) paciente necrosis con isquemia en el mismo territorio. En cuanto a la localización 13 (36,1%) pacientes presentaba enfermedad en los tres territorios coronarios, 11 (30,5%) en territorio de la arteria descendente anterior, 5 (13,8%) en de la arteria descendente anterior y coronaria derecha, 4 (11,1%) en el de la arteria descendente anterior y circunfleja, 2 (5,5%) en de la coronaria derecha y circunfleja y 1 (2,7%) en el de la arteria coronaria derecha. En la **Tabla 5** se expone un resumen de los resultados obtenidos en el EcoE

**Tabla 5.** Resultados de la ergometría e imagen en la estrategia EcoE.

Resultados ergometría (n=103)	
Protocolo Bruce	99 (96,1)
Atropina	16 (15,5)
Prueba $\geq$ submáxima	198 (95,2)
FC máxima (lpm)	145 $\pm$ 29
TA máxima (mmHg)	160 $\pm$ 25
DP máximo	22812 $\pm$ 5241
Duración (min)	7,5 $\pm$ 2,2
METS	9,1 $\pm$ 2,8
Clínica positiva/dudosa	26 (25,3)
ECG positiva	21 (20,4)
ECG no diagnóstica	13 (12,6%)
Resultados Ecografía (n=103)	
FEVI basal	59,4 $\pm$ 6,4
FEVI pico	62,8 $\pm$ 9,9
IMS basal	1,05 $\pm$ 0,17
IMS pico	1,2 $\pm$ 0,33
Delta score IMS	0,16 $\pm$ 0,31
Isquemia positiva	36 (34,9)
Isquemia 1 territorio	12 (33,3)
Isquemia 2 territorios	11 (30,5)
Isquemia 3 territorios	13 (36,1)
Necrosis sin isquemia	2 (1,9)

Los datos expresan n (%) o media  $\pm$  desviación estándar. TA: Tensión arterial. mmHg: milímetros de mercurio. FC: frecuencia cardíaca. lpm: latidos por minuto. DP: doble producto. ECG: electrocardiograma. METS: Equivalentes metabólicos FEVI: Fracción de eyección del ventrículo izquierdo. IMS: Índice de puntuación motilidad segmentaria parietal.

#### 4.2.3. Resultados de la coronariografía en el grupo ecocardiograma de estrés

Se enviaron a coronariografía a 34 pacientes del grupo EcoE. Se confirmó el diagnóstico de sospecha en 30 (88,2%). En 4 casos con EcoE patológico no se procedió a ingreso ni a coronariografía (un paciente rechazó estudio invasivo y en los otros se decidió tratamiento médico por presentar isquemia no extensa y EAC coronaria no revascularizable o compleja en una coronariografía previa). Cinco estudios (4,9%) se

consideraron no concluyentes por no alcanzar el 85% de la frecuencia máxima teórica. De los cinco pacientes con resultado no concluyente: 2 ingresaron para coronariografía (demostrándose EAC en 1 paciente) y en los 3 restantes se procedió al alta. En 2 de estos últimos por haber resultado negativo el EcoE y haber alcanzado 10 equivalentes metabólicos y en otro por haber tenido una coronariografía previa negativa.

### **4.3. GRUPO TOMOGRAFÍA CORONARIA MULTIDECTOR (N=100)**

Se aleatorizaron 100 pacientes a TCMD. La frecuencia cardíaca basal era de  $67 \pm 11$  latidos por minuto y la TA  $138 \pm 17$  mmHg. Se administró atenolol IV en el 46% de los estudios con una dosis media de  $2,8 \pm 1,3$  mg. No se documentó ninguna complicación durante la realización de la tomografía.

#### **4.3.1. Resultados del grupo tomografía coronaria multidetector**

Debido a artefactos de movimiento 6 (6%) estudios no fueron totalmente concluyentes. Por este motivo cuatro pacientes se sometieron a EcoE, tres resultados fueron negativos por lo que se procedió al alta sin pruebas ulteriores y un resultado fue positivo para isquemia por lo que ingresó. Dos pacientes fueron ingresados para realizar coronariografía.

En 26 (26%) pacientes se demostró enfermedad coronaria en la TCDM. Según el número de vasos 13 pacientes (50%) presentaron afectación multivaso, 9 presentaron lesión significativa de dos vasos (34,6 %) y 4 de tres vasos (15,4%). Según la localización 5 pacientes presentaban afectación del tronco común izquierdo (10,6%), 22 de la arteria descendente anterior (46,8%), 9 de la coronaria derecha (19,6%) y 12 de la arteria circunfleja (25,5%) En la **Tabla 6** se expone un resumen de los resultados obtenidos en el TCMD.

**Tabla 6.** Características basales y resultados de los pacientes en el brazo Tomografía computarizada multidetector.

Resultados TCMD (n=100)	
TA mmHg	138 ± 17
FC lpm	67 ± 11
Betabloqueante	46 (46)
Dosis atenolol (mg)	2,8 ± 1,3
Estenosis ≥50%	26 (26)
Número de vasos	
1 vaso	13 (50)
2 vasos	9 (34,6)
3 vasos	4 (15,4)
Estudio no concluyente	6 (6)

Los datos se expresan como n (%) y media ± desviación estándar. TCMD: Tomografía coronaria multidetector. TA: Tensión arterial. mmHg: milímetros de mercurio. FC: frecuencia cardíaca. lpm: latidos por minuto. mg: miligramos.

#### 4.3.2. Resultados de la coronariografía en el grupo tomografía coronaria multidetector

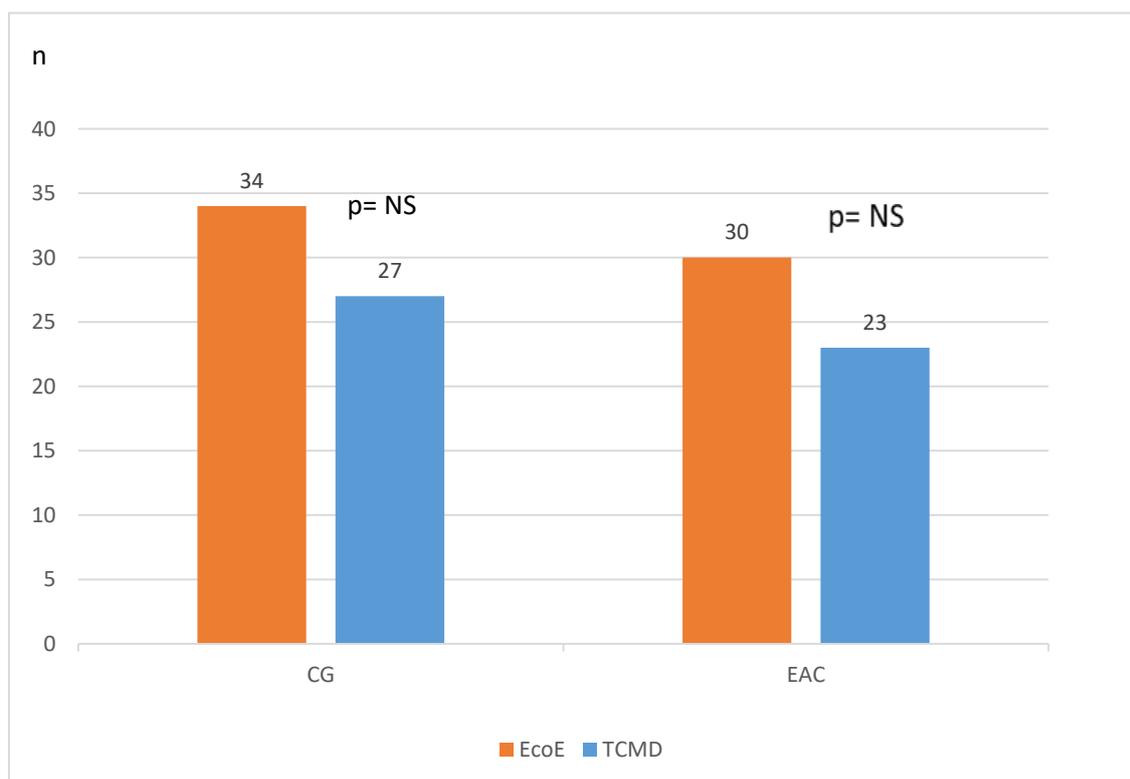
Finalmente un total de 27 (27%) pacientes se remitieron a estudio invasivo por demostrarse enfermedad coronaria en TCMD y/o resultar el estudio no concluyente. Un paciente con TCMD positiva no se sometió a coronariografía por demostrarse en la tomografía oclusión de aspecto crónico en la arteria coronaria derecha. Tras coronariografía se confirmó el diagnóstico de sospecha en 23 (85,1%) de los 27 remitidos.

#### 4.4. SÍNDROME CORONARIO AGUDO

Se procedió al alta desde urgencias de 142 (70%) pacientes y se ingresó a los 61 restantes (30%).

Se realizaron 61 (30%) coronariografías por sospecha de síndrome coronario agudo (SCA) ante un resultado positivo o no concluyente en las pruebas de triaje, en 34 de 103 pacientes remitidos a EcoE y en 27 de 100 pacientes remitidos a TCDM (33% vs. 27%,

p=0,15). Se confirmó el diagnóstico de presunción de SCA en 53 (86,9%) pacientes remitidos a coronariografía: 30 (88,2%) de los 34 enviados a coronariografía en el grupo EcoE y 23 (85,1%) de los 27 enviados a coronariografía en el grupo TCMD, p=0,35) (**Figura 11**).



**Figura 11.** Número de pacientes remitidos a coronariografía diagnóstica (CG) y de pacientes con enfermedad coronaria obstructiva (EAC) confirmada en el ingreso índice; EcoE: Ecocardiograma de estrés. TCMD: tomografía computarizada multidetector.

Más de la mitad de los pacientes presentaban enfermedad multivaso en la coronariografía. Enfermedad de un vaso se demostró en 20 (37,7%) pacientes, de dos vasos en 17 (32,1%) y de tres vasos en 16 (30,2%). No se encontraron diferencias significativas entre grupos en cuanto al número de vasos con afectación coronaria. La mayoría de los pacientes ingresados para coronariografía fueron sometidos a revascularización, en total 49 (80,3%), de los cuales 9 se trataron con cirugía de revascularización (5 del brazo TCMD y 4 del brazo EcoE, p=0,74) y 40 con intervencionismo percutáneo (16 del brazo TCMD y 24 del brazo EcoE, p=0,19), véase **Tabla 7**. Se trató médicamente a 4 pacientes: 2 con EAC no revascularizable y 2 con oclusión crónica y escaso territorio en riesgo.

**Tabla 7.** Afectación coronaria y tratamiento de los pacientes con EAC que fueron sometidos a coronariografía.

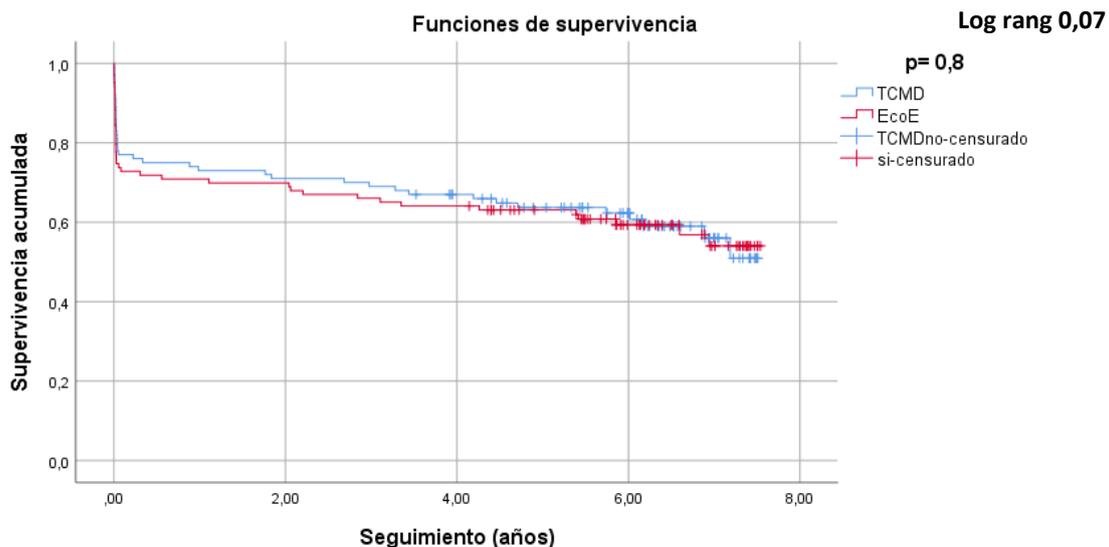
EAC en la coronariografía (estenosis $\geq$ 50%)	EAC según Eco E (n=30)	EAC según TCMD (n =23 )	P
1 vaso	8 (26,7)	12 (52,2)	0,10
2 vasos	10 (33,3)	7 (30,4)	
3 vasos	12 (40)	4 (17,4)	
	EAC según Eco E (n=30)	EAC según TCMD (n =23 )	
<b>Revascularización evento índice</b>			
Revascularización quirúrgica	4 (13,3)	5 (21,7)	0,74
Revascularización percutánea	24 (80)	16 (69,6)	0,19

Los datos se expresan como n (%). EAC: Enfermedad arterial coronaria. EcoE: Ecocardiograma de estrés. TCMD: Tomografía coronaria multidetector.

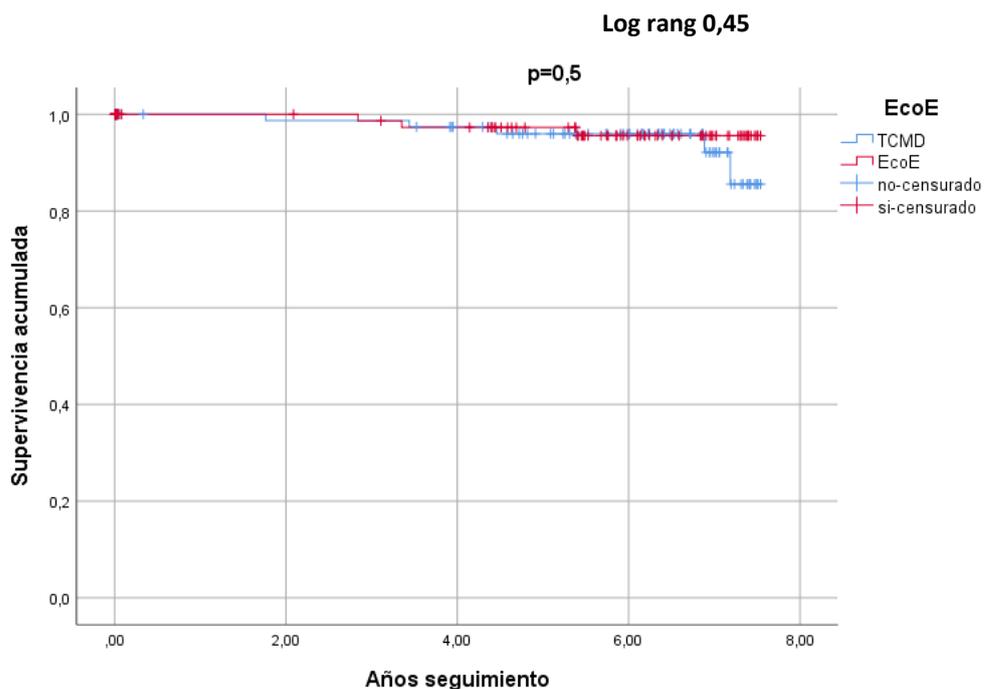
#### 4.5. EVENTOS

El objetivo primario fue un combinado de eventos graves (muerte e infarto de miocardio no mortal), revascularizaciones y readmisiones en la UDT.

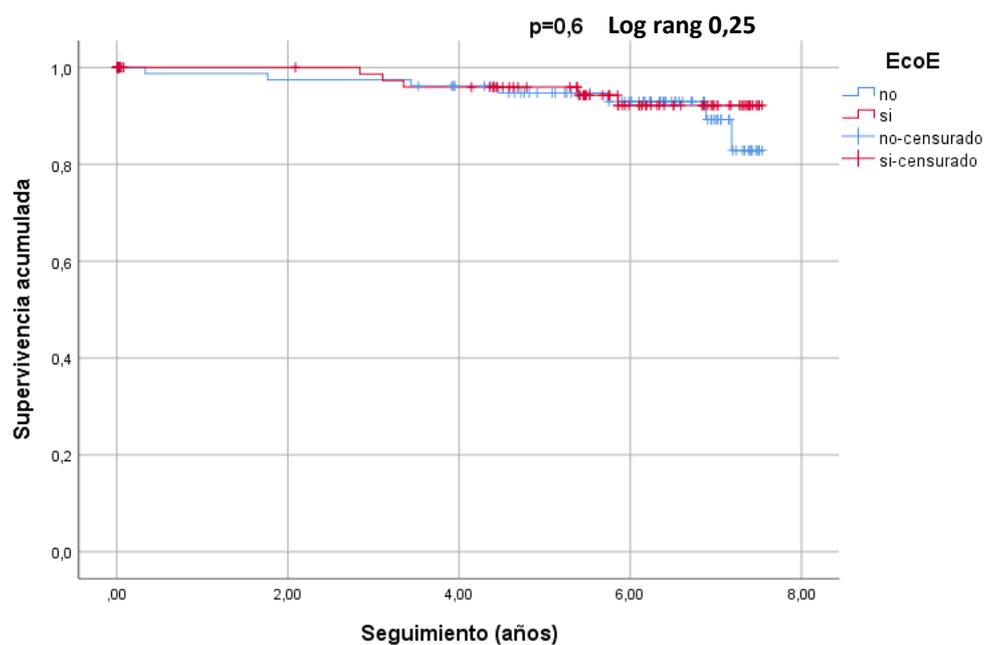
Durante un seguimiento medio de  $4,7 \pm 2,7$  años, no se encontraron diferencias significativas en el objetivo primario (43 pacientes en el grupo de EcoE [42%] y 41 en el de TCMD [41%];  $p=0,91$ ). La **Figura 12** muestra las curvas Kaplan-Meier de supervivencia libre de eventos graves, revascularizaciones y readmisiones para ambos grupos. Para las curvas de supervivencia en el objetivo primario se censuraron los pacientes cuando se registraba alguno de los eventos. No se encontraron diferencias significativas en la supervivencia del evento combinado ni de los eventos por separado. Las **Figura 13-16** muestran las curvas Kaplan-Meier para supervivencia libre de eventos por separado de mortalidad total, infarto no fatal, revascularizaciones y readmisiones en la UDT. Para el cálculo de la supervivencia mortalidad total e IM se censuraron los pacientes revascularizados.



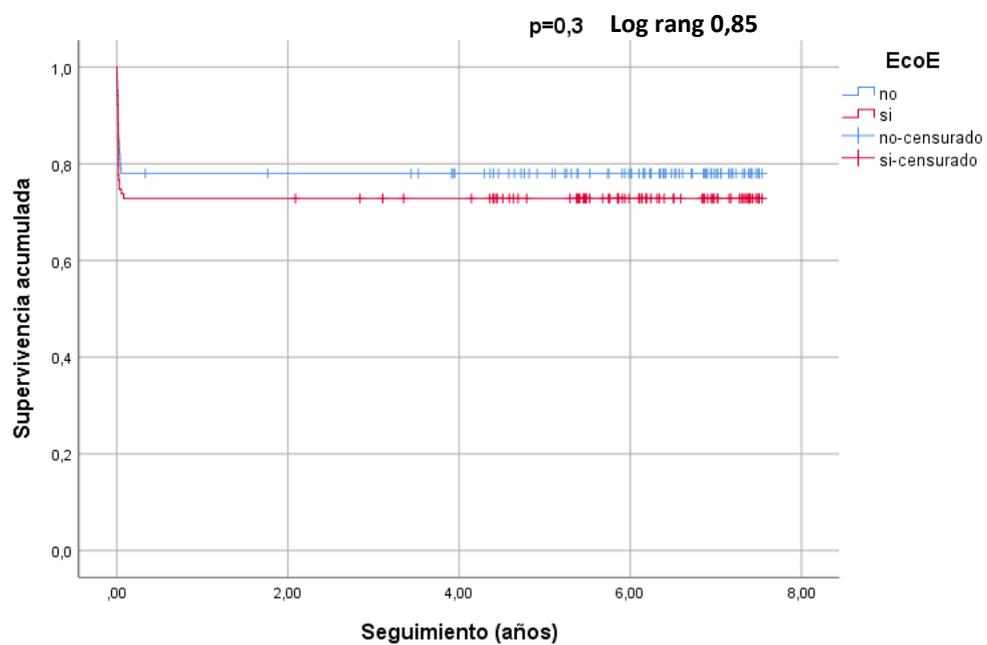
**Figura 12.** Análisis de supervivencia para el objetivo primario (mortalidad total, infarto no fatal, revascularizaciones y readmisiones en la UDT). Curvas de Kaplan-Meier. EcoE: ecocardiograma de estrés; TCMD: tomografía computarizada multidetectores. UDT: unidad de dolor torácico.



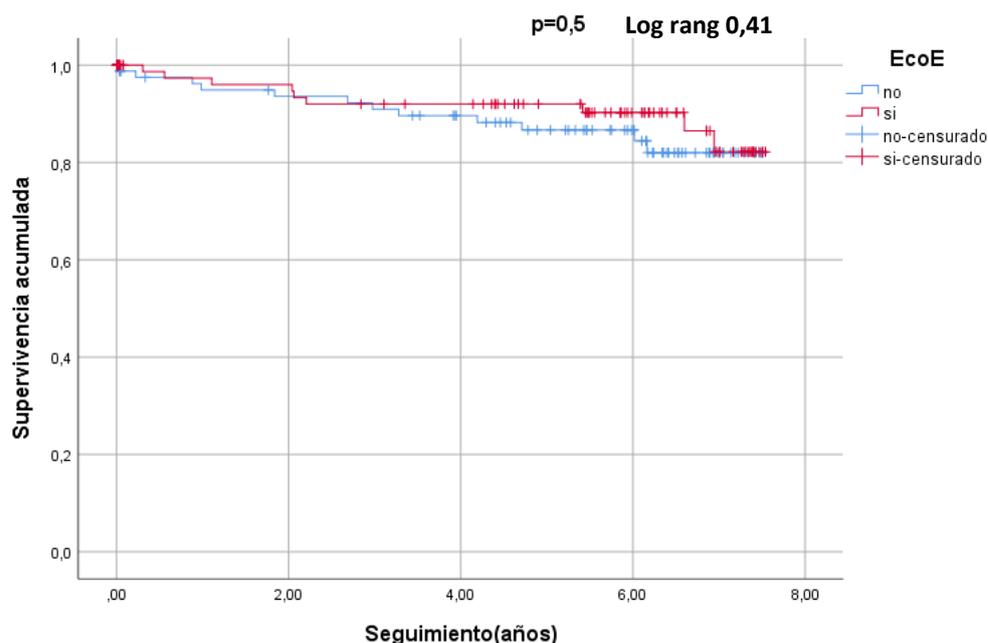
**Figura 13.** Análisis de supervivencia para mortalidad total. Curvas de Kaplan-Meier. EcoE: ecocardiograma de estrés; TCMD: tomografía computarizada con multidetectores



**Figura 14.** Análisis de supervivencia para eventos graves (mortalidad total e IM no mortal). Curvas de Kaplan-Meier. EcoE: ecocardiograma de estrés; TCMD: tomografía computarizada con multidetectores. IM: infarto de miocardio.



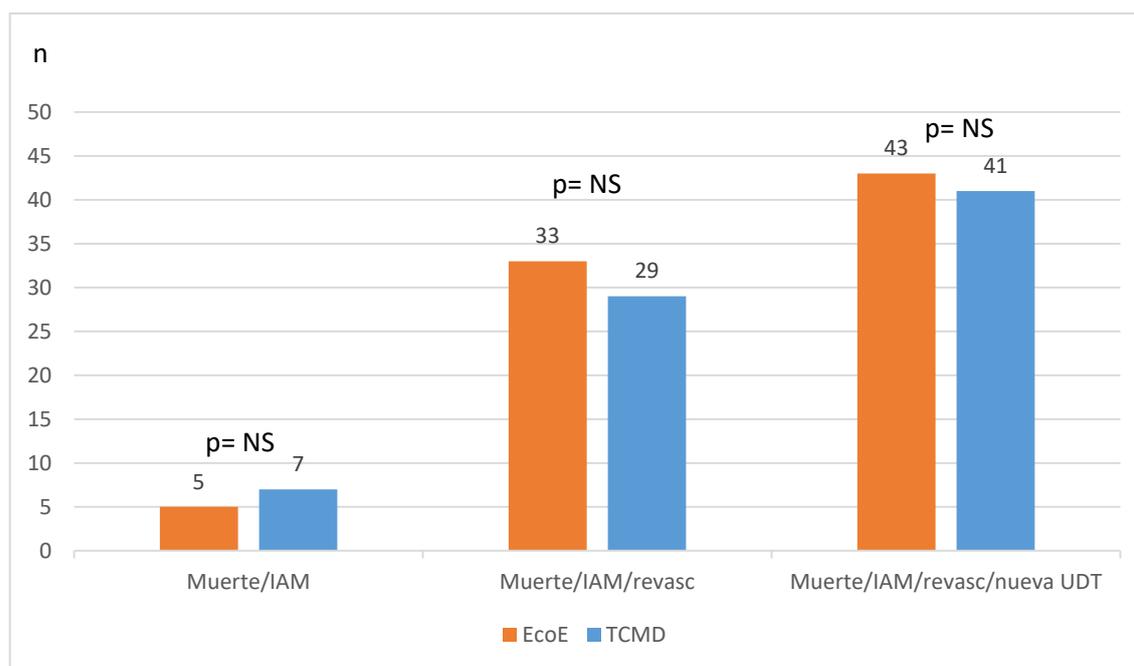
**Figura 15.** Análisis de supervivencia para revascularizaciones. Curvas de Kaplan-Meier. EcoE: ecocardiograma de estrés; TCMD: tomografía computarizada con multidetectores



**Figura 16.** Análisis de supervivencia para readmisiones UDT. Curvas de Kaplan-Meier. EcoE: ecocardiograma de estrés; TCMD: tomografía computarizada con multidetectores. UDT: unidad de dolor torácico.

Durante el seguimiento se registraron 12 (5,9%) eventos graves (5 [4,8 %] pacientes en el grupo EcoE y 7 [7 %] en el grupo TCMD,  $p= 0,42$ ). Se registraron 8 muertes (3 en el grupo de EcoE y 5 en el de TCMD;  $p=0,39$ ). Hubo 4 IM no mortales (2 en el grupo de EcoE tratados con revascularización y 2 en el de TCMD, uno se sometió a revascularización y el otro se consideró no revascularizable;  $p=0,51$ ). Cuatro muertes fueron de causa cardiovascular; 2 en el grupo EcoE (1 después de un IM inferior, a los 1.223 días; 1 muerte súbita, a los 1.967 días) y dos en el grupo TCMD (1 muerte por isquemia intestinal a los 2.623 días y 1 muerte por disfunción protésica a los 2513 días). Tres muertes fueron de causa oncológica a los 664, 1.255 y 1.628 días en el grupo TCMD y 1 muerte de causa desconocida a los 1.255 días en el grupo EcoE. Dentro del primer año del seguimiento solo se registró 1 evento grave, que consistió en 1 IM no mortal con elevación del segmento ST anterior que se revascularizó a los 122 días de la randomización en un paciente de la estrategia de TCMD. Los restantes 3 IM no mortales ocurrieron a los  $1.647 \pm 542$  días de la aleatorización. Con respecto a las revascularizaciones tampoco se encontraron diferencias significativas (28 pacientes en el grupo de EcoE [27%] y 22 en el de TCMD [22%];  $p=0,39$ ). Se registraron 21 (10%) nuevas visitas a UDT sin demostrarse

diferencias significativas; 10 en el grupo de EcoE [9%]; y 12 en el de TCMD [12%];  $p=0,44$ . Siete visitas ocurrieron en el primer año, 3 en el grupo de EcoE y 4 en el de TCMD. Un paciente del brazo EcoE que consultó en la UDT a los 745 días fue remitido a coronariografía y se trató con revascularización. Dos pacientes del grupo TCMD consultaron en dos ocasiones en la UDT (**Figura 17**).



**Figura 17.** Número de eventos graves (muerte e infarto agudo de miocardio [IAM]), eventos graves más revascularizaciones (revasc) y eventos graves más revascularizaciones más nueva visita a unidad de dolor torácico (UDT); EcoE: Ecocardiograma de estrés. TCMD: tomografía computarizada multidetector.

En el análisis univariado por subgrupos según las características basales de los pacientes (listados en la **Tabla 8**) para el objetivo primario (combinado de muerte, infarto de miocardio no mortal, revascularización y nueva visita a UDT) no se encontraron diferencias significativas entre ambas estrategias.

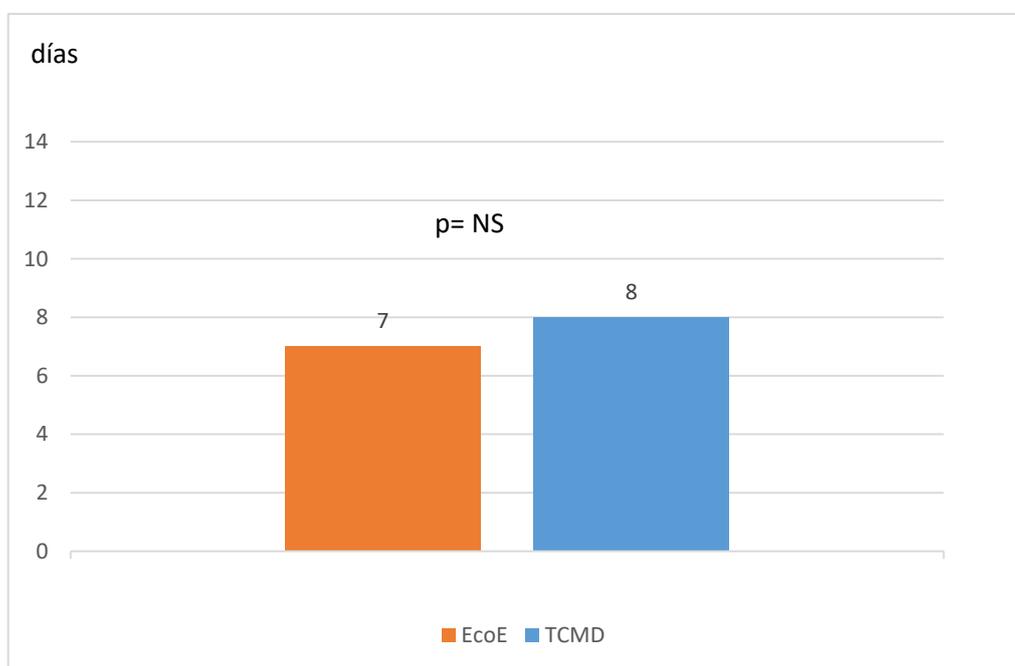
**Tabla 8.** Análisis univariado según las variables clínicas en la estrategia TCMD vs EcoE.

	HR	IC del 95%	p
TCDM vs EcoE	0,81	0,34-1,9	0,63
Varones	0,83	0,51-1,39	0,47
Mujeres	1,34	0,53-3,40	0,53
Edad≥65	1,04	0,57-1,91	0,88
Edad<65	0,58	0,46-1,57	0,62
Tabaquismo	0,47	0,43-1,48	0,47
No tabaquismo	1,02	0,56-1,84	0,94
Hipercolesterolemia	1,10	0,68-1,79	0,68
No hipercolesterolemia	1,02	0,56-1,84	0,95
HTA	1,04	0,61-1,75	0,88
No HTA	0,81	0,37-1,75	0,59
Antecedentes familiares	0,43	0,83-2,26	0,32
Sin antecedentes familiares	1,73	0,67-1,73	0,76
Diabetes	0,89	0,41-1,97	0,78
No diabetes	0,95	0,57-1,59	0,85
EAC	0,58	0,20-1,67	0,31
Sin EAC previa	1,07	0,67-1,73	0,76
Dolor típico	0,77	0,46-1,23	0,32
Dolor no típico	1,68	0,74-3,80	0,21
TIMI bajo	0,86	0,48-1,51	0,59
TIMI intermedio	0,93	0,48-1,79	0,83
AAS	0,63	0,33-1,12	0,16
No AAS	1,12	0,62-1,99	0,70
Nitratos	0,63	0,16-2,56	0,53
No nitratos	0,98	0,62-1,53	0,98
Antagonistas del calcio	1,27	0,30-5,37	0,74
No Antagonistas del calcio	0,94	0,60-1,47	0,79
Betabloqueantes	0,89	0,39-2,04	0,78
No Betabloqueantes	0,94	0,61-1,44	0,79
IECAS	1,11	0,57-2,16	0,75
No IECAS	0,82	0,46-1,44	0,49
Diuréticos	0,44	0,10-1,85	0,26
No diuréticos	1,05	0,67-1,64	0,83
BRIHH/MP	0,77	0,08-7,4	0,82
No BRIHH/MP	0,96	0,6-1,49	0,84

HR: Hazard ratio IC: Intervalo de confianza EcoE: Ecocardiograma de estrés. TCMD: Tomografía computarizada multidetector AAS: ácido acetilsalicílico. HTA: Hipertensión arterial. IECAS: Inhibidores de la enzima convertora angiotensina. ARA-II: antagonista receptores angiotensina II. EAC: Enfermedad arterial coronaria. BRIHH. Bloqueo rama izquierda haz de Hiss. MP: marcapasos.

#### 4.6. ESTANCIA HOSPITALARIA

La estancia hospitalaria se calculó desde la randomización hasta el alta del evento índice, incluida la revascularización. La estancia media en urgencias para los pacientes con resultado negativo resultó menor a 7 horas. La mediana de la estancia hospitalaria fue de 7 (5-10) días en el grupo EcoE y 8 (5-10,25) días en el grupo TCMD ( $p=0,90$ ), véase **Figura 18**. Una estancia igual o superior a 20 días se registró en 5 (2,7%) pacientes, dos pacientes estuvieron ingresados 30 y 22 días debido a complicación infecciosa y los tres restantes fueron sometidos a cirugía de revascularización coronaria.

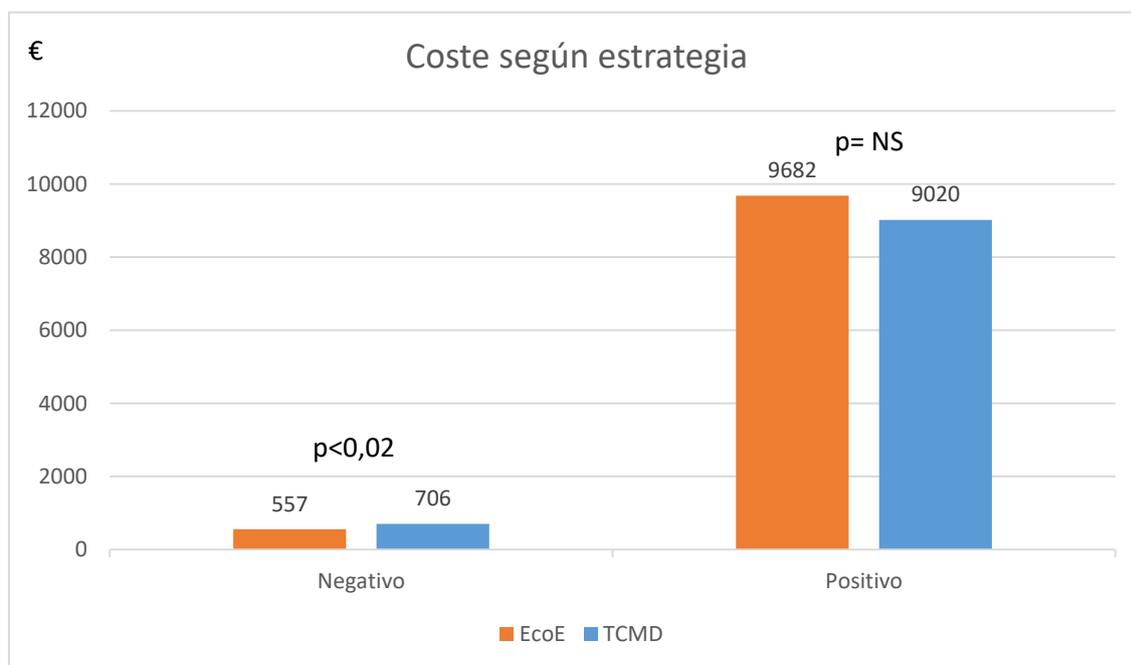


**Figura 18.** Mediana de la estancia hospitalaria de los pacientes ingresados para coronariografía. EcoE: Ecocardiograma de estrés. TCMD: tomografía computarizada multidetector.

#### 4.7. COSTE ECONÓMICO

No hubo diferencias significativas en cuanto al coste total de ambas técnicas,  $3.872 \pm 5.363$  euros con la estrategia de EcoE y  $3.033 \pm 4.120$  euros con la de TCMD ( $p=0,21$ ). Tampoco hubo diferencias significativas cuando se comparó el coste con EcoE positivo frente a TCMD positiva ( $9.682 \pm 5.294$  y  $9.020 \pm 3.342$  euros;  $p=0,57$ ). Sin embargo, el

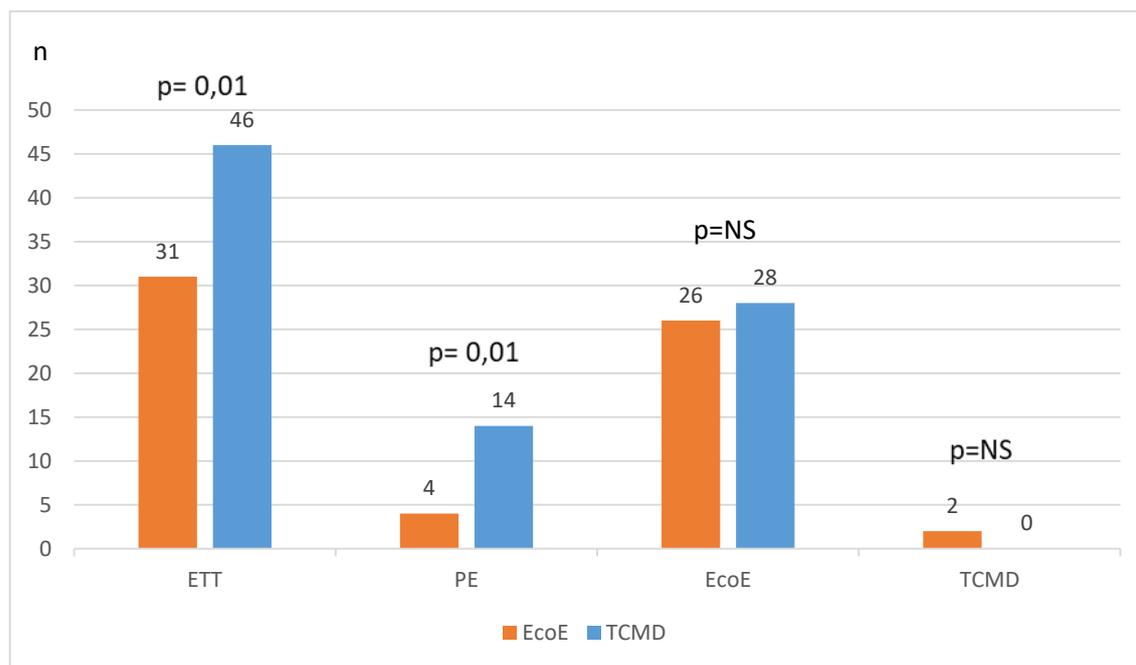
coste resultó menor con la estrategia de EcoE cuando era negativo en comparación con la estrategia de TCMD negativa (557 euros con EcoE negativo y 706 euros con TCMD negativa;  $p=0,02$ ). (Figura 19).



**Figura 19.** Coste en euros según resultado de cada técnica (€). EcoE: Ecocardiograma de estrés. TCMD: tomografía computarizada multidetector.

#### 4.8. NÚMERO DE PRUEBAS TRAS LA ALEATORIZACIÓN

Se encontraron diferencias significativas en cuanto al número de ecocardiogramas realizados durante el seguimiento (31 pacientes en el grupo de EcoE [30%] y 46 en el de TCMD [46%];  $p=0,01$ ), así como en el número de ergometrías (4 pacientes en el grupo de EcoE [4%] y 14 en el de TCMD [14%];  $p=0,01$ ). El número de EcoE realizados fue similar en ambos grupos (26 en el grupo de EcoE [25%] y 28 en el de TCMD [28%];  $p=0,38$ ). Solo se realizaron 2 TCMD en el grupo de EcoE [2%] y ninguno en el de TCMD;  $p=0,25$ ).



**Figura 20.** Número de ETT, PE, EcoE y TCMD realizadas durante el seguimiento. EcoE: Ecocardiograma de estrés. TCMD: tomografía computarizada multidetector. ETT: ecocardiogramas, PE: pruebas de esfuerzo-



# 5

## Discusión

---



## 5. DISCUSIÓN

En este estudio prospectivo, experimental, aleatorizado y unicéntrico, se estudió la seguridad clínica y el coste económico de 2 técnicas, una anatómica (TCMD) y otra funcional (EcoE en pico de esfuerzo), en el triaje de pacientes remitidos a nuestra UDT con probabilidad baja-intermedia de SCA. No se encontraron diferencias significativas entre ambas técnicas en cuanto a eficacia y seguridad, con un coste menor significativo en el grupo de EcoE que no precisaba ingreso. Además las pruebas subsiguientes fueron menos frecuentes en la estrategia EcoE.

### 5.1 ESTRATEGIA ANATÓMICA FRENTE A ESTRATEGIA FUNCIONAL EN SITUACIÓN AGUDA

Bajo el contexto previo del ROMICAT-I (201) que demostró el alto valor predictivo negativo de la TCMD para descartar SCA en un servicio de urgencias y la baja tasa de eventos adversos cardiovasculares graves en los siguientes 2 años, se plantearon estudios (expuestos previamente en la **Tabla 2**) que comparaban la estrategia convencional frente a TCMD en el escenario agudo. Como resultado se ha demostrado que la TCMD es una alternativa segura en el triaje de pacientes con sospecha de SCA. No obstante, la estrategia frente a la que se contrastó la TCMD en estos estudios fue muy variada, incluso se procedía al alta sin pruebas complementarias en determinados casos. La estrategia comparadora fue en muchos casos la ergometría convencional, con sus limitaciones de baja sensibilidad y baja especificidad. Cuando se utilizó una técnica de imagen de estrés, casi en su totalidad fue gammagrafía de perfusión miocárdica (72, 188, 189, 191, 192), y en pocas ocasiones se utilizó EcoE como brazo comparador.

Un metanálisis publicado por Foy en 2017 (218) comparó la estrategia de TCMD con la estrategia convencional tanto en situación de casos agudos como crónicos, analizando 13 ensayos clínicos. En casos agudos, con 2.919 pacientes incluidos en total, no

se encontró ninguna diferencia en el pronóstico, pero sí un aumento significativo del número de coronariografías y revascularizaciones con la estrategia anatómica. La TCMD resultó igual de segura con respecto a mortalidad (1,0% vs 1,1%; RR, 0,93; 95% CI, 0,71-1,21) y hospitalización por causa cardiovascular (4,8% vs 6,3%; RR, 0,83; 95% CI, 0,66-1,04); y lograba casi siempre ser más rápida, consiguiendo un mayor número de altas desde urgencias. Sin embargo, la estrategia anatómica derivaba en un incremento de coronariografías posteriores (9,2% vs 7,2%; RR, 1,39; 95% CI, 1,10-1,76) y como consecuencia mayor porcentaje de revascularización (5,2% vs 2,8%; RR, 1,96; 95% CI, 1,45-2,65), sin quedar claro si la precisión en el diagnóstico se traducía en beneficio para el paciente. Otro metanálisis publicado un año después (219) con 11.329 pacientes de bajo riesgo para SCA arroja resultados similares y concluye que la EcoE o RNM de estrés refiere menos pacientes a coronariografía y a revascularización en comparación con la TCMD (OR 0,28; 95% CI, 0,14-0,57 y OR 0,32; 95% CI, 0,15- 0,71 respectivamente), sin incremento aparente del riesgo de IM.

### **Estrategia TCMD frente a EcoE en una UDT**

El uso de EcoE como técnica de imagen estrés es infrecuente en una UDT pero podría tener ventajas sobre las técnicas de perfusión nuclear, sobre todo en el escenario agudo, dada la rapidez de obtención de los resultados, la posibilidad de detectar valvulopatías, alteración en la función diastólica y anomalías extramiocárdicas como causa de los síntomas, la menor presencia de contraindicaciones y la ausencia de radiación. Además, está demostrado que con la imagen ecocardiográfica en pico de esfuerzo, técnica utilizada en todos los pacientes de nuestra unidad, se mejora la sensibilidad (103-105, 110). Otros grupos también han empleado imágenes en pico en cinta rodante y han publicado su uso en diferentes escenarios clínicos, entre otros el dolor torácico agudo (121, 220).

Con respecto a la TCMD, estrategia que implica radiación, existen una serie de características clínicas frecuentes en la práctica diaria de una UDT (alergia contraste yodado, taquicardia, ritmo irregular, portador de stent y/o insuficiencia renal entre otras) que pueden dificultar una correcta evaluación.

Muy pocos estudios han comparado la imagen funcional mediante ecocardiografía de estrés con la coronariografía no invasiva en una UDT. En las **Tablas 9 y 10** se resumen las similitudes y diferencias en el diseño de los ensayos clínicos aleatorizados que incluyen entre otros, EcoE en el brazo funcional y/o estrategia convencional. La confrontación de TCMD frente EcoE en exclusiva en el contexto agudo es anecdótica.

**Tabla 9.** Características descriptivas de ensayos clínicos que comparan en una unidad de dolor torácico agudo una estrategia anatómica con TCMD frente a una estrategia funcional que incluye pruebas de estrés con imagen con EcoE

Ensayo, autor, año	Unicéntrico	Brazos	Objetivo Primario	Objetivo secundario	n	Edad	Varón	FU días
ACRIN/PA, Litt et al 2012 (191)	Unicéntrico EEUU	TCMD vs SOC	Seguridad Muerte cardíaca IM en TCMD negativo	Efectividad/seguridad Diagnóstico EAC Estancia hospitalaria Coste MuerteCV/IM/revasc1 año tras no EAC en visita índice.	1370	49	645	30
ROMICAT II, Hoffman et al, 2012 (192)	Muticéntrico EEUU	TCMD vs SOC	Eficiencia Estancia hospitalaria	Efectividad/seguridad Tiempo diagnóstico/alta SU Muerte/IM/AI/revasc28día Coste Radiación SCA no detectado Complicación test o revasc	1000	58	530	28
PERFECT, Uretsky et al 2016 (196)	Muticéntrico EEUU	TCMD vs Imagen estrés	Eficiencia Tiempo alta hospital Cambio medicación Cascada test Revascularización Reingreso CV	Seguridad SCA/muerte CV/ muerte total	411	60	192	365
Levsky et al 2018 (198)	Unicéntrico EEUU	TCMD vs EcoE	Eficiencia Hospitalización	Efectividad/seguridad Estancia Muerte/IMnofatal/ACV/PCR Complicación test o revasc Radiación	400	55	230	733
Piñeiro et al 2020 (221)	Unicéntrico España	TCMD vs EcoE	Seguridad Muerte/IM no fatal/revasc/readmisión.	Eficiencia Coste	203	63	131	1751

Los datos expresan n (%) y edad media. SOC: estrategia convencional (del inglés *standard of care*) TCMD: tomografía computarizada multidetector. EcoE: Ecocardiograma de estrés. EEUU: Estados Unidos de América. IM: infarto de miocardio. EAC: enfermedad arterial coronaria. CV: cardiovascular. Revasc: revascularización. dg: diagnóstico. AI: Angina inestable. SCA: síndrome coronario agudo. SU: servicio de urgencias. ACV: Accidente cerebrovascular. PCR: Parada cardiorrespiratoria

**Tabla 10.** Descripción de los test incluidos en el brazo funcional de los ensayos clínicos que comparan en una unidad de dolor torácico estrategia anatómica con TCMD frente a estrategia funcional que incluye pruebas de estrés con imagen con EcoE.

Ensayo, autor, año, brazos	Estrategia funcional que incluye test con imagen
<p>ACRIN/PA, Litt et al 2012</p> <p>TCMD vs SOC</p> <p>n= 1.370</p>	<p>TCMD n= 902 (66%)</p> <p>vs</p> <p>SOC n= 462 (34%)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ningún test 167 (36%)</li> <li>• Test funcional imagen 258 (56%) <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Spect perfusión (no se precisa n)</li> <li>○ EcoE (no se precisa n)</li> </ul> </li> <li>• Ergometría 9 (2%)</li> <li>• ETT 30 (6%)</li> </ul>
<p>ROMICAT II, Hoffman et al, 2012</p> <p>TCMD vs SOC</p> <p>n= 1.000</p>	<p>TCMD n= 501 (50%)</p> <p>vs</p> <p>SOC n= 499</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ningún test 109 (22%)</li> <li>• Test funcional imagen 226 (45%) <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Spect perfusión 124 (29%)</li> <li>○ EcoE 102 (20%)</li> </ul> </li> <li>• Ergometría 147 (29%)</li> </ul>
<p>PERFECT, Uretsky et al 2016</p> <p>TCMD vs Imagen estrés</p> <p>n=411</p>	<p>TCMD n= 206 (50%)</p> <p>vs</p> <p>Imagen estrés n= 205 (50%)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Test funcional imagen 189 (92%) <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Spect perfusión 9 (4%)</li> <li>○ EcoE 180 (89%)</li> </ul> </li> </ul>
<p>Levsky et al 2018</p> <p>TCMD vs EcoE</p> <p>n= 400</p>	<p>TCMD n= 201 (50%)</p> <p>vs</p> <p>EcoE n= 199 (50%)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• EcoEstrés (mayoría ejercicio) 199 (100%)</li> </ul>
<p>Piñeiro et al 2020</p> <p>TCMD vs EcoE</p> <p>n=203</p>	<p>TCMD n= 100 (49%)</p> <p>vs</p> <p>EcoE= 103 (51%)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• EcoEjercicio pico 103 (100%)</li> </ul>

Los datos se expresan n (%). SOC: estrategia convencional (del inglés *standard of care*) TCMD: tomografía computarizada multidetector. EcoE: Ecocardiograma de estrés. ETT: ecocardiograma transtorácico.

Los estudios ROMICAT II (192) y ACRIN/PA (191) fueron los primeros en contrastar en escenario agudo TCMD frente a estrategia convencional, que incluía entre otras técnicas, el EcoE. El uso del EcoE en el brazo convencional era escaso. Hoffman randomiza 1:1 a 1.000 pacientes sin EAC previa y realiza un seguimiento a 28 días. El brazo convencional incluye solo un 20% de pacientes sometidos a EcoE, el 25% se deriva a medicina nuclear y hasta en el 22% de los casos se procede al alta sin ninguna prueba. En un 8% de los pacientes se diagnostica SCA (n=43 vs n=32 p=NS). Con un objetivo primario de eficiencia (la estancia hospitalaria) y objetivos secundarios de eficacia, de seguridad y económicos (tiempo hasta el diagnóstico, razón de altas, eventos cardiovasculares mayores y coste económico) se concluye que la coronariografía no invasiva es más eficiente, pues se reduce la estancia en el hospital una media de 7,6 horas ( $p < 0,001$ ) con un mayor número de altas desde el servicio de urgencias (47% vs 12%,  $p < 0,001$ ) pero a costa de más angiografías (n=59 vs n=40; p=NS) y más radiación (13.9 vs 4.7 mSv;  $p < 0,001$ ) sin abaratar el coste (4.289 \$ vs 4.060 \$; p=NS). No hubo diferencias significativas de IM o AI tras el alta (n=2 vs n=6; p=NS). La rapidez que proporciona la TCMD para la clasificación en una UDT también se demuestra en un estudio publicado ese año por Litt et al (191) en la misma revista, con una randomización 2:1 en 1.370 pacientes remitidos a TCMD vs estrategia convencional. El objetivo primario era de seguridad en el subgrupo de pacientes con TCMD negativo. En el brazo convencional 258 pacientes (59%) se someten a prueba de estrés con imagen pero no se detalla si utiliza ecocardiografía y/o medicina nuclear; y en un total de 167 pacientes (36%) se procede al alta sin pruebas complementarias. Ningún paciente murió o tuvo IM tras TCMD negativo. La estrategia TCMD presentó un mayor número de altas desde urgencias y menor estancia media (mediana de 18,0 vs 24,8 horas,  $p < 0,001$ ).

Posteriormente se publicaron dos trabajos en escenario agudo que comparaban ecocardiografía de estrés como estrategia funcional y TCMD como estrategia anatómica, pero se sometió a los pacientes a ambas técnicas. El primero de estos estudios era español (222) y realizó EcoE de esfuerzo y TCMD en los mismos pacientes (n=69), concluyendo que la TCMD era más sensible (100% frente a 82%, p= NS) pero menos específica (77% frente a 88%, p=NS) que la EcoE en el diagnóstico de SCA, aunque sin significación estadística. El otro estudio era multicéntrico y comparó en los mismos pacientes TCMD y EcoE con dobutamina (n=217) en contexto agudo. La primera resultó

más sensible (el 97 y el 52%), y con un valor predictivo negativo mayor (el 93 y el 52%), mientras que la especificidad (el 48 y el 47%) y el valor predictivo positivo (el 67 y el 50%) resultaron subóptimos y similares con ambas técnicas (223).

Hasta nuestro conocimiento y previo a la publicación de este trabajo, solo el estudio PERFECT (196) y el estudio de Levsky (198) compararon frente a frente TCMD vs EcoE en una UDT.

El estudio PERFECT randomiza 1:1 a 411 pacientes sin EAC previa a coronariografía no invasiva frente estrategia de estrés, prácticamente en exclusiva EcoE. En casi la totalidad de la estrategia de estrés se utilizó EcoE (112 de esfuerzo y 68 farmacológico, 54 y 33% respectivamente) mientras que en una pequeña proporción se usó medicina nuclear (9 pacientes, 4%). Con objetivos primarios de eficiencia y seguridad, no se encontraron diferencias en cuanto a tiempo de estancia hospitalaria, cambios en la medicación u hospitalizaciones por causa cardiovascular tras un año de seguimiento, aunque se realizó un mayor número de coronariografías (11% vs 2%,  $p=0,001$ ) y revascularizaciones (6% vs 0%,  $p<0,001$ ) en la estrategia TCMD.

Un año más tarde Levsky publica sus resultados tras randomizar 1:1 a 400 pacientes a EcoE vs TCMD en el hospital de Montefiore (Nueva York, EEUU). Nuestro centro y el de Montefiore fueron los únicos estudios aleatorizados que compararon la TCMD vs EcoE en su totalidad en el brazo funcional. La Tn analizada en ambos estudios fue la Tn convencional y como estrés se utilizó el esfuerzo en cinta en todos nuestros pacientes y en la mayoría del grupo de Levsky (no se especifica el número). Se adquirieron y analizaron imágenes en pico de ejercicio en toda nuestra cohorte, técnica no utilizada en el grupo de Levsky cuando utiliza la cinta rodante. Los pacientes en los que se preveía incapacidad para completar la prueba de esfuerzo fueron remitidos a estrés farmacológico, ninguno en nuestra serie. Como resultado Levsky concluye que el EcoE es más rápido con igual seguridad. En su estudio la hospitalización resultó menor en la estrategia EcoE (11% estrategia EcoE vs 19% estrategia TCMD;  $p=0,026$ ) así como la estancia mediana hospitalaria (4,7 horas estrategia EcoE vs 5,4 horas estrategia TCMD;  $p<0,001$ ) mientras que no se encontraron diferencias en cuanto a eventos cardiovasculares ( $n=7$  estrategia EcoE vs  $n=11$  estrategia TCMD;  $p=0,47$ ) durante un seguimiento prolongado. La cohorte de Levsky, en comparación con la nuestra, podría ser de menor riesgo pues no permitía antecedente de EAC (15% en nuestra serie) y el TIMI risk score era de 0-1 (32% TIMI 2-4

en nuestra serie). Esto podría explicar el menor número de ingresos que en nuestra serie y la baja tasa de revascularizaciones (menor del 50% en los remitidos a coronariografía). El seguimiento de los pacientes resultó también menor que en la nuestra (733 vs 1752 días).

Por último, Sturts publicó en el 2022 un estudio observacional que investiga el pronóstico a largo plazo de la estrategia TCMD vs EcoE en el escenario agudo, y concluye que, la estrategia anatómica genera más pruebas en cascada sin diferencias significativas en cuanto a eventos cardiovasculares a largo plazo. Para ello diseñó un análisis de propensión por emparejamiento 1:1 en 3.816 pacientes referidos a estas técnicas en las primeras 72 horas tras ser valorados en el servicio de urgencias. Los resultados demuestran que, tras un seguimiento de 3 años la TCMD se asocia un mayor número de pruebas en cascada, ya sea cateterismo (9,9% vs 7,7%, OR 1.28, 95% CI 1,00-1,63) u otras pruebas no invasivas (27,7% vs 22,3%, OR 1.22, 95% CI 1,05-1,42), y a un mayor número de visitas a urgencias u hospitalizaciones por dolor torácico, (33,1% vs 24,2%, OR 1.37, 95% CI 1,19-1,59), sin encontrarse diferencias significativas en el uso de estatinas (5,5% vs 14,9%, OR 1,04, 95% CI 0,85-1,28) , revascularización coronaria (2,7% vs 2,2%, OR 1,25, 95% CI 0,77-2,01) o IM (0,9% vs 0,9%, OR 0,96, 95% CI 0,47 to 1,99) (224).

### **Estrategia actual en una UDT**

Tal y como reflexionaba Redberg (225) en un editorial sobre los primeros trabajos de TCMD en el escenario agudo, no se cuestiona la rapidez de la TCMD en un horario “de oficina”, si no la necesidad de someter a técnicas no inocuas (radiación y posibilidad de cascada ulterior de técnicas invasivas) de rutina a todos los pacientes que consultan en una UDT y son de bajo riesgo, ya que los eventos mayores cardiovasculares son muy bajos. En la actualidad y en base a la evidencia científica, la mayoría de los pacientes que consultan en un servicio de urgencias y resultan de bajo riesgo no necesitan ninguna prueba adicional en los primeros 30 días (203, 226, 227). Esta demostración modificó las directrices de la AHA/ACC para el manejo de SCA sin elevación del ST del año 2014 dónde se recomendaba una prueba de estrés o anatómica en la primeras 72 horas tras una consulta en urgencias (228). Recientemente Kawatkar (227) con una cohorte de 79.040 pacientes y un total de 16.164 remitidos a prueba en las 72 horas siguientes (47,5% ergometría, 17,2% EcoE, 32% SPECT y 0,1% TCMD) pone en duda la necesidad de realizar un test rápido en pacientes de bajo riesgo debido al elevado número de pacientes a

tratar (NNT) para evitar una muerte o IM (NNT 250), una muerte (NNT 500), un IM (NNT 333) o un evento cardiovascular mayor (NNT 200) a los 30 días, con una mínima reducción de muerte o IM (0,4% [95% CI, -0,6% - -0,3%]). Así, las recientes guías de la AHA/ACC publicadas en el año 2021 para la evaluación y manejo del dolor torácico no recomiendan la realización de test si la probabilidad pretest es baja (203), veáse **Tablas 11 y 12**.

**Tablas 11 y 12.** Recomendaciones para la elección test anatómico o funcional en el contexto de dolor torácico agudo. Modificado de guías de la AHA/ACC para evaluación y manejo de dolor torácico. JACC. 2021;78(22):e187-e285.

Probabilidad pretest EAC	Riesgo bajo	No necesidad test	
	Riesgo intermedio	< 65 años/ menor sospecha EAC	A favor estrategia TCMD
	Riesgo intermedio	>65años/ mayor sospecha EAC	A favor estrategia funcional

	A favor estrategia TCMD	A favor estrategia funcional
<b>Objetivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Exclusión EAC obstructiva</li> <li>✓ Detección EAC no obstructiva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Presencia de isquemia</li> </ul>
<b>Disponibilidad Experiencia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Técnica y expertos disponibles de rutina</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Técnica y expertos disponibles de rutina</li> </ul>
<b>Probabilidad EAC obstructiva</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Edad &lt; 65 años</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Edad &gt; 65 años</li> </ul>
<b>Test previos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estudio funcional no concluyente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estudio TCMD no concluyente</li> </ul>
<b>Otras indicaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Origen anómalo arterias coronarias</li> <li>✓ Estudio arteria pulmonar o aorta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sospecha necrosis</li> <li>✓ Sospecha disfunción microvascular</li> </ul>

EcoE: Ecocardiograma de estrés. TCMD: Tomografía computarizada multidetector. EAC: Enfermedad arterial coronaria

En aquellos pacientes de riesgo intermedio que precisen ser referidos a alguna técnica complementaria es crucial integrar la probabilidad pretest, el resultado de test previos, la disponibilidad, la experiencia local y las preferencias del paciente. Con respecto a esta última cuestión se ideó la campaña *Choosing Wisely* (229) que tiene como objetivo promover conversaciones entre médicos y pacientes para elegir una estrategia en base al conocimiento científico y someterse a pruebas solo cuando es verdaderamente necesario, intentando minimizar los daños y no duplicando otras pruebas o procedimientos ya recibidos (230).

Pese a la evidencia científica a favor del uso de la TCMD en el servicio de urgencias, fundamentalmente en pacientes de riesgo intermedio sin EAC conocida, inicialmente no se registró un crecimiento tan vertiginoso de la coronariografía no invasiva como era de esperar. Así lo confirma Levin en un registro de práctica clínica, dónde se solicitaban más de 50 SPECT por cada TCMD (231). La integración de la probabilidad pretest, el coste, la disponibilidad y experiencia de cada hospital podrían explicar este desequilibrio. En la actualidad esta recomendación se mantiene tanto en las guías de evaluación y diagnóstico de dolor torácico publicadas en el 2021 por la AHA/ACC (203) como en el último documento de consenso de la sociedad de tomografía computarizada cardiovascular (SCCT) (232) para el dolor torácico agudo en el servicio de urgencias, donde además se subraya por primera vez, la importancia de la rapidez en el triaje de pruebas para disminuir la transmisión de infecciones nosocomiales entre pacientes y trabajadores, de vital importancia en la pandemia COVID (233). La recomendación de realizar un ecocardiograma basal rápido a todos los pacientes de riesgo intermedio (97, 228) está incluida como parte del primer ecocardiograma en la estrategia EcoE y puede detectar anomalías cardíacas o extracardíacas como causa de los síntomas, evitando la duplicación de exploraciones complementarias. De hecho en nuestro estudio, el número de ecocardiografías y ergometrías convencionales resultó significativamente mayor en el grupo de TCMD durante el seguimiento.

Como conclusión, cada hospital debe desarrollar e implementar sus protocolos a nivel local en base a la evidencia científica, pero siempre teniendo en cuenta su experiencia y disponibilidad. Existen protocolos que facilitan la elección de la técnica más beneficiosa en función de las características de cada paciente (226, 234, 235). Con el apoyo de estas directrices, el centro remitirá a pruebas funcionales y/o anatómicas de acuerdo con sus posibilidades y teniendo en cuenta las preferencias del paciente, con el objetivo de disminuir el número innecesario de pruebas y de nuevas consultas, manteniendo la seguridad con un ahorro de coste (236). Tras la elección de la prueba, es importante respetar su periodo de garantía si la clínica no cambia en frecuencia y/o intensidad. En las pruebas de estrés (237) este periodo es más inconstante que en las pruebas anatómicas ya que varía en función del tipo de estrés utilizado, la carga alcanzada, las características del paciente, la calidad de la imagen y la fracción de eyección. En general los intervalos de seguridad son de 1 año para los test funcionales y de dos años para coronariografía no invasiva en ausencia de placa y/o estenosis.

## 5.2. ESTRATEGIA ANATÓMICA FRENTE A ESTRATEGIA FUNCIONAL EN SITUACIÓN CRÓNICA

En contraste con los datos en situación aguda, los datos actuales en situación crónica son más favorables al TCMD en cuanto a reducción de eventos en el seguimiento. Al igual que en el escenario agudo el uso de EcoE como estrategia funcional es infrecuente, con tan solo un 23% de los pacientes remitidos a EcoE en el estudio PROMISE (238). En varias revisiones y metaanálisis de ensayos clínicos comparando TCMD frente a estrategia funcional, la TCMD disminuyó el riesgo de IM, aunque esta diferencia sólo se demostró significativa en el grupo de dolor torácico estable (218, 239-242). En el metanálisis de Foy (218) se concluyó que se prevenía 1 IM en un seguimiento de 18 meses por cada 250 pacientes con sospecha de EAC referidos a TCMD (0,7% brazo TCMD vs 1,1% brazo funcional; RR 0,71; 95% CI, 0,49-0,95). Esta reducción debe interpretarse con cautela y se basa fundamentalmente en los resultados del estudio SCOT-HEART (243, 244). Hay que matizar que existen diferencias fundamentales con otros estudios en situación crónica, como por ejemplo el PROMISE (238). El SCOT-HEART no confrontó directamente estrategia anatómica frente a funcional sino que en realidad comparó la prueba de esfuerzo convencional vs TCMD añadido a prueba de esfuerzo, lo que resultó en un menor exceso de revascularización en el brazo TCMD del SCOT-HEART comparado con otros estudios, ya que la revascularización en este brazo se guiaba por el test funcional añadido y no solo por hallazgos incidentales que pudieran no ser causa de isquemia. Como posible consecuencia de la menor revascularización, los eventos como IM periprocedimiento, trombosis del stent y reestenosis durante el seguimiento podrían disminuir. Además, es muy importante reseñar que en el grupo TCMD se prescribió casi el cuádruple de tratamiento preventivo con ácido acetilsalicílico y/o estatinas ante la demostración de enfermedad coronaria, lo que podría haber reducido la incidencia de IM a largo plazo. De todos modos, la TCMD se asoció con mayor número de coronariografías (11,7% vs 9,1%; RR, 1,33; 95% CI, 1,12-1,59), revascularizaciones (21,6% vs 8,2%; RR, 2,21; 95% CI, 1,20-4,04).

Estos resultados son similares a un reciente registro observacional danés (245) que no demostró diferencias significativas en mortalidad a los 3,6 años tras estudiar a 86.705 pacientes sintomáticos estables sin EAC conocida. Un total de 53.744 pacientes se sometieron a estrategia funcional (79% prueba de esfuerzo y 21% medicina nuclear) y 32.

961 a estrategia TCMD (245). Resultó más probable de manera significativa que el grupo TCMD fuera sometido a tratamiento con ácido acetilsalicílico (12,7% vs 8,5%), estatinas (15,9% vs 9,1%), coronariografía invasiva (14,7% vs 10,1%), y revascularización percutánea (3,8% vs 2,1%), además de un menor riesgo significativo de IM en este grupo (HR, 0,71; 95% CI, 0,61-0,82). El coste de las pruebas en cascada, intervencionismo y medicación fue mayor en el grupo TCMD (\$995 vs. \$7.18;  $p < 0,001$ ).

Al igual que en el escenario agudo, la probabilidad pretest es crucial para decidir la necesidad de una prueba y cuál utilizar. En las últimas décadas tanto la presentación como la prevalencia de EAC obstructiva ha disminuido, lo que se tradujo en una sobrestimación de la probabilidad pretest con los scores tradicionales y una sobreutilización de pruebas complementarias. Incluso los scores pretest contemporáneos tienen una baja especificidad para identificar pacientes con EAC obstructiva (246, 247). En pacientes de bajo riesgo sólo un 10% de los casos remitidos para evaluación demuestran EAC obstructiva o isquemia y una gran parte de las coronariografías invasivas resultan normales (185, 248, 249).

### 5.3. CORONARIOGRAFÍA Y DETECCIÓN DE ENFERMEDAD CORONARIA

En nuestro estudio no se encontraron diferencias significativas entre ambas estrategias en cuanto a demostración de enfermedad coronaria. Se realizaron 61 (30%) coronariografías por sospecha de SCA con una prevalencia de EAC obstructiva muy elevada (26%) en comparación con otras series, como por ejemplo el 8% en el estudio ROMICAT II (192). En la cohorte española de Mas (222), con una prevalencia de EAC también elevada (25%), la sospecha se confirmó en un menor número de casos tanto en EcoE (67%) como en TCMD (59%), sin diferencias significativas. En nuestra serie la confirmación se realizó en la mayoría de los casos remitidos a cateterismo (el 88% en el grupo de EcoE y el 85% en el de TCMD) con una tasa de revascularización muy elevada; contrariamente a lo reportado en la investigación de Lesky con un diseño muy similar (198).

Como una de las causas de la elevada prevalencia de EAC en nuestra serie podría ser que, a diferencia de otros estudios, todos presentaban al menos 1 factor de riesgo cardiovascular y la gran mayoría, al menos 2 ( $> 90\%$ ) y que un 32% de los pacientes eran de

riesgo intermedio. Por otro lado, el 15% había sido diagnosticado de EAC en el pasado, criterio de exclusión en la mayoría de los ensayos previos (188, 192, 196, 198) y en ambos grupos más de la mitad de los pacientes presentaban EAC multivaso en la coronariografía.

Finalmente para la confirmación de necrosis miocárdica el marcador disponible en el laboratorio de urgencias de nuestro hospital era la troponina cardiaca I convencional. Si se hubiera dispuesto de troponina de alta sensibilidad como recomiendan las actuales guías de dolor torácico (203), se habría mejorado la precisión diagnóstica en esta población y se habría detectado un mayor número de pacientes a los que se remitiría directamente a coronariografía sin necesidad de someterlos previamente a técnicas de triaje (8, 197). Asimismo el uso de Tn us acorta considerablemente el tiempo hasta el diagnóstico (250) y disminuye el uso de técnicas no invasivas con un ahorro de coste de hasta un 20%; todo ello aumentando la seguridad para la valoración ambulatoria de gran parte de los pacientes. En los scores de riesgo; como el TIMI risk score de nuestra serie; en contexto de Tn convencional, los parámetros clínicos son esenciales para estimar la probabilidad de eventos cardiovasculares mayores. Tras las evidencias recientes, la Tn us podría ser el ítem más predictivo en los diferentes scores (8, 250, 251). El estudio BEACON fue el primer ensayo que comparó TCMD vs estrategia convencional (no incluye EcoE), utilizando Tn us y arroja un resultado sorprendente, ya que la estrategia TCMD resultó más barata (337 vs. 511\$;  $p < 0,01$ ), con un menor número de pruebas posteriores (4% vs. 11%;  $p < 0,01$ ) y con un número de revascularizaciones y de altas desde urgencias similar en ambos grupos (197). Un análisis secundario del ROMICAT II demostró que con el uso de Tn us y la utilización de prestaciones avanzadas en la TCMD se mejora la precisión para el diagnóstico de SCA (252).

En la actualidad nuestro hospital dispone de un test de troponina ultrasensible que ha reducido de una manera drástica la probabilidad pretest de SCA en los pacientes remitidos a la UDT. Así se ha abierto la posibilidad de citar a los pacientes con criterios de UDT que consultan en el servicio de urgencias en una agenda específica de forma ambulatoria y rápida. (Véase **Anexo 3**, Propuesta de mejora y **Anexo 4** Nuevo algoritmo de Tn us). A día de hoy, nuestra unidad tiene en marcha un estudio aleatorizado que investiga la evaluación médica vs test de estrés en pacientes de muy bajo riesgo remitidos de manera ambulatoria a la UDT, MEET-ACP (Medical Evaluation vs Stress Test in Acute Chest Pain). Véase **Anexo 5**.

## 5.4. SEGUIMIENTO

Los datos de pronóstico a largo plazo en base a los estudios iniciales de dolor torácico agudo son limitados, ya que la mayoría de los estudios aleatorizados investigan objetivos de seguridad, eficiencia y/o coste a los 28-30 días. El seguimiento de los pacientes en nuestra serie fue muy prolongado (más de 5 años en el 62% de los pacientes) con un número de SCA, revascularizaciones y readmisiones similar en ambas técnicas, por lo que el «periodo de garantía» en este estudio podría ser similar en los grupos de EcoE y de TCMD. Estudios aleatorizados con un largo seguimiento, aunque inferior al nuestro, como el PERFECT con 1 año (196) y el de Levsky con 2 años (198) tampoco encuentran diferencias para eventos cardiovasculares graves. Los resultados publicados recientemente por Sturts en un estudio observacional demuestran que, tras un seguimiento de 3 años, no se encuentran diferencias significativas en el uso de estatinas, revascularización coronaria o IM con un incremento de pruebas ulteriores en el grupo TCMD (224).

## 5.5. COSTE

El avance técnico progresivo de las pruebas de imagen y su mayor accesibilidad en la práctica clínica incrementan el gasto sanitario, lo que justifica la actual preocupación por su control mediante el uso eficiente de las mismas. Además de las características clínicas del paciente y la disponibilidad, el coste debe integrarse en la elección del test a realizar. La prueba de esfuerzo es la prueba más barata si se compara con cualquiera de las técnicas de imagen de estrés o técnicas de imagen anatómica, a excepción del calcio score (253). En nuestra serie no se encontraron diferencias significativas con respecto al coste total, si bien el coste en el grupo con EcoE negativo resultó significativamente menor que en el del grupo TCMD negativa. Varios estudios han demostrado que la realización de un EcoE en el servicio de urgencias abarata el coste en una UDT si se compara con TCMD, estrategia convencional o SPECT. El grupo de Jasany (254) que comparó en una pequeña cohorte EcoE vs estrategia convencional (la mayoría SPECT perfusión) calculó un coste medio de 4.325 \$ vs 6.122 \$, respectivamente ( $p < 0,0001$ ). Cabe destacar que en el grupo convencional solo se realizaron 3 TCMD. Davies (255) concluyó que el coste de las

pruebas en cascada era significativamente mayor para SPECT vs EcoE (2.193\$ vs 1.631 \$,  $p < 0,0001$ ). En otros estudios aunque la TCMD aceleró el diagnóstico de SCA, existía una mayor probabilidad de someter al paciente a coronariografía durante el ingreso o el seguimiento. Así, en el estudio ROMICAT II, el coste en la sala de urgencia resultó significativamente menor en el grupo de TCMD, pero el coste total hasta los 28 días de seguimiento fue similar en ambos grupos (4.289 \$ vs 4.060 \$;  $p=NS$ ). En general y cuando la TCMD se compara con estrategia convencional, donde el SPECT es la técnica más utilizada, se reporta un ahorro del 15 al 38% en el coste (191, 239, 256), fundamentalmente debido a la menor estancia hospitalaria.

En la actualidad, con la disponibilidad de la Tn us y la adherencia a las recomendaciones de los protocolos, se reduce la necesidad de pruebas en el servicio de urgencias, la estancia hospitalaria y la razón de ingreso con el consiguiente ahorro (257). En un estudio australiano se calculó un ahorro de 13,5 millones de dólares tras la implementación de un protocolo acelerado (258).

## 5.6. LIMITACIONES

Nuestro estudio presenta varias limitaciones

1. En primer lugar, se trata de una muestra pequeña en un estudio unicéntrico, lo que limita su generalización. Lamentablemente, debido a la baja disponibilidad de la TCMD para este estudio, no ha sido posible conseguir un tamaño muestral suficiente para demostrar diferencias entre ambas estrategias, por lo que la hipótesis nula no es rechazable. Por lo tanto, nuestro estudio puede considerarse tan solo un análisis exploratorio. No obstante, estos hallazgos animan y justifican continuar estudios en esta línea.
2. Otra limitación es la desequilibrada implicación clínica de los eventos que componen el objetivo primario. Dentro de éste se incluyen eventos tan graves como la muerte y otros de menor transcendencia clínica como una nueva visita a la UDT.

3. En la selección de los pacientes se excluyó a los incapaces para realizar la técnica o la tenían contraindicada, circunstancias cotidianas en la práctica clínica habitual (portador de stent, fibrilación auricular, insuficiencia renal...).
4. El marcador utilizado fue la troponina cardíaca I convencional, con menor precisión para el diagnóstico de IM frente a la troponina ultrasensible (8, 9).
5. Los facultativos que realizaban e interpretaban las pruebas conocían la historia clínica de los pacientes y los facultativos responsables del paciente ingresado y el hemodinamista conocían el resultado de las técnicas de imagen, lo que supone un sesgo para el diagnóstico de SCA. Otro sesgo a tener en cuenta para asegurar el diagnóstico de SCA, fundamentalmente ante enfermedad multivaso y lesiones intermedias, fue que raramente se usaron técnicas intracoronarias, y siempre se utilizaron a criterio del cardiólogo intervencionista.
6. En cuanto al coste, no se incluyeron los gastos de estancia hasta la aleatorización ni los gastos derivados de nuevas visitas, ingresos o pruebas ulteriores, lo que disminuye el coste total.



# 6

## Conclusiones

---



## 6. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones de nuestro trabajo de investigación son las siguientes:

- 1) No se encontraron diferencias significativas en cuanto a eficacia y seguridad (combinado de mortalidad total, IM no mortal, revascularización y readmisión en UDT) entre una estrategia funcional (EcoE) y una anatómica (TCMD) en el triaje del dolor torácico agudo en pacientes con probabilidad baja-intermedia de SCA.
- 2) Sin embargo, el coste de un EcoE negativo resultó significativamente menor que el de una TCMD negativa.
- 3) Además el número de pruebas posteriores también fue menor con una estrategia inicial basada en EcoE.

### 6.1. ¿QUÉ SE SABE DEL TEMA?

- La TCDM como estrategia anatómica y la EcoE como estrategia funcional, son técnicas eficaces y seguras para el estudio de pacientes con EAC conocida o sospechada. Sin embargo, en muy pocos estudios se han comparado ambas técnicas en situación aguda.
- Además, el uso de una estrategia funcional basada fundamentalmente en ecografía de ejercicio es infrecuente, y podría tener ventajas en las UDT, dada su versatilidad, su rapidez, el estudio de comorbilidades como causa de los síntomas, el menor número de contraindicaciones y la ausencia de radiación.

## 6.2. ¿QUÉ APORTA DE NUEVO?

- Es el primer trabajo aleatorizado que estudia en nuestro país el uso de EcoE frente a TCMD en el contexto de dolor torácico agudo. Como valor añadido utiliza la ecocardiografía en pico de ejercicio en cinta, en lugar de ecocardiografía postejercicio o farmacológica.
- No se encontraron diferencias significativas a largo plazo en cuanto a eficacia y seguridad entre el EcoE y la TCMD en el triaje de pacientes con dolor torácico agudo y probabilidad baja-intermedia de SCA, pero el coste resultó significativamente menor en el subgrupo EcoE negativo.
- Las pruebas posteriores no invasivas también son menos frecuentes con la estrategia de EcoE.

# 7

## Bibliografía

---



## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. Roffi M, Patrono C, Collet J-P, Mueller C, Valgimigli M, Andreotti F, et al. 2015 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation. *Kardiologia Polska (Polish Heart Journal)*. 2015;73(12):1207-94.
2. Canto JG, Fincher C, Kiefe CI, Allison JJ, Li Q, Funkhouser E, et al. Atypical presentations among Medicare beneficiaries with unstable angina pectoris. *The American journal of cardiology*. 2002;90(3):248-53.
3. Diercks DB, Peacock WF, Hiestand BC, Chen AY, Pollack Jr CV, Kirk JD, et al. Frequency and consequences of recording an electrocardiogram > 10 minutes after arrival in an emergency room in non-ST-segment elevation acute coronary syndromes (from the CRUSADE Initiative). *The American journal of cardiology*. 2006;97(4):437-42.
4. Ohlsson M, Öhlin H, Wallerstedt SM, Edenbrandt L. Usefulness of serial electrocardiograms for diagnosis of acute myocardial infarction. *The American journal of cardiology*. 2001;88(5):478-81.
5. CONNOLLY DC, ELVEBACK LR, OXMAN HA, editors. Coronary heart disease in residents of Rochester, Minnesota. IV. Prognostic value of the resting electrocardiogram at the time of initial diagnosis of angina pectoris. *Mayo Clinic Proceedings*; 1984: Elsevier.
6. Turnipseed SD, Trythall WS, Diercks DB, Laurin EG, Kirk JD, Smith DS, et al. Frequency of acute coronary syndrome in patients with normal electrocardiogram performed during presence or absence of chest pain. *Academic Emergency Medicine*. 2009;16(6):495-9.
7. Surawicz B. ST-segment, T-wave, and U-wave changes during myocardial ischemia and after myocardial infarction. *The Canadian journal of cardiology*. 1986:71A-84A.

8. Thygesen K, Mair J, Giannitsis E, Mueller C, Lindahl B, Blankenberg S, et al. How to use high-sensitivity cardiac troponins in acute cardiac care. *European heart journal*. 2012;33(18):2252-7.
9. Mueller C. Biomarkers and acute coronary syndromes: an update. *European heart journal*. 2014;35(9):552-6.
10. Bragulat E, López B, Miró Ó, Coll-Vinent B, Jiménez S, Aparicio MJ, et al. Performance assessment of an emergency department chest pain unit. *Revista Española de Cardiología (English Edition)*. 2007;60(3):276-84.
11. Raff GL, Hoffmann U, Udelson JE. Trials of imaging use in the emergency department for acute chest pain. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2017;10(3):338-49.
12. Martínez-Sellés M, Bueno H, Sacristán A, Estévez Á, Ortiz J, Gallegoa L, et al. Dolor torácico en urgencias: frecuencia, perfil clínico y estratificación de riesgo. *Revista española de cardiología*. 2008;61(9):953-9.
13. Pope JH, Aufderheide TP, Ruthazer R, Woolard RH, Feldman JA, Beshansky JR, et al. Missed diagnoses of acute cardiac ischemia in the emergency department. *New England Journal of Medicine*. 2000;342(16):1163-70.
14. Pope JH, Ruthazer R, Beshansky JR, Griffith JL, Selker HP. Clinical features of emergency department patients presenting with symptoms suggestive of acute cardiac ischemia: a multicenter study. *Journal of thrombosis and thrombolysis*. 1998;6(1):63-74.
15. Pope JH, Selker HP. Acute coronary syndromes in the emergency department: diagnostic characteristics, tests, and challenges. *Cardiology clinics*. 2005;23(4):423-51.
16. Brown TW, McCarthy ML, Kelen GD, Levy F. An epidemiologic study of closed emergency department malpractice claims in a national database of physician malpractice insurers. *Academic Emergency Medicine*. 2010;17(5):553-60.
17. Rusnak RA, Stair TO, Hansen K, Fastow JS. Litigation against the emergency physician: common features in cases of missed myocardial infarction. *Annals of emergency medicine*. 1989;18(10):1029-34.

18. Julian D. Treatment of cardiac arrest in acute myocardial ischaemia and infarction. *The Lancet*. 1961;278(7207):840-4.
19. Zalenski RJ, Rydman RJ, McCarren M, Roberts RR, Jovanovic B, Das K, et al. Feasibility of a rapid diagnostic protocol for an emergency department chest pain unit. *Annals of emergency medicine*. 1997;29(1):99-108.
20. Jibrin I, Hamirani YS, Mitikiri N, Ozdegirmenci H, Wentz C, Bahr RD. Maryland's first inpatient chest pain short stay unit as an alternative to emergency room-based observation unit. *Critical Pathways in Cardiology*. 2008;7(1):35-42.
21. Hoekstra JW, Gibler WB. Chest pain evaluation units: an idea whose time has come. *JAMA*. 1997;278(20):1701-2.
22. Farkouh ME, Smars PA, Reeder GS, Zinsmeister AR, Evans RW, Meloy TD, et al. A clinical trial of a chest-pain observation unit for patients with unstable angina. *New England Journal of Medicine*. 1998;339(26):1882-8.
23. Fernández JB, Ezquerro EA, Genover XB, O'Callaghan AC, Gárriz II, Nácher JJJ, et al. Unidades de dolor torácico. Organización y protocolo para el diagnóstico de los síndromes coronarios agudos. *Revista Española de Cardiología*. 2002;55(2):143-54.
24. Braunwald E, Antman EM, Beasley JW, Califf RM, Cheitlin MD, Hochman JS, et al. ACC/AHA 2002 guideline update for the management of patients with unstable angina and non-ST-segment elevation myocardial infarction—summary article: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on practice guidelines (Committee on the Management of Patients With Unstable Angina). *Journal of the American College of Cardiology*. 2002;40(7):1366-74.
25. Torres LFP, Pavón-Jiménez R, Sánchez MR, Valderrama JC, Pardo JAM. Unidad de dolor torácico: seguimiento a un año. *Revista Española de Cardiología*. 2002;55(10):1021-7.
26. Sanchis J, Bodí V, Llácer Á, Núñez J, Ferrero JA, Chorro FJ. Value of early exercise stress testing in a chest pain unit protocol. *Revista Española de Cardiología (English Edition)*. 2002;55(10):1089-92.
27. Gibbons RJ, Balady GJ, Bricker JT, Chaitman BR, Fletcher GF, Froelicher VF, et al. ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on

- Practice Guidelines (Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines). *Journal of the American College of Cardiology*. 2002;40(8):1531-40.
28. Becker RC, Alpert JS. Electrocardiographic ST segment depression in coronary heart disease. *American heart journal*. 1988;115(4):862-8.
  29. Arós F, Boraita A, Alegría E, Alonso ÁM, Bardají A, Lamiel R, et al. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología en pruebas de esfuerzo. *Revista española de cardiología*. 2000;53(8):1063-94.
  30. Amsterdam EA, Kirk JD, Diercks DB, Lewis WR, Turnipseed SD. Immediate exercise testing to evaluate low-risk patients presenting to the emergency department with chest pain. *Journal of the American College of Cardiology*. 2002;40(2):251-6.
  31. Niederberger M, Bruce R, Kusumi F, Whitkanack S. Disparities in ventilatory and circulatory responses to bicycle and treadmill exercise. *British heart journal*. 1974;36(4):377.
  32. Gianrossi R, Detrano R, Mulvihill D, Lehmann K, Dubach P, Colombo A, et al. Exercise-induced ST depression in the diagnosis of coronary artery disease. A meta-analysis. *Circulation*. 1989;80(1):87-98.
  33. Gibler WB, Runyon JP, Levy RC, Sayre MR, Kacich R, Hattemer CR, et al. A rapid diagnostic and treatment center for patients with chest pain in the emergency department. *Annals of emergency medicine*. 1995;25(1):1-8.
  34. Polanczyk CA, Johnson PA, Hartley LH, Walls RM, Shaykevich S, Lee TH. Clinical correlates and prognostic significance of early negative exercise tolerance test in patients with acute chest pain seen in the hospital emergency department. *The American journal of cardiology*. 1998;81(3):288-92.
  35. Lauer MS, Pothier CE, Magid DJ, Smith SS, Kattan MW. An externally validated model for predicting long-term survival after exercise treadmill testing in patients with suspected coronary artery disease and a normal electrocardiogram. *Annals of internal medicine*. 2007;147(12):821-8.
  36. Diercks DB, Gibler WB, Liu T, Sayre MR, Storrow AB. Identification of patients at risk by graded exercise testing in an emergency department chest pain center. *The American journal of cardiology*. 2000;86(3):289-92.

37. Cumming GR, Dufresne C, Kich L, Samm J. Exercise electrocardiogram patterns in normal women. *British heart journal*. 1973;35(10):1055.
38. Cumming GR, Dufresne C, Samm J. Exercise ECG changes in normal women. *Canadian Medical Association Journal*. 1973;109(2):108.
39. Okin PM, Kligfield P. Gender-specific criteria and performance of the exercise electrocardiogram. *Circulation*. 1995;92(5):1209-16.
40. Sketch MH, Mohiuddin SM, Lynch JD, Zencka AE, Runco V. Significant sex differences in the correlation of electrocardiographic exercise testing and coronary arteriograms. *The American journal of cardiology*. 1975;36(2):169-73.
41. Skinner JS, Smeeth L, Kendall JM, Adams PC, Timmis A. NICE guidance. Chest pain of recent onset: assessment and diagnosis of recent onset chest pain or discomfort of suspected cardiac origin. *Heart*. 2010;96(12):974-8.
42. Gould KL, Lipscomb K, Hamilton GW. Physiologic basis for assessing critical coronary stenosis: instantaneous flow response and regional distribution during coronary hyperemia as measures of coronary flow reserve. *American Journal of Cardiology*. 1974;33(1):87-94.
43. Ross Jr J. Myocardial perfusion-contraction matching. Implications for coronary heart disease and hibernation. *Circulation*. 1991;83(3):1076-83.
44. Nesto RW, Kowalchuk GJ. The ischemic cascade: temporal sequence of hemodynamic, electrocardiographic and symptomatic expressions of ischemia. *The American journal of cardiology*. 1987;59(7):C23-C30.
45. Emond M, Mock MB, Davis KB, Fisher LD, Holmes Jr DR, Chaitman BR, et al. Long-term survival of medically treated patients in the Coronary Artery Surgery Study (CASS) Registry. *Circulation*. 1994;90(6):2645-57.
46. White CW, Wright CB, Doty DB, Hiratza LF, Eastham CL, Harrison DG, et al. Does visual interpretation of the coronary arteriogram predict the physiologic importance of a coronary stenosis? *New England Journal of Medicine*. 1984;310(13):819-24.
47. Topol EJ, Nissen SE. Our preoccupation with coronary luminology: the dissociation between clinical and angiographic findings in ischemic heart disease. *Circulation*. 1995;92(8):2333-42.

48. Keane D, Haase Jr, Slager CJ, Van Swijndregt EM, Lehmann KG, Ozaki Y, et al. Comparative validation of quantitative coronary angiography systems: results and implications from a multicenter study using a standardized approach. *Circulation*. 1995;91(8):2174-83.
49. Motoyama S, Sarai M, Harigaya H, Anno H, Inoue K, Hara T, et al. Computed tomographic angiography characteristics of atherosclerotic plaques subsequently resulting in acute coronary syndrome. *Journal of the American College of Cardiology*. 2009;54(1):49-57.
50. Yamamoto H, Kitagawa T, Ohashi N, Utsunomiya H, Kunita E, Oka T, et al. Noncalcified atherosclerotic lesions with vulnerable characteristics detected by coronary CT angiography and future coronary events. *Journal of cardiovascular computed tomography*. 2013;7(3):192-9.
51. Ferencik M, Schlett CL, Ghoshhajra BB, Kriegel MF, Joshi SB, Maurovich-Horvat P, et al. A computed tomography-based coronary lesion score to predict acute coronary syndrome among patients with acute chest pain and significant coronary stenosis on coronary computed tomographic angiogram. *The American journal of cardiology*. 2012;110(2):183-9.
52. Yoshinaga K, Katoh C, Noriyasu K, Iwado Y, Furuyama H, Ito Y, et al. Reduction of coronary flow reserve in areas with and without ischemia on stress perfusion imaging in patients with coronary artery disease: a study using oxygen 15-labeled water PET. *Journal of nuclear cardiology*. 2003;10(3):275-83.
53. Osborne AD, Moore B, Ross MA, Pitts SR. The feasibility of Rubidium-82 positron emission tomography stress testing in low-risk chest pain protocol patients. *Critical pathways in cardiology*. 2011;10(1):41-3.
54. Rispler S, Keidar Z, Ghersin E, Roguin A, Soil A, Dragu R, et al. Integrated single-photon emission computed tomography and computed tomography coronary angiography for the assessment of hemodynamically significant coronary artery lesions. *Journal of the American College of Cardiology*. 2007;49(10):1059-67.
55. O'Keefe Jr JH, Barnhart CS, Bateman TM. Comparison of stress echocardiography and stress myocardial perfusion scintigraphy for diagnosing coronary artery disease and assessing its severity. *The American journal of cardiology*. 1995;75(11):25D-34D.

56. Geleijnse M, Elhendy A. Can stress echocardiography compete with perfusion scintigraphy in the detection of coronary artery disease and cardiac risk assessment? *European Journal of Echocardiography*. 2000;1(1):12-21.
57. Pijls N, Van Son J, Kirkeeide RL, De Bruyne B, Gould KL. Experimental basis of determining maximum coronary, myocardial, and collateral blood flow by pressure measurements for assessing functional stenosis severity before and after percutaneous transluminal coronary angioplasty. *Circulation*. 1993;87(4):1354-67.
58. Pijls NH, de Bruyne B, Peels K, van der Voort PH, Bonnier HJ, Bartunek J, et al. Measurement of fractional flow reserve to assess the functional severity of coronary-artery stenoses. *New England Journal of Medicine*. 1996;334(26):1703-8.
59. Doris MK, Otaki Y, Arnson Y, Tamarappoo B, Goeller M, Gransar H, et al. Non-invasive fractional flow reserve in vessels without severe obstructive stenosis is associated with coronary plaque burden. *Journal of cardiovascular computed tomography*. 2018;12(5):379-84.
60. Koo B-K, Erglis A, Doh J-H, Daniels DV, Jegere S, Kim H-S, et al. Diagnosis of ischemia-causing coronary stenoses by noninvasive fractional flow reserve computed from coronary computed tomographic angiograms: results from the prospective multicenter DISCOVER-FLOW (Diagnosis of Ischemia-Causing Stenoses Obtained Via Noninvasive Fractional Flow Reserve) study. *Journal of the American College of Cardiology*. 2011;58(19):1989-97.
61. Meijboom WB, Van Mieghem CA, van Pelt N, Weustink A, Pugliese F, Mollet NR, et al. Comprehensive assessment of coronary artery stenoses: computed tomography coronary angiography versus conventional coronary angiography and correlation with fractional flow reserve in patients with stable angina. *Journal of the American College of Cardiology*. 2008;52(8):636-43.
62. Gould KL. Physiological severity of coronary artery stenosis. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. 2006;291(6):H2583-H5.
63. Candell-Riera J, Oller-Martínez G, de León G, Castell-Conesa J, Aguadé-Bruix S. Yield of early rest and stress myocardial perfusion single-photon emission computed tomography and electrocardiographic exercise test in patients with atypical chest pain, nondiagnostic electrocardiogram, and negative biochemical markers in the emergency department. *The American journal of cardiology*. 2007;99(12):1662-6.

64. Fesmire FM, Hughes AD, Fody EP, Jackson AP, Fesmire CE, Gilbert MA, et al. The Erlanger chest pain evaluation protocol: a one-year experience with serial 12-lead ECG monitoring, two-hour delta serum marker measurements, and selective nuclear stress testing to identify and exclude acute coronary syndromes. *Annals of emergency medicine*. 2002;40(6):584-94.
65. Heijenbrok-Kal M, Hunink M, Fleischmann K. Stress echocardiography, stress SPECT and electron-beam computed tomography for the assessment of coronary artery disease: a meta-analysis of diagnostic performance. *Am Heart J*. 2007;154:415-23.
66. Navare SM, Mather JF, Shaw LJ, Fowler MS, Heller GV. Comparison of risk stratification with pharmacologic and exercise stress myocardial perfusion imaging: a meta-analysis. *Journal of nuclear cardiology*. 2004;11(5):551-61.
67. GROUP CRIW, Hendel RC, Berman DS, Di Carli MF, Heidenreich PA, Henkin RE, et al. ACCF/ASNC/ACR/AHA/ASE/SCCT/SCMR/SNM 2009 appropriate use criteria for cardiac radionuclide imaging: a report of the American College of Cardiology Foundation Appropriate Use Criteria Task Force, the American Society of Nuclear Cardiology, the American College of Radiology, the American Heart Association, the American Society of Echocardiography, the Society of Cardiovascular Computed Tomography, the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance, and the Society of Nuclear Medicine: endorsed by the American College of Emergency Physicians. *Circulation*. 2009;119(22):e561-e87.
68. Aguilar R, Paré J. Libro blanco de la Sección de Imagen Cardíaca de la Sociedad Española de Cardiología. Madrid: Sociedad Española de Cardiología. 2011.
69. Ioannidis JP, Salem D, Chew PW, Lau J. Accuracy of imaging technologies in the diagnosis of acute cardiac ischemia in the emergency department: a meta-analysis. *Annals of emergency medicine*. 2001;37(5):471-7.
70. Geleijnse ML, Elhendy A, van Domburg RT, Cornel JH, Rambaldi R, Salustri A, et al. Cardiac imaging for risk stratification with dobutamine-atropine stress testing in patients with chest pain: echocardiography, perfusion scintigraphy, or both? *Circulation*. 1997;96(1):137-47.
71. Fram DB, Azar RR, Ahlberg AW, Gillam LD, Mitchel JF, Kiernan FJ, et al. Duration of abnormal SPECT myocardial perfusion imaging following resolution of

- acute ischemia: an angioplasty model. *Journal of the American College of Cardiology*. 2003;41(3):452-9.
72. Candell-Riera J, Oller-Martínez G, Pereztol-Valdés O, Castell-Conesa J, Aguadé-Bruix S, García-Alonso C, et al. Gated-SPECT precoz de perfusión miocárdica en los pacientes con dolor torácico y electrocardiograma no diagnóstico en urgencias. *Revista española de cardiología*. 2004;57(3):225-33.
  73. Kontos MC, Jesse RL, Anderson FP, Schmidt KL, Ornato JP, Tatum JL. Comparison of myocardial perfusion imaging and cardiac troponin I in patients admitted to the emergency department with chest pain. *Circulation*. 1999;99(16):2073-8.
  74. Kontos MC, Jesse RL, Schmidt KL, Ornato JP, Tatum JL. Value of acute rest sestamibi perfusion imaging for evaluation of patients admitted to the emergency department with chest pain. *Journal of the American College of Cardiology*. 1997;30(4):976-82.
  75. Udelson JE, Beshansky JR, Ballin DS, Feldman JA, Griffith JL, Heller GV, et al. Myocardial perfusion imaging for evaluation and triage of patients with suspected acute cardiac ischemia: a randomized controlled trial. *Jama*. 2002;288(21):2693-700.
  76. Esteban LF, Ferrer MM, Martínez GG, Cantador JR, De Pablo C, Curto LM. Utility of myocardial perfusion SPECT for evaluation of patients from Chest Pain Unit. *Revista española de medicina nuclear (English Edition)*. 2008;27(2):90-8.
  77. Candell-Riera J, Martín-Comín J, Escaned J, Peteiro J. Valoración fisiológica de la circulación coronaria. Papel de las técnicas invasivas y no invasivas. *Revista Española de Cardiología*. 2002;55(3):271-91.
  78. Nandalur KR, Dwamena BA, Choudhri AF, Nandalur MR, Carlos RC. Diagnostic performance of stress cardiac magnetic resonance imaging in the detection of coronary artery disease: a meta-analysis. *Journal of the American College of Cardiology*. 2007;50(14):1343-53.
  79. Heydari B, Jerosch-Herold M, Kwong RY. Assessment of myocardial ischemia with cardiovascular magnetic resonance. *Progress in cardiovascular diseases*. 2011;54(3):191-203.
  80. Jekic M, Foster EL, Ballinger MR, Raman SV, Simonetti OP. Cardiac function and myocardial perfusion immediately following maximal treadmill exercise inside the

- MRI room. *Journal of cardiovascular magnetic resonance : official journal of the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance*. 2008;10(1):3.
81. Le TT, Bryant JA, Ting AE, Ho PY, Su B, Teo RC, et al. Assessing exercise cardiac reserve using real-time cardiovascular magnetic resonance. *Journal of cardiovascular magnetic resonance : official journal of the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance*. 2017;19(1):7.
  82. Nagel E, Lehmkuhl HB, Bocksch W, Klein C, Vogel U, Frantz E, et al. Noninvasive diagnosis of ischemia-induced wall motion abnormalities with the use of high-dose dobutamine stress MRI: comparison with dobutamine stress echocardiography. *Circulation*. 1999;99(6):763-70.
  83. Manka R, Jahnke C, Gebker R, Schnackenburg B, Paetsch I. Head-to-head comparison of first-pass MR perfusion imaging during adenosine and high-dose dobutamine/atropine stress. *The international journal of cardiovascular imaging*. 2011;27(7):995-1002.
  84. Ripley DP, Kannoly S, Gosling OE, Hossain E, Chawner RR, Moore J, et al. Safety and feasibility of dobutamine stress cardiac magnetic resonance for cardiovascular assessment prior to renal transplantation. *Journal of Cardiovascular Medicine*. 2014;15(4):288-94.
  85. Bruder O, Wagner A, Lombardi M, Schwitter J, van Rossum A, Pilz G, et al. European Cardiovascular Magnetic Resonance (EuroCMR) registry—multi national results from 57 centers in 15 countries. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance*. 2013;15(1):1-9.
  86. Miller CD, Hwang W, Hoekstra JW, Case D, Lefebvre C, Blumstein H, et al. Stress cardiac magnetic resonance imaging with observation unit care reduces cost for patients with emergent chest pain: a randomized trial. *Annals of emergency medicine*. 2010;56(3):209-19. e2.
  87. Miller CD, Case LD, Little WC, Mahler SA, Burke GL, Harper EN, et al. Stress CMR Reduces Revascularization, Hospital Readmission, and Recurrent Cardiac Testing in Intermediate-Risk Patients With Acute Chest Pain. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2013;6(7):785-94.
  88. Miller CD, Hoekstra JW, Lefebvre C, Blumstein H, Hamilton CA, Harper EN, et al. Provider-directed imaging stress testing reduces health care expenditures in lower-

- risk chest pain patients presenting to the emergency department. *Circulation: Cardiovascular Imaging*. 2012;5(1):111-8.
89. ARMSTRONG WF, O'DONNELL J, DILLON JC, McHENRY PL, MORRIS SN, Feigenbaum H. Complementary value of two-dimensional exercise echocardiography to routine treadmill exercise testing. *Annals of Internal Medicine*. 1986;105(6):829-35.
90. Armstrong WF, Ryan T. Stress echocardiography from 1979 to present. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2008;21(1):22-8.
91. Feigenbaum H. A digital echocardiographic laboratory. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 1994;7(1):105-6.
92. Caidahl K, Kazzam E, Lidberg J, Neumann-Andersen G, Nordanstig J, Dahlqvist SR, et al. New concept in echocardiography: harmonic imaging of tissue without use of contrast agent. *The Lancet*. 1998;352(9136):1264-70.
93. Laskar R, Grayburn PA. Assessment of myocardial perfusion with contrast echocardiography at rest and with stress: an emerging technology. *Progress in cardiovascular diseases*. 2000;43(3):245-58.
94. Picano E. Economic and biological costs of cardiac imaging. *Cardiovascular ultrasound*. 2005;3(1):13.
95. Fleischmann KE, Hunink MG, Kuntz KM, Douglas PS. Exercise echocardiography or exercise SPECT imaging?: A meta-analysis of diagnostic test performance. *Jama*. 1998;280(10):913-20.
96. Olmos LI, Dakik H, Gordon R, Dunn JK, Verani MS, Quiñones MA, et al. Long-term prognostic value of exercise echocardiography compared with exercise 201Tl, ECG, and clinical variables in patients evaluated for coronary artery disease. *Circulation*. 1998;98(24):2679-86.
97. Sicari R, Nihoyannopoulos P, Evangelista A, Kasprzak J, Lancellotti P, Poldermans D, et al. Stress echocardiography expert consensus statement: European Association of Echocardiography (EAE)(a registered branch of the ESC). *European Journal of Echocardiography*. 2008;9(4):415-37.

98. Conti A, Sammiceli L, Gallini C, Costanzo EN, Antonucci D, Barletta G. Assessment of patients with low-risk chest pain in the emergency department: head-to-head comparison of exercise stress echocardiography and exercise myocardial SPECT. *American heart journal*. 2005;149(5):894-901.
99. Bholasingh R, Cornel JH, Kamp O, van Straalen JP, Sanders GT, Tijssen JG, et al. Prognostic value of predischarge dobutamine stress echocardiography in chest pain patients with a negative cardiac troponin T. *Journal of the American College of Cardiology*. 2003;41(4):596-602.
100. Metz LD, Beattie M, Hom R, Redberg RF, Grady D, Fleischmann KE. The prognostic value of normal exercise myocardial perfusion imaging and exercise echocardiography: a meta-analysis. *Journal of the American College of Cardiology*. 2007;49(2):227-37.
101. Sawada SG, Ryan T, Conley MJ, Corya BC, Feigenbaum H, Armstrong WF. Prognostic value of a normal exercise echocardiogram. *American heart journal*. 1990;120(1):49-55.
102. Chaowalit N, Arruda AL, McCully RB, Bailey KR, Pellikka PA. Dobutamine stress echocardiography in patients with diabetes mellitus: enhanced prognostic prediction using a simple risk score. *Journal of the American College of Cardiology*. 2006;47(5):1029-36.
103. Peteiro J, Garrido I, Monserrat L, Aldama G, Calviño R, Castro-Beiras A. Comparison of peak and postexercise treadmill echocardiography with the use of continuous harmonic imaging acquisition. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2004;17(10):1044-9.
104. Peteiro J, Monserrat L, Perez R, Vazquez E, Vazquez J, Castro-Beiras A. Accuracy of peak treadmill exercise echocardiography to detect multivessel coronary artery disease: comparison with post-exercise echocardiography. *European Journal of Echocardiography*. 2003;4(3):182-90.
105. Peteiro J, Bouzas-Mosquera A, Estevez R, Pazos P, Piñeiro M, Castro-Beiras A. Head-to-head comparison of peak supine bicycle exercise echocardiography and treadmill exercise echocardiography at peak and at post-exercise for the detection of coronary artery disease. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2012;25(3):319-26.

106. Peteiro J, Bouzas-Mosquera A, Broullón J, Martínez D, Vázquez-Rodríguez JM. Hallazgos diagnósticos y pronósticos en pacientes con prueba de esfuerzo clínica o ECG positivos pero ecocardiografía negativa. *Revista Española de Cardiología*. 2018;71(1):55-6.
107. Bouzas-Mosquera A, Peteiro J, Broullón FJ, Álvarez-García N, García-Bueno L, Mosquera VX, et al. Prognostic value of an exaggerated exercise blood pressure response in patients with diabetes mellitus and known or suspected coronary artery disease. *The American journal of cardiology*. 2010;105(6):780-5.
108. Peteiro J, Bouzas-Mosquera A, Pazos P, Broullón FJ, Castro-Beiras A. Prognostic value of exercise echocardiography in patients with left ventricular systolic dysfunction and known or suspected coronary artery disease. *American heart journal*. 2010;160(2):301-7.
109. Peteiro J, Bouzas-Mosquera A, Broullón F, Pazos P, Estevez-Loureiro R, Castro-Beiras A. Treadmill exercise echocardiography as a predictor of events in patients with left ventricular hypertrophy. *American journal of hypertension*. 2010;23(7):794-801.
110. Bouzas-Mosquera A, Peteiro J, Álvarez-García N, Broullón FJ, Mosquera VX, García-Bueno L, et al. Prediction of mortality and major cardiac events by exercise echocardiography in patients with normal exercise electrocardiographic testing. *Journal of the American College of Cardiology*. 2009;53(21):1981-90.
111. Peteiro J, Bouzas-Mosquera A. Peak treadmill exercise echocardiography: not feasible? *European heart journal*. 2009;30(6):740-.
112. Peteiro-Vázquez J, Monserrat-Iglesias L, Mariñas-Davila J, Garrido-Bravo IP, Bouzas-Caamaño M, Muñiz-García J, et al. Valor pronóstico de la ecocardiografía de ejercicio en cinta rodante. *Revista Española de Cardiología*. 2005;58(8):924-33.
113. Pellikka PA, Arruda-Olson A, Chaudhry FA, Chen MH, Marshall JE, Porter TR, et al. Guidelines for performance, interpretation, and application of stress echocardiography in ischemic heart disease: from the American Society of Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2020;33(1):1-41. e8.
114. Becher H, Chambers J, Fox K, Jones R, Leech G, Masani N, et al. BSE procedure guidelines for the clinical application of stress echocardiography, recommendations

- for performance and interpretation of stress echocardiography: a report of the British Society of Echocardiography Policy Committee. *Heart*. 2004;90(suppl 6):vi23-vi30.
115. Peteiro J, Alonso ÁM, Florenciano R, Juanatey CG, de la Morena G, Iglesias I, et al. Agreement between centers on the interpretation of exercise echocardiography. *Revista Española de Cardiología (English Edition)*. 2006;59(1):33-40.
116. Nedeljkovic I, Ostojic M, Beleslin B, Djordjevic-Dikic A, Stepanovic J, Nedeljkovic M, et al. Comparison of exercise, dobutamine-atropine and dipyridamole-atropine stress echocardiography in detecting coronary artery disease. *Cardiovascular Ultrasound*. 2006;4(1):22.
117. Caiati C, Lepera ME, Carretta D, Santoro D, Favale S. Head-to-head comparison of peak upright bicycle and post-treadmill echocardiography in detecting coronary artery disease: a randomized, single-blind crossover study. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2013;26(12):1434-43.
118. Hecht HS, DeBord L, Sotomayor N, Shaw R, Dunlap R, Ryan C. Supine bicycle stress echocardiography: peak exercise imaging is superior to postexercise imaging. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 1993;6(3):265-71.
119. Peteiro J. Peak treadmill exercise echocardiography for ischemia detection. *Journal of clinical ultrasound : JCU*. 2022;50(8):1125-33.
120. García MAR, Iglesias-Garriz I, Fernández FC, Coloma CG, Alonso-Orcajo N, Branco L, et al. Evaluación de la seguridad de la ecocardiografía de estrés en España y Portugal. *Revista Española de Cardiología*. 2001;54(8):941-8.
121. Alonso-Gómez ÁM, Belló MC, Fernández MA, Torres A, Alfageme M, Aizpuru F, et al. Stress Echocardiography in the Identification of Left Anterior Descending Coronary Artery Disease in Patients With Inferior Myocardial Infarction and a Positive Exercise Electrocardiography Result. *Revista Española de Cardiología (English Edition)*. 2006;59(6):545-52.
122. Picano E, Distanti A, Masini M, Morales MA, Lattanzi F, L'Abbate A. Dipyridamole-echocardiography test in effort angina pectoris. *The American journal of cardiology*. 1985;56(7):452-6.
123. Berthe C, Pierard LA, Hiernaux M, Trotteur G, Lempereur P, Carlier J, et al. Predicting the extent and location of coronary artery disease in acute myocardial

- infarction by echocardiography during dobutamine infusion. *American Journal of Cardiology*. 1986;58(13):1167-72.
124. Beleslin BD, Ostojic M, Stepanovic J, Djordjevic-Dikic A, Stojkovic S, Nedeljkovic M, et al. Stress echocardiography in the detection of myocardial ischemia. Head-to-head comparison of exercise, dobutamine, and dipyridamole tests. *Circulation*. 1994;90(3):1168-76.
  125. Varga A, Garcia MAR, Picano E, Registry ISEC. Safety of stress echocardiography (from the international stress echo complication registry). *The American journal of cardiology*. 2006;98(4):541-3.
  126. Sevilla DC, Dohrmann ML, Somelofski CA, Wawrzynski RP, Wagner NB, Wagner GS. Invalidation of the resting electrocardiogram obtained via exercise electrode sites as a standard 12-lead recording. *The American journal of cardiology*. 1989;63(1):35-9.
  127. Schiller N. American Society of Echocardiography Committee on Standards, Subcommittee on Quantitation of Two-Dimensional Echocardiograms: recommendations for quantitation of the left ventricle by two-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 1989;2:358-67.
  128. Segmentation AHAWGoM, Imaging: RfC, Cerqueira MD, Weissman NJ, Dilsizian V, Jacobs AK, et al. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart: a statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association. *Circulation*. 2002;105(4):539-42.
  129. Pereztol-Valdés O, Candell-Riera J, Santana-Boado C, Angel J, Aguade-Bruix S, Castell-Conesa J, et al. Correspondence between left ventricular 17 myocardial segments and coronary arteries. *European heart journal*. 2005;26(24):2637-43.
  130. Pellikka PA, Nagueh SF, Elhendy AA, Kuehl CA, Sawada SG. American Society of Echocardiography recommendations for performance, interpretation, and application of stress echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2007;20(9):1021-41.
  131. Møller JE, Hillis GS, Oh JK, Reeder GS, Gersh BJ, Pellikka PA. Wall motion score index and ejection fraction for risk stratification after acute myocardial infarction. *American heart journal*. 2006;151(2):419-25.

132. Porter TR, Xie F, Kricsfeld A, Chiou A, Dabestani A. Improved endocardial border resolution during dobutamine stress echocardiography with intravenous sonicated dextrose albumin. *Journal of the American College of Cardiology*. 1994;23(6):1440-3.
133. Zamorano J, Almería C, Sánchez V, Touchard AG, Serra V, Samedi M, et al. 183 Do we need contrast agents for the evaluation of wall motion analysis? Second harmonic vs contrast. *European Journal of Echocardiography*. 1999(1):S7.
134. Voci P, Testa G, Feinstein S. Enhancement of endocardial border detection by intravenous contrast injection during stress echocardiography. *Cardiovascular Imaging*. 1996;8:285-7.
135. Picano E, Lattanzi F, Orlandini A, Marini C, L'Abbate A. Stress echocardiography and the human factor: the importance of being expert. *Journal of the American College of Cardiology*. 1991;17(3):666-9.
136. Bach DS, Muller DW, Gros BJ, Armstrong WF. False positive dobutamine stress echocardiograms: characterization of clinical, echocardiographic and angiographic findings. *Journal of the American College of Cardiology*. 1994;24(4):928-33.
137. Yuda S, Khoury V, Marwick TH. Influence of wall stress and left ventricular geometry on the accuracy of dobutamine stress echocardiography. *Journal of the American College of Cardiology*. 2002;40(7):1311-9.
138. Hoffmann R, Lethen H, Kühl H, Lepper W, Hanrath P. Extent and severity of test positivity during dobutamine stress echocardiography. Influence on the predictive value for coronary artery disease. *European Heart Journal*. 1999;20(20):1485-92.
139. Schroeder S, Achenbach S, Bengel F, Burgstahler C, Cademartiri F, De Feyter P, et al. Cardiac computed tomography: indications, applications, limitations, and training requirements: report of a Writing Group deployed by the Working Group Nuclear Cardiology and Cardiac CT of the European Society of Cardiology and the European Council of Nuclear Cardiology. *European heart journal*. 2008;29(4):531-56.
140. Keelan PC, Bielak LF, Ashai K, Jamjoum LS, Denktas AE, Rumberger JA, et al. Long-term prognostic value of coronary calcification detected by electron-beam computed tomography in patients undergoing coronary angiography. *Circulation*. 2001;104(4):412-7.

141. Detrano R, Guerci AD, Carr JJ, Bild DE, Burke G, Folsom AR, et al. Coronary calcium as a predictor of coronary events in four racial or ethnic groups. *New England Journal of Medicine*. 2008;358(13):1336-45.
142. Wayhs R, Zelinger A, Raggi P. High coronary artery calcium scores pose an extremely elevated risk for hard events. *Journal of the American College of Cardiology*. 2002;39(2):225-30.
143. Agatston AS, Janowitz WR, Hildner FJ, Zusmer NR, Viamonte M, Detrano R. Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography. *Journal of the American College of Cardiology*. 1990;15(4):827-32.
144. Carr JJ, Nelson JC, Wong ND, McNitt-Gray M, Arad Y, Jacobs Jr DR, et al. Calcified coronary artery plaque measurement with cardiac CT in population-based studies: standardized protocol of Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA) and Coronary Artery Risk Development in Young Adults (CARDIA) study. *Radiology*. 2005;234(1):35-43.
145. Descalzo M, Vidal-Pérez R, Leta R, Alomar X, Pons-Lladó G, Carreras F. Utilidad del calcio arterial coronario para detectar enfermedad arterial coronaria significativa en sujetos asintomáticos. *Revista Clínica Española*. 2014;214(5):235-41.
146. Rumberger JA, Sheedy PF, Breen JF, Schwartz RS. Electron beam computed tomographic coronary calcium score cutpoints and severity of associated angiographic lumen stenosis. *Journal of the American College of Cardiology*. 1997;29(7):1542-8.
147. Budoff MJ, Diamond GA, Raggi P, Arad Y, Guerci AD, Callister TQ, et al. Continuous probabilistic prediction of angiographically significant coronary artery disease using electron beam tomography. *Circulation*. 2002;105(15):1791-6.
148. Budoff MJ, Mayrhofer T, Ferencik M, Bittner D, Lee KL, Lu MT, et al. Prognostic value of coronary artery calcium in the PROMISE study (Prospective Multicenter Imaging Study for Evaluation of Chest Pain). *Circulation*. 2017;136(21):1993-2005.
149. Villines TC, Hulten EA, Shaw LJ, Goyal M, Dunning A, Achenbach S, et al. Prevalence and severity of coronary artery disease and adverse events among symptomatic patients with coronary artery calcification scores of zero undergoing coronary computed tomography angiography: results from the CONFIRM (Coronary

- CT Angiography Evaluation for Clinical Outcomes: An International Multicenter) registry. *Journal of the American College of Cardiology*. 2011;58(24):2533-40.
150. Leschka S, Alkadhi H, Plass A, Desbiolles L, Grünenfelder J, Marincek B, et al. Accuracy of MSCT coronary angiography with 64-slice technology: first experience. *European heart journal*. 2005;26(15):1482-7.
151. Leber AW, Knez A, von Ziegler F, Becker A, Nikolaou K, Paul S, et al. Quantification of obstructive and nonobstructive coronary lesions by 64-slice computed tomography: a comparative study with quantitative coronary angiography and intravascular ultrasound. *Journal of the American College of Cardiology*. 2005;46(1):147-54.
152. Abdulla J, Abildstrom SZ, Gotzsche O, Christensen E, Kober L, Torp-Pedersen C. 64-multislice detector computed tomography coronary angiography as potential alternative to conventional coronary angiography: a systematic review and meta-analysis. *European heart journal*. 2007;28(24):3042-50.
153. Mowatt G, Cummins E, Waugh N, Walker S, Cook JA, Jia X, et al. Systematic review of the clinical effectiveness and cost-effectiveness of 64-slice or higher computed tomography angiography as an alternative to invasive coronary angiography in the investigation of coronary artery disease. 2008.
154. Budoff MJ, Dowe D, Jollis JG, Gitter M, Sutherland J, Halamert E, et al. Diagnostic performance of 64-multidetector row coronary computed tomographic angiography for evaluation of coronary artery stenosis in individuals without known coronary artery disease: results from the prospective multicenter ACCURACY (Assessment by Coronary Computed Tomographic Angiography of Individuals Undergoing Invasive Coronary Angiography) trial. *Journal of the American College of Cardiology*. 2008;52(21):1724-32.
155. Min JK, Dunning A, Lin FY, Achenbach S, Al-Mallah M, Budoff MJ, et al. Age- and sex-related differences in all-cause mortality risk based on coronary computed tomography angiography findings: results from the International Multicenter CONFIRM (Coronary CT Angiography Evaluation for Clinical Outcomes: An International Multicenter Registry) of 23,854 patients without known coronary artery disease. *Journal of the American College of Cardiology*. 2011;58(8):849-60.

156. Finck T, Hardenberg J, Will A, Hendrich E, Haller B, Martinoff S, et al. 10-Year Follow-Up After Coronary Computed Tomography Angiography in Patients With Suspected Coronary Artery Disease. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2019;12(7):1330-8.
157. Leschka S, Stolzmann P, Desbiolles L, Baumueller S, Goetti R, Schertler T, et al. Diagnostic accuracy of high-pitch dual-source CT for the assessment of coronary stenoses: first experience. *European radiology*. 2009;19(12):2896.
158. Lin E, Alessio A. What are the basic concepts of temporal, contrast, and spatial resolution in cardiac CT? *Journal of cardiovascular computed tomography*. 2009;3(6):403-8.
159. Bitar P, Paolinelli P, Furnaro F. TOMOGRAFÍA COMPUTADA CARDÍACA: ESTADO ACTUAL. *Revista Médica Clínica Las Condes*. 2018;29(1):33-43.
160. Menke J, Unterberg-Buchwald C, Staab W, Sohns J, Seif Amir Hosseini 651 A, Schwarz A. Head-to-head comparison of prospectively triggered vs 652 retrospectively gated coronary computed tomography angiography: Meta-analysis 653 of diagnostic accuracy, image quality, and radiation dose. *Am Heart J*. 2013;165(654):154-63.
161. Group CCTW, Taylor AJ, Cerqueira M, Hodgson JM, Mark D, Min J, et al. ACCF/SCCT/ACR/AHA/ASE/ASNC/NASCI/SCAI/SCMR 2010 appropriate use criteria for cardiac computed tomography: a report of the American college of cardiology foundation appropriate use criteria task force, the society of cardiovascular computed tomography, the American college of radiology, the American heart association, the American society of echocardiography, the American society of nuclear cardiology, the north American society for cardiovascular imaging, the society for cardiovascular angiography and interventions, and the society for cardiovascular magnetic resonance. *Circulation*. 2010;122(21):e525-e55.
162. Pannu HK, Alvarez Jr W, Fishman EK.  $\beta$ -blockers for cardiac CT: a primer for the radiologist. *American Journal of Roentgenology*. 2006;186(6\_supplement\_2):S341-S5.
163. Chun EJ, Lee W, Choi YH, Koo B-K, Choi SI, Jae HJ, et al. Effects of nitroglycerin on the diagnostic accuracy of electrocardiogram-gated coronary computed

- tomography angiography. *Journal of computer assisted tomography*. 2008;32(1):86-92.
164. Paul J-F, Abada HT. Strategies for reduction of radiation dose in cardiac multislice CT. *European radiology*. 2007;17(8):2028-37.
165. Earls JP, Berman EL, Urban BA, Curry CA, Lane JL, Jennings RS, et al. Prospectively gated transverse coronary CT angiography versus retrospectively gated helical technique: improved image quality and reduced radiation dose. *Radiology*. 2008;246(3):742.
166. Husmann L, Valenta I, Gaemperli O, Adda O, Treyer V, Wyss CA, et al. Feasibility of low-dose coronary CT angiography: first experience with prospective ECG-gating. *European heart journal*. 2008;29(2):191-7.
167. Kröpil P, Rojas CA, Ghoshhajra B, Lanzman RS, Miese FR, Scherer A, et al. Prospectively ECG-triggered high-pitch spiral acquisition for cardiac CT angiography in clinical routine: initial results. *Journal of thoracic imaging*. 2012;27(3):194.
168. Goetti R, Feuchtner G, Stolzmann P, Desbiolles L, Fischer MA, Karlo C, et al. High-pitch dual-source CT coronary angiography: systolic data acquisition at high heart rates. *European radiology*. 2010;20(11):2565-71.
169. Katzberg RW, Lamba R. Contrast-induced nephropathy after intravenous administration: fact or fiction? *Radiologic Clinics*. 2009;47(5):789-800.
170. Gerber TC, Carr JJ, Arai AE, Dixon RL, Ferrari VA, Gomes AS, et al. Ionizing radiation in cardiac imaging: a science advisory from the American Heart Association Committee on Cardiac Imaging of the Council on Clinical Cardiology and Committee on Cardiovascular Imaging and Intervention of the Council on Cardiovascular Radiology and Intervention. *Circulation*. 2009;119(7):1056-65.
171. Einstein AJ. Radiation protection of patients undergoing cardiac computed tomographic angiography. *Jama*. 2009;301(5):545-7.
172. Achenbach S, Ropers D, Holle J, Muschiol G, Daniel WG, Moshage W. In-plane coronary arterial motion velocity: measurement with electron-beam CT. *Radiology*. 2000;216(2):457-63.

173. Husmann L, Leschka S, Desbiolles L, Schepis T, Gaemperli O, Seifert B, et al. Coronary artery motion and cardiac phases: dependency on heart rate—implications for CT image reconstruction. *Radiology*. 2007;245(2):567-76.
174. Raff GL, Abidov A, Achenbach S, Berman DS, Boxt LM, Budoff MJ, et al. SCCT guidelines for the interpretation and reporting of coronary computed tomographic angiography. *Journal of cardiovascular computed tomography*. 2009;3(2):122-36.
175. Austen WG, Edwards JE, Frye R, Gensini G, Gott VL, Griffith LS, et al. A reporting system on patients evaluated for coronary artery disease. Report of the Ad Hoc Committee for Grading of Coronary Artery Disease, Council on Cardiovascular Surgery, American Heart Association. *Circulation*. 1975;51(4):5-40.
176. Miller JM, Rochitte CE, Dewey M, Arbab-Zadeh A, Niinuma H, Gottlieb I, et al. Diagnostic performance of coronary angiography by 64-row CT. *New England Journal of Medicine*. 2008;359(22):2324-36.
177. Rinehart S, Vazquez G, Qian Z, Murrieta L, Christian K, Voros S. Quantitative measurements of coronary arterial stenosis, plaque geometry, and composition are highly reproducible with a standardized coronary arterial computed tomographic approach in high-quality CT datasets. *Journal of cardiovascular computed tomography*. 2011;5(1):35-43.
178. Arbab-Zadeh A, Hoe J. Quantification of coronary arterial stenoses by multidetector CT angiography in comparison with conventional angiography: methods, caveats, and implications. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2011;4(2):191-202.
179. Cheng V, Gutstein A, Wolak A, Suzuki Y, Dey D, Gransar H, et al. Moving beyond binary grading of coronary arterial stenoses on coronary computed tomographic angiography: insights for the imager and referring clinician. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2008;1(4):460-71.
180. Stein PD, Yaekoub AY, Matta F, Sostman HD. 64-slice CT for diagnosis of coronary artery disease: a systematic review. *The American journal of medicine*. 2008;121(8):715-25.
181. Mark DB, Berman DS, Budoff MJ, Carr JJ, Gerber TC, Hecht HS, et al. ACCF/ACR/AHA/NASCI/SAIP/SCAI/SCCT 2010 expert consensus document on coronary computed tomographic angiography: a report of the American College of

- Cardiology Foundation Task Force on Expert Consensus Documents. *Journal of the American College of Cardiology*. 2010;55(23):2663-99.
182. Panting JR, Gatehouse PD, Yang G-Z, Grothues F, Firmin DN, Collins P, et al. Abnormal subendocardial perfusion in cardiac syndrome X detected by cardiovascular magnetic resonance imaging. *New England Journal of Medicine*. 2002;346(25):1948-53.
183. Hamon M, Biondi-Zoccai GG, Malagutti P, Agostoni P, Morello R, Valgimigli M, et al. Diagnostic performance of multislice spiral computed tomography of coronary arteries as compared with conventional invasive coronary angiography: a meta-analysis. *Journal of the American College of Cardiology*. 2006;48(9):1896-910.
184. Dokainish H, Pillai M, Murphy SA, DiBattiste PM, Schweiger MJ, Lotfi A, et al. Prognostic implications of elevated troponin in patients with suspected acute coronary syndrome but no critical epicardial coronary disease: a TACTICS-TIMI-18 substudy. *Journal of the American College of Cardiology*. 2005;45(1):19-24.
185. Patel MR, Chen AY, Peterson ED, Newby LK, Pollack Jr CV, Brindis RG, et al. Prevalence, predictors, and outcomes of patients with non-ST-segment elevation myocardial infarction and insignificant coronary artery disease: results from the Can Rapid risk stratification of Unstable angina patients Suppress ADverse outcomes with Early implementation of the ACC/AHA Guidelines (CRUSADE) initiative. *American heart journal*. 2006;152(4):641-7.
186. Jeetley P, Burden L, Stoykova B, Senior R. Clinical and economic impact of stress echocardiography compared with exercise electrocardiography in patients with suspected acute coronary syndrome but negative troponin: a prospective randomized controlled study. *European heart journal*. 2007;28(2):204-11.
187. Nucifora G, Badano LP, Sarraf-Zadegan N, Karavidas A, Trocino G, Scaffidi G, et al. Comparison of early dobutamine stress echocardiography and exercise electrocardiographic testing for management of patients presenting to the emergency department with chest pain. *The American journal of cardiology*. 2007;100(7):1068-73.
188. Goldstein JA, Gallagher MJ, O'Neill WW, Ross MA, O'Neil BJ, Raff GL. A randomized controlled trial of multi-slice coronary computed tomography for

- evaluation of acute chest pain. *Journal of the American College of Cardiology*. 2007;49(8):863-71.
189. Goldstein JA, Chinnaiyan KM, Abidov A, Achenbach S, Berman DS, Hayes SW, et al. The CT-STAT (coronary computed tomographic angiography for systematic triage of acute chest pain patients to treatment) trial. *Journal of the American College of Cardiology*. 2011;58(14):1414-22.
190. Miller AH, Pepe PE, Peshock R, Bhore R, Yancy CC, Xuan L, et al. Is coronary computed tomography angiography a resource sparing strategy in the risk stratification and evaluation of acute chest pain? Results of a randomized controlled trial. *Academic Emergency Medicine*. 2011;18(5):458-67.
191. Litt HI, Gatsonis C, Snyder B, Singh H, Miller CD, Entrikin DW, et al. CT angiography for safe discharge of patients with possible acute coronary syndromes. *New England Journal of Medicine*. 2012;366(15):1393-403.
192. Hoffmann U, Truong QA, Schoenfeld DA, Chou ET, Woodard PK, Nagurney JT, et al. Coronary CT angiography versus standard evaluation in acute chest pain. *New England Journal of Medicine*. 2012;367(4):299-308.
193. Linde JJ, Kofoed KF, Sørgaard M, Kelbæk H, Jensen GB, Nielsen WB, et al. Cardiac computed tomography guided treatment strategy in patients with recent acute-onset chest pain: results from the randomised, controlled trial: CARDiac cT in the treatment of acute CHest pain (CATCH). *International journal of cardiology*. 2013;168(6):5257-62.
194. Hamilton-Craig C, Fifoot A, Hansen M, Pincus M, Chan J, Walters DL, et al. Diagnostic performance and cost of CT angiography versus stress ECG — A randomized prospective study of suspected acute coronary syndrome chest pain in the emergency department (CT-COMPARE). *International Journal of Cardiology*. 2014;177(3):867-73.
195. Levsky JM, Spevack DM, Travin MI, Menegus MA, Huang PW, Clark ET, et al. Coronary computed tomography angiography versus radionuclide myocardial perfusion imaging in patients with chest pain admitted to telemetry: a randomized trial. *Annals of internal medicine*. 2015;163(3):174-83.
196. Uretsky S, Argulian E, Supariwala A, Agarwal SK, El-Hayek G, Chavez P, et al. Comparative effectiveness of coronary CT angiography vs stress cardiac imaging in

- patients following hospital admission for chest pain work-up: The Prospective First Evaluation in Chest Pain (PERFECT) Trial. *Journal of Nuclear Cardiology*. 2017;24(4):1267-78.
197. Dedic A, Lubbers MM, Schaap J, Lammers J, Lamfers EJ, Rensing BJ, et al. Coronary CT angiography for suspected ACS in the era of high-sensitivity troponins: randomized multicenter study. *Journal of the American College of Cardiology*. 2016;67(1):16-26.
198. Levsky JM, Haramati LB, Spevack DM, Menegus MA, Chen T, Mizrachi S, et al. Coronary computed tomography angiography versus stress echocardiography in acute chest pain: a randomized controlled trial. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2018;11(9):1288-97.
199. Pennell DJ, Sechtem UP, Higgins CB, Manning WJ, Pohost GM, Rademakers FE, et al. Clinical indications for cardiovascular magnetic resonance (CMR): Consensus Panel report. *European Heart Journal*. 2004;25(21):1940-65.
200. Miller CD, Hwang W, Case D, Hoekstra JW, Lefebvre C, Blumstein H, et al. Stress CMR imaging observation unit in the emergency department reduces 1-year medical care costs in patients with acute chest pain: a randomized study for comparison with inpatient care. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2011;4(8):862-70.
201. Hoffmann U, Bamberg F, Chae CU, Nichols JH, Rogers IS, Seneviratne SK, et al. Coronary computed tomography angiography for early triage of patients with acute chest pain: the ROMICAT (Rule Out Myocardial Infarction using Computer Assisted Tomography) trial. *Journal of the American College of Cardiology*. 2009;53(18):1642-50.
202. Ladapo JA, Jaffer FA, Hoffmann U, Thomson CC, Bamberg F, Dec W, et al. Clinical outcomes and cost-effectiveness of coronary computed tomography angiography in the evaluation of patients with chest pain. *Journal of the American College of Cardiology*. 2009;54(25):2409-22.
203. Members WC, Gulati M, Levy PD, Mukherjee D, Amsterdam E, Bhatt DL, et al. 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. *Journal of the American College of Cardiology*. 2021;78(22):e187-e285.

204. Sekhri N, Feder G, Junghans C, Hemingway H, Timmis AD. How effective are rapid access chest pain clinics? Prognosis of incident angina and non-cardiac chest pain in 8762 consecutive patients. *Heart*. 2007;93(4):458-63.
205. Amsterdam EA, Kirk JD, Bluemke DA, Diercks D, Farkouh ME, Garvey JL, et al. Testing of low-risk patients presenting to the emergency department with chest pain: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2010;122(17):1756-76.
206. Trippi JA, Lee KS. Dobutamine Stress Tele-Echocardiography as a Clinical Service in the Emergency Department to Evaluate Patients With Chest Pain. *Echocardiography*. 1999;16(2):179-85.
207. Nieman K, Galema T, Weustink A, Neefjes L, Moelker A, Musters P, et al. Computed tomography versus exercise electrocardiography in patients with stable chest complaints: real-world experiences from a fast-track chest pain clinic. *Heart*. 2009;95(20):1669-75.
208. Bouzas-Mosquera A, Peteiro J, Broullón FJ, Álvarez-García N, Rodríguez-Garrido JL, Mosquera VX, et al. Incremental value of exercise echocardiography over exercise electrocardiography in a chest pain unit. *European journal of internal medicine*. 2015;26(9):720-5.
209. Peteiro J, Bouzas-Mosquera A, Broullón F, Martínez D, Yañez J, Castro-Beiras A. Value of an exercise workload  $\geq 10$  metabolic equivalents for predicting inducible myocardial ischemia. *Circulation: Cardiovascular Imaging*. 2013;6(6):899-907.
210. Diamond GA, Forrester JS. Analysis of probability as an aid in the clinical diagnosis of coronary-artery disease. *New England Journal of Medicine*. 1979;300(24):1350-8.
211. Antman EM, Cohen M, Bernink PJ, McCabe CH, Horacek T, Papuchis G, et al. The TIMI risk score for unstable angina/non-ST elevation MI: a method for prognostication and therapeutic decision making. *Jama*. 2000;284(7):835-42.
212. Geleijnse M, Vigna C, Kasprzak J, Rambaldi R, Salvatori M, Elhendy A, et al. Usefulness and limitations of dobutamine-atropine stress echocardiography for the diagnosis of coronary artery disease in patients with left bundle branch block. A multicentre study. *European heart journal*. 2000;21(20):1666-73.

213. Stamm RB, Carabello BA, Mayers DL, Martin RP. Two-dimensional echocardiographic measurement of left ventricular ejection fraction: prospective analysis of what constitutes an adequate determination. *American heart journal*. 1982;104(1):136-44.
214. Hausleiter J, Meyer T, Hermann F, Hadamitzky M, Krebs M, Gerber TC, et al. Estimated radiation dose associated with cardiac CT angiography. *Jama*. 2009;301(5):500-7.
215. España. Decreto 56/2014, de 30 de abril, tarifas de los servicios sanitarios prestados en los centros dependientes del Servicio Gallego de Salud y en las fundaciones públicas sanitarias. . DOGA, 21 de mayo de 2014, Núm. 96, Pág. 22788
216. Bouzas-Mosquera A, Peteiro J, Broullon FJ, Alvarez-Garcia N, Rodriguez-Garrido JL, Mosquera VX, et al. Incremental value of exercise echocardiography over exercise electrocardiography in a chest pain unit. *European journal of internal medicine*. 2015;26(9):720-5.
217. Sanchis J, Valero E, García Blas S, Barba E, Pernias V, Miñana G, et al. Undetectable high-sensitivity troponin in combination with clinical assessment for risk stratification of patients with chest pain and normal troponin at hospital arrival. *European Heart Journal: Acute Cardiovascular Care*. 2020;9(6):567-75.
218. Foy AJ, Dhruva SS, Peterson B, Mandrola JM, Morgan DJ, Redberg RF. Coronary computed tomography angiography vs functional stress testing for patients with suspected coronary artery disease: a systematic review and meta-analysis. *JAMA internal medicine*. 2017;177(11):1623-31.
219. Siontis GC, Mavridis D, Greenwood JP, Coles B, Nikolakopoulou A, Jüni P, et al. Outcomes of non-invasive diagnostic modalities for the detection of coronary artery disease: network meta-analysis of diagnostic randomised controlled trials. *BMJ (Clinical research ed)*. 2018;360:k504.
220. Merchan Ortega G, Bonaque Gonzalez JC, Sanchez Espino AD, Aguado Martin MJ, Navarro Garcia F, Ruiz Lopez F, et al. Long-term prognostic value of peak exercise echocardiogram in patients hospitalized with acute chest pain. *Echocardiography*. 2017;34(6):869-75.
221. Piñeiro-Portela M, Peteiro-Vázquez J, Bouzas-Mosquera A, Martínez-Ruiz D, Yañez-Wonenburger JC, Pombo F, et al. Comparación de dos estrategias en la

- unidad de dolor torácico: ecocardiograma de estrés y tomografía computarizada con multidetectores. *Revista Española de Cardiología*. 2020.
222. Mas-Stachurska A, Miró O, Sitges M, de Caralt TM, Perea RJ, López B, et al. Evaluación del dolor torácico agudo mediante ecocardiografía de ejercicio y tomografía computarizada multidetectores. *Revista Española de Cardiología*. 2015;68(1):17-24.
223. Durand E, Bauer F, Mansencal N, Azarine A, Diebold B, Hagege A, et al. Head-to-head comparison of the diagnostic performance of coronary computed tomography angiography and dobutamine-stress echocardiography in the evaluation of acute chest pain with normal ECG findings and negative troponin tests: A prospective multicenter study. *International journal of cardiology*. 2017;241:463-9.
224. Sturts A, Ruzieh M, Dhruva SS, Peterson B, Mandrola JM, Liu G, et al. Resource Utilization Following Coronary Computed Tomographic Angiography and Stress Echocardiography in Patients Presenting to the Emergency Department With Chest Pain. *The American Journal of Cardiology*. 2022;163:8-12.
225. Redberg RF. Coronary CT angiography for acute chest pain. *N Engl J Med*. 2012;367(4):375-6.
226. Mahler SA, Lenoir KM, Wells BJ, Burke GL, Duncan PW, Case LD, et al. Safely identifying emergency department patients with acute chest pain for early discharge: HEART pathway accelerated diagnostic protocol. *Circulation*. 2018;138(22):2456-68.
227. Kawatkar AA, Sharp AL, Baecker AS, Natsui S, Redberg RF, Lee MS, et al. Early Noninvasive Cardiac Testing After Emergency Department Evaluation for Suspected Acute Coronary Syndrome. *JAMA Intern Med*. 2020;180(12):1621-9.
228. Amsterdam EA, Wenger NK, Brindis RG, Casey DE, Ganiats TG, Holmes DR, et al. 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with non–ST-elevation acute coronary syndromes: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Journal of the American College of Cardiology*. 2014;64(24):e139-e228.
229. Beller GA. Tests that may be overused or misused in cardiology: the Choosing Wisely® campaign. *Journal of Nuclear Cardiology*. 2012;19(3):401-3.

230. Qaseem A, Alguire P, Dallas P, Feinberg LE, Fitzgerald FT, Horwitch C, et al. Appropriate use of screening and diagnostic tests to foster high-value, cost-conscious care. American College of Physicians; 2012. p. 147-9.
231. Levin DC, Parker L, Halpern EJ, Rao VM. Recent Trends in Imaging for Suspected Coronary Artery Disease: What Is the Best Approach? Journal of the American College of Radiology : JACR. 2016;13(4):381-6.
232. Maroules CD, Rybicki FJ, Ghoshhajra BB, Batlle JC, Branch K, Chinnaiyan K, et al. 2022 use of coronary computed tomographic angiography for patients presenting with acute chest pain to the emergency department: An expert consensus document of the Society of cardiovascular computed tomography (SCCT): Endorsed by the American College of Radiology (ACR) and North American Society for cardiovascular Imaging (NASCI). Journal of Cardiovascular Computed Tomography. 2022.
233. Choi AD, Abbara S, Branch KR, Feuchtner GM, Ghoshhajra B, Nieman K, et al. Society of Cardiovascular Computed Tomography guidance for use of cardiac computed tomography amidst the COVID-19 pandemic Endorsed by the American College of Cardiology. Journal of Cardiovascular Computed Tomography. 2020;14(2):101-4.
234. Stopyra JP, Miller CD, Hiestand BC, Lefebvre CW, Nicks BA, Cline DM, et al. Chest pain risk stratification: a comparison of the 2-hour accelerated diagnostic protocol (ADAPT) and the HEART pathway. Critical pathways in cardiology. 2016;15(2):46.
235. Mark DG, Huang J, Chettipally U, Kene MV, Anderson ML, Hess EP, et al. Performance of coronary risk scores among patients with chest pain in the emergency department. Journal of the American College of Cardiology. 2018;71(6):606-16.
236. Chapman AR, Anand A, Boeddinghaus J, Ferry AV, Sandeman D, Adamson PD, et al. Comparison of the efficacy and safety of early rule-out pathways for acute myocardial infarction. Circulation. 2017;135(17):1586-96.
237. Romero-Farina G, Candell-Riera J, Agudé-Bruix S, Ferreira-González I, Cuberas-Borrós G, Pizzi N, et al. Warranty periods for normal myocardial perfusion stress SPECT. Journal of Nuclear Cardiology. 2015;22(1):44-54.

238. Douglas PS, Hoffmann U, Patel MR, Mark DB, Al-Khalidi HR, Cavanaugh B, et al. Outcomes of anatomical versus functional testing for coronary artery disease. *New England Journal of Medicine*. 2015;372(14):1291-300.
239. Hulten E, Pickett C, Bittencourt MS, Villines TC, Petrillo S, Di Carli MF, et al. Outcomes after coronary computed tomography angiography in the emergency department: a systematic review and meta-analysis of randomized, controlled trials. *Journal of the American College of Cardiology*. 2013;61(8):880-92.
240. El-Hayek G, Benjo A, Uretsky S, Al-Mallah M, Cohen R, Bamira D, et al. Meta-analysis of coronary computed tomography angiography versus standard of care strategy for the evaluation of low risk chest pain: are randomized controlled trials and cohort studies showing the same evidence? *International journal of cardiology*. 2014;177(1):238-45.
241. D'Ascenzo F, Cerrato E, Biondi-Zoccai G, Omede P, Sciuto F, Presutti DG, et al. Coronary computed tomographic angiography for detection of coronary artery disease in patients presenting to the emergency department with chest pain: a meta-analysis of randomized clinical trials. *European Heart Journal—Cardiovascular Imaging*. 2013;14(8):782-9.
242. Bittencourt MS, Hulten EA, Murthy VL, Cheezum M, Rochitte CE, Carli MFD, et al. Clinical outcomes after evaluation of stable chest pain by coronary computed tomographic angiography versus usual care: a meta-analysis. *Circulation: Cardiovascular Imaging*. 2016;9(4):e004419.
243. Investigators S-H. Coronary CT angiography and 5-year risk of myocardial infarction. *New England Journal of Medicine*. 2018;379(10):924-33.
244. The S. CT coronary angiography in patients with suspected angina due to coronary heart disease (SCOT-HEART): an open-label, parallel-group, multicentre trial. *The Lancet*. 2015;385(9985):2383-91.
245. Jørgensen ME, Andersson C, Nørgaard BL, Abdulla J, Shreibati JB, Torp-Pedersen C, et al. Functional Testing or Coronary Computed Tomography Angiography in Patients With Stable Coronary Artery Disease. *J Am Coll Cardiol*. 2017;69(14):1761-70.
246. Juarez-Orozco LE, Saraste A, Capodanno D, Prescott E, Ballo H, Bax JJ, et al. Impact of a decreasing pre-test probability on the performance of diagnostic tests for

- coronary artery disease. *European Heart Journal-Cardiovascular Imaging*. 2019;20(11):1198-207.
247. Winther S, Schmidt SE, Mayrhofer T, Bøtker HE, Hoffmann U, Douglas PS, et al. Incorporating coronary calcification into pre-test assessment of the likelihood of coronary artery disease. *Journal of the American College of Cardiology*. 2020;76(21):2421-32.
248. Patel MR, Peterson ED, Dai D, Brennan JM, Redberg RF, Anderson HV, et al. Low diagnostic yield of elective coronary angiography. *New England Journal of Medicine*. 2010;362(10):886-95.
249. Patel MR, Dai D, Hernandez AF, Douglas PS, Messenger J, Garratt KN, et al. Prevalence and predictors of nonobstructive coronary artery disease identified with coronary angiography in contemporary clinical practice. *American heart journal*. 2014;167(6):846-52. e2.
250. Cullen L, Mueller C, Parsonage WA, Wildi K, Greenslade JH, Twerenbold R, et al. Validation of high-sensitivity troponin I in a 2-hour diagnostic strategy to assess 30-day outcomes in emergency department patients with possible acute coronary syndrome. *Journal of the American College of Cardiology*. 2013;62(14):1242-9.
251. Neumann JT, Twerenbold R, Ojeda F, Sørensen NA, Chapman AR, Shah AS, et al. Application of high-sensitivity troponin in suspected myocardial infarction. *New England Journal of Medicine*. 2019;380(26):2529-40.
252. Ferencik M, Liu T, Mayrhofer T, Puchner SB, Lu MT, Maurovich-Horvat P, et al. hs-Troponin I Followed by CT Angiography Improves Acute Coronary Syndrome Risk Stratification Accuracy and Work-Up in Acute Chest Pain Patients: Results From ROMICAT II Trial. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2015;8(11):1272-81.
253. Medicare Cf, Medicaid Services H. Medicare Program: changes to hospital outpatient prospective payment and ambulatory surgical center payment systems and quality reporting programs. Final rule with comment period. *Federal register*. 2018;83(225):58818-9179.
254. Jasani G, Papas M, Patel AJ, Jasani N, Levine B, Zhang Y, et al. Immediate Stress Echocardiography for Low-Risk Chest Pain Patients in the Emergency Department: A Prospective Observational Cohort Study. *The Journal of emergency medicine*. 2018;54(2):156-64.

- 
255. Davies R, Liu G, Sciamanna C, Davidson WR, Jr., Leslie DL, Foy AJ. Comparison of the Effectiveness of Stress Echocardiography Versus Myocardial Perfusion Imaging in Patients Presenting to the Emergency Department With Low-Risk Chest Pain. *Am J Cardiol.* 2016;118(12):1786-91.
  256. D'Ascenzo F, Cerrato E, Biondi-Zoccai G, Omedè P, Sciuto F, Presutti DG, et al. Coronary computed tomographic angiography for detection of coronary artery disease in patients presenting to the emergency department with chest pain: a meta-analysis of randomized clinical trials. *European heart journal Cardiovascular Imaging.* 2013;14(8):782-9.
  257. Chaubey VK, Patel M, Atreya AR. Cost analysis of the History, ECG, Age, Risk factors, and initial Troponin (HEART) Pathway randomized control trial. *The American Journal of Emergency Medicine.* 2017;35(6):916-7.
  258. Parsonage WA, Milburn T, Ashover S, Skoien W, Greenslade JH, McCormack L, et al. Implementing change: evaluating the Accelerated Chest pain Risk Evaluation (ACRE) project. *Medical Journal of Australia.* 2017;207(5):201-5.



# 8

## Difusión de resultados

---



## 8. DIFUSIÓN DE RESULTADOS

### 8.1. PUBLICACIONES EN REVISTAS

- Piñeiro-Portela M, Peteiro-Vázquez J, Bouzas-Mosquera A, Martínez-Ruiz D, Yáñez-Wonenburger JC, Pombo F, et al. Comparación de dos estrategias en la unidad de dolor torácico: ecocardiograma de estrés y tomografía computarizada con multidetectores. Revista Española de Cardiología. 2020. DOI:10.1016/j.recesp.2020.01.007. Factor de impacto 2021 7,05. 2.578 visitas al artículo a 10 Diciembre 2022.
- Piñeiro-Portela M, Peteiro-Vázquez J, Bouzas-Mosquera A, Vázquez-Rodríguez JM. Unidad de dolor torácico: no olvidar los índices clínicos. Respuesta. Revista Española de Cardiología. 2021;74 (1):113-4. Factor de impacto 2021 7,05. 1.545 visitas al artículo a 10 Diciembre 2022.

### 8.2 COMUNICACIÓN DE RESULTADOS

#### 8.2.1 Congresos Nacionales

- Comunicación oral. Congreso astur galaico de cardiología asturgalaico 2019. Avilés 31 Mayo-1 Junio 2019. Comparación de dos estrategias en la unidad de dolor torácico: ecocardiografía de estrés y tomografía multidetector computarizada. Varela Cancelo, Ariana; Piñeiro Portela, Miriam; Peteiro Vázquez, Jesús; Bouzas Mosquera, Alberto; Martínez Ruiz, Dolores; Yáñez Wonenburger, Juan Carlos; Pombo, Francisco; Vázquez Rodríguez, José Manuel. C.H.U.A C de A Coruña.

### 8.2.2. Congresos internacionales

- P2067. Pineiro-Portela M, Peteiro-Vazquez J, Pombo F, Martinez D, Yanez JC, Bouzas A, et al. Comparison of two strategies in a chest pain unit: stress-echocardiography and multidetector computed tomography. *European Heart Journal*. 2013; 34 (suppl 1). Congress Society European Cardiology, 2013. Amsterdam.
- Póster moderado. P4987. Pineiro-Portela M, Peteiro-Vazquez J, Bouzas-Mosquera A, Martinez-Ruiz D, Yanez-Wronenburger JC, Pombo F, et al. Long term follow up comparison of two strategies in a chest pain unit: stress-echocardiography and multidetector computed tomography. *European Heart Journal*. 2019;40 (Supplement\_1). Congress Society European Cardiology, 2019. París

### 8.2.3. Cursos de Formación

- Impartición charla “Comparación de dos estrategias en la unidad de dolor torácico: ecocardiografía de estrés y tomografía multidetector computarizada” en el Curso de Formación Continuada en Cardiología. Organizado por Hospital Universitario de A Coruña e Instituto de Ciencias de la Salud de la Universidad de A Coruña. A Coruña 5 Abril 2021.

## 8.3. PREMIOS

- Premio a la mejor comunicación en su categoría. “Long term follow up comparison of two strategies in a chest pain unit: stress-echocardiography and multidetector computed tomography”. Congress Society European Cardiology, 2019. París

# 9

## Anexos

---



## **9. ANEXOS**

**ANEXO 1. PROGRAMA DE OBSERVACIÓN Y ESTUDIO DEL PACIENTE CON DOLOR TORÁCICO EN URGENCIAS EN EL HOSPITAL JUAN CANALEJO DE A CORUÑA (PROTOCOLO ORIGINAL)**



Programa de observación y estudio  
del paciente con Dolor Torácico en  
Urgencias en el Hospital Juan  
Canalejo de A Coruña

A Coruña, julio 2007



## Índice

<b>El dolor torácico como problema asistencial .....</b>	<b>167</b>
<i>Unidades de dolor torácico .....</i>	169
<i>Asistencia al dolor torácico en el Hospital Juan Canalejo .....</i>	170
<b>Recursos para la asistencia de pacientes con enfermedad coronaria .....</b>	170
<b>Organización de la asistencia actualmente .....</b>	172
<b>Actividad asistencial .....</b>	172
<b>Propuesta de una Unidad funcional de dolor torácico .....</b>	175
<b>Problemas previsibles en la UDT funcional .....</b>	177
<b>Aspectos económicos .....</b>	177
<b>Proceso de asistencia al dolor torácico urgente en el Hospital Juan Canalejo.....</b>	<b>178</b>
<b>Pacientes con dolor torácico no sugestivo de enfermedad coronaria.....</b>	179
<b>Pacientes con angina estable.....</b>	179
<b>Pacientes con sospecha de SCA .....</b>	181
<b>SCA con elevación del segmento ST .....</b>	181
<b>SCA sin elevación del segmento ST .....</b>	182
Estudio inicial .....	182
Programa de Dolor Torácico.....	183
Estudio cardiológico .....	185
Seguimiento y agenda.....	188
<b>Anexo 1: Esquema del programa de observación y estudio.....</b>	<b>189</b>
<b>Anexo 2: Lista de acciones durante el período de observación y alta .....</b>	<b>190</b>



## El dolor torácico como problema asistencial

El dolor torácico es una causa frecuente de consulta en los Servicios de Urgencias hospitalarios de todo el mundo occidental. Algunas estimaciones presentan al dolor torácico como la principal causa de consulta en el 5-20 % de los pacientes que acuden al Servicio de Urgencias de un hospital general (Erhardt, 2002). En nuestro medio se ha publicado que el dolor torácico supone el 12 % de las urgencias de causa médica y el 4.4 % de todas las urgencias recibidas en un hospital terciario (Bragulat, 2007). El diagnóstico de la causa del dolor torácico es de extrema importancia porque es el síntoma guía de enfermedades graves que ponen en peligro la vida del paciente. El tromboembolismo pulmonar, la disección de aorta, el neumotórax y, particularmente por su elevada incidencia, la enfermedad coronaria presentan como síntoma más sobresaliente el dolor torácico. En cualquiera de estas entidades un correcto diagnóstico y tratamiento, establecidos de modo precoz, tiene un incuestionado efecto sobre la supervivencia de los pacientes.

Con respecto a la enfermedad coronaria, la presentación de un cuadro clínico caracterizado por un dolor torácico de inicio brusco y que aparece o se mantiene en reposo, resulta sugestivo de un síndrome coronario agudo (SCA), es decir infarto agudo de miocardio (IAM) o angina inestable (AI). Los avances en el tratamiento de esta enfermedad, potencialmente grave, han favorecido una tendencia en los médicos a favor de solicitar su internamiento en un centro hospitalario. Sin embargo, solamente en el 25 % de los pacientes que se presentan en un Servicio de Urgencias con síntomas sugestivos de SCA se confirma finalmente esta sospecha (Pope, 1998). El resto de los pacientes presentan otras causas de dolor torácico, la mayoría de ellas banales en lo que respecta a la supervivencia (dolor muscular, articular, digestivo...) pero la mitad aproximadamente son ingresados (Pope, 2005) y consumen recursos asistenciales costosos en términos de estancias en Unidad Coronaria, estancias en hospitalización convencional, pruebas diagnósticas...

Por otra parte, cerca de un 5 % de los pacientes con SCA que acuden al Servicio de Urgencias son dados de alta y su mortalidad a los 30 días es mayor que en los pacientes ingresados (Pope, 2000), llegando a ser del 10 % al 33 % (Lee, 1987).

En la figura 1 se expone un esquema que representa el resultado de la evaluación de los pacientes con dolor torácico que acuden a un Servicio de Urgencias.

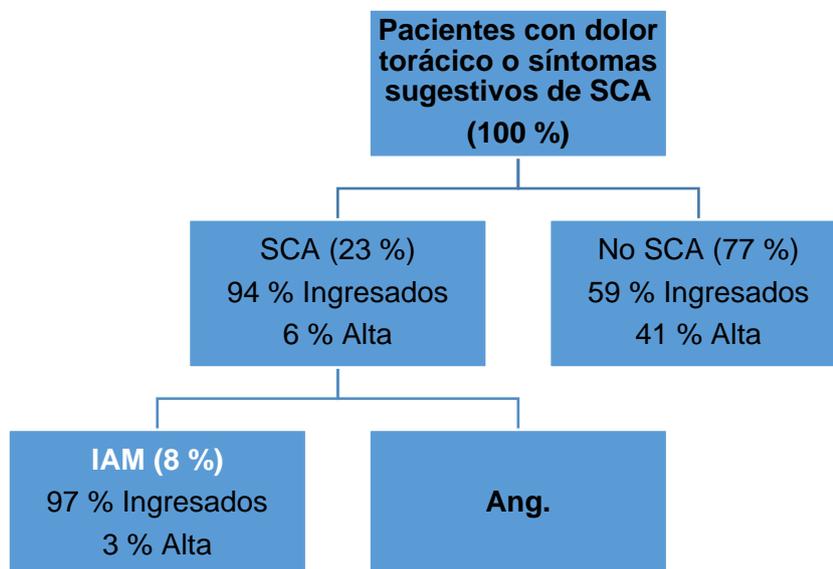


Figura 1: esquema de diagnóstico y triaje de los pacientes que se presentan con síntomas sugestivos de isquemia en el Servicio de Urgencias. Modificado de (Pope, 2005)

La causa de los errores diagnósticos está en la limitación de los métodos disponibles para estudiar a los pacientes con síntomas sugestivos de SCA en los Servicios de Urgencia. La presunción diagnóstica de SCA se basa en datos clínicos y exploraciones básicas, principalmente ECG, radiografía de tórax y datos analíticos.

Las características del dolor torácico hacen a veces difícil diferenciar entre dolor de origen coronario y el motivado por otras causas. Los dolores tipo pinchazo, reproducibles a la palpación, variables con la respiración y la posición, están con menos frecuencia relacionados con enfermedad coronaria pero no la descartan (Lee, 1985) (Pope, 2005). Por otra parte, en ocasiones los SCA se presentan con síntomas diferentes del dolor torácico, son los llamados equivalentes anginosos. El equivalente anginoso más frecuente es la disnea pero síntomas tan poco específicos como mareo, debilidad o fatiga pueden ser los síntomas guía en algunos pacientes con SCA. La presentación atípica es particularmente frecuente en ciertas poblaciones de pacientes como las mujeres, ancianos y diabéticos.

El ECG es una herramienta diagnóstica indispensable en el estudio del paciente con sospecha de enfermedad coronaria pero adolece de importantes limitaciones. El ECG de 12 derivaciones refleja la situación en un breve espacio de tiempo y en muchas ocasiones cuando el paciente ya no tiene dolor. Además, la interpretación del trazado del ECG es difícil con cierta frecuencia y la sensibilidad y especificidad del ECG para detectar isquemia miocárdica son imperfectas. Por otra parte, algunas alteraciones basales del ECG hacen muy difícil su interpretación (ondas Q previas, repolarización precoz, HVI, BRIHH, arritmias) y cuando hay signos de isquemia resulta muy útil la comparación con trazados previos si están disponibles (Lee, 1987).

La determinación de la concentración sérica de marcadores de daño miocárdico (MDM) que reflejan el daño en las células miocárdicas producido por la isquemia ha sido un instrumento valioso para el diagnóstico de SCA. Sin embargo no todos los pacientes con SCA presentan daño miocárdico, la elevación de estas proteínas es un criterio diagnóstico de IAM pero una proporción importante de pacientes con SCA son finalmente diagnosticados de angina inestable y no IAM. Por otra parte, la cinética de liberación de estas proteínas desde los miocardiocitos, la concentración previa en suero, la tasa de secreción, la presencia en otros tejidos influyen en la capacidad de estos marcadores como herramientas diagnósticas. En las primeras horas de la aparición de los síntomas ningún MDM es útil para diagnosticar daño miocárdico. La mioglobina es la proteína que más precozmente eleva su concentración en plasma después de una lesión en el miocardio pero no es específica del músculo cardíaco y puede estar elevada en otras alteraciones musculares. La CKMB y la troponina T o I son marcadores comúnmente utilizados en el diagnóstico de SCA. Ambas se elevan varias horas después de que ocurra la lesión miocárdica por lo que su sensibilidad no es muy alta en las primeras horas pero aumenta cuando se realizan determinaciones repetidas a las 4-6 horas.

### ***Unidades de dolor torácico***

En un intento por estudiar de un modo más eficaz a los pacientes con síntomas sugestivos de isquemia cardíaca, se propuso la creación de Unidades de Dolor Torácico (UDT) que, mediante protocolos de estudio, permiten clasificar a los pacientes con el resultado de una asistencia más eficiente. Los pacientes susceptibles de estudio en estas UDT son aquellos

que presentan un riesgo intermedio de presentar enfermedad coronaria. Los pacientes de alta probabilidad de enfermedad coronaria son directamente ingresados para su posterior estudio y tratamiento y los pacientes con baja probabilidad son dirigidos hacia la realización de estudios por otras causas de dolor torácico y generalmente son dados de alta.

Las UDT pueden estar constituidas como unidades estructurales, con recursos propios en los Servicios de Urgencias, o como unidades funcionales que aprovechan los recursos ya existentes en el hospital y los utilizan para el estudio de los pacientes que llegan a Urgencias con síntomas compatibles con SCA.

En la mayoría de los casos, los protocolos de estas UDT consisten en un período de vigilancia de 6-8 horas, con la realización de ECG y determinaciones de MDM repetidas y, si no hay datos que permitan establecer un diagnóstico, la realización de una prueba no invasiva provocadora de isquemia, generalmente una ergometría máxima con protocolo de Bruce. La estancia de los pacientes en la UDT no suele ser superior a las 12 horas. En cualquier caso, cada hospital establece el protocolo que mejor se adapta a su propio funcionamiento y la disponibilidad de recursos. Resulta especialmente interesante que la realización de una ergometría tanto precozmente después de que el paciente acuda a Urgencias, como en las primeras 72 horas, no supone un riesgo para los pacientes.

El análisis de la actividad de las Unidades de Dolor Torácico muestra que permiten una mejor clasificación de los pacientes, disminuyendo las tasas de ingresos inapropiados y los errores que llevan a dar de alta a pacientes que sufren un SCA. La mejor utilización de los recursos, principalmente de las camas hospitalarias, se traduce en una mayor eficiencia.

### ***Asistencia al dolor torácico en el Hospital Juan Canalejo***

#### **Recursos para la asistencia de pacientes con enfermedad coronaria**

El Complejo Hospitalario Universitario Juan Canalejo presta asistencia directa a un área sanitaria con una población de 532.641 personas en el año 2005, según datos del Instituto Galego de Estadística.

El Servicio de Urgencias del Hospital Juan Canalejo dispone de 10 consultas de asistencia y un área de observación con camas y monitorización electrocardiográfica. Dos de las clínicas están habilitadas para la atención a pacientes críticos. El Servicio dispone de un área de triage que funciona durante la mayor parte del día. Los pacientes que acuden solicitando asistencia urgente son explorados en las clínicas y posteriormente pasan al área de observación si precisan vigilancia médica, a la sala de espera de pacientes en espera de los resultados de las pruebas en los casos menos graves o son directamente enviados de alta.

Se dispone también de una Unidad de Preingreso en la que los pacientes son atendidos hasta ser ingresados en una cama en las Unidades de hospitalización o enviados para su atención ambulatoria precoz en las consultas de especialidades.

El Servicio de Cardiología tiene 36 camas de hospitalización, entre las cuales se encuentran 12 camas de Cuidados Intermedios. Este Servicio cuenta con una Unidad de Técnicas Diagnósticas no invasivas que dispone de dos ecocardiógrafos, un ergómetro convencional que puede realizar pruebas de consumo de O<sub>2</sub> y un equipo de ecocardiografía de stress. La Unidad de Cardiología Intervencionista trabaja actualmente con 3 salas y realiza guardia localizada de 24 horas, con un alto volumen de intervención en el infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST (IAMEST). El Servicio de Cardiología es de referencia para técnicas intervencionistas para un área que abarca también la zona norte de las provincias de La Coruña y Lugo y que aporta otros 496.644 habitantes.

La Unidad Coronaria cuenta con 8 camas y la tecnología para la asistencia de pacientes con enfermedades cardíacas en situación crítica. Un equipo de guardia de Cardiología que está formado por dos MIR, bajo la tutela de un adjunto de Cardiología (hasta las 22.00 hs) o de la UCI, es el responsable de la atención en la Unidad Coronaria durante el horario no laboral.

El Servicio de Cirugía Cardíaca utiliza dos quirófanos en jornada completa, dispone de 32 camas de hospitalización y tiene un equipo de guardia localizada.

## **Organización de la asistencia actualmente**

El paciente que acude al Servicio de Urgencias con síntomas compatibles con enfermedad coronaria pasa por el área de triage (disponible solo de 9 a 22.00 hs) en donde se clasifica su prioridad de atención. El paciente es atendido en las clínicas de exploración de Urgencias por un médico de este Servicio. Se le realiza una anamnesis, exploración física y ECG. Si se confirma que el dolor es de origen no coronario o este es poco probable, el paciente es dado de alta.

En el caso de que el ECG revele una elevación del segmento ST, los especialistas de la Unidad Coronaria (en horario laboral) o la guardia de Cardiología son avisados y, si se confirma el diagnóstico y no hay contraindicaciones, se avisa al equipo de guardia de Cardiología Intervencionista para realizar una angioplastia primaria. Desde el laboratorio de Hemodinámica el paciente es ingresado en la Unidad Coronaria o en la Unidad de Cuidados Intermedios si el paciente está estable o no hay camas libres en la Unidad Coronaria.

Los pacientes con alteraciones del ECG sugestivas de isquemia pero sin elevación del segmento ST (SCASEST) son comentados con la guardia de Cardiología o la Unidad Coronaria para su ingreso en la Unidad Coronaria, Unidad de Intermedios o planta de hospitalización convencional según su nivel de riesgo.

Los casos sin alteraciones en el ECG y con clínica dudosa suelen ser atendidos en la Unidad de Observación de Urgencias mientras se espera el resultado de las pruebas analíticas. En el caso de observarse elevación de los marcadores de daño miocárdico los pacientes son manejados como se ha comentado anteriormente para los SCASEST. Si el diagnóstico no puede confirmarse y la sospecha de enfermedad coronaria no pueda descartarse, lo más frecuente es que el paciente ingrese en una planta de hospitalización convencional para ser estudiado.

## **Actividad asistencial**

En el año 2006 fueron atendidas 105.704 urgencias en el Hospital Juan Canalejo. Ese mismo año, según datos del Servicio de Codificación, 2243 pacientes fueron dados de alta

con el diagnóstico de SCA o dolor torácico (ver tabla 1). El 86 % de estos pacientes (1937) fueron ingresados de modo urgente, lo cual supone el 1.8 % del total de urgencias atendidas en ese período. Estos datos pueden no ser absolutamente precisos, pero se aproximan a los comunicados recientemente en una Unidad estructural de dolor torácico, en la que se encuentra una prevalencia del 4.4 % de dolor torácico como motivo de consulta en Urgencias, con respecto al total de urgencias atendidas (Bragulat, 2007). En este centro, de perfil y población atendida similar al Hospital Juan Canalejo, el 48 % de los pacientes con dolor torácico se etiquetaron inicialmente como no coronarios, lo cual dejaría una incidencia de dolor coronario o posiblemente coronario del 2.3 %, más similar al 1.8 % de nuestro centro.

Tabla 1: Altas en 2006 con diagnóstico de SCA o dolor torácico.  
Datos facilitados por la Unidad de Codificación del Hospital Juan Canalejo.

	TOTAL			URGENTE			PROGRAMADO		
	n	ESTANCIAS	EM	n	ESTANCIAS	EM	n	ESTANCIAS	EM
ANGINA INESTABLE	504	5514	10,9	464	4958	10,7	40	556	13,9
IAM CON ELEVACION ST	592	4475	7,6	482	3539	7,3	110	936	8,5
IAM NO Q	422	4311	10,2	303	3311	10,9	119	1000	8,4
DOLOR TORACICO	725	3052	4,2	688	2940	4,3	37	112	3,0
CON PRUEBA DE ESFUERZO	401	1717	4,3	386	1694	4,4	15	23	1,5
SIN PRUEBA DE ESFUERZO	324	1335	4,1	302	1246	4,1	22	89	4,0

Resulta interesante que casi el 50 % de los pacientes con el diagnóstico de dolor torácico al alta no son sometidos a un test provocador de isquemia.

Si aplicáramos los resultados porcentuales obtenidos en el estudio de Bragulat et al. (figura 2) (Bragulat, 2007) al número total de urgencias de nuestro hospital obtendríamos el resultado de la figura 3.

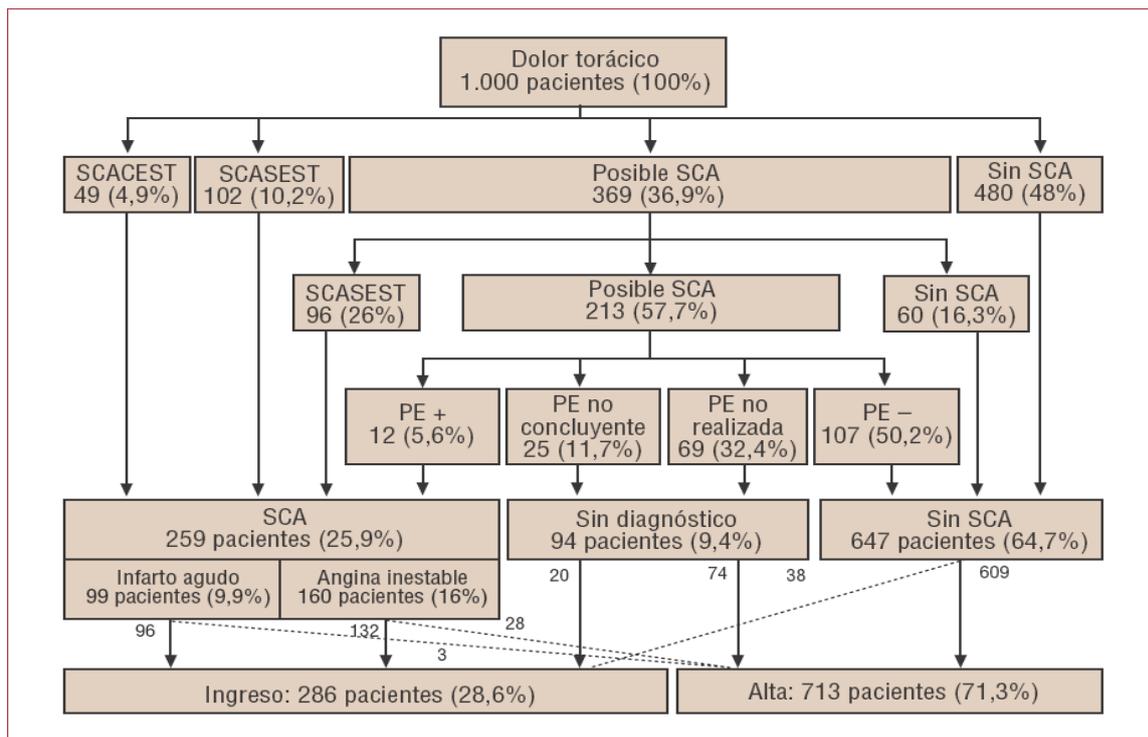


Figura 2: análisis de los resultados de los 1000 primeros pacientes en una Unidad estructural de Dolor Torácico (ver texto).

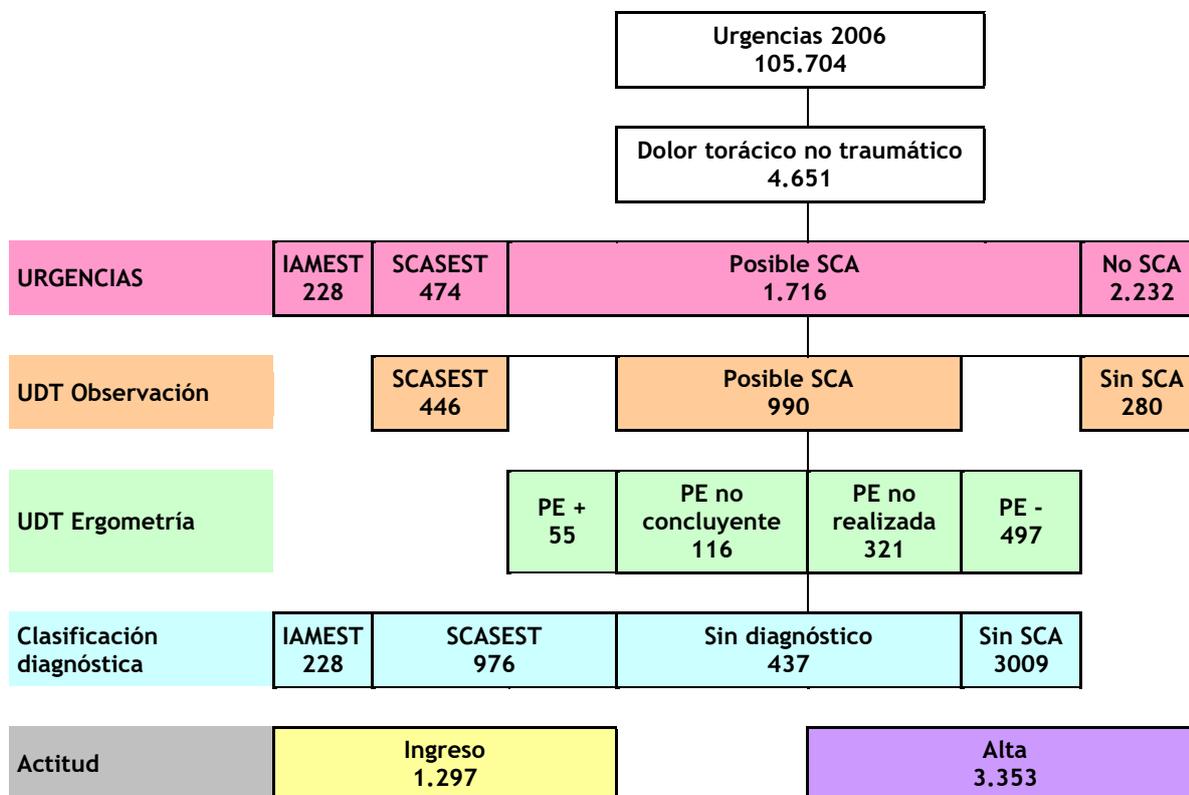


Figura 3: efecto de aplicar los porcentajes obtenidos en la UDT del hospital Clinic de Barcelona (Figura 2) al nº de urgencias del H. Juan Canalejo.

El hospital Clinic de Barcelona atiende una población de 500.000 habitantes, similar a la del Hospital Juan Canalejo. Destaca la mayor frecuencia de pacientes con IAMEST del Hospital Juan Canalejo pero esto sin duda está motivado porque el Hospital Juan Canalejo es de referencia para este tipo de pacientes para una población de aproximadamente un millón de habitantes, el doble del hospital Clinic, además hay que tener en consideración del programa PROGALIAM y que el hospital Clinic se encuentra en una ciudad con otros grandes hospitales que pueden competir por este tipo de pacientes.

### **Propuesta de una Unidad funcional de dolor torácico**

Desde la situación asistencial y estructural actual en nuestro hospital, parece más factible la puesta en marcha de una Unidad funcional de Dolor Torácico que una Unidad estructural con recursos asistenciales directamente destinados a esta Unidad.

La UDT funcional se sustentaría en los siguientes elementos:

1. Un protocolo de estudio y vigilancia de los pacientes con sospecha de SCA. Se desarrollaría en el Servicio de Urgencias y básicamente consistiría en la realización seriada de ECG y determinaciones de marcadores de daño miocárdico (MDM).
2. Apoyo de la guardia de Cardiología: será la responsable de la decisión de ingreso de los pacientes que cumplan los criterios de ingreso (ECG o MDM) durante el periodo de observación.
3. Un especialista en Cardiología responsable de evaluar todas las mañanas a los pacientes que han sido vigilados y estudiados siguiendo el protocolo. Decidirá la necesidad de pruebas no invasivas y coordinará su realización en la misma mañana o lo más precozmente posible. Decidirá la necesidad de estudio en la consulta de Cardiología de alta resolución y concertará la cita en los casos indicados. Elaborará el informe para el paciente y su médico. Informará a la familia. Realizará un seguimiento telefónico de los pacientes que hayan sido dados de alta en la Unidad y cubrirá un cuestionario que permita valorar la efectividad y calidad de la UDT. Este Cardiólogo debería formar parte del equipo clínico de Cardiología que será el responsable de mantener esta actividad en el caso de ausencia por vacaciones, permisos...
4. Realización de ergometría en la mañana siguiente al ingreso: De los datos anteriores se obtiene la necesidad de realizar 989 ergometrías a los pacientes de la

UDT. Esto significa la realización de **4 estudios por día**. La sobrecarga inicial quedará compensada con el tiempo al realizarse menos estudios a los pacientes ingresados. Según la evolución de las necesidades se planteará la modificación de esta actividad. La programación actual por agenda es de 25 estudios a la semana, a los que se añaden los solicitados a los pacientes ingresados, realizándose 1500 estudios anuales (incluyendo pruebas de consumo de O<sub>2</sub>). La agenda de ecocardiografía de stress está programada con 17 estudios semanales y se realizan anualmente 915 estudios (datos facilitados por los Servicios de Admisión y Gestión). Puede ser preciso establecer una jornada extraordinaria de 3 días a la semana para evitar que progrese la lista de espera de este tipo de estudios. Por la tarde se realizarían estudios programados dejando espacio en la jornada de mañana para realizar estudios a los pacientes de Urgencias.

En la figura 4 se esquematiza el funcionamiento de la UDT funcional.

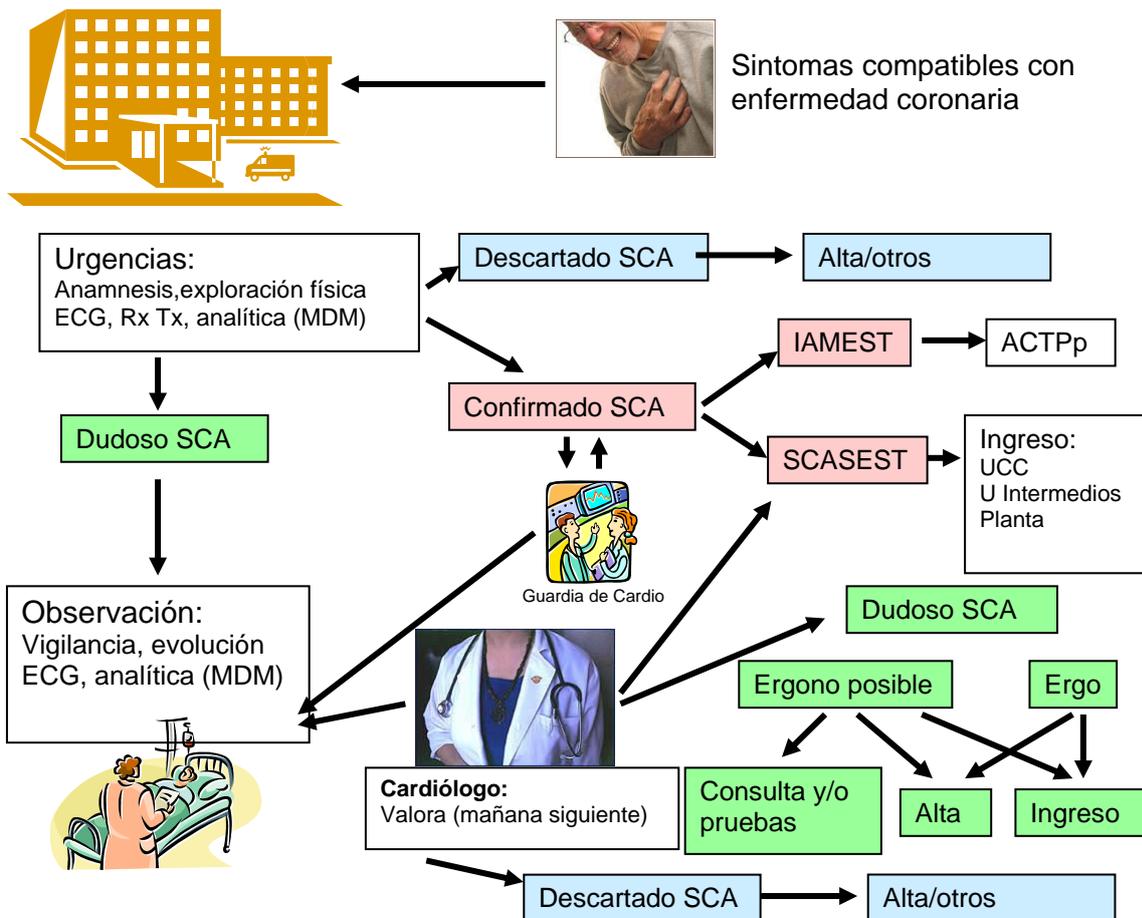


Figura 4: esquema de funcionamiento de una Unidad Funcional de Dolor Torácico.

## Problemas previsibles en la UDT funcional

1. Funcionamiento en fines de semana y festivos: los pacientes que acudan a Urgencias en estos días no podrán ser sometidos a una prueba de esfuerzo hasta el primer día lectivo. Se podrían programar para realizar la prueba el primer día laborable. Para ello habría que reservar huecos en la agenda de programación y organizar las citas con el Servicio de Admisión.
2. Pacientes que no pueden realizar una ergometría: valorar la posibilidad de un eco de stress farmacológico o de un estudio radioisotópico en un centro externo.
3. Ocupación de camas en el área de observación: los pacientes que están en periodo de vigilancia y estudio ocuparán camas en esta Unidad. Una solución podría ser trasladarlos a la UPI o ingresarlos en plantas de hospitalización bajo la supervisión de la guardia de Cardiología hasta que sean visitados por el cardiólogo responsable de la Unidad al día siguiente.
4. Cuestionario, informe de alta y base de datos de seguimiento a los 30 días: debería tratarse de utilizar una aplicación informática similar al “Hercules” que genere el informe de alta que debe ser completo y formativo para el médico de atención primaria. Debe permitir la explotación estadística y la cuantificación de esta actividad.

## Aspectos económicos

La creación de una UDT funcional mejorará la eficiencia de la asistencia a los pacientes con síntomas compatibles con enfermedad coronaria. En la tabla 2 se analizan tres supuestos, el primero se basa en el número de pacientes que se dieron de alta en el año 2006 con el diagnóstico de dolor torácico después de haberles realizado una ergometría. El segundo supuesto analiza el efecto de no ingresar a los pacientes con ergometría negativa asumiendo la extrapolación del hospital Clinic. En el tercer supuesto, siguiendo la misma extrapolación, se evalúa el efecto de no ingresar a los pacientes que fueron dados de alta en la UDT, es decir, después de haber pasado el filtro del Servicio de Urgencias. Se consideró que la estancia media en caso de ingresar sería similar a la de los pacientes con diagnóstico

de dolor torácico al alta. Son estimaciones a la baja del efecto económico puesto que no incluye la disminución de la estancia media en los pacientes ingresados con el diagnóstico de enfermedad coronaria que tendrá lugar si se realiza el test de ejercicio antes del ingreso. Además no se evalúa el efecto económico de la mayor seguridad en el diagnóstico y que evitará que aproximadamente un 5 % de los pacientes con SCA sean dados de alta desde el Servicio de Urgencias. Los costes derivados de estos errores diagnósticos pueden relacionarse no solamente de una mayor incidencia de eventos cardíacos en estos pacientes sino también de reclamaciones judiciales pero su estimación es difícil de realizar.

Tabla 2. Estimaciones del ahorro que supone la UDT funcional en varios supuestos (ver texto)

	n	EM	ESTANCIAS	coste/día	coste total	coste ptas
Dolor torácico + ergometría	386	4,4	1694	80 €	135.520 €	22.587.118
Possible SCA con ergo -	497	4,4	2181	80 €	174.491 €	29.082.378
Altas en la UDT	1121	4,4	4920	80 €	393.570 €	65.596.269

## Proceso de asistencia al dolor torácico urgente en el Hospital Juan Canalejo.

Los pacientes que acuden al Servicio de Urgencias aquejados de dolor torácico pueden categorizarse en varios grupos cuya aproximación diagnóstica y terapéutica es diferente. Esta clasificación previa se hace de modo habitual, sobre la base de los datos clínicos principalmente y la ayuda de exploraciones complementarias sencillas que pueden realizarse desde el Servicio de Urgencias.

El diagnóstico de angina es esencialmente clínico. Típicamente se presenta como un dolor visceral (difícil de localizar), retrosternal, definido como una opresión, un peso, ardor o constricción en la garganta, que no resulta afectado por la respiración, la posición o los movimientos. Aparece de modo súbito y aumenta de intensidad gradualmente, alcanzando el máximo a los 2 – 3 minutos y permanece durante varios minutos (hasta 30) con posibles modificaciones de su intensidad.

La interpretación del cuadro clínico debe realizarse de modo global y no descartar un origen coronario solo sobre la base de una presentación no característica. Se ha comunicado que un dolor de tipo punzante fue finalmente diagnosticado de SCA en un 22 % (Lee, 1985). SCA fue también diagnosticado en un 13 % de pacientes con dolor parcialmente pleurítico, en el 24 % de pacientes que referían dolor parcialmente reproducible por palpación, en el 7 % de aquellos cuyo dolor era totalmente reproducible por palpación, mientras que ningún paciente con dolor claramente pleurítico presentó SCA (Pope, 2005). Los pacientes que describieron sus síntomas como similares a un episodio isquémico previo presentaban un SCA con mayor frecuencia. Los pacientes con una combinación de dolor descrito como punzante y que fue también pleurítico, posicional o reproducible con palpación fueron finalmente diagnosticados de angina inestable en el 3 % de los casos y ninguno de ellos fue diagnosticado de IAM. La misma presentación en pacientes sin historia de enfermedad coronaria previa no fue diagnosticada de SCA en ningún caso (Pope, 2005). Un dolor irradiado a ambos brazos se presenta en el 33 % de los pacientes con IAM, un 29 % tienen dolor irradiado al brazo izquierdo solamente y solo un 2 % presentan irradiación aislada al brazo derecho. El 15 % de los pacientes que refieren dolor abdominal presentan SCA pero solamente el 1 % de los pacientes se quejan únicamente de dolor abdominal y en ellos la incidencia de SCA es del 4 % (Pope, 1998).

### **Pacientes con dolor torácico no sugestivo de enfermedad coronaria.**

Los pacientes con un cuadro no sugestivo de enfermedad coronaria deben ser dirigidos hacia otros estudios específicos, en el propio hospital en el caso de sospecha de una enfermedad grave (TEP, disección aórtica), o de alta a su médico de cabecera. Los médicos del Servicio de Urgencias serán los responsables de estos pacientes, como se está realizando actualmente.

### **Pacientes con angina estable.**

Se considera angina típica (segura) un cuadro caracterizado por:

- Dolor torácico de características típicas en cuanto a su calidad y duración.

- Provocado por el ejercicio físico o el stress emocional
- Aliviado con reposo o nitroglicerina sublingual

Si cumple 2 de estas condiciones se considera angina atípica (probable) y si solo cumple una o ninguna no se trata de una angina estable (Fox, 2006).

La severidad de la angina se clasifica en 4 categorías (clasificación de la Canadian Cardiovascular Society) de acuerdo a la capacidad funcional del paciente:

- Clase I: la actividad ordinaria no causa angina, que solo aparece con ejercicio extenuante, rápido o prolongado.
- Clase II: Limitación leve de la actividad ordinaria. La angina aparece al caminar o subir escaleras rápidamente y al subir cuestras, después de las comidas, es estados de stress emocional, clima frío o en las primeras horas después de levantarse.
- Clase III: Limitación marcada de la actividad normal. La angina aparece al caminar 100-200 m por terreno llano o al subir un piso de escaleras a paso normal.
- Clase IV: Incapacidad para realizar cualquier actividad física o el dolor aparece en reposo (realmente se trata de angina inestable, de reposo).

Es necesario considerar otras causas de angina estable, diferentes de la enfermedad coronaria, como la estenosis aórtica, la miocardiopatía hipertrófica, la cardiopatía hipertensiva.

El pronóstico de los pacientes con angina estable es variable dependiendo de la función ventricular y de la extensión de la isquemia. En general los pacientes pueden ser dirigidos a su especialista de cardiología para estratificar su pronóstico en el caso de que no se haya hecho previamente, o a su médico de cabecera si el episodio actual es similar a otros previos y no se acompaña de datos de mal pronóstico o que aconsejen la realización de una coronariografía (Fox, 2006) (tabla 3).

Tabla 3: Criterios de posible ingreso en pacientes con angina estable

Síntomas de Insuficiencia cardíaca o hipotensión acompañantes.
Signos de disfunción de VI no previamente conocida (dilatación en Rx...)
Angina clase III o mayor, reciente, particularmente con mala respuesta al tratamiento.
Pacientes con revascularización coronaria y recurrencia precoz de angina clase II o III
Ergometría de mal pronóstico conocida.
Secundaria a arritmia ventricular, bloqueo AV u otra causa que requiera ingreso.

Los pacientes con alguna de estas condiciones y que no hayan sido descartados para revascularización coronaria serán ingresados en una planta de hospitalización de Cardiología o Medicina Interna.

Los pacientes que no cumplan estos criterios y que no presenten otras condiciones que requieran ingreso, serán enviados a su médico de atención primaria desde el Servicio de Urgencias, con tratamiento antiagregante, estatinas, IECA y antianginoso (betabloqueantes como primer fármaco y nitratos sublinguales).

### **Pacientes con sospecha de SCA**

Bajo la denominación de síndrome coronario agudo (SCA) se incluyen los pacientes con características clínicas que sugieren que la isquemia miocárdica está provocada por una disminución del flujo y no por un incremento en los requerimientos energéticos del músculo cardíaco. La disminución del flujo coronario refleja cambios en las arterias coronarias, secundarios a procesos aterotrombóticos, que pueden llegar a la oclusión coronaria con el consiguiente desarrollo de un infarto agudo de miocardio y un mayor riesgo de muerte.

Desde el punto de vista clínico los SCA pueden presentarse de dos maneras, dependiendo de las alteraciones electrocardiográficas acompañantes:

### **SCA con elevación del segmento ST**

Caracterizado por dolor torácico persistente, de más de 20 minutos de duración y acompañado de elevación del segmento ST, de al menos 1 mm, en dos o más derivaciones del ECG. Salvo que el contexto clínico lo desaconseje, estos pacientes son dirigidos a la

realización de angioplastia primaria. La guardia de cardiología debe ser avisada y, en colaboración con el cardiólogo intervencionista, establece la indicación de angioplastia primaria. El paciente ingresará en la Unidad Coronaria o en la Unidad de Intermedios.

## **SCA sin elevación del segmento ST**

Tradicionalmente se han distinguido varias presentaciones clínicas:

- Angina severa de reciente comienzo: angina de esfuerzo clase III de la CCS, de inicio en los 2 meses previos.
- Angina progresiva: aumento de severidad de un cuadro de angina estable previo, alcanzando una severidad de clase III de la CCS.
- Angina de reposo: dolor generalmente prolongado (> 20 min) que aparece en reposo.
- Angina post-IAM

Estos pacientes deben ser ingresados y estudiados en el hospital. En ocasiones el diagnóstico es difícil y un porcentaje importante de pacientes ingresados con esta sospecha son finalmente diagnosticados de dolor torácico inespecífico. Con el objetivo de minimizar el ingreso de pacientes que no lo necesitan, descartando la presencia de una enfermedad coronaria significativa antes de ingresar, se propone el siguiente protocolo de estudio. El objetivo es que la tasa de ingresos sin SCA resulte inferior al 5 % y el porcentaje de pacientes con SCA enviados de alta desde Urgencias llegue al 0 %.

### **Estudio inicial**

Se realizará un electrocardiograma de 12 derivaciones en los primeros 10 min. y se solicitará una determinación de troponina I. Si el ECG presenta alteraciones sugestivas de isquemia (tabla 4) o se obtienen niveles séricos elevados de TnI, se avisará a la guardia de Cardiología o Unidad Coronaria para proceder a su ingreso en la Unidad Coronaria o de Intermedios. Si el paciente se encuentre estable y se considere su ingreso en una planta de hospitalización convencional, se comentará el caso con Cardiología o Medicina Interna. El ECG o el valor de TnI deben interpretarse en el contexto clínico del paciente, un resultado anormal aislado no debe considerarse como diagnóstico de SCA (tabla 5).

Tabla 4: alteraciones compatibles con isquemia en el ECG

↓ ST ≥ 0,5 mm en 2 o más derivaciones contiguas (a mayor desnivel peor pronóstico).
Onda T negativa y simétrica > 1 mm en derivaciones con R predominante.
Bloqueo de rama transitorio coincidiendo con las crisis.

Tabla 5. Causas de Troponina elevada, diferentes de la enfermedad coronaria

Disección de aorta
TEP o Hipertensión pulmonar
Insuficiencia cardíaca aguda y crónica
Enfermedad valvular aórtica
Miocardiopatía hipertrófica
Contusión cardíaca, ablación, marcapasos, cardioversión
Biopsia endomiocárdica
Miocarditis, pericarditis, endocarditis.
Crisis hipertensivas
Taqui o bradiarritmias
Hipotiroidismo
Balloning apical (sme de Tako-Tsubo)
Insuficiencia renal aguda y crónica (crea > 2,5 mg/dl)
Enfermedad neurológica aguda: ACV, hemorragia subaracnoidea
Amiloidosis, hemocromatosis, sarcoidosis
Toxicidad: adriamicina, 5-fluouracilo, veneno de serpiente, herceptin
Quemaduras > 30 % superficie corporal.
Rabdomiolisis
Pacientes críticos, especialmente con fallo respiratorio y sepsis.

### Programa de Dolor Torácico

Los pacientes objeto de este programa son aquellos de riesgo bajo o intermedio de presentar una enfermedad coronaria, ya que los que presentan un riesgo alto serán ingresados directamente para estudio (tabla 6). Si el ECG y los niveles de TnI no sugieren isquemia miocárdica el paciente se incluirá en el Programa de Dolor Torácico. Esto significa que el paciente permanecerá en observación durante un período entre 6 y 24 horas. En este periodo se observará si el paciente presenta nuevos episodios de dolor torácico. Se realizará un nuevo ECG cada 6 horas y siempre que el paciente presente síntomas. Tanto el ECG inicial como los sucesivos deben ser comparados con los registros

previos y por ello debe obtenerse el historial del paciente si lo hubiera. Con el objetivo de conseguir un registro comparable con los previos, se utilizarán electrodos adhesivos en las derivaciones precordiales y se dejarán durante todo el tiempo que el paciente permanezca en observación siempre que sea posible. Muchos pacientes con riesgo bajo de presentar enfermedad coronaria, podrán ser enviados de alta sin estudios adicionales y después de un breve periodo de observación.

La determinación de troponina I se repetirá a las 6-12 horas y después de cada episodio de dolor torácico severo (4-6 horas después). Puede evitarse la repetición de la determinación de TnI cuando ya se ha realizado una determinación 12 horas después del último episodio de dolor torácico. Puede solicitarse la determinación de otros marcadores de daño miocárdico cuando se considere necesario. Particularmente, la determinación de mioglobina puede resultar útil para establecer el diagnóstico precozmente pero resulta menos específica para daño miocárdico. La determinación de CPK-MB puede resultar útil en pacientes con daño miocárdico en los días o semanas previas, en los que los niveles de troponina I permanecen elevados y no es útil para diagnosticar un nuevo episodio de daño miocárdico (Jaffe, 2005).

Tabla 6. probabilidad de que el cuadro clínico represente un SCA secundario a enfermedad coronaria (Braunwald, 2002).

	<b>Probabilidad alta</b> Cualquiera de los siguientes	<b>Probabilidad Intermedia:</b> No probabilidad alta y alguno de estos	<b>Probabilidad baja:</b> Puede haber alguno de los siguientes
<b>Historia Clínica</b>	Dolor típico similar a un episodio previo de angina documentada. Historia previa de enfermedad coronaria	Dolor típico Edad > 70 años Sexo masculino Diabetes Mellitus	Sintomas de probable isquemia miocárdica en ausencia de rasgos de riesgo alto o intermedio. Uso reciente de cocaína.
<b>Exploración física</b>	Insuficiencia mitral transitoria, hipotensión, sudoración, edema agudo de pulmón o crepitantes acompañando a los síntomas.	Enfermedad vascular extracardiaca: arteriopatía periférica o ACV	Molestias torácicas reproducidas a la palpación.
<b>ECG</b>	Desviación del segmento ST (>0,5 mm) o inversión de la onda T (>2 mm), nueva y transitoria con los síntomas	Ondas Q ST o T anormal pero no documentadas como nuevas.	Aplanamiento de la onda T o inversión en derivaciones con R dominante. ECG normal
<b>MDM</b>	Elevación de Troponina o CKMB	Marcadores normales	Marcadores normales

Una vez transcurrido el periodo de observación un cardiólogo revisará todos los datos del paciente y si el diagnóstico de SCA está claro o es muy probable será ingresado por el cardiólogo. Si la probabilidad de enfermedad coronaria es muy baja y se decide el alta, está será cumplimentada por el médico de urgencias, con un comentario del cardiólogo. En los casos en que permanezca la duda sobre el diagnóstico de enfermedad coronaria, se indicará la realización de una ergometría convencional o una ecocardiografía de ejercicio. En algunos pacientes puede ser preciso realizar una prueba de stress farmacológico. Cuando no sea posible realizar estas pruebas, se decidirá la mejor estrategia de estudio dependiendo del estado del paciente. El cardiólogo decidirá en este caso si es necesario el ingreso del paciente para realizar la prueba lo antes posible o solicitar un estudio por vía ambulatoria y posterior revisión en la consulta de Cardiología.

La prueba de esfuerzo debe ser máxima y limitada por síntomas. Con el objetivo de permitir la obtención de una prueba concluyente se evitará la administración de fármacos que puedan afectar a su resultado como los betabloqueantes y la dosis matutina de nitratos, IECA o calcioantagonistas.

El resultado de la prueba puede ser positivo para isquemia, negativo o no concluyente. Dependiendo del resultado de la prueba y del contexto clínico del paciente, los pacientes serán ingresados o enviados a su médico de atención primaria o a la consulta de cardiología. El Servicio de Cardiología emitirá un informe con el resultado de las pruebas realizadas y las recomendaciones de tratamiento y seguimiento. En la figura del anexo 1 se esquematiza el proceso de estudio del paciente con dolor torácico.

### **Estudio cardiológico**

Hace algunos años se consideraba contraindicada la realización de una ergometría en pacientes que presentaban angina inestable, así en las Guías de Práctica clínica de la angina inestable elaboradas por la ACC en 1994 se recomendaba un periodo libre de angina e insuficiencia cardíaca de 48 hs. En las guías de práctica clínica en los últimos años se reconoce a la ergometría como un test importante en el estudio de pacientes con dolor torácico y probabilidad baja o intermedia de enfermedad coronaria, en pacientes estables,

si el ECG y los MDM son normales después de un periodo de observación de 8-12 hs (Braunwald, 2002).

En nuestro Programa, después del periodo de observación de 6-24 hs. los pacientes serán evaluados por el Servicio de Cardiología. Los pacientes que hayan presentado alteraciones en los registros de ECG o en los valores de troponina, que sugieran la presencia de enfermedad coronaria, serán ingresados directamente. Aquellos con muy baja probabilidad de enfermedad coronaria podrán ser dados de alta sin estudios posteriores (Amsterdam, 2005). En los casos en que no pueda descartarse con alta probabilidad enfermedad coronaria aunque los trazados de ECG y las determinaciones de troponina hayan sido normales, se procederá a la realización de una prueba provocadora de isquemia.

La ergometría convencional es la prueba que ha sido más utilizada en este contexto. Suele utilizarse el protocolo de Bruce con los criterios estándar de positividad y finalización de la prueba. Se trata de realizar una prueba máxima (alcanzar la frecuencia cardíaca máxima teórica, FCMT, para la edad del paciente), limitada por síntomas o signos de isquemia. Un resultado negativo significa que se ha completado la prueba hasta un nivel de FCMT superior al 85 % y no se observa ninguno de los supuestos anteriores. Se considera un resultado no concluyente cuando no hay datos de isquemia pero no se alcanza el 85 % de la FCMT, aunque se ha documentado que establecer este límite en el 80 % de la FCMT, no supone un riesgo de eventos isquémicos y reduce el grupo de estudios no diagnósticos en un 25 % (Amsterdam, 2002). Otras definiciones de resultado negativo incluyen la ausencia de signos de isquemia durante una carga de esfuerzo de al menos 3 METS (40) y una puntuación de Duke mayor de 5 (Farkouh, 1998).

Los datos publicados sobre los resultados de la ergometría en el contexto de una Unidad de dolor torácico muestran que la mayoría de estas exploraciones arrojan un resultado negativo (entre el 60 y el 90 % presentan resultados normales) (Gomez, 1996) (Zalenski, 1997) y el valor predictivo negativo de un resultado normal es cercano al 100 % (Gibler, 1995) (Gomez, 1996) (Zalenski, 1997) (Polanczyk, 1998) (Kirk, 1998) (Amsterdam, 2002). No se han observado complicaciones durante la realización de la ergometría en estos estudios (tabla 7)

Tabla 7: Resultados de la ergometría en la Unidad de Dolor Torácico. Modificado de (Amsterdam, 2005)

	n	test - (%)	test + (%)	test ¿? (%)	VPN (%)	VPP (%)	eventos (test)
Tsakonis et al 1991	28	82,2	17,8		100		0
Kerns et al 1993	32	100	0		100		0
Lewis-Amsterdam 1994	93	64	13	13	100	46	0
Gibler et al 1995	782	98,8	1,2		99	44	0
Gomez et al 1996	100	93	7	0	100	0	0
Zalenski et al 1997	224	66	8	26	98	16	0
Polanczyk et al 1998	276	71	24	5	98	15	0
Kirk et al 1998	212	59	12,5	28	100	57	0
Amsterdam et al 2002	1000	62	13	25	99	33	0

Algunos de los estudios más recientes han estudiado la realización de una ergometría de forma inmediata. En este caso se utiliza un protocolo de Bruce modificado incluyendo 2 etapas iniciales, de 3 min. cada una (1.7 mph 0 % de pendiente y 1.7 mph y 5 % de pendiente) (44-46). Se finaliza la prueba si aparecen síntomas, datos electrocardiográficos de isquemia (descenso ST > 1 mm a 80 mseg del punto J), descenso > 10 mmHg de la presión arterial o arritmias ventriculares significativas (TSV sostenida, EV > 2 latidos consecutivos o bigeminismo sostenido) (Amsterdam, 2005). Esta estrategia se ha mostrado segura, también en pacientes con enfermedad coronaria previa (Lewis, 1999) y su elevado valor predictivo negativo se observa también en mujeres (Amsterdam, 2005).

Los pacientes que presenten alteraciones del ECG, que puedan dificultar la interpretación de la ergometría convencional, serán sometidos a una ecocardiografía de ejercicio. En el caso de que el paciente no pueda caminar se valorará la posibilidad de realizar una ecografía de stress con dobutamina. Tanto la ecocardiografía de ejercicio como la prueba de stress con dobutamina han mostrado ser útiles y seguras en el estudio de pacientes con sospecha de SCA (Bayon-Fernandez, 2002) (Kontos, 2005).

Los pacientes con resultados negativos en las pruebas provocadoras de isquemia serán dados de alta sin tratamiento. Si el resultado es positivo, se ingresarán en una planta de hospitalización convencional o en unidades de vigilancia especial si se considera que el paciente presenta una enfermedad coronaria de alto riesgo. En el caso de los estudios no concluyentes, se decidirá de forma individual el ingreso del paciente.

Durante el fin de semana y días no laborables no se realizan pruebas provocadoras de isquemia y los pacientes que hayan pasado el periodo de observación serán evaluados por el Servicio de Cardiología para decidir si se ingresan o se envían a su domicilio. En ambos casos se aconsejará reposo relativo y tratamiento con AAS y nitratos sublinguales en caso de reaparición de los síntomas y se programará la realización de las pruebas el primer día laborable. Un retraso de 48 hs en la realización de la prueba no parece constituir un riesgo en el estudio de estos pacientes (Polanczyk, 1998).

Los pacientes ingresados serán tratados con fármacos antiagregantes y antianginosos y se programarán para realizar coronariografía.

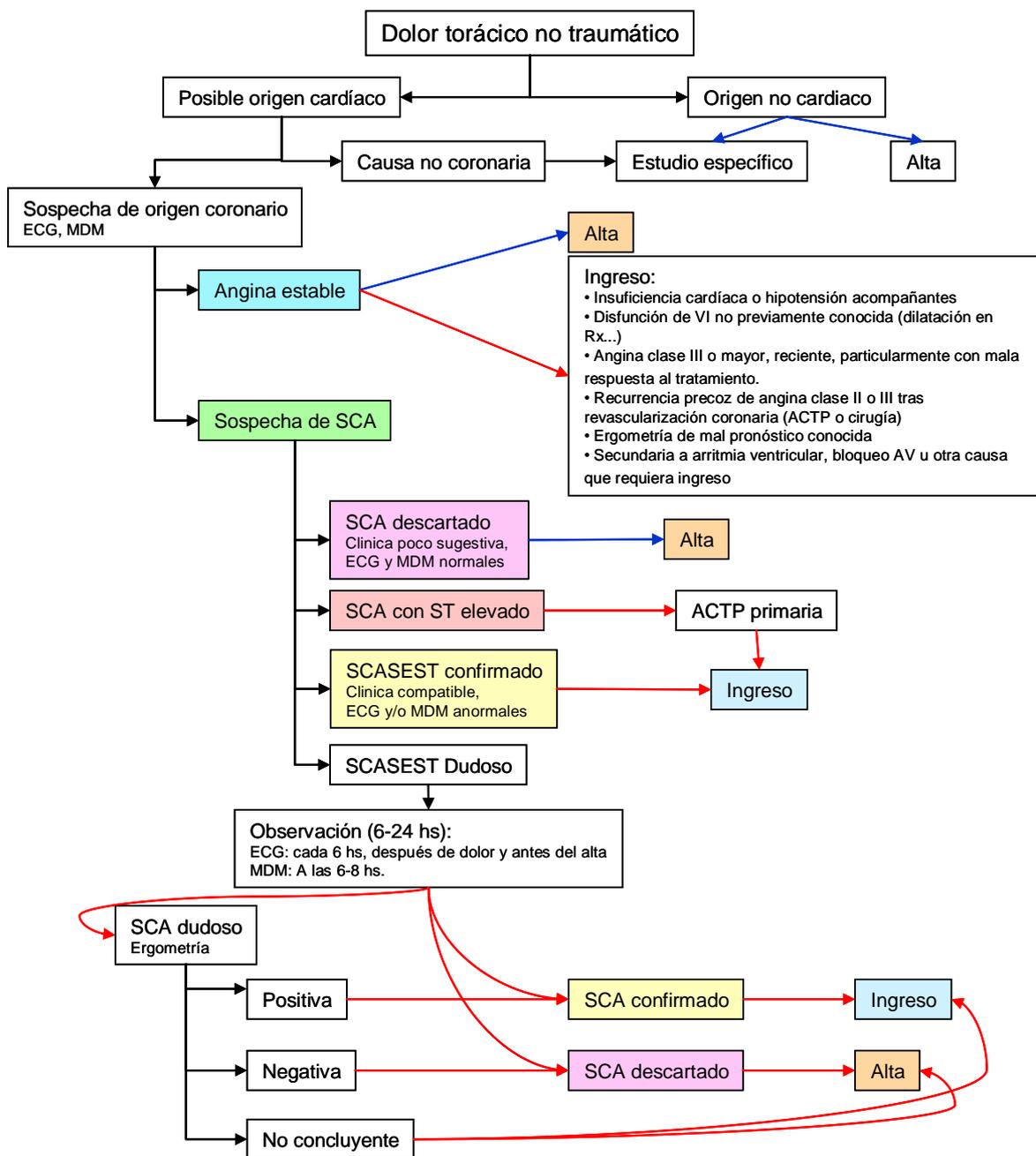
#### Seguimiento y agenda.

Los pacientes que han sido estudiados por dolor torácico, los ingresados y especialmente no ingresados, serán contactados por teléfono a los 30 días para conocer si han presentado nuevos episodios o ingresos posteriores y su estado vital.

Se constituirá un grupo de trabajo mixto de los Servicios de Cardiología y de Urgencias para el seguimiento y actualización del Programa. El grupo de trabajo será el responsable de actualizar el protocolo, desde la experiencia y los nuevos conocimientos, adaptándolo a las particularidades del Hospital Juan Canalejo.

El mes de Julio de 2007 servirá como experiencia piloto para perfeccionar la organización y resolver los detalles conflictivos que pueden presentarse con la puesta en marcha de este Programa. A los 6 meses se realizará un informe sobre la actividad y los resultados de este Programa y posteriormente se elaborará un informe anual.

## Anexo 1.1: Esquema del programa de observación y estudio



SCA: Síndrome coronario agudo. SCASEST: SCA sin elevación de ST. MDM: marcadores de daño miocárdico  
**Flechas en rojo indican actuación de Cardiología. Flechas en azul indican actuación de Urgencias.**  
 Flechas sin color indican actuación variable según las circunstancias.

## Anexo 1.2: Lista de acciones durante el período de observación y alta

<input type="checkbox"/>	Anamnesis y exploración física
<input type="checkbox"/>	ECG al ingreso (dejar electrodos colocados)
<input type="checkbox"/>	Radiografía de tórax portátil
<input type="checkbox"/>	Determinación de Tnl (otros marcadores opcionales)
<input type="checkbox"/>	<b>Solicitar Historia antigua</b> (si existe) y comparar ECG
<input type="checkbox"/>	Cubrir base de datos si es posible
<input type="checkbox"/>	Hacer ECG cada 6-8 hs (y antes del alta o la ergometría)
<input type="checkbox"/>	Solicitar Tnl (u otros marcadores) cada 6-8 hs (hasta las 12 hs de inicio de los síntomas)
<input type="checkbox"/>	Reaparición de síntomas: anotar, hacer ECG, solicitar Tnl a las 4-6 hs
<input type="checkbox"/>	Al alta, <b>adjuntar al informe una copia del ECG</b>

### Tratamiento:

- Se puede prescribir AAS y nitratos sublinguales de corta acción.
- Evitar betabloqueantes salvo que el paciente los estuviera tomando previamente.
- Otros antianginosos o antihipertensivos: evitar la dosis de la mañana en que se realiza la ergometría.

## ANEXO 2. DEFINICIONES

### Datos Clínicos

#### **Factores de riesgo coronario:**

**HTA:** TA > 140/90 a la llegada a urgencias o tratamiento antihipertensivo

**Diabetes mellitus:** Glucemia basal en ayunas > 126 mg/dl o tratamiento con insulina y/o antidiabéticos orales.

**Tabaquismo:** Se considera tabaquismo activo a todo paciente que fuma  $\geq 5$  cigarrillos/día y exfumador al que presentó tabaquismo activo en los últimos 3 años.

**Dislipemia:** Paciente con colesterol total > 200 mg/día y/o triglicéridos > 200 mg/día y/o tratamiento farmacológico.

**Antecedentes familiares:** familiar en primer grado (varones < 45 años o mujeres < 55 años) con antecedentes definitivos de cardiopatía isquémica: infarto de miocardio, revascularización coronaria, lesiones coronarias significativas (coronariografía) o muerte súbita.

#### **Antecedentes de cardiopatía isquémica:**

**Infarto agudo de miocardio previo:** Ingreso hospitalario previo con diagnóstico definitivo de infarto agudo de miocardio y/o presencia de ondas Q diagnósticas (anchura > 0,04 mseg y profundidad > 25% de onda R).

**Angina inestable:** Dolor torácico sugestivo de angina (< 30 minutos de duración) previo al comienzo de los síntomas actuales y presente en los 30 días previos al episodio índice excluyendo la angina crónica estable.

**Hospitalización por AI previa:** Ingreso hospitalario con diagnóstico de angina inestable antes del último mes.

**Angina estable previa:** Dolor torácico sugestivo de angina de esfuerzo estable.

**Revascularización coronaria quirúrgica:** By-pass coronario previo.

**Otras patologías:**

**Enfermedad vascular periférica:** Paciente con síntomas de claudicación intermitente, antecedentes de cirugía vascular (simpatectomía, by-pass, amputación o intervencionismo periférico) o demostración de enfermedad arterial mediante pruebas invasivas o no invasivas.

**Cirugía vascular previa:** Simpatectomía, by-pass, amputación o intervencionismo periférico previos motivados por enfermedad vascular periférica.

**EPOC:** Diagnóstico de EPOC (enfermedad pulmonar obstructiva crónica), ingresos hospitalarios por EPOC o tratamiento crónico con broncodilatadores o oxígeno domiciliario por insuficiencia respiratoria.

**TIMI risk score**

Algoritmo para la estratificación del riesgo en los pacientes con SCA. Se aplica 1 punto a cada una de los siguientes variables:

Edad  $\geq 65$  años

$\geq 3$  FRCV (HTA, DM, DL, tabaquismo e AFCI)

Enfermedad coronaria conocida

Uso de aspirina en la última semana

$\geq 2$  episodios de angina en las últimas 24 horas

Cambios en el segmento ST  $\geq 0,5$  mm

MDM positivo

**0-1(riesgo bajo)**

**2-4 (riesgo intermedio)**

**>5 (riesgo alto)**

## Datos del seguimiento (al alta hospitalaria)

### **Eventos adversos cardíacos graves:**

**Muerte cardiovascular:** Muerte que se produce por cualquier causa de origen cardíaco (shock, arritmia, insuficiencia cardíaca, complicación mecánica, reinfarto,...) o vascular (accidente cerebrovascular, tromboembolismo pulmonar,...) así como cualquier muerte de origen no aclarado que se produce durante la hospitalización.

**Infarto miocardio:** Dolor torácico de características isquémicas y elevación de los marcadores de daño miocárdico que se acompaña o no de cambios en el ECG.

**Revascularización:** Revascularización coronaria percutánea o quirúrgica



**ANEXO 3. PROCESO ASISTENCIAL DE ATENCIÓN AL DOLOR TORÁCICO AGUDO  
SOSPECHOSO DE ORIGEN ISQUÉMICO CON ECG NO DIAGNÓSTICO Y  
TROPONINAS NORMALES EN URGENCIAS: PROPUESTAS DE MEJORA**



**PROCESO ASISTENCIAL DE ATENCIÓN AL DOLOR  
TORÁCICO AGUDO SOSPECHOSO DE ORIGEN  
ISQUÉMICO CON ECG NO DIAGNÓSTICO Y  
TROPONINAS NORMALES EN URGENCIAS:  
PROPUESTAS DE MEJORA**



## Contenido

1. Antecedentes.....	201
2. Problemas actuales .....	201
3. Bases y medidas para la mejora de la atención del dolor torácico en Urgencias .....	202
4. Logística del alta en pacientes candidatos a valoración ambulatoria por la UDT .....	204
5. Manejo del paciente con diagnóstico final de dolor torácico isquémico .....	204
6. Motivos para devolver o remitir de nuevo al paciente a Urgencias desde la UDT .....	205



### Antecedentes

- En el año 2007 se diseñó y se puso en marcha en nuestro hospital un protocolo (adjunto) de valoración acelerada del dolor torácico agudo no traumático con electrocardiogramas (ECGs) no diagnósticos y troponinas normales en una Unidad de Dolor Torácico (UDT) virtual.
- En noviembre de 2012 se introdujo en nuestro centro un test de troponina de sensibilidad mejorada que implicó una disminución del umbral de diagnóstico de necrosis miocárdica. Esto llevó, a su vez, a una drástica reducción de la probabilidad pretest de síndrome coronario agudo de los pacientes remitidos a la UDT. A pesar de ello, la demanda en nuestra unidad ha crecido más de un 30% con respecto a la situación previa.
- En noviembre de 2013 se abrió la posibilidad de citar a los pacientes con criterios de UDT que consultan en Urgencias en vísperas de días no laborables en una agenda específica (agenda ACA-40, prestación 2.16) para completar su valoración y establecer la conveniencia de realizar una prueba no invasiva de provocación de isquemia de forma ambulatoria y rápida. En la actualidad se citan en esta agenda un máximo de 3 pacientes los lunes y 1 paciente el resto de días laborables.

### Problemas actuales

- La estancia de los pacientes con criterios de UDT en Urgencias contribuye a la masificación de dicho servicio, y pocas veces resulta realmente necesaria en base a la probabilidad de síndrome coronario agudo como causa de los síntomas o al riesgo vital de los enfermos a corto plazo.
- En nuestra experiencia, la mayor parte de los pacientes referidos a la UDT que presentan pruebas de estrés positivas tienen síntomas estables (que no hubiesen requerido valoración en Urgencias) o enfermedad coronaria estable que en ocasiones ni siquiera justifica la sintomatología que motivó la consulta.
- La variabilidad e imposibilidad de previsión de la actividad diaria no permite una adecuada planificación de la misma, pudiendo llevar a situaciones puntuales de sobrecarga asistencial alternando con otras de utilización subóptima de los recursos.

### Bases y medidas para la mejora de la atención del dolor torácico en Urgencias

- La evidencia y las guías de práctica clínica avalan la evaluación ambulatoria de pacientes que reúnen criterios de UDT, estrategia que recomendamos y que permitiría una gestión más eficaz de los recursos en el Servicio de Urgencias y en la Unidad de Imagen y Función Cardíaca. Por tanto, nuestra propuesta es extender la estrategia utilizada para el manejo de los pacientes con criterios de UDT valorados durante los fines de semana al resto de días.
- Hemos diseñado un check-list (adjunto) que debe cumplirse para introducir a los pacientes dentro del nuevo protocolo de la UDT.
- En nuestra experiencia, la troponina es el parámetro más sencillo y objetivo para establecer tanto la probabilidad de SCA como el riesgo de un paciente con dolor torácico.
- Para establecer la probabilidad de SCA y la seguridad del alta precoz, en los pacientes con una primera determinación de troponina  $<0,017$  ng/mL se debe realizar una segunda determinación a las 3-6 horas de su llegada; si esta 2ª determinación también está por debajo del límite de detección del test, no será necesario realizar más determinaciones y se considerará el alta del paciente. Si alguna de las determinaciones supera el valor de 0,017 ng/mL, deberá seriarse troponina cada 6 horas hasta que el último valor sea inferior al máximo obtenido previamente.
- Tal y como se ha venido haciendo hasta ahora, no se considerarán candidatos a valoración en la UDT aquellos enfermos con dolor torácico y con algún valor de troponina seriada  $>0,06$  ng/mL (el percentil 99 para una población de referencia del test de troponina en nuestro centro es de 0,056 ng/mL).
- Los pacientes con dolor torácico, ECG no diagnóstico y troponina seriada indetectable ( $<0,017$ ) tienen una probabilidad de SCA extremadamente baja, por lo que en ausencia de otros motivos que justifiquen su permanencia en Urgencias pueden ser en general dados de alta. De ellos, sólo aquellos en los que persista una duda razonable sobre la etiología isquémica de los síntomas y en los que la evaluación en Urgencias no haya llevado al hallazgo de otra causa alternativa obvia para los mismos podrán ser remitidos de forma ambulatoria a la UDT. En muchas ocasiones, el beneficio de la duda acerca de la posibilidad de un síndrome coronario agudo ante un dolor torácico de perfil no isquémico no debería ir más allá del ECG, la Rx tórax y la determinación

---

de troponinas seriadas normales, no resultando en general necesario en estos casos derivar al paciente a la UDT.

- Los pacientes con valores máximos de troponina seriada entre 0,02 y 0,06 también pueden ser candidatos a un manejo ambulatorio en la UDT, pero será aceptable que se queden hasta el siguiente día laborable para ser valorados en dicha unidad de forma más preferente. Estos pacientes suponen aproximadamente el 15% del total de enfermos evaluados en la UDT.
- En consecuencia, se ampliará el número de citas diarias ambulatorias de la UDT a 4 pac/día, abriendo también la posibilidad de atender cada día todos los enfermos que hayan podido quedarse en Urgencias hasta el día siguiente para una valoración preferente debido a haber presentado una troponina seriada en rango de detectabilidad (0,02-0,06).
- En general, además de inviable, no se considerará necesaria la valoración de los pacientes por parte de la guardia de Cardiología previa al alta, salvo en casos de duda en la interpretación de los hallazgos electrocardiográficos.
- Esta estrategia se pretende que lleve a una reducción substancial de la estancia de los pacientes con dolor torácico de bajo riesgo en Urgencias, así como a una optimización del tiempo y de los recursos de la sala de la UDT, pero no a un incremento injustificado de la demanda de dicha consulta. Muchos pacientes con dolor torácico de perfil no isquémico con ECG y troponinas seriadas normales, especialmente si éstas son indetectables, simplemente no necesitan ser remitidos a la UDT.
- Los resultados de esta nueva estrategia de manejo serán evaluados de forma periódica, estando contemplada la posibilidad de retornar a la estrategia de manejo actual en caso de que tanto desde el servicio de Urgencias como desde la UDT se considere que los resultados de estas nuevas medidas no sean satisfactorios (ej, saturación de la consulta, tiempo de espera para evaluación en la UDT inaceptable, documentación inesperada de eventos en espera de consulta, etc).

### **Logística del alta en pacientes candidatos a valoración ambulatoria por la UDT**

- Diagnóstico: En el informe de alta de Urgencias, el diagnóstico que debe constar puede ser del tipo “dolor torácico a estudio” o frases análogas, pero no “angina inestable” o “síndrome coronario agudo”.
- Plan:
  - Se le explicará al paciente que va a ser remitido a una consulta de la UDT para completar la evaluación diagnóstica y decidir la necesidad de realizar más pruebas, pero no se debe crear la expectativa de que se va a realizar una prueba de esfuerzo, ya que es posible que en algún caso no se considere necesaria.
  - La cita de la consulta en la UDT será proporcionada por el servicio de Admisión de Urgencias; a falta de otra alternativa más sencilla, se podría usar la misma sistemática que se emplea los fines de semana, o incluso podría ser el propio paciente o un acompañante el que la solicite.
  - Se le entregará al paciente una hoja de recomendaciones e instrucciones (adjunta) que recogerá, entre otros aspectos, la conveniencia de consultar de nuevo si se repite la sintomatología en espera de consulta.
- Tratamiento:
  - En función de los síntomas puede añadirse AAS al tratamiento, pero no se considerará imprescindible.
  - Si el paciente está recibiendo tratamiento betabloqueante, debería idealmente suspenderse 48 horas antes de la fecha de la consulta, ya que disminuye la sensibilidad de una eventual prueba de estrés.
  - Se puede aconsejar el uso de nitroglicerina sublingual según recomendaciones incluidas en la hoja que se entregará a los pacientes.

### **Manejo del paciente con diagnóstico final de dolor torácico isquémico**

Si tras la valoración por la UDT el diagnóstico final es de dolor torácico de etiología isquémica, el manejo posterior y, en su caso, el ingreso hospitalario, correrá a cargo de la UDT.

Si se llega a este diagnóstico tras una derivación ambulatoria a la UDT, se intentará en la medida de lo posible manejar al paciente sin necesidad de remitirlo de nuevo a Urgencias. En caso de que por este motivo el paciente precise ingreso hospitalario tras la valoración ambulatoria, el facultativo de la UDT considerará contactar directamente con la planta de hospitalización para ingreso preferente, cubriendo la correspondiente solicitud de ingreso hospitalario no urgente. Sin embargo, dependiendo de las circunstancias de cada caso y a criterio del facultativo de la UDT, queda abierta la posibilidad de remitir al paciente de nuevo a Urgencias.

### **Motivos para devolver o remitir de nuevo al paciente a Urgencias desde la UDT**

#### **A) Si el paciente está en Urgencias:**

Se devolverá a Urgencias en caso de que el diagnóstico final sea dolor torácico no isquémico o probablemente no isquémico. En estos casos, el manejo posterior y, en su caso, el alta, correrán a cargo del facultativo de Urgencias responsable del paciente.

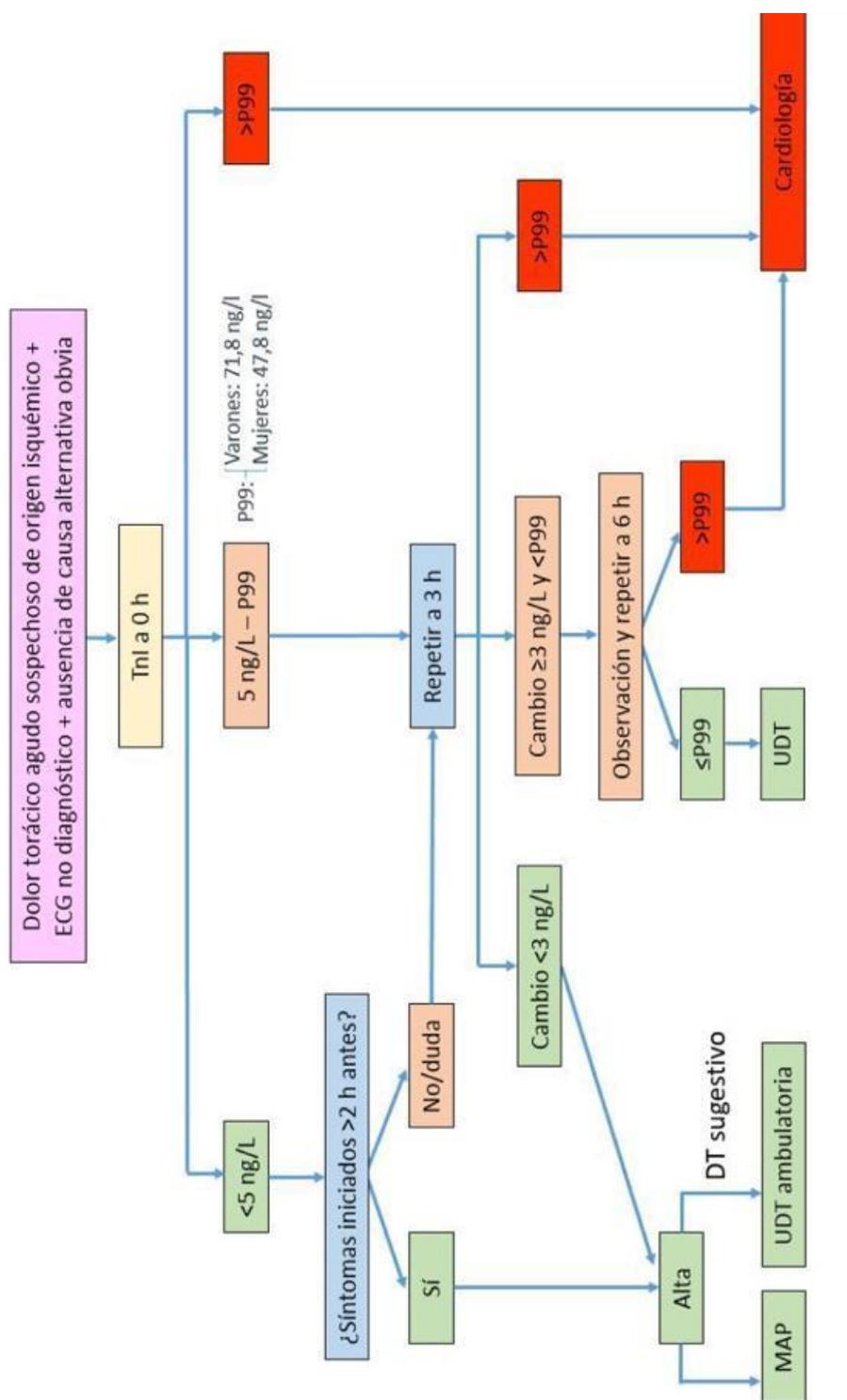
#### **B) Si el paciente ha sido derivado de forma ambulatoria a la UDT:**

Se remitirá de nuevo a Urgencias en los siguientes casos:

- Hay una causa alternativa de los síntomas (obvia o probable) que no ha sido correctamente evaluada o descartada en Urgencias.
- El paciente ha presentado síntomas persistentes desde el alta.



## ANEXO 4. PROTOCOLO UDT TROPONINA ULTRASENSIBLE





## ANEXO 5. PROTOCOLO MEET-ACP



**RED GALLEGA DE COMITÉS DE ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN**

**Valor pronóstico y seguridad del manejo clínico conservador frente a la realización de prueba de estrés en pacientes con dolor torácico agudo**

**Prognostic value and safety of conservative clinical management versus stress test in patients with acute chest pain**

**Unidad de Imagen y función cardiaca  
Área del Corazón**

## **Información general**

### ***Título***

“Valor pronóstico y seguridad del manejo clínico conservador frente a la realización de prueba de estrés en pacientes con dolor torácico agudo”

“Prognostic value and safety of conservative clinical management versus stress\_test in patients with acute chest pain”

### **Objetivos**

Evaluar los resultados clínicos y seguridad de una estrategia diagnóstica más conservadora, sin realización de prueba de estrés ni TAC coronario, vs realización de prueba de estrés, en pacientes con dolor torácico agudo sugestivo de origen isquémico que presenten un electrocardiograma sin alteraciones y marcadores de daño miocárdico seriados indetectables.

Los objetivos principales son:

- Mortalidad cardiovascular
- Evento coronario mayor (IAM no fatal o angina inestable que precise hospitalización) en el seguimiento
- Necesidad de revascularización coronaria (percutánea o quirúrgica)
- Readmisión en Urgencias por dolor torácico

### **Material y métodos**

#### ***Tipo de estudio***

Se trata de un estudio unicéntrico, prospectivo, aleatorizado con un ratio 1:1 a recibir una evaluación clínica (con o sin ecocardiograma) vs evaluación clínica y prueba funcional (ecocardiograma de ejercicio o ergometría con o sin ecocardiograma).

#### ***Ámbito***

El estudio se desarrollará íntegramente en el Complejo Hospitalario Universitario A Coruña. La Unidad de Imagen Cardíaca y Pruebas Funcionales de este centro es el centro

de referencia para ecocardiografía de pacientes correspondientes al Área Sanitaria de A Coruña-Cee.

### *Selección de pacientes*

- Criterios de inclusión: pacientes estables que acudan a Urgencias por dolor torácico agudo no traumático en las últimas 24h, con electrocardiograma normal o sin alteraciones agudas y seriación de marcadores de daño miocárdico (troponina I de alta sensibilidad) negativos o no concluyentes, remitidos a nuestra unidad de dolor torácico por sospecha de origen isquémico de los síntomas. Consideramos troponina I hs negativa o no concluyente aquella  $< 5$  ng/L o cambios en una seriación realizada entre 1-3h de la primera  $< 3$  ng/L, siempre y cuando todos los valores se mantengan por debajo del percentil 99 del test (varones 76 ng/L, mujeres 51 ng/L). En todos los pacientes se debe haber descartado razonablemente causas alternativas de dolor torácico
- Criterios de exclusión: pacientes que cumplan cualquiera de las siguientes:
  - Angina típica
  - Alteraciones agudas en el electrocardiograma
  - Elevación de marcadores de daño miocárdico
  - Antecedente de cardiopatía isquémica
  - Disfunción sistólica del ventrículo izquierdo (FEVI  $< 40\%$ ).
  - Valvulopatía severa descrita previamente.
  - Pacientes hemodinámicamente inestables o con persistencia de los síntomas en el momento de la evaluación.
  - Incapacidad para caminar en cinta rodante
  - Incapacidad para otorgar el consentimiento informado
  - Embarazadas.

### *Variables*

El ecocardiograma basal nos permitirá valorar la fracción de eyección del ventricular izquierdo y la presencia de alteraciones de la contractilidad segmentaria, así como descartar otras causas de dolor torácico.

El ecocardiograma de ejercicio y la ergometría se realizarán en cinta rodante, aplicando protocolos ajustados a las características clínicas de los pacientes (Bruce, Bruce modificado, Naughton). Se efectuarán determinaciones de frecuencia cardiaca, presión arterial y un electrocardiograma de 12 derivaciones en situación basal y en cada fase del protocolo. Los criterios de finalización del test serán los habituales. Las anomalías electrocardiográficas isquémicas durante la prueba se definirán como la aparición de un descenso del segmento ST  $\geq 1$  mm o ascenso del ST  $\geq 2$  mm, medido a 80 ms del punto J, en al menos 2 derivaciones concordantes. La ecocardiografía se realizará con proyecciones de eje largo apical, de 4 y 2 cámaras, y paraesternales de eje largo, y de eje corto a nivel apical y a nivel basal, en reposo y en el ejercicio máximo, considerándose positivo para isquemia si aparecen nuevas alteraciones segmentarias de la contractilidad con el esfuerzo. En aquellos pacientes en los que, con las pruebas realizadas, se asuma el diagnóstico de cardiopatía isquémica, el manejo se realizará siguiendo la práctica clínica habitual en cada caso, según lo recogido en las diversas guías de práctica clínica.

En caso de que, durante el seguimiento, el paciente consulte nuevamente por dolor torácico sugestivo de origen cardiaco, el manejo se realizará según el resultado de las pruebas complementarias y queda a criterio del médico responsable la decisión de realizar otras pruebas, siguiendo la práctica clínica habitual.

Los datos demográficos y los resultados de los ecocardiogramas y de las pruebas funcionales se incluyen de manera prospectiva en una base de datos específica en el momento de realizar los test.

El centro en el que se obtenga su información es el responsable del tratamiento de sus datos. Los datos recogidos solo serán utilizados para los fines del estudio de investigación descrito y mantenidos durante el tiempo necesario para la consecución de los objetivos del estudio y de acuerdo con la legislación aplicable.

### ***Seguimiento***

Se realizará a las 72h del alta hospitalaria, así como al mes, 3 meses y 6 meses de la visita a Urgencias. Se realizará el seguimiento a través de la historia clínica electrónica o con llamada telefónica si fuese preciso.



Además, los datos del estudio estarán completamente disociados, en la base objeto de análisis no constará ninguna información que permita la identificación del paciente, el estudio tampoco revelará ninguna información individual de los enfermos, y, dada la ausencia de riesgos adicionales para los pacientes derivados directamente de este estudio y la potencial relevancia de los resultados, consideramos que está justificada su realización.

Los investigadores se comprometen a asegurar en todo momento el anonimato de los pacientes participantes y a garantizar que el tratamiento, la comunicación y la cesión de los datos de carácter personal de todos los pacientes participantes se ajustará a lo dispuesto en la legislación vigente:

- Ley 41/2002, de 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica.
- Ley 3/2005, del 7 de marzo, de modificación de Ley 3/2001, del 28 de mayo, reguladora del consentimiento informado y de la historia clínica de los pacientes.
- Decreto 29/2009, de 5 de febrero, por el que se regula el uso y acceso a la historia clínica electrónica.
- Reglamento General de Protección de Datos (Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016)

## **ANEXO 6. PUBLICACIONES**



## Artículo original

## Comparación de dos estrategias en la unidad de dolor torácico: ecocardiograma de estrés y tomografía computarizada con multidetectores

Miriam Piñeiro-Portela<sup>a,b,\*</sup>, Jesús Peteiro-Vázquez<sup>a,b</sup>, Alberto Bouzas-Mosquera<sup>a,b</sup>, Dolores Martínez-Ruiz<sup>a,b</sup>, Juan Carlos Yañez-Wonenburger<sup>a,b</sup>, Francisco Pombo<sup>b,c</sup> y José Manuel Vázquez-Rodríguez<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Unidad de Imagen Cardíaca, Servicio de Cardiología, Hospital Universitario A Coruña (CHUAC), Instituto de Investigación Biomédica de A Coruña (INIBIC), A Coruña, España

<sup>b</sup> Centro de Investigación Biomédica en Red de Enfermedades Cardiovasculares (CIBERCV), España

<sup>c</sup> Servicio de Radiología, Hospital Universitario de A Coruña, A Coruña, España

## Historia del artículo:

Recibido el 28 de mayo de 2019

Aceptado el 7 de enero de 2020

## Palabras clave:

Unidad de dolor torácico  
Síndrome coronario agudo  
Ecocardiograma de estrés  
Tomografía computarizada con multidetectores

## Keywords:

Chest pain unit  
Acute coronary syndrome  
Stress echocardiography  
Multidetector computed tomography

## RESUMEN

**Introducción y objetivos:** Actualmente existen diferentes estrategias para la detección del síndrome coronario agudo (SCA) en una unidad de dolor torácico. Nuestro objetivo es comparar el ecocardiograma de estrés (EcoE) y la tomografía computarizada con multidetectores (TCMD) en este escenario.

**Métodos:** Se aleatorizó a 203 pacientes con al menos 1 factor de riesgo cardiovascular y con electrocardiograma y troponinas normales a EcoE (103) o a TCMD (100). El objetivo primario era un combinado de eventos graves (muerte e infarto de miocardio no mortal), revascularizaciones y readmisiones. El objetivo secundario fue el coste.

**Resultados:** Se realizaron 61 coronariografías, 34 (33%) en el grupo de EcoE y 27 (27%) en el de TCMD ( $p = 0,15$ ). Se confirmó síndrome coronario agudo en 53 pacientes (el 88 y el 85%;  $p = 0,35$ ). No hubo diferencias significativas en el objetivo primario (el 42 y el 41%;  $p = 0,91$ ) ni en el número de eventos graves entre grupos (el 5 y el 7%;  $p = 0,42$ ). El coste medio en la sala de urgencias fue menor en el grupo con EcoE negativo comparado con el grupo con TCMD negativa (557 y 706 euros;  $p = 0,02$ ), aunque no se encontraron diferencias significativas con respecto al coste total.

**Conclusiones:** No se encontraron diferencias significativas en cuanto a eficacia y seguridad entre el EcoE y la TCMD en el cribado del dolor torácico agudo en pacientes con probabilidad baja-intermedia de SCA. El coste medio en la sala de urgencias fue menor en el subgrupo con EcoE negativo.

© 2020 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

## Comparison of two strategies in a chest pain unit: stress echocardiography and multidetector computed tomography

## ABSTRACT

**Introduction and objectives:** This study aimed to compare stress echocardiography (SE) and multidetector computed tomography (MCT) in patients admitted to a chest pain unit to detect acute coronary syndrome (ACS).

**Methods:** A total of 203 patients with  $\geq 1$  cardiovascular risk factor, no ischemic electrocardiogram changes and negative biomarkers were randomized to SE ( $n = 103$ ) or MTC ( $n = 100$ ). The primary endpoint was a combination of hard events (death and nonfatal myocardial infarction), revascularizations, and readmissions during follow-up. The secondary endpoint was the cost of the 2 strategies.

**Results:** Invasive angiography was performed in 61 patients (34 [33%] in the SE group and in 27 [27%] in the MCT group,  $P = .15$ ). A final diagnosis of ACS was made in 53 patients (88% vs 85%,  $P = .35$ ). There were no significant differences between groups in the primary endpoint (42% vs 41%,  $P = .91$ ), or in hard events (5% vs 7%,  $P = .42$ ). There were no significant differences in overall cost, but costs were lower in patients with negative SE than in those with negative MCT (€557 vs €706,  $P < .02$ ).

**Conclusions:** No significant differences were found in efficacy and safety for the stratification of patients with a low to moderate probability of ACS admitted to a chest pain unit. The cost of the 2 strategies was similar, but cost was significantly lower for SE on comparison of negative studies.

© 2020 Sociedad Española de Cardiología. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

\* Autor para correspondencia: Servicio de Cardiología, Hospital Universitario A Coruña, As Xubias 84, 15006 A Coruña, España.  
Correos electrónicos: mpinpor@secardiologia.es, Miriam.Pineiro.Portela@sergas.es (M. Piñeiro-Portela).

<https://doi.org/10.1016/j.recesp.2020.01.007>

0300-8932/© 2020 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

**Abreviaturas**

EcoE: ecocardiograma de estrés  
 IM: infarto de miocardio  
 SCA: síndrome coronario agudo  
 TCMD: tomografía computarizada con multidetectores  
 UDT: unidad de dolor torácico

**INTRODUCCIÓN**

Aproximadamente el 5% de los pacientes que consultan en urgencias por dolor torácico con electrocardiograma no diagnóstico y marcadores de daño miocárdico seriados negativos presentan un síndrome coronario agudo (SCA)<sup>1,2</sup>. Clásicamente, la ergometría ha sido una prueba fundamental en el protocolo de la unidad de dolor torácico (UDT)<sup>3,4</sup>. Hoy existen estrategias alternativas para realizar la clasificación de estos pacientes con mayor precisión, como son el ecocardiograma de estrés (EcoE)<sup>5-7</sup>, la perfusión miocárdica con radioisótopos<sup>8</sup> y la tomografía computarizada con multidetectores (TCMD)<sup>9-11</sup>. Varios estudios se han ocupado de comparar la evaluación mediante TCMD con la evaluación estándar<sup>12</sup>, tanto en UDT como en la enfermedad coronaria (EC) estable. En la casi totalidad de estos estudios, la evaluación convencional consistía en una prueba de esfuerzo sin imagen para la gran mayoría de pacientes.

El objetivo de nuestro estudio es analizar el impacto clínico y económico de la realización de EcoE en comparación con la TCMD en pacientes estables con probabilidad baja o intermedia de EC evaluados en una UDT.

**MÉTODOS****Pacientes**

Se incluyó a pacientes de 18-80 años con 1 o más factores de riesgo cardiovascular remitidos a nuestra UDT desde el Servicio de Urgencias con sospecha de SCA, ECG no diagnóstico y seriación negativa de marcadores de daño miocárdico. Debían haber transcurrido al menos 12 h desde el último episodio de dolor, se realizaban al menos 2 ECG en un intervalo mínimo de 6-12 h y la troponina I debía ser  $\leq 0,3$  mg/dl (al menos 2 determinaciones con intervalo mínimo de 6 h). Se excluyó a pacientes con *stents*, incapaces de una apnea prolongada (10-15 s), con frecuencia cardíaca irregular, contraindicación para bloqueadores beta si la frecuencia cardíaca es  $> 65$  lpm o presión arterial sistólica  $< 100$  mmHg, contraindicación para atropina, alergia a contraste yodado, en gestación o con creatinina  $> 1,3$  mg/dl.

El estudio fue aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica de Galicia y todos los pacientes firmaron el consentimiento informado. La asignación se realizó en horario laboral (de las 8.00 a las 15.00), utilizando un procedimiento basado en números aleatorios, tras ser valorados por el cardiólogo y comprobar que se cumplían los criterios de inclusión y no había causas de exclusión. Los pacientes remitidos fuera del horario laboral permanecían ingresados hasta ser valorados por el cardiólogo, y si se remitían durante el fin de semana, permanecían hasta el lunes. La aleatorización no fue consecutiva pues, por motivos asistenciales, solo se disponía del escáner para este estudio 1 día a la semana. El objetivo primario fue un combinado de eventos graves (muerte e infarto de miocardio [IM] no mortal), revascularizaciones y readmisiones. El objetivo secundario fue el coste de cada técnica.

**Protocolo de ecocardiograma de estrés**

Se utilizó un protocolo de ergometría individualizado según las características clínicas de los pacientes (Bruce o Naughton) y ecocardiograma bidimensional en reposo, pico de ejercicio y en el primer minuto tras el ejercicio. En caso de incapacidad para el ejercicio, se consideraba la administración de dobutamina. Se utilizó el índice de puntuación del movimiento parietal basado en el modelo de los 16 segmentos propuesto por la *American Society of Echocardiography*<sup>13</sup>. Si no se alcanzaba el 85% de la frecuencia máxima teórica, se utilizaba atropina intravenosa (hasta 2 mg). Una nueva anomalía de la contractilidad o un empeoramiento de una basal en 2 segmentos adyacentes se consideró isquemia. La hipocinesia aislada del segmento inferobasal o septobasal no se consideró isquemia si no había algún segmento adyacente afectado<sup>14</sup>. Se consideró isquemia extensa a la afectación de al menos 3 segmentos. La isquemia con distribución multiviso se definió como el desarrollo de anomalías en la motilidad segmentaria en más de 1 territorio coronario. Las zonas acinéticas que se mantenían igual o se transformaban en discinéticas se consideraban necrosis. Se consideró EcoE positivo a la presencia de isquemia.

**Protocolo de tomografía computarizada con multidetectores**

Se utilizó un escáner de 64 detectores. Se administró un bolo intravenoso de contraste yodado y, tras alcanzar una intensidad de 120 UH en la aorta ascendente, se realizó la angiografía. Se emplearon mecanismos de modulación de dosis, optimizando la adquisición entre el 30 y el 70% del intervalo RR. Si la frecuencia cardíaca era  $> 65$  lpm, los pacientes recibían atenolol intravenoso antes del procedimiento bajo monitorización electrocardiográfica continua. Se consideró EC significativa un estrechamiento  $> 50\%$  en una de las arterias coronarias o sus ramas.

**Sospecha de síndrome coronario agudo**

Se remitió a coronariografía a los pacientes con isquemia ecocardiográfica en el grupo de EcoE y aquellos del grupo de TCMD con estrechamiento  $> 50\%$  en una de las arterias coronarias o sus ramas. La sospecha de SCA se confirmó cuando en la coronariografía se demostraba un estrechamiento  $> 50\%$  en una de las arterias coronarias o sus ramas en el territorio que resultó positivo en la técnica de clasificación. Se dio de alta a los pacientes con resultado negativo en las técnicas de triaje. Durante el seguimiento, el inicio o cambio de tratamiento dependía del criterio del médico responsable.

**Coste**

Se calculó desde el momento de la aleatorización en función del coste de cada técnica, coronariografía diagnóstica, revascularización percutánea o quirúrgica y número de días de estancia hospitalaria hasta el alta médica del evento índice. La estancia hospitalaria se calculó desde la aleatorización hasta el alta del evento índice, incluida la revascularización. En la *tabla 1* se detallan los costes utilizados basados en los datos económicos más recientes de nuestra comunidad<sup>15</sup>.

**Análisis estadístico**

Las variables cuantitativas se presentan como proporciones que reflejan el porcentaje en cada grupo y las variables cualitativas, como media  $\pm$  desviación estándar. El análisis se realizó por

**Tabla 1**  
Coste de pruebas diagnósticas, revascularización y estancia

Pruebas, procedimientos, estancia	Coste (euros)
EcoE	377
TCMD	526
Coronariografía	1.055
Angioplastia	6.856
Cirugía de revascularización	7.000
Estancia en urgencias	181
Estancia hospitalaria (día)	529

EcoE: ecocardiograma de estrés; TCMD: tomografía computarizada con multidetectores. Elaborada según los datos económicos más recientes de nuestra comunidad<sup>15</sup>.

intención de tratar. Las comparaciones entre grupos para variables cualitativas se realizaron mediante test de la  $\chi^2$ . Para variables cuantitativas, se utilizó un test de comparación de medias (t de Student). Para el análisis de supervivencia se utilizó el estimador de Kaplan-Meier. Asumiendo una tasa de eventos combinados del 30% en el grupo de EcoE y para demostrar una reducción en la tasa de eventos del 43% en el grupo de TCMD<sup>16,17</sup>, con un nivel de significación del 95% y una potencia del 80%, se calculó un tamaño muestral de 182 pacientes en cada grupo. Se consideró estadísticamente significativo un valor de  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

Desde octubre de 2010 hasta el agosto de 2014, se incluyó a 203 pacientes. En la figura 1 se muestra el diagrama de flujo del estudio. Las características basales de los pacientes se detallan en la tabla 2. La mayoría de los pacientes tenían una puntuación baja en la escala de riesgo TIMI<sup>18</sup> (el 68% en TIMI I y el 32% en TIMI II), sin diferencias entre ambas estrategias ( $p = 0,37$ ).

### Grupo de ecocardiograma de estrés

Los 103 pacientes del grupo de EcoE pudieron caminar en cinta sin fin y se utilizó el protocolo de Bruce convencional en la mayoría (96%). En el 4% restante, se utilizó el protocolo de Bruce modificado. No fue preciso administrar contraste ecocardiográfico a ningún paciente. Se administró atropina intravenosa ( $1,3 \pm 0,4$  mg) a 16 pacientes (15%); 5 pacientes obtuvieron un resultado no concluyente por no alcanzar el 85% de la frecuencia máxima teórica; 2 pacientes ingresaron para coronariografía, y los 3 restantes recibieron el alta: en 2 casos por resultado negativo pero habiendo alcanzado 10 equivalentes metabólicos y en otro por presentar

**Tabla 2**  
Características basales de los pacientes

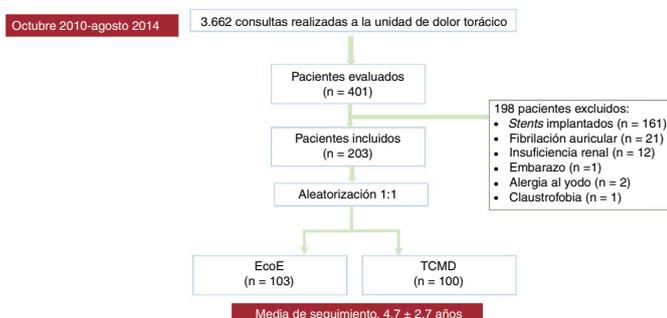
	EcoE (n = 103)	TCMD (n = 100)	p
Varones	66 (49,6)	65 (50,4)	0,80
Edad (años)	63,9 $\pm$ 11	63,5 $\pm$ 11	0,84
Fumadores y exfumadores	35 (34)	39 (39)	0,55
EC previa	18 (18,5)	12 (12)	0,81
Diabetes mellitus	30 (29,1)	27 (27)	0,11
Hipertensión	72 (69,9)	71 (71)	0,66
Hipercolesterolemia	78 (75,7)	74 (74)	0,77
Antecedentes familiares de EC	4 (3,9)	6 (6,0)	0,48
<b>Dolor torácico</b>			
Angina típica	66 (64,1)	56 (56)	0,24
Angina atípica/probable	33 (32,0)	44 (44)	0,07
Dolor no anginoso	4 (3,9)	0	0,04
<b>Medicaciones</b>			
Ácido acetilsalicílico	32 (32,1)	40 (40)	0,18
Bloqueadores beta	21 (20,4)	27 (27)	0,26
Antagonistas del calcio	10 (9,7)	5 (5)	0,20
Nitratos	7 (6,8)	9 (9)	0,56
IECA/ARA-II	47 (45,6)	43 (43)	0,70
Diuréticos	18 (17,5)	21 (21)	0,52

ARA-II: antagonistas del receptor de la angiotensina II; EC: enfermedad coronaria; EcoE: ecocardiograma de estrés; IECA: inhibidores de la enzima de conversión de la angiotensina; TCMD: tomografía computarizada con multidetectores. Los valores expresan n (%) o media  $\pm$  desviación estándar.

coronarias normales en un ingreso previo. El EcoE resultó positivo para isquemia en 36 pacientes (35%), mientras que se detectó necrosis sin isquemia asociada en 2 casos (2%). El índice de puntuación de motilidad parietal fue de  $1,05 \pm 0,17$  en situación basal y de  $1,20 \pm 0,33$  en pico de ejercicio. De los 36 pacientes con isquemia ecocardiográfica, se envió a coronariografía a 34 y se confirmó el diagnóstico de sospecha en 30 (88%). En 2 casos no se procedió a ingreso ni a coronariografía (1 paciente rechazó estudio invasivo y para otro se decidió tratamiento médico por EC no revascularizable en una coronariografía previa).

### Grupo de tomografía computarizada con multidetectores

Se aleatorizó a 100 pacientes a TCMD. Se administró atenolol i.v. en el 46% de los estudios ( $2,8 \pm 1,3$  mg). Debido a artefactos de movimiento, 6 estudios se consideraron no concluyentes. En 3 de ellos se realizó EcoE, que resultó negativa. Ningún estudio en el grupo de TCMD resultó no concluyente debido a excesiva calcificación coronaria.



**Figura 1.** Diagrama de flujo del estudio. EcoE: ecocardiograma de estrés; TCMD: tomografía computarizada con multidetectores.

Cómo citar este artículo: Piñero-Portela M, et al. Comparación de dos estrategias en la unidad de dolor torácico: ecocardiograma de estrés y tomografía computarizada con multidetectores. *Rev Esp Cardiol.* 2020. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2020.01.007>

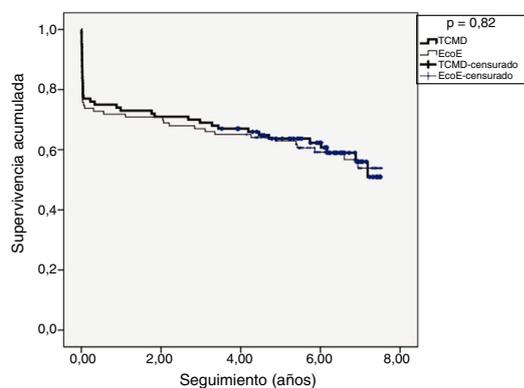
La TCMD resultó positiva en 27 pacientes. Tras la coronariografía se confirmó el diagnóstico de sospecha en 23 (85%).

### Síndrome coronario agudo

Se procedió al alta desde urgencias de 142 (70%) pacientes y se ingresó a los 61 restantes (30%). Se confirmó SCA en 53 (87%) de los 61 pacientes remitidos a coronariografía: 30 (88%) de los 34 enviados a coronariografía en el grupo de EcoE y 23 (85%) de los 27 enviados a coronariografía en el grupo de TCMD ( $p = 0,35$ ). Más de la mitad de los pacientes (30; 60%) presentaban enfermedad multivaso. La mayoría de los pacientes ingresados para coronariografía también se sometieron a revascularización (9 con cirugía, 40 mediante intervención percutánea). Se trató médicamente a 4 pacientes: 2 con EC no revascularizable y 2 con oclusión crónica y escaso territorio en riesgo.

### Eventos

Durante un seguimiento medio de  $4,7 \pm 2,7$  años, no se encontraron diferencias significativas en el objetivo primario (43 pacientes en el grupo de EcoE [42%] y 41 en el de TCMD [41%];  $p = 0,91$ ). La figura 2 muestra las curvas Kaplan-Meier de supervivencia libre de eventos graves, revascularizaciones y readmisiones para ambos grupos. En total se registraron 5 eventos graves en el grupo de EcoE y 7 en el de TCMD (el 5 frente al 7%;  $p = 0,42$ ). Se registraron 8 muertes (3 en el grupo de EcoE y 5 en el de TCMD;  $p = 0,39$ ) y 4 IM no mortales (2 en el grupo de EcoE y 2 en el de TCMD;  $p = 0,51$ ). Cuatro muertes fueron de causa cardiovascular (1 después de IM inferior a los 1.223 días, 1 muerte súbita a los 1.967 días, 1 muerte por isquemia intestinal y 1 muerte por disfunción protésica), 3 de causa oncológica y 1 muerte de causa desconocida. Dentro del primer año del seguimiento solo se registró 1 evento grave, que consistió en 1 IM no mortal con elevación del segmento ST anterior en un paciente de la estrategia de TCMD. Los restantes 3 IM no mortales ocurrieron a los  $1.647 \pm 542$  días de la aleatorización. Tampoco hubo diferencias significativas entre ambos grupos en cuanto a los eventos combinados de evento grave y revascularización (35 pacientes en el grupo de EcoE [34%] y 29 en el de TCMD [29%];  $p = 0,58$ ). Se registraron 21 (10%) nuevas visitas a UDT (9 en el grupo de EcoE y 12 en el de TCMD), 3 de las cuales en el primer año fueron en el grupo de EcoE y 4 en el de TCMD.



**Figura 2.** Análisis de supervivencia para eventos graves, revascularizaciones y readmisiones. Curvas de Kaplan-Meier. EcoE: ecocardiograma de estrés; TCMD: tomografía computarizada con multidetectores.

La estancia media desde la aleatorización resultó ser menos de 7 h para los pacientes con resultado negativo. La mediana de la estancia hospitalaria para los pacientes referidos a coronariografía debido a resultado positivo o no concluyente fue de 7 (5-10) días en el grupo de EcoE y 8 (5-10,25) días en el de TCMD ( $p = 0,90$ ). No hubo diferencias significativas en cuanto al coste total de ambas técnicas,  $3.872 \pm 5.363$  euros con la estrategia de EcoE y  $3.033 \pm 4.120$  euros con la de TCMD ( $p = 0,21$ ). Tampoco hubo diferencias significativas cuando se comparó el coste con EcoE positivo frente a TCMD positiva ( $9.682 \pm 5.294$  y  $9.020 \pm 3.342$  euros;  $p = 0,57$ ). Sin embargo, el coste resultó menor con la estrategia de EcoE cuando era negativo en comparación con la estrategia de TCMD negativa (557 euros con EcoE negativo y 706 euros con TCMD negativa;  $p = 0,02$ ).

### Número de pruebas tras la aleatorización

Se encontraron diferencias significativas en cuanto al número de ecocardiogramas realizados durante el seguimiento (31 pacientes en el grupo de EcoE [30%] y 46 en el de TCMD [46%];  $p = 0,01$ ), así como en el número de ergometrías (4 pacientes en el grupo de EcoE [4%] y 14 en el de TCMD [14%];  $p = 0,01$ ). El número de EcoE realizados fue similar en ambos grupos (26 en el grupo de EcoE [25%] y 28 en el de TCMD [28%];  $p = 0,38$ ). Solo se realizaron 2 TCMD en el grupo de EcoE [2%] y ninguno en el de TCMD;  $p = 0,25$ ).

### DISCUSIÓN

En este estudio prospectivo, experimental, aleatorizado y unicéntrico, se estudió la seguridad clínica y el coste económico de 2 técnicas, una anatómica (TCMD) y otra funcional (EcoE en pico de esfuerzo), en el triaje de pacientes remitidos a nuestra UDT con probabilidad baja-intermedia de SCA. No se encontraron diferencias significativas entre ambas técnicas en cuanto a eficacia y seguridad, con un coste menor en el grupo de EcoE que no precisaba ingreso. La gran mayoría de las exclusiones se debieron a características clínicas de los pacientes que impedirían una correcta evaluación con la estrategia de TCMD.

### Estrategia anatómica frente a estrategia funcional en situación aguda

Varios estudios han demostrado que la TCMD es una alternativa segura en el triaje de pacientes con sospecha de SCA en la UDT. No obstante, la estrategia frente a la que se contrastó la TCMD en estos estudios fue muy variada, incluso se procedía al alta sin pruebas complementarias en determinados casos. Un metanálisis reciente<sup>12</sup> comparó la estrategia de TCMD con la estrategia convencional tanto en situación de casos agudos como crónicos. En casos agudos, con 2.919 pacientes incluidos en total, no se encontró ninguna diferencia en el pronóstico, pero sí un aumento significativo del número de coronariografías y revascularizaciones con la estrategia anatómica. Sin embargo, hay que tener en cuenta que, en la mayoría de estos estudios, la estrategia que se comparó con la TCMD fue la ergometría convencional, con sus limitaciones de bajas sensibilidad y especificidad. Cuando se utilizó una técnica de imagen de estrés, casi en su totalidad fue gammagrafía de perfusión miocárdica<sup>8-10</sup>. La ecocardiografía de estrés podría tener ventajas sobre las técnicas de perfusión nuclear, sobre todo en el escenario agudo, dada la rapidez de obtención de los resultados, la posibilidad de detectar anomalías extramiocárdicas como causa de los síntomas, menos presencia de contraindicaciones y la

ausencia de radiación. Además, se ha demostrado que con la imagen en pico de esfuerzo se mejora la sensibilidad de la técnica<sup>19-22</sup>. Muy pocos estudios han comparado la imagen funcional mediante ecocardiografía de estrés con la TCMD en una UDT. Un estudio español previo<sup>23</sup> en el que se realizó EcoE y TCMD en los mismos pacientes concluyó que la TCMD era más sensible pero menos específica que la EcoE en el diagnóstico de SCA, aunque sin significación estadística. En un reciente estudio multicéntrico que comparó frente a frente TCMD y EcoE con dobutamina en 217 pacientes en situación similar, la primera resultó más sensible (el 97 y el 52%), y con un valor predictivo negativo mayor (el 93 y el 52%), mientras que la especificidad (el 48 y el 47%) y el valor predictivo positivo (el 67 y el 50%) resultaron subóptimos y similares con ambas técnicas<sup>24</sup>. En el estudio PERFECT se aleatorizó a 411 pacientes, la mitad a EcoE y la otra mitad a TCMD, y tampoco se encontraron diferencias en cuanto a eventos, aunque se realizó un mayor número de coronariografías y revascularizaciones con la estrategia de TCMD<sup>25</sup>. En otro estudio reciente también en UDT, se comparó la TCMD frente a la EcoE en exclusiva<sup>26</sup>. En la estrategia EcoE la hospitalización resultó menor (el 11% con la estrategia de EcoE frente al 19% con la estrategia de TCMD;  $p = 0,026$ ), así como la estancia media hospitalaria, mientras que no se encontraron diferencias en cuanto a eventos cardiovasculares.

En contraste con estos datos en situación aguda, los datos actuales en situación crónica son más favorables al TCMD en cuanto a reducción de eventos en el seguimiento, aunque esto se ha demostrado en el estudio SCOT-HEART<sup>27,28</sup>, pero no en el PROMISE<sup>29</sup>. Sin embargo, hay diferencias fundamentales entre estos 2 estudios. En el SCOT-HEART en realidad se comparó la prueba de esfuerzo convencional con TCMD añadido a prueba de esfuerzo convencional, mientras que en el PROMISE se comparó TCMD con una estrategia funcional que consistía fundamentalmente en imagen cardíaca con isótopos.

### Síndrome coronario agudo y enfermedad coronaria

La prevalencia de SCA y EC obstructiva en nuestra serie resultó elevada (26%) en comparación con otras, por ejemplo, el 8% en el estudio ROMICAT II<sup>9</sup>. Aunque más de la mitad de los pacientes incluidos tenían un riesgo de SCA bajo (el 68% en TIMI I), a diferencia de otros estudios, todos presentaban al menos 1 factor de riesgo cardiovascular y la gran mayoría, al menos 2 (94%). Por otro lado, el 15% había sido diagnosticado de EC en el pasado, criterio de exclusión en la mayoría de los ensayos previos<sup>9-11,22,24</sup>, y en ambos grupos más de la mitad de los pacientes (30; 60%) presentaban EC multivaso en la coronariografía. Finalmente, el marcador disponible en el laboratorio de urgencias era la troponina cardíaca I convencional. Si se hubiera dispuesto de troponina de alta sensibilidad, probablemente se habría mejorado la precisión diagnóstica en esta población y se habría detectado un mayor número de pacientes a los que se remitiría directamente a coronariografía sin necesidad de someterlos previamente a técnicas de triaje<sup>30-32</sup>, con lo que habría disminuido la probabilidad pretest de SCA de la muestra.

Se confirmó SCA en el 87% de los casos remitidos para coronariografía (el 88% en el grupo de EcoE y el 85% en el de TCMD). En el estudio de Mas et al.<sup>23</sup>, con una prevalencia de EAC/SCA también elevada (25%), la sospecha se confirmó en un menor número de casos basándose tanto en EcoE (67%) como en TCMD (59%), sin diferencia significativa. La mayoría de nuestros pacientes con SCA confirmado por alguna de las estrategias fueron sometidos a revascularización, a diferencia de otros estudios en los que más de la mitad de los pacientes ingresados desde urgencias para coronariografía no fueron revascularizados<sup>26</sup>.

### Seguimiento

El seguimiento de los pacientes en nuestra serie fue muy prolongado (más de 5 años en el 62% de los pacientes) con un número de SCA, revascularizaciones y readmisiones similar en ambos grupos, por lo que el «periodo de garantía» en este estudio es similar en los grupos de EcoE y de TCMD. El número de ecocardiografías y ergometrías convencionales resultó significativamente mayor en el grupo de TCMD durante el seguimiento.

### Coste

En otros estudios, la TCMD aceleró el diagnóstico de SCA aunque sin reducir el gasto y con mayor probabilidad de someter al paciente a coronariografía durante el ingreso o el seguimiento<sup>9,25,26</sup>. En el estudio ROMICAT II, el coste en la sala de urgencia resultó significativamente menor en el grupo de TCMD, si bien el coste total hasta los 28 días de seguimiento fue similar en ambos grupos. En nuestra serie no se encontraron diferencias significativas con respecto al coste total, si bien el coste en el grupo con EcoE negativo resultó significativamente menor que en el de TCMD negativa.

### Limitaciones

En primer lugar, se trata de una muestra pequeña en un estudio unicéntrico, lo que limita su generalización. Lamentablemente, debido a la baja disponibilidad de la TCMD para este estudio, no ha sido posible conseguir un tamaño muestral suficiente para demostrar diferencias entre ambas estrategias, por lo que la hipótesis nula no es rechazable. Por lo tanto, nuestro estudio puede considerarse tan solo un análisis exploratorio. No obstante, estos hallazgos animan y justifican continuar estudios en esta línea. Otra limitación es que el objetivo primario es un combinado de eventos con desequilibrada implicación clínica. En la selección de los pacientes se excluyó a los incapaces para realizar la técnica o la tenían contraindicada, circunstancias cotidianas en la práctica clínica habitual (portador de *stent*, fibrilación auricular, insuficiencia renal... ). El marcador utilizado fue la troponina cardíaca I convencional, con menor precisión para el diagnóstico de IM frente a la troponina ultrasensible<sup>30-32</sup>. Los facultativos que realizaban e interpretaban la pruebas conocían la historia clínica de los pacientes y los facultativos responsables del paciente ingresado y el hemodinamista conocían el resultado de las técnicas de imagen, lo que supone un sesgo para el diagnóstico de SCA. Otro sesgo que tener en cuenta para asegurar el diagnóstico de SCA en el contexto de EC, fundamentalmente ante enfermedad multivaso y lesiones intermedias, fue que raramente se usaron técnicas intracoronarias, y siempre a criterio del cardiólogo intervencionista. En cuanto al coste, no se incluyeron los gastos de estancia hasta la aleatorización ni los gastos derivados de nuevas visitas o ingresos, lo que disminuye el coste total.

### CONCLUSIONES

No se encontraron diferencias significativas en cuanto a eficacia y seguridad entre la EcoE y la TCMD en el triaje del dolor torácico agudo en pacientes con probabilidad baja-intermedia de SCA. Sin embargo, el coste de un EcoE negativo resultó menor que el de una TCMD negativa. El número de pruebas posteriores también fue menor con una estrategia inicial basada en EcoE.

**CONFLICTO DE INTERESES**

No se declara ninguno.

**¿QUÉ SE SABE DEL TEMA?**

- La TCDM y la EcoE son técnicas eficaces y seguras para el estudio de pacientes con EC conocida o sospechada. Sin embargo, en muy pocos estudios se han comparado ambas técnicas en situación aguda.
- Además, el uso de la estrategia de EcoE basada fundamentalmente en ecografía de ejercicio es infrecuente, pero podría tener ventajas en las UDT, dada su versatilidad, su rapidez, el estudio de comorbilidades y la ausencia de radiación.

**¿QUÉ APORTA DE NUEVO?**

- No se encontraron diferencias significativas a largo plazo en cuanto a eficacia y seguridad entre el EcoE y la TCDM en el triaje de pacientes con dolor torácico agudo y probabilidad baja-intermedia de SCA, pero con un coste menor que el de la TCDM cuando es negativo.
- Las pruebas ulteriores también son menos frecuentes con la estrategia de EcoE.

**BIBLIOGRAFÍA**

1. Pope JH, Selker HP. Acute coronary syndromes in the emergency department: diagnostic characteristics, tests, and challenges. *Cardiol Clin*. 2005;23:423-451.
2. Sekhri N, Feder GS, Junghans C, et al. How effective are rapid access chest pain clinics? Prognosis of incident angina and non-cardiac chest pain in 8762 consecutive patients. *Heart*. 2007;93:458-463.
3. Braunwald E, Antman EM, Beasley JW, et al. ACC/AHA 2002 Guideline Update for the Management of Patients with Unstable Angina and non-ST elevation Myocardial Infarction. *J Am Coll Cardiol*. 2011;58:1414-1422.
4. Amsterdam EA, Kirk JD, Bluemke DA, et al. Testing of low-risk patients presenting to the emergency department with chest pain: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2010;122:1756-1776.
5. Jeetley P, Burden L, Stoykova B, et al. Clinical and economic impact of stress echocardiography compared with exercise electrocardiography in patients with suspected acute coronary syndrome but negative troponin: a prospective randomized controlled study. *Eur Heart J*. 2007;28:204-211.
6. Trippi JA, Lee KS. Dobutamine stress tele-echocardiography as a clinical service in the emergency department to evaluate patients with chest pain. *Echocardiography*. 1999;16:179-185.
7. Nucifora G, Badano LP, Sarraf-Zadegan N, et al. Comparison of early dobutamine stress echocardiography and exercise electrocardiographic testing for management of patients presenting to the emergency department with chest pain. *Am J Cardiol*. 2007;100:1068-1073.
8. Candell-Riera J, Oller-Martínez G, Pereztol-Valdés O, et al. Gated-SPECT precoz de perfusión miocárdica en los pacientes con dolor torácico y electrocardiograma no diagnóstico en urgencias. *Rev Esp Cardiol*. 2004;57:225-233.
9. Hoffmann U, Truong QA, Schoenfeld DA, et al. ROMICAT-II Investigators. Coronary CT angiography versus standard evaluation in acute chest pain. *N Engl J Med*. 2012;367:299-308.
10. Goldstein JA, Gallagher MJ, O'Neill WW, et al. A randomized controlled trial of multi-slice coronary computed tomography for evaluation of acute chest pain. *J Am Coll Cardiol*. 2007;49:863-871.
11. Goldstein JA, Chinaiyan KM, Abidov A, et al. The CT-STAT (Coronary Computed Tomographic Angiography for Systematic Triage of Acute Chest Pain Patients to Treatment) trial. *J Am Coll Cardiol*. 2011;58:1414-1422.
12. Foy AJ, Dhuvra SD, Peterson B, et al. Coronary computed tomography angiography vs functional stress testing for patients with suspected coronary artery disease. A systematic review and meta-analysis. *JAMA Intern Med*. 2017;177:1623-1631.
13. Pellikka PA, Nagueh SF, Elhendy AA, et al. American Society of Echocardiography recommendations for performance, interpretation, and application of stress echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2007;20:1021-1041.
14. Hoffmann R, Lethen H, Marwick T, et al. Standardized guidelines for the interpretation of dobutamine echocardiography reduce interinstitutional variance in interpretation. *Am J Cardiol*. 1998;82:1520-1524.
15. Decreto 56/2014, de 30 de abril, tarifas de los servicios sanitarios prestados en los centros dependientes del Servicio Gallego de Salud y en las fundaciones públicas sanitarias. *DOG*, 21 de mayo de 2014, Núm. 96, Pág. 22788. Disponible en: [https://www.xunta.gal/dog/Publicados/2014/20140521/AnuncioC3K1-140514-0001\\_es.html](https://www.xunta.gal/dog/Publicados/2014/20140521/AnuncioC3K1-140514-0001_es.html). Consultado 15 Nov 2019.
16. Bouzas-Mosquera A, Peteiro J, Brullón FJ, et al. Incremental value of exercise echocardiography over exercise electrocardiography in a chest pain unit. *Eur J Intern Med*. 2015;26:720-725.
17. Hoffmann U, Bamberg F, Chae CU, et al. Coronary computed tomography angiography for early triage of patients with acute chest pain: The ROMICAT (Rule Out Myocardial Infarction using Computer Assisted Tomography) trial. *J Am Coll Cardiol*. 2009;53:1642-1650.
18. Antman EM, Cohen M, Bernink PJ, et al. The TIMI risk score for unstable angina/non-ST elevation MI: a method for prognostication and therapeutic decision making. *JAMA*. 2000;284:835-842.
19. Peteiro J, Bouzas-Mosquera A, Estevez R, et al. Head-to-head comparison of peak supine bicycle exercise echocardiography and treadmill exercise echocardiography at peak and at post-exercise for the detection of coronary artery disease. *J Am Soc Echocardiogr*. 2012;25:319-126.
20. Peteiro J, Garrido I, Monserrat L, et al. Comparison of peak and postexercise treadmill echocardiography with the use of continuous harmonic imaging acquisition. *J Am Soc Echocardiogr*. 2004;17:1044-1049.
21. Peteiro J, Monserrat L, Perez R, et al. Accuracy of peak treadmill exercise echocardiography to detect multivessel coronary artery disease: comparison with post-exercise echocardiography. *Eur J Echocardiogr*. 2003;4:182-190.
22. Bouzas-Mosquera A, Peteiro J, Alvarez-García N, et al. Prediction of mortality and major cardiac events by exercise echocardiography in patients with normal exercise electrocardiographic testing. *J Am Coll Cardiol*. 2009;53:1981-1990.
23. Mas-Stachurska A, Miro O, Sitges M, et al. Evaluación del dolor torácico agudo mediante ecocardiografía de ejercicio y tomografía computarizada multidetectores. *Rev Esp Cardiol*. 2015;68:17-24.
24. Durand E, Bauer F, Masencal N, et al. Head-to-head comparison of the diagnostic performance of coronary computed tomography angiography and dobutamine-stress echocardiography in the evaluation of acute chest pain with normal ECG findings and negative troponin tests: A prospective multicenter study. *Int J Cardiol*. 2017;241:463-469.
25. Uretsky S, Argulian E, Supariwala A, et al. Comparative effectiveness of coronary CT angiography vs stress cardiac imaging in patients following hospital admission for chest pain work-up: The Prospective First Evaluation in Chest Pain (PERFECT) Trial. *J Nucl Cardiol*. 2017;244:1267-1278.
26. Levisky JM, Haramati LB, Spevack DM, et al. Coronary computed tomography angiography versus stress echocardiography in acute chest pain: a randomized controlled trial. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2018;11:1288-1290.
27. SCOT-HEART investigators. CT coronary angiography in patients with suspected angina due to coronary heart disease (SCOT-HEART): an open-label, parallel-group, multicentre trial. *Lancet*. 2015;385:2383-2391.
28. The SCOT-HEART investigators. Coronary CT angiography and subsequent risk of myocardial infarction. *N Engl J Med*. 2019;380:298-300.
29. Douglas PS, Hoffmann U, Patel MR, et al. Outcomes of anatomical versus functional testing for coronary artery disease. *N Engl J Med*. 2015;372:1291-1300.
30. Thygesen K, Mair J, Giannitsis EM, et al. The Study Group on Biomarkers in Cardiology of the ESC Working Group on Acute Cardiac Care. How to use high-sensitivity cardiac troponins in acute cardiac care. *Eur Heart J*. 2012;33:2001-2006.
31. Dedic A, Lubbers MM, Schaap J, et al. Coronary CT angiography for suspected ACS in the era of high-sensitivity troponins: randomized multicenter study. *J Am Coll Cardiol*. 2016;67:16-26.
32. Thygesen K, Alpert JS, Jaffe AS, et al. Fourth universal definition of myocardial infarction (2018). *J Am Coll Cardiol*. 2018;72:2231-2264.

Cómo citar este artículo: Piñeiro-Portela M, et al. Comparación de dos estrategias en la unidad de dolor torácico: ecocardiograma de estrés y tomografía computarizada con multidetectores. *Rev Esp Cardiol*. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2020.01.007>

## Cartas al Editor

## Unidad de dolor torácico: no olvidar los índices clínicos



## Chest pain unit: Do not forget the clinical indexes

## Sr. Editor:

Hemos leído con mucho interés el artículo de Piñeiro-Portela et al.<sup>1</sup> en el que comparan 2 pruebas diagnósticas de imagen en la unidad de dolor torácico, el ecocardiograma de estrés y la tomografía computarizada con multidetectores. Dado que los pacientes incluidos tenían una probabilidad baja-intermedia de síndrome coronario agudo (SCA), electrocardiograma normal o no diagnóstico y cifras normales de troponina, creemos que en algunos de ellos podría no haber sido necesario realizar una prueba diagnóstica de imagen. Los autores no proporcionan ningún índice clínico de los descritos en pacientes con SCA (GRACE, TIMI y HEART) o en unidades de dolor torácico<sup>2–4</sup>. Sería interesante informar del resultado de los índices UDT65 (uso de ácido acetilsalicílico, diabetes, tipicidad del dolor, edad  $\geq$  65 años) y el descrito por Sanchis et al.<sup>5</sup> (sexo masculino<sub>1</sub>, dolor de esfuerzo<sub>1</sub>, recurrencia de dolor<sub>2</sub> y enfermedad coronaria previa<sub>2</sub>). En concreto, sería importante saber cuántos pacientes tenían estos índices  $\leq$  1 y cuál fue su pronóstico. Asimismo, se debería indicar si se utilizó un reactivo de troponina de alta sensibilidad y alguno de los algoritmos de troponina de los que se ha demostrado grandes sensibilidad y valor predictivo negativo para el diagnóstico de SCA. Alguna información indica que las pruebas de detección de isquemia podrían estar sobreutilizándose en pacientes con riesgo bajo e intermedio<sup>6</sup>, por lo que unos índices clínicos muy bajos (0 o incluso 1) podrían ser suficientes para dar de alta desde urgencias a pacientes con electrocardiograma y cifras de troponina normales. La sobreutilización de pruebas de detección de isquemia en pacientes en bajo riesgo prolonga su estancia en el servicio de urgencias (o incluso obliga a su ingreso), aumenta el coste económico y puede inducir procedimientos invasivos y revascularizaciones sin claro impacto en el pronóstico de estos pacientes.

VÉASE CONTENIDO RELACIONADO:  
<https://doi.org/10.1016/j.recesp.2020.01.007>  
<https://doi.org/10.1016/j.recesp.2020.06.003>

Manuel Martínez-Sellés<sup>a,\*</sup>, Juan Sanchis<sup>b</sup> y Héctor Bueno<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Servicio de Cardiología, Hospital General Universitario Gregorio Marañón, CIBERCV, Universidad Europea, Universidad Complutense, Madrid, España

<sup>b</sup>Servicio de Cardiología, Hospital Clínico Universitario de Valencia, Universidad de Valencia, Valencia, España

<sup>c</sup>Servicio de Cardiología, Hospital Universitario 12 de Octubre, Centro Nacional de Investigaciones Cardiovasculares (CNIC), Universidad Complutense, Madrid, España

\* Autor para correspondencia:  
 Correo electrónico: [mmselles@secardiologia.es](mailto:mmselles@secardiologia.es)  
 (M. Martínez-Sellés).

On-line el 12 de mayo de 2020

## BIBLIOGRAFÍA

- Piñeiro-Portela M, Peteiro-Vázquez J, Bouzas-Mosquera A, et al. Comparison of two strategies in a chest pain unit: stress echocardiography and multidetector computed tomography. *Rev Esp Cardiol.* 2021;74:59–64.
- Martínez-Selles M, Bueno H, Estevez A, De Miguel J, Muñoz J, Fernández-Aviles F. Positive non-invasive tests in the chest pain unit: importance of the clinical profile for estimating the probability of coronary artery disease. *Acute Card Care.* 2008;10:205–208.
- Martínez-Selles M, Bueno H, Sacristán A, et al. Chest pain in the emergency department: incidence, clinical characteristics and risk stratification. *Rev Esp Cardiol.* 2008;61:953–959.
- Sanchis J, Valero E, García Blas S, et al. Undetectable high-sensitivity troponin in combination with clinical assessment for risk stratification of patients with chest pain and normal troponin at hospital arrival. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care.* 2020. doi: 10.1177/2048872620907539.
- Sanchis J, García-Blas S, Carratalá A, et al. Clinical evaluation versus undetectable high-sensitivity troponin for assessment of patients with acute chest pain. *Am J Cardiol.* 2016;118:1631–1635.
- Roifman I, Han L, Koh M, et al. Clinical effectiveness of cardiac noninvasive diagnostic testing in patients discharged from the emergency department for chest pain. *J Am Heart Assoc.* 2019;8:e013824.

<https://doi.org/10.1016/j.recesp.2020.04.009>  
 0300-8932/

© 2020 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

## Unidad de dolor torácico: no olvidar los índices clínicos. Respuesta



## Chest pain unit: do not forget the clinical indexes. Response

## Sr. Editor:

Agradecemos el interés en nuestro artículo sobre la comparación de ecocardiografía de estrés y tomografía computarizada multidetectores en una unidad de dolor torácico. Aunque no eran

VÉASE CONTENIDO RELACIONADO:  
<https://doi.org/10.1016/j.recesp.2020.04.009>

nuestros objetivos, aceptamos la utilidad de los índices clínicos<sup>1</sup> y la troponina de alta sensibilidad<sup>2</sup> para reducir la necesidad de pruebas de detección de isquemia o enfermedad coronaria.

En nuestro artículo se comunica uno de los índices mencionados en su carta, el TIMI risk score (el 68% en TIMI I y el 32% en TIMI II). Se calculó el porcentaje de pacientes con índice UDT65 0-1 y resultó del 45%, sin diferencias significativas entre ambas estrategias. De todos modos, la elevada prevalencia diagnóstica final de síndrome coronario agudo (26%) indica que no hay sobreutilización de pruebas de detección de isquemia o enfermedad coronaria.

Una de las limitaciones mencionadas fue el empleo de troponina convencional. La ausencia de troponina de alta

sensibilidad durante la inclusión puede contribuir a una mayor probabilidad pretest de síndrome coronario agudo y a mayor rendimiento de las pruebas de diagnóstico por imagen, lo cual podría no ser extrapolable a una población más actual<sup>3</sup>.

De todas formas, el empleo de índices clínicos y de troponina de alta sensibilidad no elimina por completo la necesidad de pruebas funcionales o anatómicas de detección de enfermedad coronaria para una parte de los pacientes remitidos a una unidad de dolor torácico y, en nuestra opinión, ninguno de los factores mencionados afecta a la validez de los resultados de nuestro estudio.

Miriam Piñeiro-Portela<sup>a,b,\*</sup>, Jesús Peteiro-Vázquez<sup>a,b</sup>, Alberto Bouzas-Mosquera<sup>a,b</sup> y José Manuel Vázquez-Rodríguez<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup>Servicio de Cardiología, Unidad de Imagen y Pruebas Funcionales, Hospital Universitario de A Coruña, A Coruña, España

<sup>b</sup>Centro de Investigación Biomédica en Red de Enfermedades Cardiovasculares (CIBERCV), España

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: [Miriam.Pineiro.Portela@sergas.es](mailto:Miriam.Pineiro.Portela@sergas.es)  
(M. Piñeiro-Portela).

On-line el 27 de junio de 2020

#### BIBLIOGRAFÍA

1. Bouzas-Mosquera A, Peteiro J, Broullón FJ, et al. A clinical score to obviate the need for cardiac stress testing in patients with acute chest pain and negative troponins. *Am J Emerg Med.* 2016;34:1421–1426.
2. Bouzas-Mosquera A, Peteiro J, Broullón FJ, et al. Troponin levels within the normal range and probability of inducible myocardial ischemia and coronary events in patients with acute chest pain. *Eur J Intern Med.* 2016;28:59–64.
3. Bouzas-Mosquera A, Peteiro J, Broullón FJ, et al. Temporal changes in the use and results of exercise echocardiography. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2015;16:1207–1212.

<https://doi.org/10.1016/j.recesp.2020.06.003>  
0300-8932/

© 2020 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.LU.  
Todos los derechos reservados.

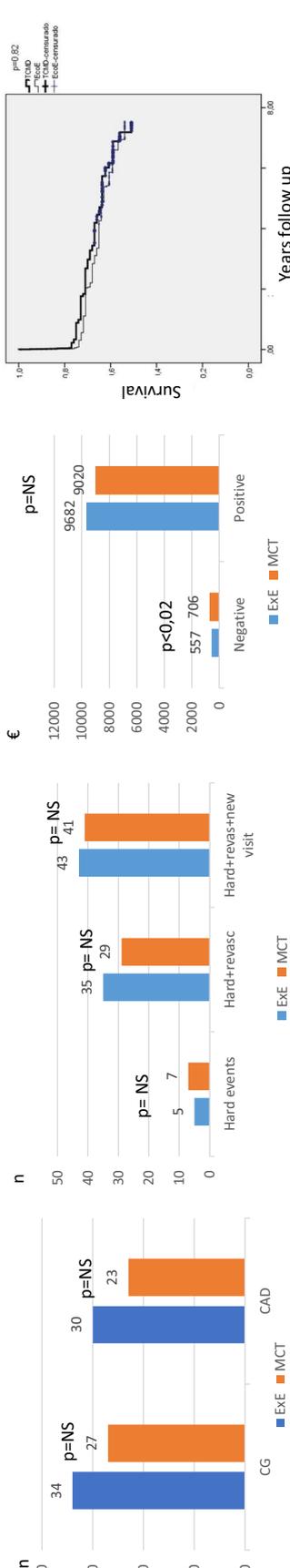
## LONG TERM FOLLOW UP COMPARISON OF TWO STRATEGIES IN A CHEST PAIN UNIT: EXERCISE ECHOCARDIOGRAPHY AND MULTIDETECTOR COMPUTED TOMOGRAPHY

•Miriam Piñeiro Porteira , Jesús Peleiro Vázquez , Alberto Bouzas Mosquera , Dolores Martínez Ruiz , Juan Carlos Yáñez Wronenburger , Francisco Pombó , José Manuel Vázquez Rodríguez , Hospital Universitario de A Coruña, A Coruña, España.

**Purpose:** This study aimed to compare exercise echocardiography (ExE) and multidetector computed tomography (MCT) in patients admitted to a chest pain unit .

**Methods:** 203 patients with ≥1 cardiovascular risk factors, no ischemic ECG changes and negative biomarkers were randomized to ExE (n=103) or MCT (n=100). The endpoints were hard events (cardiovascular death and non-fatal myocardial infarction), combined events (hard events and revascularizations), and combined events plus readmissions during follow-up. Cost of each strategy was also investigated.

**Results:** Mean age was 64±11 years and 131 patients were male. Hypertension was seen in 71%, hypercholesterolemia in 74%, diabetes mellitus in 28%, and smoking in 21%. Most patients had a low TIMI risk score (68% TIMI I and 32% TIMI II). Mean follow-up was 4,7 ± 2,7 years. Invasive angiography due to positive/nonconclusive results was performed in 34 of the 103 patients submitted to ExE and in 27 of the 100 submitted to MCT (33% vs. 27%, p=0.15). A final diagnosis of acute coronary syndrome (ACS) was achieved in 53 patients (30 [88%] in the ExE group and 23 [85%] in the MCT group, p=0.12). There were no significant differences between groups in hard events ( 5 [5%] patients in the ExE group and 7 [7%] in the MCT group, p=0.42), combined events ( 35 patients [34 %] in the ExE group and 29 [29%] in the MCT group), and combined events plus readmissions (43 [42%] patients in the ExE group and 41[41 %] in the MCT). The median stay in hospital was 7 (5-10) days in the ExE group and 8 (5-10,25) in the MCT group (p=NS). For patients with negative results by each technique the mean stay was less than 8 hours. There were no differences in the global cost, although it was significantly lower for patients with negative ExE (557 € vs. 706 €, p<0.02) as compared to those with negative MCT. The number of further tests during follow-up was higher in the strategy MCT in comparison with the strategy ExE: Significant differences were found in the number of echocardiograms (31 patients in ExE group [30%] vs 46 in the MCT group [46%], p=0,014) and exercise ECG test (4 patients in ExE group [4%] vs 14 in the MCT group [14%], p=0,010) during follow up



**Conclusions:** Both MCT and ExE are equally effective for the stratification of patients with low to moderate probability of ACS admitted to a chest pain unit. The cost was similar with both strategies, although significantly lower in ExE when negative studies were compared.

There is not conflict of interest



## ANEXO 7. ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

### Tablas:

<b>Tabla 1.</b>	Estudio de calcio coronario. Score de Agatston .....	47
<b>Tabla 2</b>	Ensayos clínicos randomizados que comparan una estrategia anatómica con TCMD frente a una estrategia funcional en el contexto de dolor torácico agudo.....	57
<b>Tabla 3.</b>	Coste de pruebas diagnósticas, revascularización y estancia.....	74
<b>Tabla 4.</b>	Características basales de los pacientes incluidos en el estudio .....	82
<b>Tabla 5.</b>	Resultados de la ergometría e imagen en la estrategia EcoE.....	85
<b>Tabla 6.</b>	Características basales y resultados de los pacientes en el brazo Tomografía computarizada multidetector.....	87
<b>Tabla 7.</b>	Afectación coronaria y tratamiento de los pacientes con EAC que fueron sometidos en coronariografía.....	89
<b>Tabla 8.</b>	Análisis univariado según las variables clínicas en la estrategia TCMD vs EcoE.....	94
<b>Tabla 9.</b>	Características descriptivas de ensayos clínicos que comparan en una unidad de dolor torácico agudo una estrategia anatómica con TCMD frente a una estrategia funcional que incluye pruebas de estrés con imagen con EcoE .....	103
<b>Tabla 10.</b>	Descripción de los test incluidos en el brazo funcional de los ensayos clínicos que comparan en una unidad de dolor torácico estrategia anatómica con TCMD frente a estrategia funcional que incluye pruebas de estrés con imagen con EcoE.....	104
<b>Tablas 11 y 12.</b>	Recomendaciones para la elección test anatómico o funcional en el contexto de dolor torácico agudo. Modificado de guías de la AHA/ACC para evaluación y manejo de dolor torácico. JACC. 2021;78(22):e187-e285.....	108

**Figuras:**

<b>Figura 1.</b>	Capacidad de reserva coronaria.. .....	30
<b>Figura 2.1.</b>	Cascada isquémica. El desbalance entre la demanda y la suplencia de oxígeno en el miocardio desencadena isquemia. Si se mantiene, se producen en una serie de alteraciones que van en orden y se conocen como cascada isquémica. Las alteraciones en la perfusión y contractilidad cardíaca detectadas por pruebas de imagen funcionales aparecen en primer lugar. Los cambios en el ECG y la angina son los últimos en la cascada.....	31
<b>Figura 2.2.</b>	Técnicas de imagen en la cascada isquémica.....	32
<b>Figura 3.</b>	Modelo de 17 segmentos del ventrículo izquierdo con la numeración de los segmentos DA, arteria descendente anterior (rojo); CX, arteria circunfleja (verde); CD, arteria coronaria derecha (azul). .....	42
<b>Figura 4.</b>	Modelo de 17 segmentos del ventrículo izquierdo con sus territorios coronarios. DA, arteria descendente anterior (rojo); CX, arteria circunfleja (verde); CD, arteria coronaria derecha (azul). .....	43
<b>Figura 5.</b>	Se muestran los 16 segmentos en los diferentes planos ecocardiográficos con sus territorios coronarios. DA, arteria descendente anterior; CX, arteria circunfleja; CD, arteria coronaria derecha. ....	44
<b>Figura 6.1.</b>	Adquisición de imágenes. Estudio retrospectivo. La información se adquiere en todo el ciclo cardíaco. La desventaja es la alta dosis de radiación.....	51
<b>Figura 6.2.</b>	Adquisición de imágenes. Estudio retrospectivo con modulación de dosis. La dosis completa se aporta solo en diástole, reduciéndose significativamente en el resto del ciclo. ....	51
<b>Figura 7.</b>	Adquisición de imágenes. Estudio prospectivo. Se adquiere la información en un solo periodo del ciclo (diástole).....	52
<b>Figura 8.</b>	Esquema de la segmentación del árbol coronario axial tomado de las guías de la Sociedad de tomografía computarizada cardiovascular (SCCT). Raff et al. Journal of Cardiovascular Computed Tomography (2009) 3, Pg 127. (169) .....	54
<b>Figura 9.</b>	Disposición del tapiz rodante, la camilla y el ecocardiógrafo en nuestro laboratorio. ....	69
<b>Figura 10.</b>	Diagrama de flujo del estudio.. .....	79

<b>Figura 11.</b>	Número de pacientes remitidos a coronariografía diagnóstica (CG) y de pacientes con enfermedad coronaria obstructiva (EAC) en el ingreso índice; .....	88
<b>Figura 12.</b>	Análisis de supervivencia para el objetivo primario (mortalidad total, infarto no fatal, revascularizaciones y readmisiones en la UDT). Curvas de Kaplan-Meier.....	90
<b>Figura 13.</b>	Análisis de supervivencia para mortalidad total. Curvas de Kaplan-Meier. ....	90
<b>Figura 14.</b>	Análisis de supervivencia para eventos graves (mortalidad total e IM no mortal) . Curvas de Kaplan-Meier.....	91
<b>Figura 15.</b>	Análisis de supervivencia para revascularizaciones. Curvas de Kaplan-Meier. ....	91
<b>Figura 16.</b>	Análisis de supervivencia para readmisiones UDT. Curvas de Kaplan-Meier. ....	92
<b>Figura 17.</b>	Número de eventos graves (muerte e infarto agudo de miocardio [IM]), eventos graves más revascularizaciones (revasc) y eventos graves más revascularizaciones más nueva visita a Unidad de dolor torácico (UDT) ....	93
<b>Figura 18.</b>	Mediana de la estancia hospitalaria de los pacientes ingresados para coronariografía. ....	95
<b>Figura 19.</b>	Coste en euros según resultado de cada técnica (€). ....	96
<b>Figura 20.</b>	Número de ETT, PE, EcoE y TCMD realizadas durante el seguimiento. EcoE: Ecocardiograma de estrés. TCMD: tomografía computarizada multidetector. ETT: ecocardiogramas, PE: pruebas de esfuerzo- .....	97