

REC: CardioClinics

www.reccardioclinics.org

Cardiología joven: temas de actualidad en salud cardiovascular

Controversias en la revascularización y el estudio de viabilidad miocárdica en el síndrome coronario crónico



Luis Carlos Maestre-Luque^{a,b,c}, Rafael González-Manzanares^{a,b,d,*},
Clara Fernández-Cordón^e y Felipe Díez-Delhoyo^f

^a Servicio de Cardiología, Hospital Universitario Reina Sofía, Córdoba, España

^b Instituto Maimónides de Investigación Biomédica de Córdoba, Córdoba, España

^c Facultad de Medicina, Universidad de Córdoba, Córdoba, España

^d Centro de Investigación Biomédica en Red de Enfermedades Cardiovasculares (CIBERCV), Madrid, España

^e Servicio de Cardiología, Hospital Clínico Universitario de Valladolid, Valladolid, España

^f Servicio de Cardiología, Hospital Universitario 12 de Octubre, Madrid, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 17 de agosto de 2024

Aceptado el 5 de septiembre de 2024

On-line el 12 de noviembre de 2024

Palabras clave:

Enfermedad arterial coronaria

Síndrome coronario crónico

Revascularización miocárdica

Cirugía de revascularización

aortocoronaria

Intervencionismo coronario

percutáneo

RESUMEN

El amplio espectro de pacientes con síndrome coronario crónico y las controversias en su diagnóstico y tratamiento suponen un reto en la toma de decisiones clínicas. En lo relativo al diagnóstico, la utilidad del estudio de viabilidad miocárdica se ha visto cuestionada por recientes ensayos clínicos. En cuanto al tratamiento, en el paciente con enfermedad coronaria simple, el intervencionismo percutáneo ha demostrado su utilidad en el alivio sintomático, pero la evidencia en cuanto al beneficio pronóstico es contradictoria. En la enfermedad coronaria compleja, la cirugía de revascularización aortocoronaria ha obtenido mejores resultados que la revascularización percutánea. Además, la revascularización quirúrgica ha demostrado reducir los eventos cardiovasculares con respecto al tratamiento médico en pacientes con disfunción ventricular izquierda isquémica. En esta revisión analizamos de forma crítica la evidencia disponible en lo relativo al estudio de viabilidad y la revascularización miocárdica en el síndrome coronario crónico.

© 2024 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Se reservan todos los derechos, incluidos los de minería de texto y datos, entrenamiento de IA y tecnologías similares.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: rafaelglezm@imibic.org (R. González-Manzanares).

<https://doi.org/10.1016/j.rccl.2024.09.003>

2605-1532/© 2024 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Se reservan todos los derechos, incluidos los de minería de texto y datos, entrenamiento de IA y tecnologías similares.

Controversies in revascularization and myocardial viability study in chronic coronary syndrome

ABSTRACT

Keywords:

Coronary artery disease
Chronic coronary syndrome
Myocardial revascularization
Coronary artery bypass grafting
Percutaneous coronary intervention

The broad spectrum of patients with chronic coronary syndrome and the controversies in diagnosis and treatment pose a major challenge in clinical decision making. Concerning the diagnosis, the utility of myocardial viability study has been questioned by recent clinical trials. Regarding the therapeutic approach, in patients with simple coronary disease, percutaneous revascularization has proved its utility in anginal symptoms relieve, but the evidence regarding a prognostic benefit is contradictory. In complex coronary disease, coronary artery bypass grafting surgery has reported better results than percutaneous intervention. Besides, surgical revascularization has demonstrated a reduction in cardiovascular events over medical treatment in patients with ischemic left ventricular dysfunction. In this review we critically analyse the current evidence on viability study and myocardial revascularization in patients with chronic coronary syndrome.

© 2024 Sociedad Española de Cardiología. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.

Introducción

La enfermedad arterial coronaria (EAC) es la primera causa de muerte a nivel mundial y uno de los principales contribuyentes a la carga global de años de calidad de vida perdidos, constituyendo un problema sanitario de primer orden^{1,2}. El síndrome coronario crónico (SCC) es un grupo heterogéneo de escenarios clínicos que abarca desde el paciente con síntomas anginosos y EAC sospechada o confirmada, pasando por la disfunción ventricular izquierda isquémica, hasta pacientes asintomáticos con revascularización previa tras un síndrome coronario agudo (SCA)^{3,4}.

En contraposición al SCA, la evidencia del beneficio de la revascularización miocárdica en el SCC es controvertida. La cirugía de revascularización aortocoronaria (CABG) ha demostrado superioridad frente al intervencionismo coronario percutáneo (ICP) en términos de reducción de eventos cardiovasculares mayores (ECM) para aquellos pacientes con EAC de alta complejidad⁵. En la EAC simple (1 o 2 vasos) la evidencia de ensayos clínicos aleatorizados (ECA) y metaanálisis en lo relativo al impacto pronóstico del ICP es contradictoria⁶⁻¹⁰, aunque sí ha mostrado un beneficio en la mejoría de síntomas anginosos¹¹⁻¹⁴.

Estudios observacionales han demostrado la utilidad de diferentes técnicas para la estratificación de pacientes según su viabilidad miocárdica, y mejores resultados clínicos con la revascularización temprana de aquellos de mayor riesgo^{15,16}. Sin embargo, el ensayo REVIVED no mostró beneficio del ICP en mejoría de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) ni en reducción de ECM para pacientes con disfunción ventricular isquémica y viabilidad¹⁷.

El amplio espectro de pacientes con SCC y las controversias en su diagnóstico y tratamiento suponen un reto en la toma de decisiones clínicas. En esta revisión analizamos de forma crítica la evidencia actual de la revascularización miocárdica y el estudio de viabilidad en pacientes con SCC, con el objetivo

de extraer conclusiones fundamentadas que puedan ser de utilidad en la práctica clínica diaria.

Revascularización miocárdica en síndrome coronario crónico

Enfermedad arterial coronaria simple

Se ha considerado EAC simple la afectación de 1 o 2 vasos sin implicación del tronco coronario izquierdo (TCI)^{3,4}. No obstante, cabe destacar el importante solapamiento existente en el espectro del SCC entre los distintos grados de severidad de la enfermedad coronaria (entre un 30 y un 50% de los pacientes de los ECA de SCC tienen enfermedad multivaso).

Globalmente, la evidencia disponible no ha demostrado un claro beneficio pronóstico del ICP en la EAC simple. Los ensayos clínicos COURAGE e ISCHEMIA compararon, en sujetos con isquemia miocárdica objetivada, tratamiento médico óptimo (TMO) frente a una estrategia de ICP inicial, sin encontrar diferencias significativas en el combinado de muerte y ECM en el seguimiento^{6,9}. Los principales metaanálisis tampoco han evidenciado un beneficio consistente del ICP rutinario en la mortalidad, pudiendo haber un beneficio, aunque limitado, en la incidencia de infarto de miocardio (IAM) espontáneo^{18,19}. Además, este potencial beneficio es directamente proporcional al grado de enfermedad coronaria, por lo que en pacientes con EAC simple su impacto es menor.

Desde nuestro punto de vista, la evidencia actual amerita varias consideraciones. En primer lugar, los pacientes incluidos en los ECA de SCC son altamente seleccionados, lo cual puede limitar su validez externa. Únicamente el 6,5% de los pacientes valorados en el COURAGE fueron finalmente aleatorizados⁶, y el perfil ISCHEMIA engloba aproximadamente un 5% de los pacientes con SCC de vida real²⁰. En segundo lugar, las dos estrategias de revascularización se ven penalizadas frente al TMO por la actual definición universal

de IAM periprocedimiento²¹, con umbrales de troponina de dudosa relevancia pronóstica que sobredimensionan la incidencia de IAM²². La definición de la Society for Cardiovascular Angiography & Interventions, con un umbral de troponina 70 veces el límite superior, parece predecir mejor mortalidad y eventos^{23,24}. En tercer lugar, la tasa de crossover a la rama de revascularización es singularmente alta en este tipo de ensayos clínicos (un tercio de los pacientes en el COURAGE⁶ y al menos un 21% en el ISCHEMIA)⁹. Por último, el ICP de alta calidad ha demostrado mejorar el pronóstico de los pacientes comparado con el ICP clásico, como se detallará en esta misma revisión. Esto incluye el uso de stents farmacoactivos de nueva generación³, acceso radial rutinario³, fisiología coronaria^{7,8}, técnicas de imagen intracoronaria, así como revascularización completa.

En lo relativo al alivio sintomático y la mejora en calidad de vida, los ensayos clínicos ACME y ACME-II demostraron, en EAC de 1 y 2 vasos, respectivamente, superioridad de angioplastia frente a TMO^{11,12}. Además, subanálisis preespecificados del COURAGE y del ISCHEMIA también evidenciaron este beneficio del ICP sobre el TMO en mejoría sintomática^{13,25}. El ensayo ORBITA supuso un cambio paradigmático en el diseño de los ECA en pacientes con SCC sometidos a ICP, cegando por primera vez el procedimiento intervencionista. En este estudio se comparó el ICP con el cateterismo placebo (procedimiento sham) en pacientes con lesiones coronarias de 1 vaso, sin hallarse diferencias a las 6 semanas en el incremento de tiempo de ejercicio ni en alivio de angina²⁶ tras un riguroso seguimiento clínico bajo TMO intensivo. Este estudio planteó el debate sobre el posible efecto placebo de una estrategia invasiva sobre parámetros subjetivos como la sintomatología anginosa, y abrió la puerta al ensayo ORBITA-2, que asumía la posibilidad de que la resolución de estenosis coronarias funcionalmente significativas no tuviese impacto sintomático. Se comparó el ICP con el cateterismo placebo en pacientes con EAC de 1 vaso (80%) pero sin TMO alguno, demostrando superioridad del ICP en el alivio sintomático de la angina¹⁴.

Basándonos en la evidencia analizada, podemos concluir que el beneficio sintomático asociado al ICP en la EAC simple es claro y fisiológico, sin olvidar que el TMO es la base y tratamiento de primera línea de todos los pacientes con SCC. El beneficio pronóstico adicional del ICP en este contexto es controvertido; no ha sido claramente demostrado y, por tanto, no se puede afirmar que hoy en día sea superior al TMO. A la espera de nuevos ECA que solventen las limitaciones anteriormente descritas, es indudable que, para avanzar en la línea de aportar esta mejoría pronóstica adicional, se debe continuar con el desarrollo y la implementación del ICP de alta calidad.

La [tabla 1](#) resume los resultados de los principales ensayos clínicos en el escenario de la enfermedad coronaria simple.

Enfermedad arterial coronaria compleja

Se considera EAC compleja la afectación de tronco coronario izquierdo (TCI) o enfermedad de 3 vasos (E3V)^{3,4}.

La enfermedad del TCI ha sido criterio de exclusión rutinario en los estudios que compararon TMO con revascularización, al asumirse un beneficio implícito de la estrategia

invasiva. En pacientes con E3V, los resultados del ensayo MASS-2 demostraron un claro beneficio a largo plazo de la CABG frente al TMO en términos de reducción de ECM en pacientes con angina²⁷. Desde entonces, el grueso de la evidencia ha comparado las distintas estrategias de revascularización entre sí.

El ensayo SYNTAX y los subanálisis derivados del mismo son la principal evidencia en revascularización de EAC compleja. Se aleatorizó a pacientes con E3V o enfermedad de TCI a revascularización quirúrgica o a ICP. Los resultados a un año no revelaron diferencias, pero con un seguimiento de 5 años la CABG demostró ser superior al ICP en reducción de ECM en pacientes con alta complejidad anatómica: E3V con puntuación SYNTAX intermedia-alta (> 22 puntos)^{5,28}. Otros ECA y metaanálisis también han apuntado en esta misma dirección²⁹⁻³². En la enfermedad de TCI, sin embargo, la mayoría de ECA (incluido el SYNTAX) y metaanálisis arrojan resultados del ICP comparables a la cirugía en pacientes candidatos a ambas estrategias, y su rendimiento se iguala a medida que disminuye la complejidad anatómica^{5,33-36}. En el subgrupo de pacientes con diabetes mellitus (DM), los ensayos FREEDOM, CARDia y SYNTAX mostraron superioridad de la CABG sobre el ICP tanto en E3V como en TCI³⁷⁻³⁹. En pacientes de edad avanzada, con frecuente comorbilidad y alto riesgo quirúrgico, no existe evidencia sólida procedente de ECA, aunque datos observacionales sugieren que el ICP en TCI es una opción factible con buenos resultados a medio plazo⁴⁰.

La mayoría de los ECA en enfermedad coronaria compleja compararon la cirugía en centros de referencia con el implante de stents metálicos o primeras generaciones de stents farmacoactivos. En este sentido, el estudio SYNTAXII, que integró el uso de stents de strut ultrafino, imagen y fisiología coronaria, y revascularización completa, incluyendo el tratamiento moderno de oclusiones crónicas, consiguió reducir un 40% los eventos cardiovasculares comparado con el SYNTAX, en una cohorte de similar perfil⁴¹. Así pues, consideramos que hay necesidad, probablemente constante dados los continuos avances tecnológicos con implicación pronóstica, de ECA que comparen CABG e ICP tanto en E3V como en TCI.

Como conclusión, en pacientes con E3V de baja complejidad o TCI, el ICP en su grado de desarrollo actual ofrece unos resultados análogos a la CABG. En pacientes con enfermedad coronaria de alta complejidad, especialmente la E3V en pacientes con DM, existe un beneficio pronóstico consistente asociado a la CABG. A la hora de decidir la estrategia de revascularización es preciso un abordaje multidisciplinar, con una rigurosa valoración de la anatomía coronaria y el riesgo quirúrgico, integrando además los resultados locales de cada una de las estrategias.

La [figura 1](#) propone un algoritmo de manejo diagnóstico-terapéutico en pacientes con SCC y angina, basado en las conclusiones extraídas del análisis crítico de la evidencia.

Oclusión total crónica

La oclusión total crónica (OTC) de arteria coronaria se define como la obstrucción completa al flujo anterógrado de al menos 3 meses de duración⁴². Su prevalencia alcanza al 15-25% de pacientes con SCC⁴³ y confiere peor pronóstico⁴⁴. Numerosos estudios observacionales y metaanálisis han sugerido un

Tabla 1 – Principales ensayos clínicos en pacientes con enfermedad arterial coronaria simple

ECA (año)	N	Criterio de inclusión	Tratamiento	Objetivo primario	Resultados
ACME ¹¹ (1992)	212	Lesión 1 vaso 70-99% (no TCI) e isquemia en prueba de esfuerzo	ACTP frente a TMO	Tolerancia esfuerzo Frecuencia angina Uso nitroglicerina	ACTP más tiempo de ejercicio (p < 0,001) y mayor % de pacientes sin angina (p < 0,01)
ACME II ¹² (1997)	328	Lesión 1 o 2 vasos 70-99% (no TCI) e isquemia en prueba de esfuerzo	ACTP frente a TMO	Tolerancia esfuerzo Frecuencia angina Calidad de vida	EAC 1 vaso: ACTP más tiempo ejercicio (p < 0,001) y mayor % de pacientes sin angina (p = 0,02) EAC de 2 vasos: no diferencias No diferencias en el combinado de ECM: HR = 1,05 (0,87-1,27; p = 0,62) (Se consideró ECM el IAM posprocedimiento)
COURAGE ⁵ (2007)	2.287	Lesión proximal ≥ 70% en al menos 1 vaso Isquemia objetiva (lesión ≥ 80% o isquemia inducible en esfuerzo)	ICP + TMO frente a TMO	Muerte por cualquier causa ± IAM no mortal	No diferencias en el combinado de ECM: HR = 1,05 (0,87-1,27; p = 0,62) (Se consideró ECM el IAM posprocedimiento)
FAME ²⁷ (2012)	1.120 (888)	Inclusión (1.120): SCC + al menos 1 lesión ≥ 70% Aleatorización (888): al menos 1 lesión RFF ≤ 0,8	ICP guiada por RFF + TMO frente a TMO	Muerte por cualquier causa ± IAM ± ICP urgente	ICP guiada por RFF + TMO menos incidencia de ECM: HR = 0,32 (0,19-0,53; p < 0,001), por menos ICP urgente posterior ICP guiada por RFF + TMO mejor control de síntomas No diferencias en incremento de tiempo de ejercicio (p = 0,2) No diferencias en aumento VO ₂ pico, angina (SAQ), calidad de vida (EURO-QoL-5D)
ORBITA ²⁶ (2018)	230	Lesión 1 vaso 70-99% (no TCI) Angina a pesar de TMO	ICP + TMO frente a ICP placebo + TMO	Incremento de tiempo de ejercicio en prueba de esfuerzo	No diferencias en incremento de tiempo de ejercicio (p = 0,2) No diferencias en aumento VO ₂ pico, angina (SAQ), calidad de vida (EURO-QoL-5D)
ISCHEMIA ⁹ (2020)	5.179	Isquemia al menos moderada en test de estrés (imagen) o grave en prueba de esfuerzo (Descartada lesión TCI/ADA ostial por TAC coronario en la mayoría de los pacientes)	Angiografía ± ICP/CABG frente a TMO ± angiografía de rescate	Muerte CV ± IAM ± hospitalización por angina inestable, IC o PCR recuperada	No diferencias en combinado de ECM: HR = 0,93 (0,80-1,08) (Se consideró ECM el IAM posprocedimiento)
ORBITA-2 ¹⁴ (2023)	301	Lesión 70-99% en 1 o más vasos Angina sin TMO Isquemia objetiva (imagen/fisiología)	ICP frente a ICP placebo	Angina score: 1. Angina diaria 2. Medicación de rescate diaria 3. Evento: angina inaceptable, SCA, muerte	ICP mejor control de síntomas: menor puntuación angina score (p < 0,001) ICP mayor incremento de tiempo de ejercicio y mejoría en calidad de vida (EURO-QoL-5D)

Se aportan los intervalos de confianza del 95% para el hazard ratio, y los valores de p, según los ensayos originales proporcionaron sus resultados. ACTP: angioplastia coronaria transluminal percutánea; ADA: arteria descendente anterior; CABG: cirugía de revascularización aortocoronaria; CV: cardiovascular; EAC: enfermedad arterial coronaria; ECM: eventos cardiovasculares mayores; EURO-QoL-5D: *European Quality of Life Health 5 Dimensional Questionnaire*; HR: hazard ratio; IAM: infarto agudo de miocardio; IC: insuficiencia cardiaca; ICP: intervencionismo coronario percutáneo; PCR: parada cardiorrespiratoria; RFF: reserva fraccional de flujo; SAQ: *Seattle Angina Questionnaire*; SCA: síndrome coronario agudo; SCC: síndrome coronario crónico; TAC: tomografía axial computarizada; TCI: tronco coronario izquierdo; TMO: tratamiento médico óptimo; VO₂: consumo de oxígeno.

beneficio del ICP sobre OTC en términos de calidad de vida⁴⁵, mejoría de FEVI^{46,47}, reducción de arritmias ventriculares⁴⁸ y supervivencia^{49,50}. Sin embargo, 2 ECA recientes, el EURO-CTO y el DECISION-CTO, no mostraron una reducción de ECM respecto al TMO^{45,51}. Estos estudios no tenían la potencia estadística para detectar diferencias en ECM, pero evidenciaron una mejoría sintomática respecto a TMO, y, como suele ser habitual, presentaron un importante entrecruzamiento entre grupos. A la luz de la evidencia, y teniendo en cuenta el cre-

ciente porcentaje de procedimientos con éxito, la indicación de ICP sobre OTC con el objetivo de mejoría sintomática puede ser razonable.

Fisiología intracoronaria como guía de revascularización

La reserva fraccional de flujo (RFF) y los índices de reposo o no hiperémicos, como el índice diastólico instantáneo sin

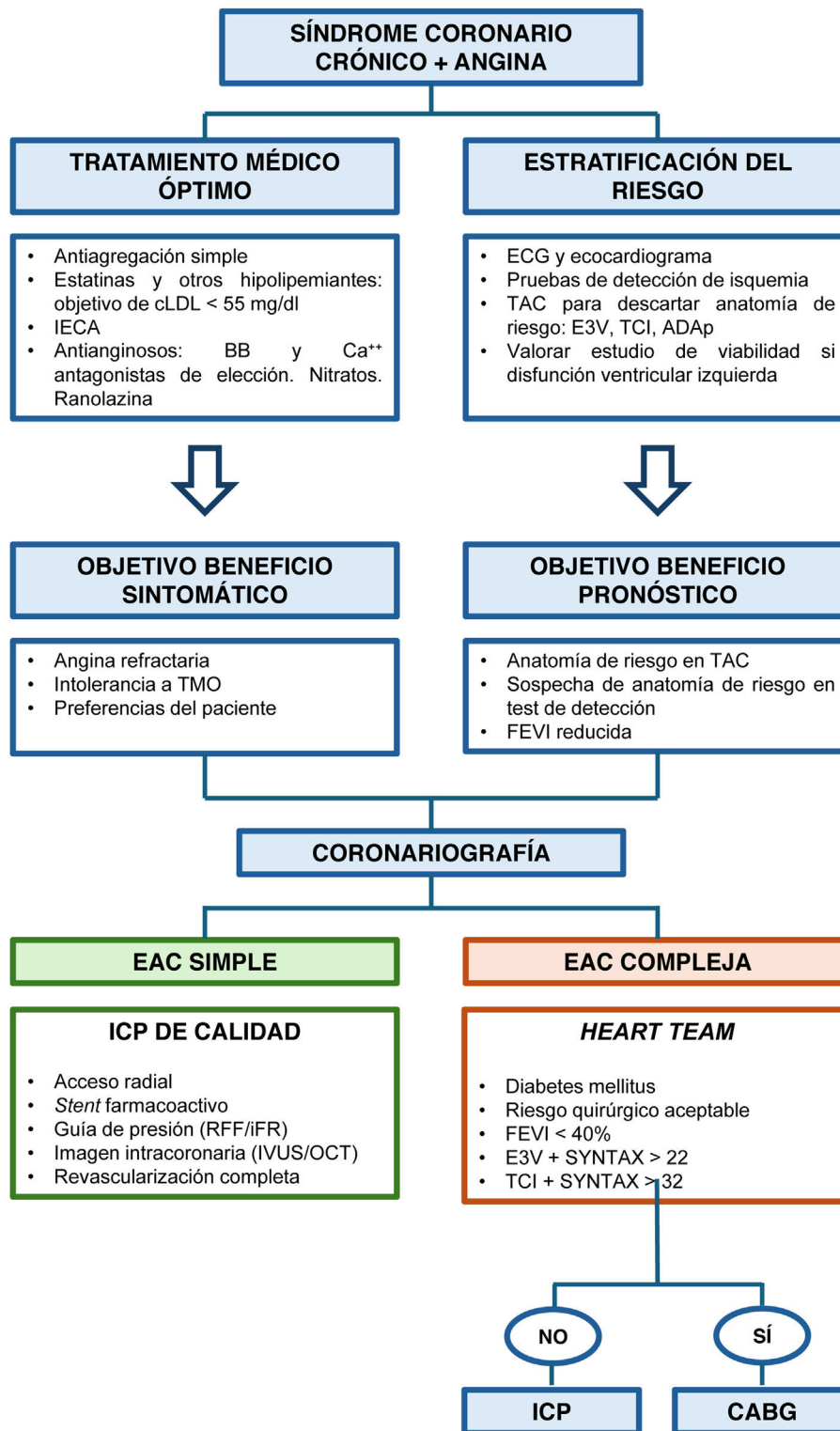


Figura 1 – Propuesta de manejo diagnóstico-terapéutico del paciente con síndrome coronario crónico y angina.

ADAP: arteria descendente anterior proximal; BB: bloqueadores beta; Ca⁺⁺ antagonistas: calcio-antagonistas; CABG: cirugía de revascularización aortocoronaria; cLDL: colesterol unido a lipoproteínas de baja densidad; EAC: enfermedad arterial coronaria; ECG: electrocardiograma; E3V: enfermedad de 3 vasos; FEVI: fracción de eyección ventricular izquierda; ICP: intervencionismo coronario percutáneo; IECA: inhibidores de la enzima de conversión de angiotensina; iFR: índice diastólico instantáneo sin ondas; IVUS: ecocardiografía intravascular; OCT: tomografía de coherencia óptica; RFF: reserva fraccional de flujo; SYNTAX: Synergy Between Percutaneous Coronary Intervention With TAXUS and Cardiac Surgery; TAC: tomografía axial computarizada; TCI: tronco coronario izquierdo; TMO: tratamiento médico óptimo.

ondas (iFR), son los índices más usados en la actualidad para identificar lesiones funcionalmente significativas⁵²⁻⁵⁴.

El ensayo FAME comparó el ICP guiado por RFF frente al ICP convencional en pacientes con EAC multivaso, reportando una incidencia similar de ECM a los 5 años de seguimiento (aunque con una clara reducción numérica en la incidencia de IAM) y una menor incidencia de revascularización no planificada en el grupo de RFF⁵⁵. El ensayo FAME 2 demostró que la asociación de ICP+TMO en pacientes con al menos una lesión funcionalmente significativa (RFF < 0,8) era superior a solo TMO en reducción de ECM^{7,8}. De manera interesante, los pacientes con mayor tasa de eventos fueron aquellos con lesiones funcionalmente significativas no tratadas, y aquellos con lesiones funcionalmente no significativas tratadas. Los ensayos que compararon la RFF con el iFR (DEFINE-FLAIR e iFR-SWEDEHEART) y validaron su uso rutinario indicaron inicialmente no inferioridad en cuanto a ECM⁵⁶⁻⁵⁸. Sin embargo, en un análisis de ambos ensayos con resultados a 5 años, la RFF mostró menos ECM y mortalidad, lo que ha puesto en duda su equivalencia diagnóstica y pronóstica⁵⁹. Recientemente, el ensayo iLARDI ha demostrado la utilidad del corregistro mediante iFR para guiar el ICP de lesiones en tándem o difusas, reduciendo la longitud de stent implantado sin incrementar el uso de medicación antianginosa^{60,61}. Adicionalmente, el uso de iFR parece seguro en lesiones bifurcadas, donde el procedimiento puede verse simplificado mediante el encarcelamiento de la guía de presión⁶².

El estudio de fisiología intracoronaria forma parte del denominado ICP de calidad, y existe consenso en la utilización de la guía de presión para identificar lesiones funcionalmente significativas subsidiarias de revascularización, fundamentalmente en ausencia de isquemia en pruebas no invasivas.

Imagen intracoronaria como guía de revascularización

Las dos principales técnicas de imagen intracoronaria son la ecografía intravascular (IVUS) y la tomografía de coherencia óptica (OCT). La evidencia de ECA y metaanálisis apunta a un beneficio pronóstico consistente del ICP guiado por IVUS respecto a la angiografía convencional, con una reducción de la mortalidad cardiovascular y de los ECM⁶³⁻⁶⁵. En cuanto a la OCT, los ensayos OCTOBER (lesiones en bifurcación) e ILUMIEN IV (lesiones complejas) demostraron menor tasa de ECM (a expensas de menos revascularización no planificada) en ICP guiada por OCT^{66,67} respecto a angiografía convencional. Los ECA que han comparado ambas técnicas no han evidenciado diferencias entre ambas⁶⁸⁻⁷⁰. La experiencia creciente en el uso de imagen intracoronaria y la evidencia acumulada a su favor hacen que su uso sea ampliamente aceptado, sobre todo en la optimización de stent en pacientes seleccionados, y para el ICP del TCI, donde, desde nuestro punto de vista, debería ser obligatorio.

Viabilidad miocárdica y revascularización de pacientes con disfunción ventricular izquierda isquémica

El estudio de viabilidad miocárdica tiene como objetivo identificar áreas de miocardio isquémico que no están comple-

tamente necróticas y que potencialmente pueden recuperar su contractilidad con la revascularización. Existen diferentes técnicas de imagen para establecer la viabilidad. El ecocardiograma con dobutamina explora la reserva contráctil. Las técnicas radionucleares, la tomografía por emisión de positrones (PET) y la tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT), permiten identificar áreas con perfusión disminuida pero metabolismo conservado, y por tanto potencialmente viables. La cardiopresonancia magnética permite establecer la extensión de la cicatriz isquémica con el realce tardío de gadolinio, y conocer la reserva contráctil. Actualmente constituye el método de referencia, considerándose no viable un segmento miocárdico si el grosor del realce tardío de gadolinio es $\geq 50\%$ del espesor total de la pared⁷¹.

La evidencia respecto a la utilidad del estudio de viabilidad como guía de revascularización coronaria es contradictoria. Hay dos estudios observacionales prospectivos que usaron SPECT y cardiopresonancia y describieron menor mortalidad con la revascularización precoz de aquellos pacientes con mayor viabilidad miocárdica^{15,16}. Un metaanálisis de estudios observacionales mostró mayor supervivencia tras CABG en pacientes con disfunción ventricular izquierda isquémica que tenían viabilidad miocárdica demostrada en SPECT, PET o ecocardiograma con dobutamina⁷². Otro metaanálisis reciente, que además de evidencia observacional incluyó evidencia procedente de ECA, también mostró mayor supervivencia en pacientes con viabilidad demostrada respecto a aquellos sin viabilidad⁷³. Por el contrario, el ensayo PPAR-2, que aleatorizó a pacientes con disfunción ventricular izquierda de etiología isquémica a una estrategia de revascularización guiada por estudio de viabilidad con PET frente al estándar de tratamiento, no halló diferencias en mortalidad y ECM⁷⁴. Además, en los pacientes del ensayo STICH a los que se realizó un estudio de viabilidad no se observaron diferencias en mortalidad según la presencia o ausencia de miocardio viable en ninguno de los grupos de tratamiento^{75,76}.

El subgrupo de pacientes en los que, teóricamente, el estudio de viabilidad puede tener mayor rendimiento es el de aquellos con disfunción ventricular izquierda isquémica. El ensayo STICH aleatorizó a pacientes con FEVI < 35% y EAC compleja a una estrategia de CABG y TMO frente a TMO. A pesar de que a corto plazo no hubo diferencias significativas, a los 10 años de seguimiento la CABG se asoció a menor mortalidad por cualquier causa, mortalidad cardiovascular, ECM y hospitalizaciones^{77,78}. El ensayo REVIVED aleatorizó a pacientes con FEVI < 35%, viabilidad miocárdica demostrada y EAC multivaso a una estrategia de ICP y TMO frente a TMO. No hubo diferencias en mejoría de FEVI ni en ECM a medio plazo¹⁷. Un análisis *post hoc* de este ensayo comparó los resultados en función de si la revascularización había sido completa o incompleta y tampoco halló diferencias pronósticas⁷⁹. A raíz de los resultados del ensayo REVIVED, el estudio de viabilidad miocárdica y la utilidad del ICP en pacientes con disfunción ventricular izquierda isquémica han quedado en entredicho. Aun así, se debe tener en cuenta que los pacientes del estudio STICH presentaban unas características basales más favorables que los del REVIVED (eran más jóvenes) y la cirugía se comparó con un estándar de tratamiento de la disfunción ventricular que en la actualidad resulta obsoleto. Es necesario, por

Tabla 2 – Principales ensayos clínicos en pacientes con enfermedad coronaria compleja

ECA (año)	n	Criterio de inclusión	Tratamiento	Objetivo primario	Resultados
MASS-II ²⁷ (2004) ^a (2010)	611	SCC EAC multivaso subsidiaria de CABG o ICP Isquemia documentada (test de esfuerzo o angina CF II-IV de la CCS)	CABG frente a ICP frente a TMO	Mortalidad global ± IAM Q ± angina refractoria que requiere revascularización	CABG menor incidencia de ECM que TMO: HR = 0,43; (0,32-0,58; p < 0,001) CABG menor incidencia de ECM que ICP: HR = 0,53 (0,39-0,72; p < 0,001) CABG e ICP mayor porcentaje de pacientes sin angina que TMO (p < 0,001) No diferencias en mortalidad global entre las tres estrategias
SoS ²⁹ (2008)	988	EAC multivaso subsidiaria de CABG o ICP	CABG frente a ICP	Revascularización posterior Secundarios: muerte, IAM no mortal, angina	ICP mayor tasa de revascularización posterior que CABG: HR = 3,85 (2,56-5,79; p < 0,001); y mayor mortalidad global: HR = 1,66 (1,08-2,55; p = 0,022)
SYNTAX ⁵ (2011) ^b (2013)	1.800	Enfermedad de 3 vasos ± TCI subsidiaria de CABG o ICP	CABG frente a ICP	Muerte por cualquier causa ± ictus ± IAM no fatal ± revascularización posterior	SYNTAX > 32: ICP más ECM (muerte, IAM y revascularización posterior). HR = 1,89 (1,43-2,50; p < 0,0001) SYNTAX 22-32: ICP más ECM (IAM y revascularización posterior). HR = 1,50 (1,11-2,01; p = 0,008) SYNTAX 0-22: CABG = ICP en ECM
STICH ⁷⁸ (2011) ^c (2016)	1.212	EAC subsidiaria de CABG FEVI ≤ 35% (Se excluyó a la mayoría de los pacientes con enfermedad de TCI o CF III/IV con TMO)	CABG + TMO frente a TMO	Muerte por cualquier causa Secundarios: muerte CV y muerte por cualquier causa ± hospitalización de causa CV	CABG + TMO menos muerte por cualquier causa: HR = 0,84 (0,73-0,97; p = 0,02) CABG + TMO menos muerte CV: HR = 0,79 (0,66-0,93; p = 0,006); y menos muerte ± hospitalización de causa CV: HR = 0,72 (0,64-0,82; p < 0,001)
FREEDOM ³⁸ (2012)	1.900	EAC multivaso subsidiaria de CABG o ICP Diabetes mellitus (Se excluyó a pacientes con enfermedad de TCI)	CABG frente a ICP	Muerte por cualquier causa ± ictus no mortal ± IAM no mortal	CABG menor incidencia de ECM (18,7% frente a 26,6%; p = 0,005) a expensas de menos mortalidad global y menos IAM no fatal CABG mayor incidencia de ictus no mortal (5,2% frente a 2,4%; p = 0,03)
BEST ³⁰ (2015)	880	EAC multivaso subsidiaria de CABG o ICP (Se excluyeron pacientes con enfermedad de TCI)	CABG frente a ICP	Muerte por cualquier causa ± IAM ± revascularización posterior	ICP mayor incidencia del combinado de EC: HR = 1,47 (1,01-2,13; p = 0,04), a expensas de más IAM y revascularización posterior No diferencias en mortalidad por cualquier causa
DECISION-CTO ⁵¹ (2019)	834	Pacientes con 1 OTC de novo en segmento proximal o medio (Se incluyó a un 20% de pacientes con angina inestable) (Se excluyeron OTC de TCI, 2 OTC proximales o 3 OTC en total)	ICP OTC ± ICP no OTC + TMO frente a ICP no OTC si procede + TMO	Muerte por cualquier causa ± IAM ± ictus ± revascularización posterior	No diferencias en el combinado de ECM: HR = 1,03 (0,77-1,37; p = 0,86), ni en cada uno de los componentes por separado El grupo de ICP OTC se asoció a mayor calidad de vida (EURO-QoL-5D) y una mayor satisfacción con el tratamiento de la angina (SAQ)

Tabla 2 – (continuación)

ECA (año)	n	Criterio de inclusión	Tratamiento	Objetivo primario	Resultados
EXCEL ³⁵ (2019)	1.905	Lesión significativa en TCI subsidiaria de CABG o ICP Complejidad anatómica intermedia o baja (puntuación SYNTAX $\leq$ 32)	CABG frente a ICP	Muerte por todas las causas $\pm$ IAM $\pm$ ictus	No diferencias significativas en el combinado de ECM ni en cada uno de sus componentes por separado ICP se asoció a mayor tasa de revascularización posterior: HR = 2,10 (1,49-2,95), pero con una menor tasa de fallo de procedimiento (trombosis de stent/oclusión sintomática de injerto): HR = 0,28 (0,12-0,64)
NOBLE ³⁶ (2019)	1.201	SCC y SCA Lesión significativa en TCI subsidiaria de CABG o ICP y no más de 3 lesiones adicionales no complejas	CABG frente a ICP	Muerte por todas las causas $\pm$ IAM (no relacionado con el procedimiento) $\pm$ ictus $\pm$ revascularización repetida	ICP mayor incidencia de ECM a expensas de más IAM y más revascularización repetida: HR = 1,58 (1,24-2,01) No diferencias en mortalidad global entre CABG e ICP No diferencias entre ambas estrategias en SYNTAX 22-32: HR = 1,24 (0,87-1,77; p = 0,3) y SYNTAX < 22: HR = 1,41 (0,68-2,93)
FAME 3 ³² (2021)	1.500	Enfermedad de 3 vasos subsidiaria de CABG o ICP (Se excluyeron pacientes con enfermedad de TCI)	CABG frente a ICP guiada por RFF	Muerte por todas las causas $\pm$ IAM $\pm$ ictus $\pm$ revascularización repetida	ICP guiada por RFF mayor incidencia de ECM: HR = 1,5 (1,1-2,2) No hubo diferencias en cada uno de los componentes del combinado por separado CABG mayor incidencia de sangrado, arritmia clínicamente significativa y rehospitalización a 30 días
REVIVED ¹⁷ (2022)	700	EAC compleja subsidiaria de ICP FEVI $\leq$ 35% Viabilidad miocárdica objetivada en pruebas no invasivas	ICP + TMO frente a TMO	Muerte por todas las causas $\pm$ hospitalización por IC Secundarios: FEVI, calidad de vida (KCCQ), IAM, muerte CV, revascularización no planeada	No diferencias en combinado de ECM: HR = 0,99 (0,78-1,27), ni en sus componentes por separado No diferencias en mejoría de FEVI, calidad de vida (KCCQ) ICP + TMO se asoció a menor revascularización posterior no planificada: HR = 0,27 (0,13-0,53)

Se aportan los intervalos de confianza del 95% para el hazard ratio, y los valores de p, según los ensayos originales proporcionaron sus resultados. CABG: cirugía de derivación aorto-coronaria; CCS: Canadian Cardiovascular Society; CF: clase funcional; CV: cardiovascular; EAC: enfermedad arterial coronaria; ECM: eventos cardiovasculares mayores; EURO-QoL-5D: European Quality of Life Health 5 Dimensional Questionnaire; FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; HR: hazard ratio; IAM: infarto agudo de miocardio; ICP: intervencionismo coronario percutáneo; KCCQ: Kansas City Cardiomyopathy Questionnaire; OTC: oclusión coronaria total crónica; RFF: reserva fraccional de flujo; SAQ: Seattle Angina Questionnaire; SCA: síndrome coronario agudo; SCC: síndrome coronario crónico; SYNTAX: Synergy Between Percutaneous Coronary Intervention With TAXUS and Cardiac Surgery; TCI: tronco coronario izquierdo; TMO: tratamiento médico óptimo.

^a El año de publicación del ensayo MASS-II fue el 2004, pero se exponen los resultados publicados a 10 años de seguimiento, en el 2010.

^b El año de publicación del ensayo SYNTAX fue el 2009, con 1 año de seguimiento, pero se exponen los resultados publicados a 5 años de seguimiento, en el 2013.

^c El año de publicación del ensayo STICH fue el 2011, con 5 años de seguimiento, pero se exponen los resultados publicados a 10 años de seguimiento, en el 2016.

tanto, el desarrollo de ECA que comparen la CABG frente al ICP y el TMO con su grado de desarrollo actual, en el contexto de la disfunción ventricular isquémica.

La evidencia ha demostrado sólidamente un beneficio pronóstico adicional de la CABG sobre el TMO en pacientes con disfunción ventricular izquierda isquémica, y en este contexto se la debería considerar siempre. En pacientes que no son can-

didatos a cirugía, el ICP puede ser una opción cuando haya posibilidad de conseguir una revascularización completa. No obstante, la base del tratamiento de la disfunción ventricular isquémica es, y continuará siendo, el TMO; incluye, además del tratamiento farmacológico cuádruple, el uso de la resincronización cardíaca y el implante de desfibrilador automático cuando esté indicado. El estudio de viabilidad debería con-

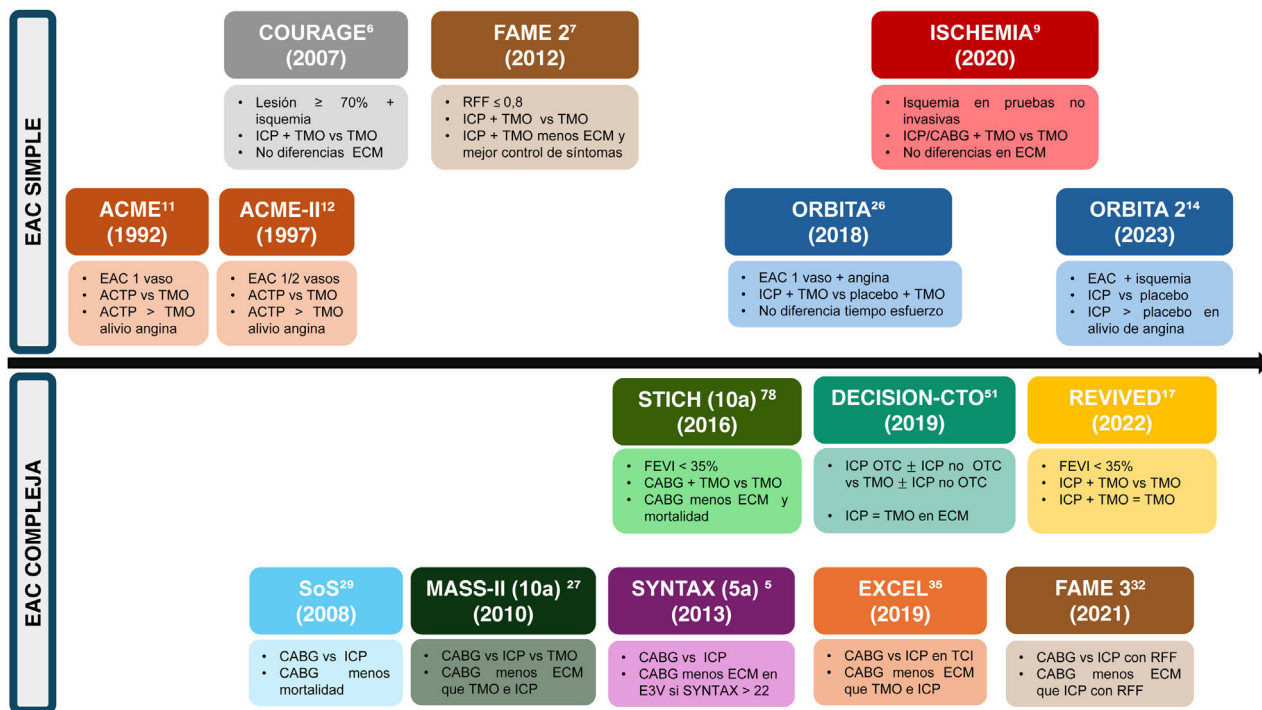


Figura 2 – Desarrollo cronológico de los principales ensayos clínicos en pacientes con enfermedad arterial coronaria simple y compleja. Para los ensayos MASS-II, STICH Y SYNTAX se refleja el año de publicación de los resultados del seguimiento a largo plazo.

ACTP: angioplastia coronaria transluminal percutánea; **CABG:** cirugía de revascularización aortocoronaria; **EAC:** enfermedad arterial coronaria; **ECM:** eventos cardiovasculares mayores; **E3V:** enfermedad de 3 vasos; **FEVI:** fracción de eyección del ventrículo izquierdo; **ICP:** intervencionismo coronario percutáneo; **OTC:** oclusión coronaria total crónica; **RFF:** reserva fraccional de flujo; **SYNTAX:** Synergy Between Percutaneous Coronary Intervention With TAXUS and Cardiac Surgery; **TMO:** tratamiento médico óptimo.

siderarse en pacientes seleccionados, pues la presencia de miocardio viable es un elemento que apoya la revascularización y ha demostrado su utilidad para estratificar el riesgo de los pacientes con EAC. Sin embargo, consideramos que, dado lo controvertido de la evidencia, no debería servir como criterio definitivo para rechazar la revascularización, pues los posibles beneficios de esta van más allá de la recuperación de la función contráctil. La mortalidad en pacientes con FEVI reducida y EAC no solo se produce por fallo de bomba, sino también por IAM o por arritmias ventriculares malignas. La revascularización puede contribuir a reducir estos eventos⁸⁰.

La [tabla 2](#) resume los resultados de los principales ensayos clínicos en pacientes con EAC compleja, incluyendo aquellos con OTC y disfunción ventricular izquierda isquémica. La [figura 2](#) ilustra el desarrollo de los principales ECA en pacientes con enfermedad arterial coronaria simple y compleja.

Conclusiones

En esta revisión se ha recopilado la principal y más reciente evidencia en lo relativo a la revascularización miocárdica de pacientes con SCC, poniendo de manifiesto la dificultad y las limitaciones en el diseño de ensayos clínicos en este contexto. Existe una amplia variabilidad de presentación en cuanto a sintomatología y complejidad de anatomía coronaria, una baja

aplicabilidad de resultados a pacientes de la vida real dada la tendencia a una alta selección de los pacientes y un alto porcentaje de entrecruzamiento entre las estrategias de tratamiento comparadas. Es importante ser conscientes de estas dificultades y limitaciones para relativizar los resultados y adaptarlos a un contexto contemporáneo donde tanto el tratamiento médico como el intervencionismo percutáneo han experimentado grandes avances. El abordaje de la revascularización en el SCC debe tener en cuenta las características basales y el riesgo quirúrgico del paciente, su sintomatología y la complejidad anatómica de la EAC. Además, es preciso evaluar la FEVI, y, en la medida de lo posible, objetivar la isquemia con pruebas no invasivas o fisiología intracoronaria. Con todo ello, y teniendo claro el objetivo que perseguimos con la revascularización, deberíamos informar al paciente de las opciones disponibles, así como de sus riesgos y beneficios. La decisión final debería emerger de un comité multidisciplinar integrado por cardiólogos clínicos, cardiólogos intervencionistas y cirujanos cardíacos, siempre teniendo en cuenta las preferencias del paciente.

Financiación

R. González-Manzanares recibe una beca de investigación Río-Hortega del Instituto de Salud Carlos III (CM22/00259).

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial

Durante la preparación y la redacción de este trabajo los autores no han utilizado ninguna herramienta de inteligencia artificial.

Contribución de los autores

L.C. Maestre-Luque se encargó de la redacción de la primera versión. Todos los autores participaron de igual forma en la concepción, diseño, revisión bibliográfica, revisión crítica y edición de la primera y sucesivas versiones del manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores no tienen ningún conflicto de intereses relacionado con este artículo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Tsao CW, Aday AW, Almarazooq ZI, et al. Heart Disease and Stroke Statistics—2022 Update: A report from the American Heart Association. *Circulation*. 2022;145:e153–e639.
2. Ferrari AJ, Santomauro DF, Aali A, et al. Global incidence, prevalence, years lived with disability (YLDs), disability-adjusted life-years (DALYs), and healthy life expectancy (HALE) for 371 diseases and injuries in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990-2021: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet*. 2024;403:2133–2161.
3. Knuuti J, Wijns W, Saraste A, et al. 2019 ESC guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes. *Eur Heart J*. 2020;41:407–477.
4. Virani SS, Newby LK, Arnold SV, et al. 2023 AHA/ACC/ACCP/ASPC/NLA/PCNA guideline for the management of patients with chronic coronary disease: A report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2023;148:e9–e119.
5. Mohr FW, Morice MC, Kappetein AP, et al. Coronary artery bypass graft surgery versus percutaneous coronary intervention in patients with three-vessel disease and left main coronary disease: 5-year follow-up of the randomised, clinical SYNTAX trial. *Lancet*. 2013;381:629–638.
6. Boden WE, O'Rourke RA, Teo KK, et al. Optimal medical therapy with or without PCI for stable coronary disease. *New Eng J Med*. 2007;356:1503–1516.
7. De Bruyne B, Pijls NHJ, Kalesan B, et al. Fractional flow reserve-guided PCI versus medical therapy in stable coronary disease. *New Eng J Med*. 2012;367:991–1001.
8. Fearon WF, Nishi T, de Bruyne B, et al. Clinical outcomes and cost-effectiveness of fractional flow reserve-guided percutaneous coronary intervention in patients with stable coronary artery disease. *Circulation*. 2018;137:480–487.
9. Maron DJ, Hochman JS, Reynolds HR, et al. Initial invasive or conservative strategy for stable coronary disease. *New Eng J Med*. 2020;382:1395–1407.
10. Chacko L, Howard PJ, Rajkumar C, et al. Effects of percutaneous coronary intervention on death and myocardial infarction stratified by stable and unstable coronary artery disease. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*. 2020;13, e006363.
11. Parisi AF, Folland ED, Hartigan P. A comparison of angioplasty with medical therapy in the treatment of single-vessel coronary artery disease. *New Eng J Med*. 1992;326:10–16.
12. Folland ED, Hartigan PM, Parisi AF. Percutaneous transluminal coronary angioplasty versus medical therapy for stable angina pectoris outcomes for patients with double-vessel versus single-vessel coronary artery disease in a Veterans Affairs cooperative randomized trial. *J Am Coll Cardiol*. 1997;29:1505–1511.
13. Spertus JA, Jones PG, Maron DJ, et al. Health-status outcomes with invasive or conservative care in coronary disease. *New Eng J Med*. 2020;382:1408–1419.
14. Rajkumar CA, Foley MJ, Ahmed-Jushuf F, et al. A placebo-controlled trial of percutaneous coronary intervention for stable angina. *New Eng J Med*. 2023;389:2319–2330.
15. Hachamovitch R, Rozanski A, Shaw LJ, et al. Impact of ischaemia and scar on the therapeutic benefit derived from myocardial revascularization vs. medical therapy among patients undergoing stress-rest myocardial perfusion scintigraphy. *Eur Heart J*. 2011;32:1012–1024.
16. Gerber BL, Rousseau MF, Ahn SA, et al. Prognostic value of myocardial viability by delayed-enhanced magnetic resonance in patients with coronary artery disease and low ejection fraction. *J Am Coll Cardiol*. 2012;59:825–835.
17. Perera D, Clayton T, O'Kane PD, et al. Percutaneous revascularization for ischemic left ventricular dysfunction. *New Eng J Med*. 2022;387:1351–1360.
18. Chacko L, Howard PJ, Rajkumar C, et al. Effects of percutaneous coronary intervention on death and myocardial infarction stratified by stable and unstable coronary artery disease. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*. 2020;13, e006363.
19. Navarese EP, Lansky AJ, Kereiakes DJ, et al. Cardiac mortality in patients randomised to elective coronary revascularisation plus medical therapy or medical therapy alone: A systematic review and meta-analysis. *Eur Heart J*. 2021;42:4638–4651.
20. De Luca L, Uguccioni M, Meessen J, et al. External applicability of the ISCHEMIA trial: An analysis of a prospective, nationwide registry of patients with stable coronary artery disease. *EuroIntervention*. 2020;16:e966–e973.
21. Thygesen K, Alpert JS, Jaffe AS, et al. Fourth universal definition of myocardial infarction (2018). *J Am Coll Cardiol*. 2018;72:2231–2264.
22. Garcia-Garcia HM, McFadden EP, von Birgelen C, et al. Impact of periprocedural myocardial biomarker elevation on mortality following elective percutaneous coronary intervention. *JACC Cardiovasc Interv*. 2019;12:1954–1962.
23. Moussa ID, Klein LW, Shah B, et al. Consideration of a new definition of clinically relevant myocardial infarction after coronary revascularization: An expert consensus document from the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions (SCAI). *Cath Cardiovasc Interv*. 2014;83:27–36.
24. Ueki Y, Otsuka T, Bär S, et al. Frequency and outcomes of periprocedural mi in patients with chronic coronary syndromes undergoing PCI. *J Am Coll Cardiol*. 2022;79:513–526.
25. Weintraub WS, Spertus JA, Kolm P, et al. Effect of PCI on quality of life in patients with stable coronary disease. *New Eng J Med*. 2008;359:677–687.
26. Al-Lamee R, Thompson D, Dehbi HM, et al. Percutaneous coronary intervention in stable angina (ORBITA): A double-blind, randomised controlled trial. *Lancet*. 2018;391:31–40.
27. Hueb W, Lopes N, Gersh BJ, et al. Ten-year follow-up survival of the Medicine, Angioplasty, or Surgery Study (MASS II). *Circulation*. 2010;122:949–957.

28. Serruys PW, Morice MC, Kappetein AP, et al. Percutaneous coronary intervention versus coronary-artery bypass grafting for severe coronary artery disease. *New Eng J Med*. 2009;360:961–972.
29. Booth J, Clayton T, Pepper J, et al. Randomized, controlled trial of coronary artery bypass surgery versus percutaneous coronary intervention in patients with multivessel coronary artery disease. *Circulation*. 2008;118:381–388.
30. Park SJ, Ahn JM, Kim YH, et al. Trial of everolimus-eluting stents or bypass surgery for coronary disease. *New Eng J Med*. 2015;372:1204–1212.
31. Head SJ, Milojevic M, Daemen J, et al. Mortality after coronary artery bypass grafting versus percutaneous coronary intervention with stenting for coronary artery disease: A pooled analysis of individual patient data. *Lancet*. 2018;391:939–948.
32. Fearon WF, Zimmermann FM, de Bruyne B, et al. Fractional flow reserve-guided PCI as compared with coronary bypass surgery. *New Eng J Med*. 2022;386:128–137.
33. Park SJ, Kim YH, Park DW, et al. Randomized trial of stents versus bypass surgery for left main coronary artery disease. *New Eng J Med*. 2011;364:1718–1727.
34. Giaccoppo D, Collieran R, Cassese S, et al. Percutaneous coronary intervention vs coronary artery bypass grafting in patients with left main coronary artery stenosis. *JAMA Cardiol*. 2017;2:1079–1088.
35. Stone GW, Kappetein AP, Sabik JF, et al. Five-year outcomes after PCI or CABG for left main coronary disease. *New Eng J Med*. 2019;381:1820–1830.
36. Holm NR, Mäkilä T, Lindsay MM, et al. Percutaneous coronary angioplasty versus coronary artery bypass grafting in the treatment of unprotected left main stenosis: Updated 5-year outcomes from the randomised, non-inferiority NOBLE trial. *Lancet*. 2020;395:191–199.
37. Kapur A, Hall RJ, Malik IS, et al. Randomized comparison of percutaneous coronary intervention with coronary artery bypass grafting in diabetic patients. *J Am Coll Cardiol*. 2010;55:432–440.
38. Farkouh ME, Domanski M, Sleeper LA, et al. Strategies for multivessel revascularization in patients with diabetes. *New Eng J Med*. 2012;367:2375–2384.
39. Kappetein AP, Head SJ, Morice MC, et al. Treatment of complex coronary artery disease in patients with diabetes: 5-year results comparing outcomes of bypass surgery and percutaneous coronary intervention in the SYNTAX trial. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2013;43:1006–1013.
40. Gallo I, Hidalgo F, González-Manzanares R, et al. Percutaneous treatment of the left main coronary artery in older adults. Impact of frailty on mid-term results. *REC Interv Cardiol*. 2024.
41. Banning AP, Serruys P, de Maria GL, et al. Five-year outcomes after state-of-the-art percutaneous coronary revascularization in patients with *de novo* three-vessel disease: Final results of the SYNTAX II study. *Eur Heart J*. 2022;43:1307–1316.
42. Stone GW, Kandzari DE, Mehran R, et al. Percutaneous recanalization of chronically occluded coronary arteries. *Circulation*. 2005;112:2364–2372.
43. Claessen BEPM, van der Schaaf RJ, Verouden NJ, et al. Evaluation of the effect of a concurrent chronic total occlusion on long-term mortality and left ventricular function in patients after primary percutaneous coronary intervention. *JACC Cardiovasc Interv*. 2009;2:1128–1134.
44. Råmunddal T, Hoebors LP, Henriques JPS, et al. Prognostic impact of chronic total occlusions. *JACC Cardiovasc Interv*. 2016;9:1535–1544.
45. Werner GS, Martin-Yuste V, Hildick-Smith D, et al. A randomized multicentre trial to compare revascularization with optimal medical therapy for the treatment of chronic total coronary occlusions. *Eur Heart J*. 2018;39:2484–2493.
46. Chung C, Nakamura S, Tanaka K, et al. Effect of recanalization of chronic total occlusions on global and regional left ventricular function in patients with or without previous myocardial infarction. *Cath Cardiovasc Interv*. 2003;60:368–374.
47. Kirschbaum SW, Baks T, van den Ent M, et al. Evaluation of left ventricular function three years after percutaneous recanalization of chronic total coronary occlusions. *Am J Cardiol*. 2008;101:179–185.
48. Obedinskiy AA, Kretov EI, Boukhris M, et al. The IMPACTOR-CTO trial. *JACC Cardiovasc Interv*. 2018;11:1309–1311.
49. Khan MF, Wendel CS, Thai HM, Movahed MR. Effects of percutaneous revascularization of chronic total occlusions on clinical outcomes: A meta-analysis comparing successful versus failed percutaneous intervention for chronic total occlusion. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2013;82:95–107.
50. Maestre-Luque LC, Gonzalez-Manzanares R, Suárez de Lezo J, et al. Complete vs. incomplete percutaneous revascularization in patients with chronic total coronary artery occlusion. *Front Cardiovasc Med*. 2024, <http://dx.doi.org/10.3389/fcvm.2024.1443258>.
51. Lee SW, Lee PH, Ahn JM, et al. Randomized trial evaluating percutaneous coronary intervention for the treatment of chronic total occlusion. *Circulation*. 2019;139:1674–1683.
52. Patel MR, John Calhoun CH, Dehmer GJ, et al. ACC/AATS/AHA/ASE/ASNC/SCAI/SCCT/STS 2017 appropriate use criteria for coronary revascularization in patients with stable ischemic heart disease: A report of the American College of Cardiology Appropriate Use Criteria Task Force, American Association for Thoracic Surgery, American Heart Association, American Society of Echocardiography, American Society of Nuclear Cardiology, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Cardiovascular Computed Tomography, and Society of Thoracic Surgeons. *J Nucl Cardiol*. 2017;24:1759–1792.
53. Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A, et al. 2018 ESC/EACTS guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J*. 2019;40:87–165.
54. Díez-Delhoyo F, Gutiérrez-Ibañes E, Loughlin G, et al. Coronary physiology assessment in the catheterization laboratory. *World J Cardiol*. 2015;7:525–538.
55. Van Nunen LX, Zimmermann FM, Tonino PAL, et al. Fractional flow reserve versus angiography for guidance of PCI in patients with multivessel coronary artery disease (FAME): 5-year follow-up of a randomised controlled trial. *Lancet*. 2015;386:1853–1860.
56. Davies JE, Sen S, Dehbi HM, et al. Use of the instantaneous wave-free ratio or fractional flow reserve in PCI. *New Eng J Med*. 2017;376:1824–1834.
57. Götzberg M, Christiansen EH, Gudmundsdottir IJ, et al. Instantaneous wave-free ratio versus fractional flow reserve to guide PCI. *New Eng J Med*. 2017;376:1813–1823.
58. Berntorp K, Rylance R, Yndigegn T, et al. Clinical outcome of revascularization deferral with instantaneous wave-free ratio and fractional flow reserve: A 5-year follow-up substudy from the iFR-SWEDEHEART trial. *J Am Heart Assoc*. 2023;12:e028423.
59. Eftekhari A, Holck EN, Westra J, et al. Instantaneous wave free ratio vs. fractional flow reserve and 5-year mortality: iFR SWEDEHEART and DEFINE FLAIR. *Eur Heart J*. 2023;44:4376–4384.
60. Hidalgo F, Ojeda S, de Lezo JS, et al. Usefulness of a co-registration strategy with iFR in long and/or diffuse coronary lesions (iLARDI): Study protocol. *REC Interv Cardiol*. 2021;3:190–195.

61. Hidalgo F, Gonzalez-Manzanares R, Suárez de Lezo J, et al. The usefulness of coregistration with iFR in tandem or long diffuse coronary lesions: The iLARDI randomized clinical trial. *J Clin Med*. 2024;13:4342.
62. Hidalgo F, González-Manzanares R, Ojeda S, et al. Jailed pressure wire technique for coronary bifurcation lesions: Structural damage and clinical outcomes. *Rev Esp Cardiol*. 2023;76:531–538.
63. Hong SJ, Kim BK, Shin DH, et al. Effect of intravascular ultrasound-guided vs angiography-guided everolimus-eluting stent implantation. *JAMA*. 2015;314:2155.
64. Zhang J, Gao X, Kan J, et al. Intravascular ultrasound versus angiography-guided drug-eluting stent implantation. *J Am Coll Cardiol*. 2018;72:3126–3137.
65. Buccheri S, Franchina G, Romano S, et al. Clinical outcomes following intravascular imaging-guided versus coronary angiography-guided percutaneous coronary intervention with stent implantation. *JACC Cardiovasc Interv*. 2017;10:2488–2498.
66. Ali ZA, Landmesser U, Maehara A, et al. Optical coherence tomography-guided versus angiography-guided PCI. *New Eng J Med*. 2023;389:1466–1476.
67. Holm NR, Andreasen LN, Neghabat O, et al. OCT or angiography guidance for PCI in complex bifurcation lesions. *New Eng J Med*. 2023;389:1477–1487.
68. Ali ZA, Maehara A, Généreux P, et al. Optical coherence tomography compared with intravascular ultrasound and with angiography to guide coronary stent implantation (ILUMIEN III: OPTIMIZE PCI): A randomised controlled trial. *Lancet*. 2016;388:2618–2628.
69. Kubo T, Shinke T, Okamura T, et al. Optical frequency domain imaging vs. intravascular ultrasound in percutaneous coronary intervention (OPINION trial): One-year angiographic and clinical results. *Eur Heart J*. 2017;38:3139–3147.
70. Kang DY, Ahn JM, Yun SC, et al. Optical coherence tomography-guided or intravascular ultrasound-guided percutaneous coronary intervention: The OCTIVUS randomized clinical trial. *Circulation*. 2023;148:1195–1206.
71. Almeida AG, Carpenter JP, Cameli M, et al. Multimodality imaging of myocardial viability: An expert consensus document from the European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI). *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2021;22:e97–e125.
72. Allman KC, Shaw LJ, Hachamovitch R, Udelson JE. Myocardial viability testing and impact of revascularization on prognosis in patients with coronary artery disease and left ventricular dysfunction: A meta-analysis. *J Am Coll Cardiol*. 2002;39:1151–1158.
73. Al-Sadawi M, Tao M, Dhaliwal S, et al. Utility of coronary revascularization in patients with ischemic left ventricular dysfunction. *Cardiovasc Revasc Med*. 2024;65:88–97.
74. Beanlands RSB, Nichol G, Huszti E, et al. F-18-fluorodeoxyglucose positron emission tomography imaging-assisted management of patients with severe left ventricular dysfunction and suspected coronary disease. *J Am Coll Cardiol*. 2007;50:2002–2012.
75. Bonow RO, Maurer G, Lee KL, et al. Myocardial viability and survival in ischemic left ventricular dysfunction. *New Eng J Med*. 2011;364:1617–1625.
76. Panza JA, Ellis AM, al-Khalidi HR, et al. Myocardial viability and long-term outcomes in ischemic cardiomyopathy. *New Eng J Med*. 2019;381:739–748.
77. Velazquez EJ, Lee KL, Deja MA, et al. Coronary-artery bypass surgery in patients with left ventricular dysfunction. *New Eng J Med*. 2011;364:1607–1616.
78. Velazquez EJ, Lee KL, Jones RH, et al. Coronary-artery bypass surgery in patients with ischemic cardiomyopathy. *New Eng J Med*. 2016;374:1511–1520.
79. Ezad SM, McEntegart M, Dodd M, et al. Impact of anatomical and viability-guided completeness of revascularization on clinical outcomes in ischemic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol*. 2024;84:340–350.
80. Ryan M, Morgan H, Chiribiri A, Nagel E, Cleland J, Perera D. Myocardial viability testing: All STICHeD up, or about to be REVIVED? *Eur Heart J*. 2022;43:118–126.