

Actualización del intervencionismo percutáneo en la oclusión total crónica

José Ramón Rumoroso Cuevas*, Asier Subinas Elorriaga y Mario Sádaba Sagredo

Sección de Cardiología Intervencionista, Hospital Galdakao, Galdakao, Vizcaya, España



RESUMEN

El tratamiento de la oclusión total coronaria (OTC) sigue siendo uno de los grandes retos de la cardiología. La complejidad del procedimiento de angioplastia de una OTC, unida a cierta controversia en cuanto al beneficio clínico, han generado resistencias en la comunidad de cardiólogos para desarrollar programas de intervención coronaria en los laboratorios de hemodinámica. Sin embargo, la evidencia proveniente de estudios observacionales indica que el intervencionismo con éxito puede aumentar de manera significativa la calidad de vida del paciente, mejorar la función ventricular izquierda, reducir la necesidad de una posterior cirugía y, posiblemente, prolongar la supervivencia. Deben tenerse en cuenta varios factores en la selección de los pacientes para el intervencionismo, como la extensión de la isquemia que rodea a la oclusión, la viabilidad miocárdica, la ubicación coronaria de la OTC y la probabilidad de éxito del procedimiento. Esta revisión proporciona una descripción general de la anatomía y de la histopatología de las OTC, la evidencia sobre el beneficio clínico del intervencionismo, el uso de sistemas de puntuación que pueden ser útiles para evaluar de forma más objetiva la probabilidad de éxito, y un resumen de las técnicas actuales para la realización del procedimiento.

Palabras clave: Enfermedad arterial coronaria. Oclusión total crónica. Intervención coronaria percutánea. Cardiopatía isquémica estable.

Update on percutaneous coronary intervention in the management of chronic total occlusions

ABSTRACT

The management of chronic total coronary occlusions (CTO) is still today one of the greatest challenges of cardiology. The complexity of the angioplasty procedure of a CTO added to its controversial clinical benefits has generated certain skepticism in the community of cardiologists when developing CTO intervention programs at the catheterization laboratory. However, the evidence from observational studies indicates that if the intervention is successful it can significantly increase the patient's quality of life, improve the left ventricular function, reduce the need for a subsequent coronary artery bypass graft, and possibly improve survival. Several factors must be taken into consideration in the selection of patients elective for an intervention, including the extent of ischemia surrounding the occlusion, the myocardial viability, the coronary location of the CTO, and the chances of being successful with the procedure. This review provides a general description of the anatomy and histopathology of the CTOs, the evidence surrounding the clinical benefit of these procedures, the use of useful scoring systems to assess more objectively the probability of success, and a summary of the latest techniques available today to perform this procedure.

Keywords: Coronary artery disease. Chronic total coronary occlusion. Percutaneous coronary intervention. Stable ischemic heart disease.

Abreviaturas

EAC: enfermedad arterial coronaria. **ICP:** intervencionismo coronario percutáneo. **IVUS:** ecografía intravascular. **MACE:** evento adverso cardiovascular mayor. **MDL:** microcatéter de doble luz. **OTC:** oclusión total coronaria.

* **Autor para correspondencia:** Sección de Cardiología Intervencionista, Servicio de Cardiología, Hospital Galdakao-Usansolo, Barrio Labeaga s/n, 48960 Galdakao, Vizcaya, España.

Correo electrónico: rumo@secardiologia.es (J.R. Rumoroso Cuevas).

Online: 13-09-2019.

Full English text available from: www.recintervcardiol.org/en.

<https://doi.org/10.24875/RECIC.M19000060>

2604-7306 / © 2019 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Permanyer Publications. Este es un artículo *open access* bajo la licencia CC BY-NC-ND 4.0.

INTRODUCCIÓN

El tratamiento de los pacientes con una oclusión total coronaria (OTC) es uno de los mayores retos en la enfermedad isquémica coronaria. En la actualidad existe cierta controversia en cuanto a las indicaciones del intervencionismo coronario percutáneo (ICP) en los pacientes con OTC y al impacto de la revascularización en el pronóstico final. No es de extrañar, por tanto, que un buen número de cardiólogos intervencionistas traten de evitar estos procedimientos potencialmente largos, costosos y con importante exposición a la radiación. La complejidad y la falta de familiaridad con los nuevos dispositivos y técnicas a menudo resultan en intentos fallidos y en abandonos prematuros del intervencionismo. Sin embargo, en la actualidad se dispone de técnicas que facilitan la obtención de unas altas tasas de éxito.

Por este motivo, en la presente revisión se insta a la comunidad de cardiólogos intervencionistas a promover la excelencia clínica a través de la capacitación en la desoclusión coronaria mediante la realización de curvas de aprendizaje, así como a fomentar la investigación y el desarrollo tecnológico en este campo¹.

DEFINICIÓN, EPIDEMIOLOGÍA Y CLÍNICA

Definición

El consenso actual establece la definición de una OTC verdadera como la presencia de flujo TIMI (*Thrombolysis In Myocardial Infarction*) 0 en el segmento ocluido con una duración estimada de más de 3 meses. El tiempo durante el cual ha estado presente una oclusión es difícil de determinar con total certeza y, por ello, a menudo se determina después de una evaluación cuidadosa de la historia clínica y de los síntomas cardiacos en los 3 meses previos.

Una cuestión importante es el proceso de neovascularización que ocurre a lo largo de toda la lesión oclusiva y en la pared del vaso. La neoangiogénesis aumenta con el tiempo de oclusión. En las OTC de menos de 1 año de evolución, la formación neocapilar es predominantemente adventicial. En las OTC de más de 1 año suele existir una rica red de neovasos que con frecuencia atraviesa la pared adventicial del vaso hasta la íntima y forma las denominadas colaterales puente (*bridging collaterals*). El proceso de neoformación vascular puede dar lugar a la formación de capilares relativamente largos, que se denominan microcanales y que pueden llegar a atravesar el cuerpo de la oclusión, re canalizando parcialmente la luz distal (*figura 1A*). Su presencia tiene importancia, ya que una

guía de angioplastia con recubrimiento hidrófilo puede atravesarlos y alcanzar la luz distal. Los microcanales también pueden conectarse con los *vasa vasorum* de la adventicia y crear un acceso colateral extraluminal hacia la luz distal, con el típico aspecto de *caput medusae* (*figura 1B*). Esto último suele verse en OTC complejas y de larga evolución. En general, la dureza y la concentración del material fibrocalcificado, y la complejidad de la OTC, se correlacionan con el tiempo de oclusión².

Otro componente anatómico fundamental de las OTC es la circulación colateral que proporciona flujo sanguíneo al territorio ocluido. Puede ser epicárdica o intramiocárdica, y provenir del territorio coronario homolateral o contralateral. Cuando está presente antes de que se desarrolle la OTC, aporta flujo sanguíneo suficiente para mantener la viabilidad del miocardio irrigado por la arteria ocluida, pero casi siempre es insuficiente para evitar la presencia de angina de esfuerzo o isquemia. La circulación colateral no precisa un miocardio viable para desarrollarse, y por ello es importante matizar que la desoclusión de una OTC no debe basarse en la presencia o no de circulación colateral ni en su cantidad o calidad^{3,4}.

Epidemiología

Según los datos obtenidos del *NHLBI Dynamic Registry*⁵ entre los años 1997 y 1999, las OTC son más prevalentes en la arteria coronaria derecha y menos en la circunfleja. El porcentaje de pacientes sometidos a intervencionismo por una OTC de esta serie fue del 15,6%. Según los datos del *EuroCTO Club*: en 28.283 pacientes, el 12% de los ICP se realizaron sobre OTC. La prevalencia informada de OTC varía mucho, del 16 al 50% en los pacientes con enfermedad arterial coronaria (EAC) clínicamente significativa, pero en general está en torno al 18-20%^{6,7}.

Clínica

Los pacientes con OTC tienen un perfil de riesgo cardiovascular más desfavorable que con aquellos sin OTC⁶. La presentación clínica de una OTC puede ser muy variable: angina estable, isquemia silente, insuficiencia cardiaca de origen isquémico, angina de reciente comienzo o como hallazgo incidental en pacientes sometidos a ICP primario debido a una oclusión aguda en un vaso culpable diferente.

En la cardiopatía isquémica estable, el objetivo de la revascularización en una OTC es mejorar los síntomas y el pronóstico

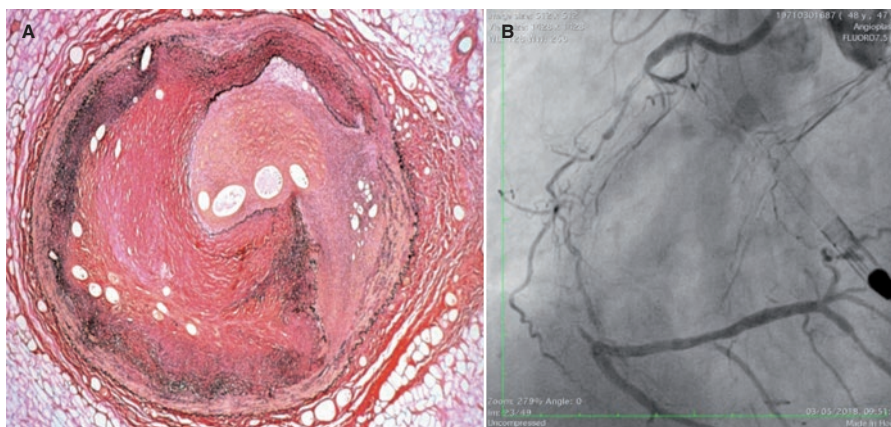


Figura 1. A: se puede apreciar la existencia de microcanales en el interior de la luz del vaso; alrededor existe gran fibrosis. **B:** imagen característica de neovascularización extraluminal *caput medusae*.

valorando la presencia de síntomas, viabilidad o isquemia. Por ello, en los pacientes asintomáticos con OTC, la carga isquémica debe evaluarse antes de considerar el intervencionismo⁸. En los pacientes con evidencia de infarto de miocardio previo y alteraciones de la contractilidad segmentaria se recomienda realizar un estudio no invasivo antes del tratamiento, para establecer la presencia de isquemia o viabilidad en el territorio de la arteria ocluida.

BENEFICIO DEL INTERVENCIONISMO CORONARIO EN LA OCLUSIÓN TOTAL CRÓNICA

Varios estudios han documentado que el tratamiento exitoso de la OTC produce una mejoría clínica del ángor⁹, una normalización de las pruebas funcionales y una mejoría de la función ventricular izquierda, y que disminuye la cirugía de revascularización coronaria^{10,11}. También se ha documentado que la recanalización de una OTC contribuye a la estabilización eléctrica del segmento miocárdico y mejora la tolerancia clínica ante futuros eventos coronarios en el territorio no ocluido¹².

A pesar de todo ello, un buen número de pacientes con enfermedad de un vaso crónicamente ocluido son tratados de forma exclusivamente farmacológica, con independencia de la gravedad de los síntomas y del grado de isquemia. La presencia de una OTC en pacientes con enfermedad multivaso es una indicación clásica de cirugía. En el estudio aleatorizado SYNTAX¹³ (cirugía frente a ICP en enfermedad multivaso), un 27% de los pacientes en cada grupo tenían al menos una OTC, y en general eran pacientes más complejos con una puntuación SYNTAX más alta. De los pacientes aleatorizados a cirugía, solo en el 68,1% se revascularizaron los vasos ocluidos, y el éxito de la revascularización percutánea en los sometidos a ICP fue del 49,4%. Esto supuso una revascularización completa en el 49,6% de los casos de cirugía y en el 35,8% de los casos de ICP, lo que quiere decir que el motivo de más peso para tener una puntuación SYNTAX > 32, que es la presencia de una OTC, no indica necesariamente que esta vaya a ser revascularizada quirúrgicamente, como de hecho así ocurrió en un 31,9% de los casos. Los enfermos con revascularización incompleta sufrieron en el seguimiento un mayor número de eventos combinados (muerte, infarto o accidente cerebrovascular), de forma significativa.

La evidencia clínica de los ensayos aleatorizados y de los estudios observacionales difiere en cuanto al beneficio del intervencionismo. Los ensayos aleatorizados han presentado en conjunto limitaciones, como una tasa de inclusión lenta que ha dado lugar a muestras insuficientes e inadecuadamente potenciadas, con una alta tasa de cruce entre los grupos de estudio. Así mismo, existen sesgos de selección de los pacientes, ya que resulta inaceptable aleatorizar a pacientes con una gran carga isquémica que podrían beneficiarse del intervencionismo. Por este motivo, los estudios observacionales, de donde provienen los datos más favorables del intervencionismo, han cobrado una relevancia notable en la valoración global del beneficio de la revascularización.

Ensayos aleatorizados

El estudio EuroCTO mostró que el intervencionismo de una OTC mejora el estado de salud, la frecuencia de angina, el grado de limitación física y la calidad de vida de los pacientes con angina estable¹⁴.

Sin embargo, en el ensayo EXPLORE¹⁵ no se hallaron diferencias en la función del ventrículo izquierdo en los pacientes con infarto con elevación del ST sometidos a intervencionismo precoz de una OTC en comparación con el tratamiento médico óptimo, y en el

estudio DECISION-CTO¹⁶ se obtuvieron tasas similares de muerte, infarto, accidente cerebrovascular o revascularización de la lesión diana a los 3 años en los grupos de intervencionismo y de tratamiento farmacológico, en pacientes con síndrome coronario agudo o angina estable^{15,16}.

En el ensayo más reciente REVASC¹⁷ tampoco se observó mejoría en la función miocárdica regional a los 6 meses, valorada por resonancia magnética, en pacientes consecutivamente sometidos a ICP de una OTC en comparación con el tratamiento médico óptimo, si bien la tasa de eventos adversos cardiovasculares mayores (MACE) anual fue menor, de manera significativa, en el grupo de ICP¹⁷.

En la **tabla 1** se muestran los resultados de los estudios aleatorizados sobre OTC más relevantes.

Estudios observacionales

Varios estudios observacionales han comparado los resultados del ICP con los de la terapia médica. Tomasello et al.¹⁸ examinaron los resultados a largo plazo de 1.777 pacientes con OTC del registro de OTC italiano, según la estrategia de tratamiento: ICP (43,7%), terapia médica (46,5%) o cirugía (9,8%). Al año de seguimiento, la terapia médica se asoció con una tasa más alta de MACE (7,6 frente a 1,7%; $p < 0,001$), muerte cardíaca (4,4 frente a 1,5%; $p = 0,002$), infarto agudo de miocardio (2,9 frente a 1,1%) y rehospitalización (4,4 frente a 2,3%; $p = 0,04$). Jang et al.¹⁹ compararon los resultados a largo plazo de diferentes estrategias de tratamiento en 738 pacientes con al menos una lesión oclusiva y colaterales bien desarrolladas. Durante una mediana de seguimiento de 42 meses, los pacientes sometidos a revascularización coronaria tuvieron una menor incidencia de muerte cardíaca (*hazard ratio* [HR] = 0,27; intervalo de confianza del 95% [IC95%], 0,09-0,80; $p = 0,029$) y de MACE (HR = 0,44; IC95%, 0,23-0,82; $p = 0,01$).

Varios pequeños estudios observacionales han explorado el posible efecto del ICP de la OTC sobre varios objetivos secundarios, como la depresión, la capacidad de ejercicio y el riesgo de arritmias ventriculares, con resultados favorables para el ICP^{12,20,21}.

Asimismo, se dispone de estudios que han comparado las OTC recanalizadas con éxito frente a las fallidas. En un metanálisis de 25 estudios se compararon los procedimientos exitosos (71%) y fallidos (29%) realizados entre los años 1990 y 2014 en 28.486 pacientes. Durante una media seguimiento de 3,11 años, el éxito se asoció con menor mortalidad (*odds ratio* [OR] = 0,52; IC95%, 0,43-0,63), menos angina residual (OR = 0,38; IC95%, 0,24-0,60), menor riesgo de ictus (OR = 0,72; IC95%, 0,60-0,88) y menos necesidad de posterior cirugía de revascularización coronaria (OR = 0,18; IC95%, 0,14-0,22)²². Tsai et al.²³ examinaron los intentos de intervencionismo sobre OTC de 2.394 pacientes de 79 centros entre los años 2007 y 2013. El éxito del ICP se asoció con un menor riesgo ajustado de mortalidad y de derivación a cirugía de revascularización coronaria a los 2 años.

El registro OPEN CTO²⁴ utilizó el cuestionario de angina de Seattle en 1.000 pacientes consecutivos sometidos a estrategia híbrida. Al mes de seguimiento, la calidad de vida según el cuestionario mejoró (de $49,4 \pm 0,9$ a $75,0 \pm 0,7$; $p < 0,01$), con una disminución simultánea de los síntomas.

Hay que tener en consideración que la localización de la OTC en el árbol coronario puede ser importante para la supervivencia del paciente. En un estudio de 2.608 pacientes, el ICP de la OTC mostró beneficio en cuanto a supervivencia solo en los pacientes con oclusión de la arteria descendente anterior (88,9 frente a 80,2%; $p < 0,001$)²⁵.

Tabla 1. Resultados de los estudios aleatorizados sobre oclusión total crónica más relevantes

	DECISION-CTO ¹⁶	EuroCTO ¹⁴	EXPLORE ¹⁵	REVASC ¹⁷
Pacientes	834	407	304	205
Periodo del estudio	2010-2016	2012-2015	2007-2015	2007-2015
Comparación	ICP OTC frente a TMO	ICP OTC frente a TMO	ICP OTC frente a TMO en IAMCEST	ICP OTC frente a TMO
Objetivo primario	Muerte, infarto, ictus, RVD	Estado clínico y calidad de vida	FEVI, VTDVI	Engrosamiento segmentario territorio OTC por resonancia. MACE: NS
Tasa de cruce (%)	18,1	7,3		
Puntuación J-CTO	2,2 ± 1,2	1,82 ± 1,07	2 ± 1	2 ± 1
Tasa de éxito (%)	91,1	86,3	73	99
Seguimiento	3 años	12 meses	4 meses	12 meses
MACE (%)	19,0 (TMO) frente a 21,4 (ICP); p = NS	6,7 (TMO) frente a 5,2 (ICP); p = NS	5,4 (TMO) frente a 2,6 (ICP); p = NS	16,3 (TMO) frente a 5,9 (ICP); p = 0,02
Conclusión	No mejora el objetivo primario	Mejoría de la clínica y la calidad de vida	No mejoran la FEVI ni el VTDVI	No mejora el engrosamiento segmentario

FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; IAMCEST: infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST; ICP: intervencionismo coronario percutáneo; MACE: evento adverso cardiovascular mayor; NS: no significativo; OTC: oclusión total crónica; RVD: revascularización del vaso diana; TMO: terapia médica óptima; VTDVI: volumen tele-diastólico del ventrículo izquierdo.

Por último, en un metanálisis se estudiaron los 4 ensayos aleatorizados descritos previamente y 3 estudios observacionales, y no se encontraron diferencias en el objetivo compuesto primario analizado (muerte cardiovascular, infarto de miocardio y reintervención coronaria). El análisis independiente de cada uno de los componentes observó que el intervencionismo tuvo un mejor resultado en cuanto a muerte cardiovascular (OR = 0,52; IC95%, 0,33-0,81; p < 0,01), fundamentalmente a expensas de los resultados favorables en los estudios observacionales²⁶.

FACTORES QUE INFLUYEN EN EL ÉXITO

Además de los factores clínicos, como son la extensión de la isquemia que rodea a la oclusión, la viabilidad miocárdica y la localización de la OTC, también hay que tener en cuenta la probabilidad de éxito del procedimiento al abordar la recanalización de una oclusión.

Requisitos para realizar intervencionismo en las OTC

Para optimizar la probabilidad de éxito y superar las diferencias en las tasas de éxito existentes entre los diversos registros (54-80%) y las alcanzadas en centros con experiencia (85-90%), probablemente se requiera el desarrollo de nuevos equipos y técnicas, así como programas de entrenamiento y educación continuada, y demostraciones con casos en vivo²⁷. Lo ideal sería que todo centro involucrado en la formación de hemodinamistas tuviera implementado de manera regular un programa para desoclusión de OTC, con el fin de proporcionar suficiente conocimiento teórico para una selección apropiada de los pacientes y de las OTC, así como experiencia práctica para incrementar las probabilidades de éxito y evitar los errores más comunes²⁸.

Predictores de éxito y fracaso

Se han descrito numerosos predictores de éxito y fracaso en la recanalización de una OTC, aunque en general existe una gran uniformidad entre los estudios.

En un metanálisis se revisaron los predictores angiográficos y demográficos de éxito clínico y técnico²⁹. Entre las variables demográficas se encuentra que el antecedente de infarto, el intervencionismo percutáneo previo, la cirugía de revascularización coronaria, el ictus y la enfermedad vascular periférica previa se asocia con una reducción de al menos un 20% en la probabilidad de éxito. Las variables angiográficas asociadas con un menor éxito fueron la presencia de colaterales puente, la calcificación moderada-grave, la angulación del vaso > 45°, la tortuosidad, la presencia de un muñón romo, las lesiones oclusivas ostiales y las OTC en un vaso diferente de la arteria descendente anterior²⁹.

Escalas de puntuación en el intervencionismo de la OTC

A lo largo de los últimos años se han desarrollado numerosas escalas de puntuación que tratan de predecir, en su mayoría, la probabilidad de éxito técnico del procedimiento de desoclusión.

Las escalas de puntuación se consideran de gran utilidad por varios motivos: a) cuantifican la probabilidad de éxito y de complicaciones; b) permiten optimizar la selección de casos; c) ayudan a revisar y planificar la forma de abordaje de la OTC; y d) contribuyen a estandarizar la complejidad de las lesiones y poder comparar resultados³⁰.

La puntuación J-CTO³¹ asigna un punto a cada predictor independiente de cruzar la lesión oclusiva dentro de los 30 minutos posteriores al inicio del procedimiento. El valor total se usó para desarrollar un modelo que estratificara todas las lesiones en 4 grupos, según la dificultad del procedimiento: fácil (puntuación = 0), intermedio (puntuación = 1), difícil (puntuación = 2) o muy difícil (puntuación = 3-5). En nuestra opinión, una puntuación J-CTO alta no significa que no deba realizarse un intento de intervencionismo, pero sí podría indicar que el paciente debe ser remitido a un centro con experiencia o para una cirugía de revascularización³¹.

La puntuación ORA se considera más apropiada para operadores experimentados que acostumbran a utilizar procedimientos híbridos

Tabla 2. Escalas de puntuación más usadas en la actualidad

Variable	J-CTO ³¹	ORA ³²	CL ³³	PROGRESS ³⁴
N.º de casos	494	1.073	1.657	781
Objetivo primario	Cruce de guía < 30 min	Éxito técnico	Éxito técnico	Éxito técnico
Edad, años	–	+ (≥ 75)	–	–
Cirugía de revascularización coronaria previa	–	–	+	–
Fracaso previo	+	–	–	–
Cápsula proximal	+ (roma)	+ (ostial)	+ (roma)	+ (ambigua)
Tortuosidad	+ (> 45° intralesional)	–	–	+ (moderada/proximal)
Calcificación	+	–	+ (grave)	–
Longitud de la lesión	+ (≥ 20 mm)	–	+ (≥ 20 mm)	–
Vaso diana	–	–	+ (si vaso diana diferente de arteria descendente anterior)	+ (si vaso diana es arteria circunfleja)
Colaterales	–	+ (Rentrop < 2)	–	+ (no accesibles)
Otros	–	–	Infarto previo	–

y retrógrados³². La puntuación CL³³ se ajusta mejor a aquellos operadores que usan exclusivamente la vía anterógrada, y la PROGRESS CTO³⁴ es apropiada para los procedimientos híbridos de desoclusión.

En la **tabla 2** se resumen algunas de las escalas más utilizadas en la actualidad.

Estudio diagnóstico de una OTC

La tasa de éxito está relacionada con un buen estudio diagnóstico que ayude a determinar la arquitectura del vaso en la zona de oclusión. Es importante realizar una buena contrastación para ver el punto proximal de oclusión y diferencia si hay microcanales o colaterales de proximidad, pero no es necesario pasar de 15 imágenes por segundo; sin embargo, en ocasiones hay que incrementar el volumen y la presión a la que se inyecta el contraste. Los catéteres deben estar bien colocados en los *ostium* coronarios para no perder contraste por la aorta. También es crucial la inyección contralateral (a veces la circulación colateral es homolateral) para visualizar el punto final de la oclusión, la anatomía del lecho distal, y hacer una correcta valoración de las colaterales que determinará la posibilidad de intervencionismo retrógrado.

Las proyecciones básicas para la correcta valoración de los segmentos ocluidos (valores aproximados) se detallan en la **tabla 3**.

Existe una situación especial en la que la descendente anterior recibe circulación colateral por el anillo de Viuessens³⁵, donde la arteria

conal derecha se anastomosa con la arteria conal izquierda que sale del segmento proximal o medial de la descendente anterior. En ocasiones, esta arteria conal sale de un *ostium* independiente de la arteria coronaria derecha, y debe ser canulada con un catéter con curva de arteria mamaria o *hockey stick*. Es recomendable realizar una tomografía computarizada coronaria para evaluar la arquitectura de la oclusión en los pacientes con cirugía de revascularización aortocoronaria, puntuación J-CTO elevada u oclusiones aorto-ostiales.

TÉCNICA Y MÉTODO DEL INTERVENCIONISMO

Aspectos generales

Aunque existe una tendencia a realizar intervencionismo minimalista, si los valores en las escalas de puntuación son elevados se recomiendan las siguientes pautas:

- *Acceso anterógrado*. Es aconsejable utilizar catéteres guía de 8 Fr, preferiblemente con máximo lumen interno. En la coronaria izquierda se usarán curvas Extra back up. En caso de oclusión de la arteria coronaria derecha, se recomienda el uso de Amplatz Left 1 8 Fr SH (agujeros laterales). Es conveniente manejar estos catéteres con las 2 manos y la guía teflonada de 0,035-8 pulgadas en su interior, para evitar movimientos bruscos que puedan producir disecciones ostiales. En ocasiones, dependiendo de la anatomía de la coronaria izquierda, se usará un Judkins Left de 3,5, y si se trata de la coronaria derecha, un Judkins Right 3,5-4, multipropósito (salidas verticales) o Amplatz Left 2 (aortas elongadas).

Tabla 3. Mejores proyecciones para visualizar los distintos segmentos ocluidos de las arterias coronarias

Arteria	Descendente anterior	Descendente anterior	Circunfleja	Coronaria derecha	Coronaria derecha
Segmento	Medio	<i>Ostium</i>	Proximal-medial	Proximal-medial	Distal
Proyección	AP 0°, craneal 30-40°	OAI 30°, caudada 30°	AP 0°, caudada 30-40°	OAI 90°	AP 0°, craneada 30-40°, OAI 30°, craneada 30°

AP: anteroposterior; OAI: oblicua anterior izquierda.

- **Acceso retrógrado.** Si solo se pretende la inyección de contraste puede accederse por vía radial con un catéter guía de 5 o 6 Fr. Es recomendable usar un catéter guía para poder poner una guía de angioplastia en la arteria coronaria y estabilizar el catéter; mejora la calidad de las inyecciones de contraste y previene problemas por posibles disecciones ostiales. Si las colaterales son intervencionistas, se recomienda 7 Fr, en ocasiones 8 Fr y catéter guía Extra back up para la coronaria izquierda y Amplatz Left 1 para la derecha. Los catéteres guía contralaterales no deben tener agujeros laterales para evitar una pérdida de contraste hacia la aorta.

Algoritmo híbrido y algoritmo Asia-Pacífico

Hasta la aparición del algoritmo híbrido³⁶ no había ninguna pauta definida sobre cómo debía abordarse una OTC. En este algoritmo se promueve la inyección coronaria dual para realizar una revisión cuidadosa de la anatomía y determinar la mejor estrategia para tratar una OTC, moviéndose entre el acceso anterógrado, el acceso retrógrado y la disección y reentrada. Cuando el grado de dificultad de las OTC es bajo, la tasa de éxito es alta por vía anterógrada, y a medida que la dificultad anatómica aumenta, las técnicas convencionales tienen una tasa de éxito más baja y es necesario el acceso retrógrado o técnicas específicas de disección y reentrada. En este algoritmo se valoran la presencia de un muñón ambiguo, la longitud > 20 mm y la calidad del lecho distal para tomar decisiones en cuanto al acceso. La aplicación de este algoritmo tiene una tasa de éxito del 87%, siendo el abordaje anterógrado en el 52%, retrógrado en el 27% y disección y reentrada en el 21%.

Otro algoritmo, el Asia-Pacífico³⁷, integra todas las técnicas de intervencionismo coronario en la OTC y determina la estrategia en función de los hallazgos anatómicos. También valora la necesidad de terminar un procedimiento (figura 2).

En el algoritmo Asia-Pacífico se tiene en cuenta la arquitectura del vaso en la zona de la oclusión; para ello, hay que realizar una buena

inyección bilateral que permita visualizar las arterias coronarias, e incluso debería hacerse una tomografía computarizada coronaria en algunos casos si fuese necesario. Se determinan 3 parámetros fundamentales de la anatomía coronaria (la longitud > 20 mm no determina la actitud):

- La ambigüedad del punto de entrada.
- Las características del lecho distal al punto de la oclusión, valorando la calidad del lecho distal y si la OTC acaba en una bifurcación de cierta envergadura.
- La existencia de colaterales factibles para el abordaje retrógrado.

Este algoritmo también considera otros factores, como la tortuosidad del vaso en la zona de oclusión, la calcificación, los intentos fallidos previos, los posibles microcanales y zonas de referencia (stents, calcio, contrastación), para tomar la decisión de qué estrategia seguir.

Acceso anterógrado

Ecografía intravascular

Si el punto de entrada es ambiguo y no existen referencias para posicionar la guía, la utilización de la ecografía intravascular (IVUS) puede ser de gran ayuda. Para ello, es necesario que haya una rama lateral donde colocar una guía e IVUS. En estos casos resulta muy útil la técnica Slipstream³⁸, que consiste en colocar detrás de la IVUS un microcatéter de doble luz (MDL) sobre la guía de la rama. Con ello se incrementa mucho la fuerza ejercida con la guía que sale por el puerto lateral del MDL y se controla mejor el torque de esta (figura 3). La IVUS permite ver dónde está el vaso ocluido y así puede dirigirse la guía (de alto gramaje, con alto grado de directividad y respuesta de torque) hacia ese punto (figura 4).

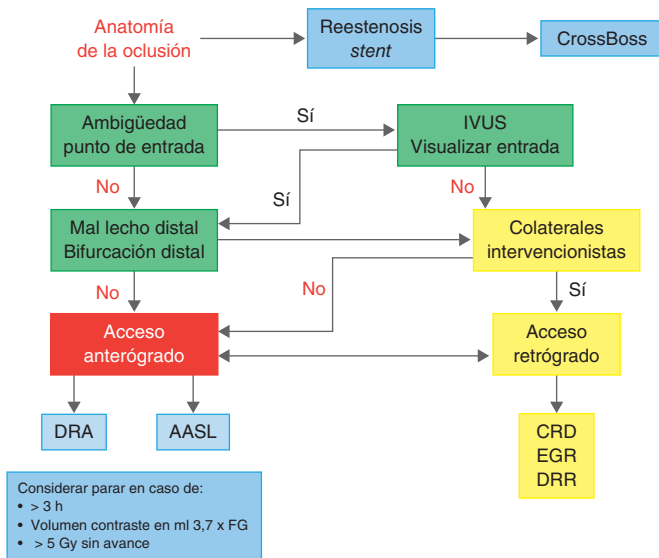


Figura 2. Algoritmo modificado (Asia-Pacífico) para el abordaje de oclusiones. AASL: acceso anterógrado subintimal limitado; CRD: cruce retrógrado directo; DRA: disección y reentrada anterógrada; DRR: disección y reentrada retrógrada; EGR: escalado de guía retrógrada; FG: filtrado glomerular; IVUS: ecografía intravascular.

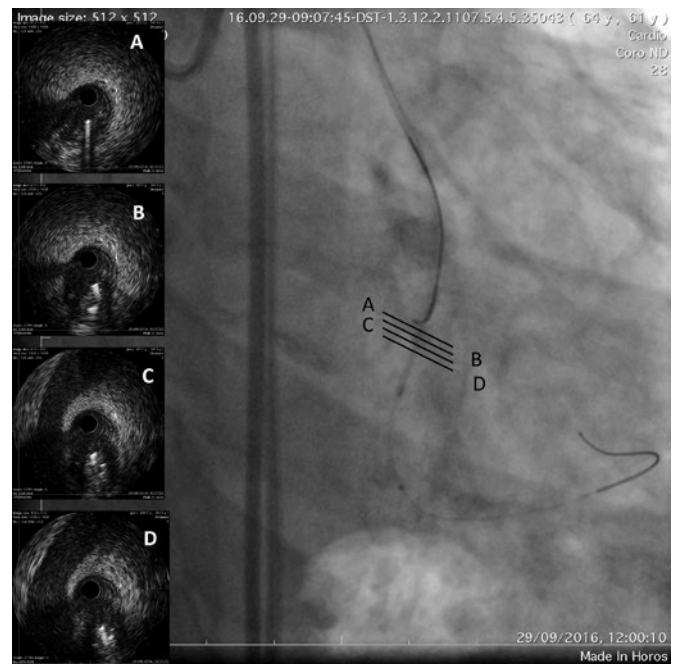


Figura 3. Se aprecia cómo el vaso ocluido se sitúa a las 6 aproximadamente (A) y cómo la guía progresa hacia la oclusión (B, C y D).

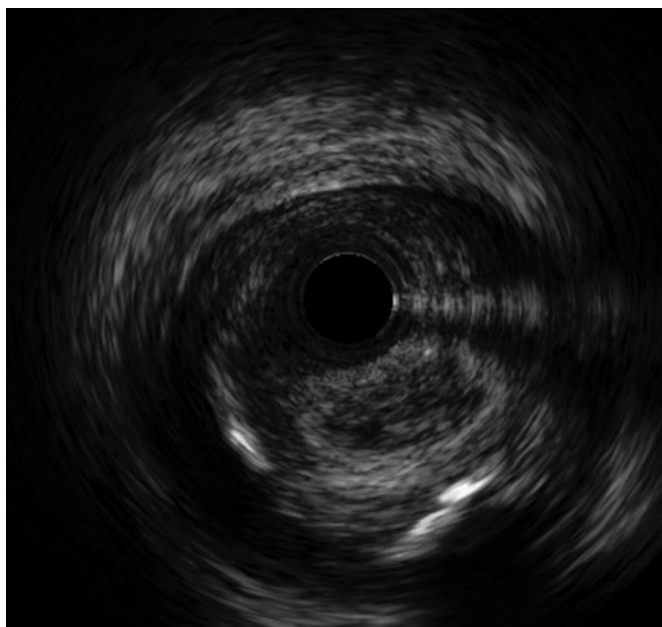


Figura 4. El catéter de la ecografía intravascular, en el espacio subintimal, se sitúa entre las 9 y las 12, y se aprecia la luz verdadera entre las 3 y las 9.

Escalado de guías

Es imprescindible usar un microcatéter con una buena capacidad de navegación. Deberá ser suficientemente flexible y no condicionar la dirección de la guía dentro de la arquitectura del vaso.

La elección de la guía, elemento fundamental, depende del operador. Es conveniente comprobar la parte proximal de la oclusión, ya que el grado de dureza de la placa es desconocido y puede ser variable. Empezar con guías de muy alto gramaje, alto poder de penetración o poliméricas hace perder la percepción de las características de la OTC. El problema principal se produce cuando la guía sale al espacio subintimal y se limitan las posibilidades de recanalizar con éxito; esto se produce porque la placa es más dura que la guía, lo que condiciona la elección de una guía de más gramaje.

Microcatéteres de doble luz

La forma actual de reentrar desde el espacio subintimal a la luz verdadera distal es mediante un MDL. Si una guía sale al espacio subintimal es muy importante no moverla ni inyectar contraste para evitar la formación de un hematoma que limitaría la reentrada distal. El fundamento de su uso es poder introducir otra guía de más alto gramaje por el puerto lateral que pueda penetrar en la oclusión, incrementando de forma importante la fuerza de la guía para poder alcanzar el lecho distal.

Esta técnica exige un control tridimensional de la guía en la arquitectura del vaso, como describen Tanaka et al.³⁹, que se realiza mediante giros concretos, dependiendo del segmento arterial donde se encuentre. Los giros de 90-180° de rotación se muestran en la tabla 4.

Disección y reentrada con dispositivos específicos

Dentro del algoritmo híbrido³⁶, cuando las OTC tienen un muñón ambiguo, una longitud > 20 mm e imposibilidad de acceso retrógrado, puede realizarse un abordaje mediante la técnica de disección y reentrada. Se realiza con un dispositivo específico para conseguir una reentrada del espacio subintimal a la luz verdadera de forma eficaz y segura. Para ello, se usa el balón Stingray LP junto con su guía específica (Boston Scientific, Nattick, Massachusetts, Estados Unidos).

Hasta hace unos años, esta técnica de disección y reentrada se hacía de forma convencional con CrossBoss y Stingray directamente. En la actualidad, en muchas ocasiones no es necesario usar CrossBoss y puede utilizarse un microcatéter de tipo Corsair (ASAHI Intec, Nagoya, Japón) o Turnpike (Teleflex Inc, Wayne, PA, Estados Unidos) de 135 cm, de tal manera que se avanza una guía con el microcatéter hasta un punto determinado donde ya no puede avanzarse más, y una vez que se ha llegado a este lugar, en posición subintimal, se intercambia por el balón Stingray LP, que se infla a 4 atmósferas en el espacio subintimal, y a través de los dos puertos laterales, situados a 180° el uno del otro, se intenta reentrar en la luz verdadera distal con una guía rígida (Stingray wire, Hornet 14, Confianza Pro 12) mediante técnicas de *stick and swap* o fenestración múltiple, y posteriormente canalizar distalmente con una guía polimérica Pilot 200 (Abbott Santa Clara, CA, Estados Unidos) o Gladius Mongo (ASAHI Intecc, Nagoya, Japón).

Acceso retrógrado

El acceso retrógrado se basa en las características histológicas de la zona distal, ya que el grado de dureza es menor que en la zona proximal⁴⁰ al no estar expuesta a la presión arterial directa del sistema arterial.

Vías de acceso retrógrado

El acceso se realiza por canales colaterales nativos o por injertos aortocoronarios. Las ramas colaterales están localizadas en la zona septal, epicárdica o intramiocárdica. La limitación más importante para poder cruzarlas es la tortuosidad. Una colateral es abordable si puede cruzarse con seguridad de no producir una perforación. La clasificación de Werner⁴¹ es la más usada: CC0, sin conexión continua entre donante y receptor; CC1, continua, conexión tipo hilo (diámetro aproximado de 0,3 mm); y CC2, continua, parecida a una rama a lo largo de todo el recorrido (diámetro aproximado de 0,4 mm).

Tabla 4. Movimiento y dirección de las guías de angioplastia

Arteria	Giro horario	Giro antihorario
Tronco común izquierdo	Hacia circunfleja	Hacia descendente anterior
Descendente anterior	Hacia diagonales	Hacia septales
Circunfleja	Hacia circunfleja principal	Hacia ramas marginales
Coronaria derecha	Hacia coronaria derecha propiamente dicha y posterolateral	Hacia arteria margen agudo y descendente posterior

Existen riesgos añadidos al cruzar una colateral: rotura, disección y oclusión. Sin embargo, las ramas septales (generalmente más numerosas) son las que menos riesgos tienen y se usan en el 68% de los casos⁴²; su rotura no suele tener mayores consecuencias al ser contenida o fistulizar a la cavidad ventricular. Existen ramas invisibles, que son fácilmente cruzables. La mejor proyección para estudiarlas es la oblicua anterior derecha a 0 o 30° de angulación craneal. Generalmente, las ramas septales van de la arteria descendente anterior a la descendente posterior. Es más sencillo cruzar de la arteria descendente anterior a la descendente posterior por la angulación de salida de la septal desde la arteria descendente anterior. Las ramas septales muy proximales en ocasiones conectan con la arteria posterolateral, y las más distales a veces conectan con ramas que van por la pared libre del ventrículo derecho.

Las ramas epicárdicas más frecuentes son las que conectan la arteria descendente anterior con la descendente posterior a nivel apical, de la arteria posterolateral a la rama obtusa marginal o de la obtusa marginal a las diagonales. Cruzarlas tiene un riesgo añadido de rotura con taponamiento pericárdico, al igual que las colaterales en la zona auriculoventricular.

Las colaterales intramiocárdicas más frecuentes se sitúan entre la obtusa marginal y la arteria posterolateral, así como entre la obtusa marginal y la arteria descendente posterior.

En general se prefiere un microcatéter de tipo Corsair, Turnpike, Mamba Flex (Boston Scientific Natick, Massachusetts, Estados Unidos) o Teleport (OrbusNeich, Hong Kong), fabricado con varias mallas internas que facilitan su rotación sin fracturas. La guía de elección para cruzar una colateral es la SION o SION black (ASAHI). En caso de gran tortuosidad de las colaterales, la guía de elección es la SUOH03 (ASAHI).

Escalado de guías

Cuando se accede retrógradamente se intenta avanzar hasta la OTC con la misma guía que se pasó la colateral, excepto si fue con una SUOH03. Una vez que se ha llegado a la zona de OTC es posible estudiar la dureza de la placa y definir el escalado de guías que debe realizarse⁴¹. En un 40% de los casos se consigue una recanalización directa con escalado de guías: unas veces más rígida para realizar una penetración controlada o una rotación rápida, y otras veces una guía polimérica para facilitar el deslizamiento por la placa.

Disección y reentrada: *knuckle*, R-CART

En el 60% de los casos en que no se consigue una recanalización directa deben realizarse técnicas de intervencionismo para conectar la parte proximal a la distal.

Cuando no se conozca la arquitectura del vaso se precisarán guías poliméricas con un *knuckle* para acortar la oclusión avanzando subintimal. A veces hay que hacerlo por vía anterógrada también, cuando no se conocen la zona de entrada proximal ni la arquitectura del vaso. De la misma manera, si hay calcificación muy grave, estas guías poliméricas con o sin *knuckle* van avanzando en el segmento ocluido por el espacio subintimal, excluyendo el calcio y avanzando hacia la zona proximal. Si una de las guías está en disección y no se consigue reconducir la guía, puede usarse un MDL (Sasuke, ASAHI) por vía retrógrada para intentar canalizar otra zona del segmento ocluido.

Cuando no se logra conectar las guías, se dispone del R-CART (*reverse controlled antegrade and retrograde subintimal tracking*)⁴².

Esta técnica es preferible realizarla con IVUS por vía anterógrada previamente para visualizar la posición de la guía anterógrada y el tamaño del balón con el que realizar la dilatación anterógrada. Se dilata el segmento anterógrado con un balón y se intenta orientar la guía retrógrada hacia el balón; una vez próxima, se desinfla el balón y se intenta entrar en el espacio dilatado por el balón para conectar ambos lúmenes. Es de gran ayuda una extensión de catéter guía con balón como el Trapliner (Teleflex). Conectados ambos espacios, por vía intraplaca o subintimal se externaliza una guía de al menos 300 cm para poder completar el procedimiento. Una vez realizada la intervención es preciso comprobar posibles daños en el vaso principal donante (disección) y en las colaterales (rotura).

COMPLICACIONES

La tasa de complicaciones es algo más alta que en el intervencionismo general⁴²: infarto de onda Q, 2,5% frente a 0,02%; cirugía de revascularización urgente, 0,1% frente a 0,03%; ictus, 0,01% frente a 0,04%; muerte, 0,2-0,9% frente a 0,14%; y perforación 2-4,8% frente a 0,38%.

Las complicaciones extracardiacas más frecuentes son las vasculares (2%) y la nefropatía inducida por contraste (3,8%). La lesión por radiación, que aparece semanas e incluso meses después del cateterismo, se encuentra en general infradiagnosticada e infracomunicada en los estudios⁴³.

Las complicaciones cardíacas coronarias son la perforación del vaso principal, del vaso distal o del vaso colateral, que puede condicionar taponamiento cardíaco, oclusión aguda del vaso donante por trombosis, disección, embolización aérea y atrapamiento de dispositivos.

STENTS Y DOBLE ANTIAGREGACIÓN

Las OTC se caracterizan por ser lesiones con más riesgo de reestenosis y trombosis: son más largas, más calcificadas, más tortuosas y precisan *stents* más largos, en muchas ocasiones solapados. Desde que se comenzó a usar *stents* farmacológicos, la reducción de la reestenosis, las revascularizaciones y la trombosis es significativa con respecto a los *stents* metálicos⁴⁴.

En el estudio CIBELES⁴⁵ se demostró que la pérdida tardía de los *stents* de everolimus a los 9 meses era de $0,13 \pm 0,69$ mm, lo cual favorece unos mejores resultados en este tipo de enfermos. Lee et al.⁴⁶ estudiaron una serie consecutiva de 539 OTC en las que incluyeron *stents* de everolimus ($n = 313$) y *stents* de zotarolimus ($n = 226$), y obtuvieron una tasa de eventos combinados (muerte, infarto o revascularización del vaso diana) del 12,2% con un seguimiento medio de 3,3 años.

El tratamiento antiagregante no debe diferir de la pauta establecida por la enfermedad coronaria de base. Si el riesgo de sangrado es bajo, la recomendación es doble antiagregación con ácido acetilsalicílico y clopidogrel durante 1 año.

CONTROVERSIAS PENDIENTES

Existe una gran variabilidad entre los enfermos sometidos a intervencionismo de OTC: con angina, asintomáticos, con disfunción ventricular o con test de detección de isquemia patológico. Es una tarea pendiente definir de forma objetiva en un ensayo clínico definitivo qué pacientes se beneficiarán en términos de supervivencia libre de eventos. Objetivar la sintomatología, definir

claramente la isquemia, la viabilidad y hacerlo siempre igual en todos los enfermos, junto con la estandarización de una técnica de intervencionismo (de elevado éxito) fácilmente reproducible e independiente del operador, son retos para el futuro. Otro aspecto importante es determinar cómo influye el resultado de la angioplastia en la preservación de la microcirculación.

TÉCNICAS INNOVADORAS

La innovación en este campo está basada en dos estrategias: los dispositivos y las técnicas de reconstrucción anatómica en 3 dimensiones. La guía de angioplastia coronaria es uno de los elementos clave. La tecnología aplicada con múltiples espirales de filamentos (*coils*) y recubrimientos hidrófilos que facilitan la sensación táctil, junto con la directividad orientada, permitirán tener más éxito cada vez. Hay nuevos dispositivos que aplican energía con radiofrecuencia en las guías de angioplastia, con resultados muy prometedores.

Parece lógico imaginar que, de la misma manera que conducimos un vehículo por una carretera, girando el volante a derecha e izquierda según las curvas que nos van apareciendo, podríamos abrir una coronaria con dispositivos específicos, moviéndonos con precisión en 3 dimensiones dentro de la arquitectura del vaso para entrar y salir de forma rápida y segura en la luz distal. Esto puede conseguirse con herramientas de *software* asociadas a la angiografía y a la tomografía computarizada coronaria.

CONCLUSIONES

Existen evidencias a favor del intervencionismo en la OTC, ya que mejora clínicamente la angina de forma objetiva, mejora la función ventricular si hay viabilidad y aumenta la supervivencia libre de eventos. La tasa de éxito de los operadores especializados es próxima al 90%, con pocas complicaciones, y esto tiene unos beneficios, por extensión, para el resto de los enfermos. Poder hacer determinadas intervenciones con éxito en las arterias coronarias hace del cardiólogo intervencionista un mejor operador para las intervenciones del día a día y beneficia al conjunto de los pacientes sometidos a ICP.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores no tienen conflictos de intereses que declarar.

BIBLIOGRAFÍA

- Abbott JD, Kip KE, Vlachos HA, et al. Recent trends in the percutaneous treatment of chronic total coronary occlusions. *Am J Cardiol*. 2006;97:1691-1696.
- Dimitri GS, Vasilis AT, Lambros KM. Chronic Total Coronary occlusions: a review of their special features and the existing techniques of percutaneous treatment. *Hellenic J Cardiol*. 2003;44:136-142.
- Werner GS, Figulla HR. Direct assessment of coronary steal and associated changes of collateral hemodynamics in chronic total coronary occlusions. *Circulation*. 2002;106:435-440.
- Werner GS, Surber R, Ferrari M, Fritzenwanger M, Figulla HR. The functional reserve of collaterals supplying long-term chronic total coronary occlusions in patients without prior myocardial infarction. *Eur Heart J*. 2006; 27: 2406-2412.
- Cohen HA, Williams DO, Holmes DR, et al. Impact of age on procedural and 1-year outcome in percutaneous transluminal coronary angioplasty: the NHLBI Dynamic Registry. *Am Heart J*. 2003;146: 513-519.
- Fefer P, Knudtson ML, Cheema AN, et al. Current perspectives on coronary chronic total occlusions: the Canadian Multicenter Chronic Total Occlusions Registry. *J Am Coll Cardiol*. 2012;59:991-997.
- Di Mario C, Werner GS, Sianos G, et al. European perspective in the recanalization of Chronic Total Occlusions: consensus document from the EuroCTO Club. *EuroIntervention*. 2007;3:30-43.
- Shaw LJ, Berman DS, Maron DJ, et al. Optimal medical therapy with or without percutaneous coronary intervention to reduce ischemic burden: results from the Clinical Outcomes Utilizing Revascularization and Aggressive Drug Evaluation (COURAGE) trial nuclear substudy. *Circulation*. 2008;117:1283-1291.
- Grantham JA, Jones PG, Cannon L, Spertus JA. Quantifying the early health status benefits of successful chronic total occlusion recanalization: Results from the FlowCardia's Approach to Chronic Total Occlusion Recanalization (FACTOR) Trial. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*. 2010;3:284-290.
- 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.
- Werner GS, Betge S, Kuthe F, Figulla HR, Betge S, Kuthe F. Delayed recovery of left ventricular function after recanalization of a chronic coronary occlusion. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2003;60:491-495.
- Nombela-Franco L, Mitroi CD, Fernández Lozano I, et al. Ventricular arrhythmias among implantable cardioverter-defibrillator recipients for primary prevention: impact of chronic total coronary occlusion (VACTO Primary Study). *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2012; 5:147-154.
- Serruys PW, Morice MC, Kappetein AP, et al.; the SYNTAX Investigators. Percutaneous coronary intervention versus coronary-artery bypass grafting for severe coronary artery disease. *N Engl J Med*. 2009; 360:961-972.
- Werner GS, Martin-Yuste V, Hildick-Smith D, et al. A randomized multicenter trial to compare revascularization with optimal medical therapy for the treatment of chronic total coronary occlusions. *Eur Heart J*. 2018;39:2484-2493.
- Henriques JP, Hoebbers LP, Ramunddal T, et al.; EXPLORE Trial Investigators. Percutaneous intervention for concurrent chronic total occlusions in patients with STEMI: the EXPLORE trial. *J Am Coll Cardiol*. 2016;68:1622-1632.
- Park S. Drug-eluting stent implantation versus optimal medical treatment in patients with chronic total occlusion (DECISION-CTO). En: American College of Cardiology's 66th Annual Scientific Session & Expo; 2017 Mar 18; Washington, DC. Disponible en: <http://www.acc.org/latest-in-cardiology/clinical-trials/2017/03/17/08/40/decision-cto>. Consultado 31 May 2019.
- Mashayekhi K, Nührenberg TG, Toma A, et al. A randomized trial to assess regional left ventricular function after stent implantation in chronic total occlusion: The REVASC trial. *JACC Cardiovasc Interv*. 2018; 11:1982-1991.
- Tomasello SD, Boukhris M, Giubilato S, et al. Management strategies in patients affected by chronic total occlusions: results from the Italian Registry of Chronic Total Occlusions. *Eur Heart J*. 2015;36:3189-3198.
- Jang WJ, Yang JH, Choi SH, et al. Long-term survival benefit of revascularization compared with medical therapy in patients with coronary chronic total occlusion and well-developed collateral circulation. *JACC Cardiovasc Interv*. 2015;8:271-279.
- Bruckel JT, Jaffer FA, O'Brien C, Stone L, Pomerantsev E, Yeh RW. Angina severity, depression, and response to percutaneous revascularization in patients with chronic total occlusion of coronary arteries. *J Invasive Cardiol*. 2016;28:44-51.
- Abdullah SM, Hastings JL, Amsavelu S, et al. Percutaneous coronary intervention of coronary chronic total occlusions improves peak oxygen uptake during cardiopulmonary exercise testing. *J Invasive Cardiol*. 2017;29:83-91.
- Christakopoulos GE, Christopoulos G, Carlino M, et al. Meta-analysis of clinical outcomes of patients who underwent percutaneous coronary interventions for chronic total occlusions. *Am J Cardiol*. 2015;115: 1367-1375.
- Tsai TT, Stanislawski MA, Shunk KA, et al. Contemporary incidence, management, and long-term outcomes of percutaneous coronary interventions for chronic coronary artery total occlusions: insights from the VA CART program. *JACC Cardiovasc Interv*. 2017;10:866-875.
- Sapontis J, Salisbury AC, Yeh RW, et al. Early Procedural and Health Status Outcomes After Chronic Total Occlusion Angioplasty. A Report From the OPEN-CTO Registry (Outcomes, Patient Health Status, and Efficiency in Chronic Total Occlusion Hybrid Procedures). *JACC Cardiovasc Interv*. 2017;10:1523-1534.

25. Safley DM, House JA, Marso SP, Grantham JA, Rutherford BD. Improvement in survival following successful percutaneous coronary intervention of coronary chronic total occlusions: variability by target vessel. *JACC Cardiovasc Interv.* 2008;3:295-302.
26. Iannaccone M, D'ascenzo F, Piazza F, et al. Optimal medical therapy vs. coronary revascularization for patients presenting with chronic total occlusion: A meta-analysis of randomized controlled trials and propensity score adjusted studies. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2019;93:E320-E325.
27. Brilakis ES, Vo MN. How to develop a successful chronic total occlusion percutaneous coronary intervention program. *Cardiovasc Revasc Med.* 2016;17:3-4.
28. Sharma V, Jadhav ST, Harcombe AA, et al. Impact of proctoring on success rates for percutaneous revascularization of coronary chronic total occlusions. *Open Heart.* 2015;2:e000228.
29. Wang N, Fulcher J, Abeyuriya N, Adams L, Lal S. Predictors of successful chronic total occlusion percutaneous coronary interventions: a systematic review and meta-analysis. *Heart.* 2018;104:517-524.
30. Karatasakis A, Danek BA, Brilakis ES. Scoring systems for chronic total occlusion percutaneous coronary intervention: if you fail to prepare you are preparing to fail. *J Thorac Dis.* 2016;8:E1096-E1099.
31. Morino Y, Abe M, Morimoto T, et al. Predicting successful guidewire crossing through chronic total occlusion of native coronary lesions within 30 minutes: the J-CTO (Multicenter CTO Registry in Japan) score as a difficulty grading and time assessment tool. *JACC Cardiovasc Interv.* 2011;4:213-221.
32. Galassi AR, Boukhris M, Azzarelli S, et al. Percutaneous Coronary Revascularization for Chronic Total Occlusions: A Novel Predictive Score of Technical Failure Using Advanced Technologies. *JACC Cardiovasc Interv.* 2016;9:911-922.
33. Alessandrino G, Chevalier B, Lefèvre T, et al. A Clinical and Angiographic Scoring System to Predict the Probability of Successful First-Attempt Percutaneous Coronary Intervention in Patients With Total Chronic Coronary Occlusion. *JACC Cardiovasc Interv.* 2015;8:1540-1548.
34. Christopoulos G, Kandzari DE, Yeh RW, et al. Development and Validation of a Novel Scoring System for Predicting Technical Success of Chronic Total Occlusion Percutaneous Coronary Interventions: The PROGRESS CTO (Prospective Global Registry for the Study of Chronic Total Occlusion Intervention) Score. *JACC Cardiovasc Interv.* 2016;9:1-9.
35. de Agustín JA, Marcos-Alberca P, Hernández-Antolín R, et al. Collateral circulation from the conus coronary artery to the anterior descending coronary artery: assessment using multislice coronary computed tomography. *Rev Esp Cardiol.* 2010;63:347-351.
36. Tajti P, Karpaliotis D, Alaswad K, et al. The Hybrid Approach to Chronic Total Occlusion Percutaneous Coronary Intervention Update From the PROGRESS CTO Registry. *J Am Coll Cardiol Interv.* 2018;11:1325-1335.
37. Harding SA, Wu EB, Lo S, et al. A New Algorithm for Crossing Chronic Total Occlusions From the Asia Pacific Chronic Total Occlusion Club. *JACC Cardiovasc Interv.* 2017;10:2135-2143.
38. Kinoshita Y, Fujiwara H, Suzuki T. "Slipstream technique"—New concept of intravascular ultrasound guided wiring technique with double lumen catheter in the treatment of coronary total occlusions. *J Cardiol Cases.* 2017;16:52-55.
39. Tanaka T, Okamura A, Iwakura K, et al. Efficacy and Feasibility of the 3-Dimensional Wiring Technique for Chronic Total Occlusion Percutaneous Coronary Intervention First Report of Outcomes of the 3-Dimensional Wiring Technique. *JACC Cardiovasc Interv.* 2019;12:545-555.
40. Danek BA, Karatasakis A, Karpaliotis D, et al. Use of antegrade dissection re-entry in coronary chronic total occlusion percutaneous coronary intervention in a contemporary multicenter registry. *Int J Cardiol.* 2016;214:428-437.
41. Werner GS, Ferrari M, Heinke S, et al. Angiographic assessment of collateral connections in comparison with invasively determined collateral function in chronic coronary occlusions. *Circulation.* 2003;107:1972-1977.
42. Brilakis ES, Grantham JA, Thompson CA, et al. The retrograde approach to coronary artery chronic total occlusions: a practical approach. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2012;79:3-19.
43. Patel VG, Brayton KM, Tamayo A. Angiographic success and procedural complications in patients undergoing percutaneous coronary chronic total occlusion interventions: a weighted meta-analysis of 18,061 patients from 65 studies. *JACC Cardiovasc Interv.* 2013;6:128-136.
44. Colmenarez HJ, Escaned J, Fernández C, et al. Efficacy and safety of drug-eluting stents in chronic total coronary occlusion recanalization: a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol.* 2010;55:1854-1866.
45. Moreno R, Garcia E, Teles R, et al. Randomized comparison of sirolimus-eluting and everolimus-eluting coronary stents in the treatment of total coronary occlusions: results from the chronic coronary occlusion treated by everolimus-eluting stent randomized trial. *Circ Cardiovasc Interv.* 2013;6:21-28.
46. Lee PH, Cho MS, Lee SW, et al. Everolimus- versus zotarolimus-eluting stent following percutaneous coronary chronic total occlusion intervention. *Int J Cardiol.* 2017;241:128-132.