

## Artículo original

## Impacto de la adherencia a un algoritmo híbrido para la selección de la estrategia inicial de cruce en la intervención coronaria percutánea de oclusiones crónicas



Iosif Xenogiannis<sup>a</sup>, Khaldoun Alaswad<sup>b</sup>, Oleg Krestyaninov<sup>c</sup>, Dmitrii Khelimskii<sup>c</sup>, Jaikirshan J. Khatri<sup>d</sup>, James W. Choi<sup>e</sup>, Farouc A. Jaffer<sup>f</sup>, Mitul Patel<sup>g</sup>, Ehtisham Mahmud<sup>g</sup>, Anthony H. Doing<sup>h</sup>, Phil Dattilo<sup>h</sup>, Michalis Koutouzis<sup>i</sup>, Ioannis Tsiafoutis<sup>i</sup>, Barry Uretsky<sup>j</sup>, Brian K. Jefferson<sup>k</sup>, Taral Patel<sup>k</sup>, Wissam Jaber<sup>l</sup>, Habib Samady<sup>l</sup>, Abdul M. Sheikh<sup>m</sup>, Robert W. Yeh<sup>n</sup>, Hector Tamez<sup>n</sup>, Basem Elbarouni<sup>o</sup>, Michael P. Love<sup>o</sup>, Nidal Abi Rafeh<sup>p</sup>, Assaad Maalouf<sup>p</sup>, Abou Jaoudeh Fadi<sup>p</sup>, Catalin Toma<sup>q</sup>, Alpesh R. Shah<sup>r</sup>, Raj H. Chandwaney<sup>s</sup>, Mohamed Omer<sup>a</sup>, Michael S. Megaly<sup>a</sup>, Evangelia Vemmou<sup>a</sup>, Ilias Nikolakopoulos<sup>a</sup>, Bavana V. Rangan<sup>a</sup>, Santiago Garcia<sup>a</sup>, Shuaib Abdullah<sup>t</sup>, Subhash Banerjee<sup>t</sup>, M. Nicholas Burke<sup>a</sup>, Dimitri Karpaliotis<sup>u</sup> y Emmanouil S. Brilakis<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Coronary Artery Disease Science Center, Minneapolis Heart Institute, Minneapolis Heart Institute Foundation, Abbott Northwestern Hospital, Minneapolis, Minnesota, Estados Unidos

<sup>b</sup> Department of Cardiology, Henry Ford Hospital, Detroit, Michigan, Estados Unidos

<sup>c</sup> Meshalkin Novosibirsk Research Institute, Novosibirsk, Rusia

<sup>d</sup> Department of Cardiology, Cleveland Clinic, Cleveland, Ohio, Estados Unidos

<sup>e</sup> Department of Cardiology, Baylor Heart and Vascular Hospital, Dallas, Texas, Estados Unidos

<sup>f</sup> Department of Cardiology, Massachusetts General Hospital, Boston, Massachusetts, Estados Unidos

<sup>g</sup> VA San Diego Healthcare System, La Jolla, California, Estados Unidos

<sup>h</sup> Department of Cardiology, Medical Center of the Rockies, Loveland, Colorado, Estados Unidos

<sup>i</sup> Department of Cardiology, Red Cross Hospital of Athens, Atenas, Grecia

<sup>j</sup> Department of Cardiology, VA Central Arkansas Healthcare System, Little Rock, Arkansas, Estados Unidos

<sup>k</sup> Department of Cardiology, Tristar Centennial Medical Center, Nashville, Tennessee, Estados Unidos

<sup>l</sup> Department of Cardiology, Emory University Hospital Midtown, Atlanta, Georgia, Estados Unidos

<sup>m</sup> Wellstar Health System, Marietta, Georgia, Estados Unidos

<sup>n</sup> Department of Cardiology, Beth Israel Deaconess Medical Center, Boston, Massachusetts, Estados Unidos

<sup>o</sup> Department of Cardiology, St. Boniface General Hospital, Winnipeg, Manitoba, Canadá

<sup>p</sup> Department of Cardiology, St. George Hospital University Medical Center, Beirut, Líbano

<sup>q</sup> University of Pittsburgh Medical Center, Pittsburgh, Pensilvania, Estados Unidos

<sup>r</sup> Department of Cardiology, Houston Methodist Hospital, Houston, Texas, Estados Unidos

<sup>s</sup> Oklahoma Heart Institute, Tulsa, Oklahoma, Estados Unidos

<sup>t</sup> Department of Cardiology, VA North Texas Health Care System, Dallas, Texas, Estados Unidos

<sup>u</sup> Columbia University, Nueva York, Estados Unidos

## Historia del artículo:

Recibido el 13 de abril de 2020

Aceptado el 4 de septiembre de 2020

On-line el 2 de enero de 2021

## Palabras clave:

Oclusión total crónica

Intervención coronaria percutánea

Algoritmo híbrido

Abordaje retrógrado

## RESUMEN

**Introducción y objetivos:** El algoritmo híbrido se diseñó para ayudar en la selección de las estrategias de cruce inicial y siguientes en la intervención coronaria percutánea (ICP) para la oclusión crónica total (OTC); sin embargo, el éxito de la estrategia de inicio seleccionada se ha estudiado poco hasta ahora.

**Métodos:** Se estudió el impacto de la adherencia a la recomendación del algoritmo híbrido para la selección de la técnica de cruce inicial en 4.178 ICP de OTC en un registro multicéntrico de gran tamaño.

**Resultados:** La estrategia de cruce inicial coincidió con la recomendación del algoritmo híbrido en 1.833 casos (44%). Los pacientes en el grupo concordante tuvieron una edad similar, pero un índice J-OTC menor ( $2,0 \pm 1,4$  frente a  $2,8 \pm 1,1$ ;  $p < 0,01$ ). El éxito técnico con la primera estrategia de cruce (el 68 frente al 48%;  $p < 0,01$ ) y el éxito técnico total (el 88 frente al 83%;  $p < 0,01$ ) fueron mayores en el grupo concordante, mientras que no hubo diferencia en la incidencia de eventos hospitalarios graves (el 1,8 frente al 2,3%;  $p = 0,26$ ). En el análisis multivariable, tras el ajuste por edad, infarto de miocardio previo, ICP previa, cirugía de derivación coronaria, índice J-OTC e ICP de OTC programada, la falta de adherencia al algoritmo híbrido se asoció independientemente con un éxito técnico menor de la estrategia de cruce inicial (OR = 0,55; IC95%, 0,48-0,64;  $p < 0,01$ ).

**Conclusiones:** La adherencia al algoritmo híbrido para la selección de la estrategia inicial de cruce se asoció con mayor éxito de la ICP para la OTC y similar tasa de eventos cardiovasculares hospitalarios graves.

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

\* Autor para correspondencia: Minneapolis Heart Institute, 920 E 28th Street #300, Minneapolis, Minnesota 55407, Estados Unidos.  
Correo electrónico: [esbrilakis@gmail.com](mailto:esbrilakis@gmail.com) (E.S. Brilakis).

## Impact of adherence to the hybrid algorithm for initial crossing strategy selection in chronic total occlusion percutaneous coronary intervention

### ABSTRACT

#### Keywords:

Chronic total occlusion  
Percutaneous coronary intervention  
Hybrid algorithm  
Retrograde approach

**Introduction and objectives:** The hybrid algorithm was designed to assist with initial and subsequent crossing strategy selection in chronic total occlusion (CTO) percutaneous coronary interventions (PCIs). However, the success of the initially selected strategy has received limited study.

**Methods:** We examined the impact of adherence to the hybrid algorithm recommendation for initial CTO crossing technique selection in 4178 CTO PCIs from a large multicenter registry.

**Results:** The initial crossing strategy was concordant with the hybrid algorithm recommendation in 1833 interventions (44%). Patients in the concordant group had a similar age to those in the discordant group but a lower mean J-CTO score ( $2.0 \pm 1.4$  vs  $2.8 \pm 1.1$ ;  $P < .01$ ). The concordant group showed higher technical success with the first crossing strategy (68% vs 48%;  $P < .01$ ) and higher overall technical success (88% vs 83%;  $P < .01$ ) with no difference in the incidence of in-hospital major adverse events (1.8% vs 2.3%;  $P = .26$ ). In multivariable analysis, after adjustment for age, prior myocardial infarction, prior PCI, prior coronary artery bypass grafting, J-CTO score, and scheduled CTO PCI, nonadherence to the hybrid algorithm was independently associated with lower technical success of the initial crossing strategy (odds ratio, 0.55; 95% confidence interval, 0.48–0.64;  $P < .01$ ).

**Conclusions:** Adherence to the hybrid algorithm for initial crossing strategy selection is associated with higher CTO PCI success but similar in-hospital major adverse cardiac events.

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

### Abreviaturas

AWE: escalada anterógrada de la guía  
DRA: disección/reentrada anterógrada  
ICP: intervención coronaria percutánea  
OTC: oclusión total crónica

### INTRODUCCIÓN

El objetivo del algoritmo híbrido de 2012 para la intervención coronaria percutánea (ICP) de oclusiones totales crónicas (OTC)<sup>1</sup> es utilizar las características de la lesión para guiar la selección de las estrategias de cruce en la ICP de OTC iniciales y posteriores. Después de una inyección doble, se evalúan 4 características angiográficas y se utilizan para seleccionar la estrategia de cruce inicial óptima: a) ambigüedad del muñón proximal; b) calidad del vaso distal; c) presencia de vasos colaterales intervencionistas, y d) extensión de la lesión. El uso del algoritmo híbrido está asociado con un elevado éxito técnico (89–95%)<sup>2–5</sup>, mientras que la estrategia de cruce inicial seleccionada tiene éxito en el 55–60% de las intervenciones<sup>3,5</sup>. Ningún estudio ha evaluado si la técnica de cruce inicial propuesta por el algoritmo híbrido se asocia con mayor éxito técnico.

Se estudió el impacto de la adherencia a la recomendación del algoritmo híbrido en los resultados hospitalarios de la ICP de OTC de un registro multicéntrico de gran tamaño.

### MÉTODOS

Entre enero de 2012 y octubre de 2019, se realizaron 5.748 ICP de OTC en 28 centros de Estados Unidos, Europa, Canadá y Asia, y se incluyeron en el registro PROGRESS-CTO (Registro global prospectivo para el estudio de las intervenciones de oclusiones totales crónicas, NCT02061436). Todos los centros participantes eran centros de elevada carga asistencial que realizaban al menos 40 ICP de OTC cada año. Después de excluir las intervenciones en que faltaban datos sobre la ambigüedad del muñón proximal, la calidad del muñón distal, la existencia de colaterales intervencionistas y la extensión de la lesión, así como las intervenciones en que se

intentó más de 1 ICP de OTC, quedaron 4.178 ICP de OTC que se incluyeron en el presente estudio.

Las OTC coronarias se definieron como lesiones coronarias según el grado de flujo *Thrombolysis in Myocardial Infarction* (TIMI) 0 de duración  $\geq 3$  meses. La duración de la oclusión se valoró clínicamente basándose en la manifestación inicial de angina, los antecedentes de infarto de miocardio (IM) en el territorio del vaso diana o la comparación con un angiograma previo. La calcificación se evaluó mediante angiografía y se consideró leve (manchas), moderada (cuando afectaba al 50% o menos del diámetro de la lesión de referencia) o grave (cuando afectaba a más del 50% del diámetro de la lesión de referencia). La tortuosidad moderada del vaso proximal se definió como la existencia de 2 o más curvaturas  $> 70^\circ$  o 1 curvatura  $> 90^\circ$  en el vaso con OTC y la tortuosidad grave, como 2 curvaturas  $> 90^\circ$  o 1 curvatura  $> 120^\circ$ . El muñón proximal se consideró ambiguo en caso de incertidumbre sobre su ubicación y su forma. Las colaterales intervencionistas se definieron como colaterales que el intervencionista consideraba susceptibles de ser cruzadas por una aguja guía y un microcatéter antes que se intentara cruzarlos. La zona de destino distal se consideró de mala calidad cuando tenía menos de 2 mm de diámetro o presentaba una enfermedad poco clara.

La escalada anterógrada de la guía (*antegrade wire escalation* [AWE]) se definió como una ICP anterógrada durante la cual la guía cruzó la lesión de luz verdadera a luz verdadera. La disección/reentrada anterógrada (DRA) se definió como una ICP anterógrada durante la cual se introdujo de manera intencionada una guía en el espacio subintimal proximal a la lesión o se intentó la reentrada en la luz verdadera distal después de un cruce intencionado o inadvertido del dispositivo o de la guía subintimal. Una intervención se definió como «retrograda» si se intentaba cruzar la lesión a través de un vaso colateral o un injerto de derivación que irrigaba el vaso diana distal a la lesión.

El éxito técnico se definió como la revascularización satisfactoria de la OTC con una estenosis residual  $< 30\%$  del diámetro en el segmento tratado y la restauración del grado de flujo anterógrado TIMI 3. El éxito de la intervención se definió como el éxito técnico sin ningún evento adverso cardiovascular mayor (MACE) hospitalario. Entre las complicaciones hospitalarias, se puede citar cualquiera de los siguientes eventos adversos antes del alta hospitalaria: muerte, IM, síntomas recurrentes que requieren revascularización urgente repetida del vaso diana con ICP o injerto de derivación coronaria, taponamiento que requiere pericardiocentesis o cirugía y accidente

cerebrovascular. El IM se definió mediante la *Fourth Universal Definition of Myocardial Infarction* (IM de tipo 4)<sup>6</sup>. El índice *Japan-Chronic Total Occlusion* (J-CTO) se calculó según lo descrito por Morino et al.<sup>7</sup>; el índice *PROGRESS-CTO*, según lo descrito por Christopoulos et al.<sup>8</sup> y el índice *PROGRESS-CTO Complications*, según lo descrito por Danek et al.<sup>9</sup>.

La adherencia de la técnica de cruce inicial a la recomendación del algoritmo híbrido se evaluó de la siguiente manera: a) el abordaje retrógrado tenía que ser la estrategia inicial si se cumplían los 3 criterios (ambigüedad del muñón proximal, zona de destino distal de mala calidad y existencia de colaterales intervencionistas); cuando no se cumplía ninguno de los criterios o había colaterales intervencionistas, pero el muñón proximal no era ambiguo y la zona distal era de buena calidad, la estrategia de cruce inicial tenía que ser anterógrada; si el muñón proximal era ambiguo o la zona de destino distal era de mala calidad o se cumplían 2 de los 3 criterios, se consideraba que tanto el cruce anterógrado como el retrógrado coincidían con el algoritmo híbrido; b) para los pacientes con una extensión de la lesión > 20 mm aptos para una estrategia de cruce anterógrado inicial mediante el algoritmo híbrido, la estrategia de cruce inicial tenía que ser DRA, y c) cuando la extensión de la lesión era ≤ 20 mm y una estrategia de cruce anterógrada inicial coincidía con el algoritmo híbrido, la estrategia de cruce inicial tenía que ser AWE.

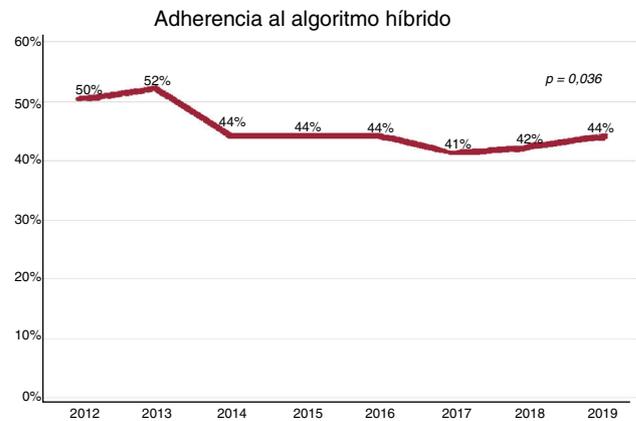
### Análisis estadísticos

Las variables cualitativas se expresaron en porcentajes y se compararon mediante la prueba de la  $\chi^2$  de Pearson o la prueba exacta de Fisher de 2 colas. Las variables continuas se presentaron como media ± desviación estándar o mediana [intervalo intercuartílico], salvo otra indicación, y se compararon mediante la prueba de la t o la prueba de Wilcoxon para datos independientes, según correspondiera. Se utilizó la regresión logística multivariante para estudiar la asociación entre la adherencia a la recomendación del algoritmo híbrido para la selección de la técnica de cruce inicial y el éxito técnico con la primera estrategia de cruce y el éxito técnico general. En el modelo se incluyeron las variables asociadas con el éxito técnico en la primera estrategia de cruce y con el éxito técnico global en el análisis univariante ( $p < 0,10$ ). Específicamente, se incluyeron en el modelo de regresión logística multivariante de éxito técnico en la primera estrategia de cruce edad, IM anterior, ICP previa, derivación coronaria previa, J-CTO, ICP programada (no especial) y la falta de adherencia al algoritmo híbrido. Se incluyeron en el modelo de regresión logística multivariante de éxito técnico edad, IM anterior, ICP previa, derivación coronaria previa, J-CTO y la falta de adherencia al algoritmo híbrido. Todos los análisis estadísticos se realizaron con JMP 14.0 (SAS Institute, Estados Unidos). Se consideró estadísticamente significativo un valor p bilateral de 0,05.

### RESULTADOS

La estrategia de cruce inicial era acorde con la recomendación del algoritmo híbrido en 1.833 de las 4.178 intervenciones (44%). La adherencia al algoritmo híbrido no aumentó con el tiempo (figura 1). Las características clínicas de la población del estudio se muestran en la tabla 1. En comparación con el grupo discordante, los pacientes del grupo concordante tenían una edad semejante, pero eran menos propensos a padecer diabetes (el 38 frente al 46%;  $p < 0,01$ ) o contar con una ICP previa (el 59 frente al 66%;  $p < 0,01$ ) y presentaban una fracción de eyección del ventrículo izquierdo más alta (el 55 [45-60%] frente al 52% [40-60%];  $p < 0,01$ ).

Las características angiográficas de las lesiones de estudio se muestran en la tabla 2. Las puntuaciones J-CTO ( $2,0 \pm 1,4$  frente a  $2,8 \pm 1,1$ ;  $p < 0,01$ ), *PROGRESS-CTO* ( $1,2 \pm 1,0$  frente a  $1,4 \pm 1,1$ ;  $p$



**Figura 1.** Adherencia de la primera estrategia de cruce para oclusiones totales crónicas al algoritmo híbrido a lo largo del tiempo.

< 0,01) y *PROGRESS-CTO Complications* ( $2,3 \pm 1,9$  frente a  $3,3 \pm 1,8$ ;  $p < 0,01$ ) fueron más bajas en el grupo concordante que en el discordante.

Las técnicas utilizadas para el cruce de OTC se presentan en la tabla 3. La primera estrategia de cruce más frecuente en el grupo concordante fue AWE (65%), seguida por la retrógrada (25%) y DRA (11%), mientras que AWE fue la técnica de cruce que se intentó inicialmente en el 95% de las intervenciones del grupo discordante (figura 2A,B). Si se hubiera seguido el algoritmo híbrido en el grupo discordante para las ICP de OTC, en las cuales AWE fue inadecuadamente la primera estrategia de cruce, DRA y el abordaje retrógrado habrían sido la técnica de cruce inicial en el 41 y el 9% de los procedimientos respectivamente, mientras que, para las intervenciones restantes, DRA o el abordaje retrógrado habrían sido la primera estrategia de cruce (figura 2C). La AWE fue la técnica de cruce final más frecuente en ambos grupos (52%). En cambio, era más probable que el abordaje retrógrado hubiera sido la técnica de cruce exitosa para el grupo concordante (el 23 frente al 18%;  $p < 0,01$ ). Se utilizó un menor número de estrategias de cruce en el grupo concordante ( $1,3 \pm 0,6$  frente a  $1,6 \pm 0,7$ ;  $p < 0,01$ ). El uso de aparatos auxiliares para la preparación de la lesión fue similar en los 2 grupos (el 8 frente al 9%;  $p = 0,08$ ) (figura 3). Sin embargo, el láser se utilizó con más frecuencia en el grupo discordante (el 2,3 frente al 4,1%;  $p < 0,001$ ).

Los resultados de la intervención se describen en la tabla 4. El éxito técnico con la estrategia de cruce inicial se logró con más frecuencia en el grupo concordante que en el grupo discordante (el 68 frente al 48%;  $p < 0,01$ ). El éxito técnico general (el 88 frente al 83%;  $p < 0,01$ ) y el éxito de la intervención (el 87 frente al 82%;  $p < 0,01$ ) fueron mayores en el grupo concordante, mientras que no hubo diferencias en las tasas de MACE hospitalarios. La incidencia de perforaciones también fue similar en los 2 grupos (el 4,5 frente al 4,2%;  $p = 0,692$ ). La estrategia de cruce que provocó la perforación se especificó en 113 de las 181 perforaciones: el cruce retrógrado fue la técnica más comúnmente implicada ( $n = 53$ ), seguida de AWE ( $n = 51$ ) y DRA ( $n = 9$ ). En el análisis multivariante, después del ajuste por edad, IM anterior, ICP previa, derivación coronaria previa, índice J-CTO e ICP de OTC no especial, la falta de adherencia al algoritmo híbrido se asoció independientemente con un menor éxito técnico de la estrategia de cruce inicial (*odds ratio* [OR] = 0,55; intervalo de confianza del 95% [IC95%], 0,48-0,64;  $p < 0,01$ ) (figura 4A). Del mismo modo, en un segundo análisis multivariante, la falta de adherencia al algoritmo híbrido se asoció de manera independiente con un menor éxito técnico general (OR = 0,81; IC95%, 0,66-0,98;  $p = 0,04$ ) (figura 4B). El efecto de la falta de adherencia al algoritmo híbrido en el éxito técnico de la primera estrategia de cruce dependió del índice J-CTO ( $p < 0,001$ ), mientras que la interacción entre el índice J-CTO y la falta de adherencia no fue significativa para el éxito técnico general

**Tabla 1**

Características clínicas de la población del estudio, clasificada según la adherencia al algoritmo híbrido para la selección de la estrategia inicial de cruce

Característica clínica	Concordante (n = 1.833)	Discordante (n = 2.345)	p
Edad (años)	65 ± 10 (1.774)	64 ± 10 (2.238)	0,3480
Varones	82 (1.478)	84 (1.943)	0,0474
IMC	30 ± 6 (1.750)	31 ± 6 (2.245)	0,2125
Tabaquismo activo	22 (384)	26 (592)	< 0,0007
Diabetes	38 (674)	46 (1.049)	< 0,0001
Dislipemia	84 (1.499)	92 (2.102)	< 0,0001
Hipertensión	90 (1.597)	91 (2.095)	0,1154
Antecedente de infarto de miocardio	47 (818)	50 (1.089)	0,0308
Insuficiencia cardíaca	29 (509)	31 (688)	0,1353
Cirugía o intervención valvular previa	20,6 (45)	20,4 (53)	0,7120
ICP previa	59 (1.049)	66 (1.471)	< 0,0001
Revascularización coronaria previa	30 (537)	31 (707)	0,4173
Enfermedad cerebrovascular	10 (168)	12 (260)	0,0319
Arteriopatía periférica	13 (230)	14 (314)	0,3568
Creatinina basal (mg/dl)	10,0 [00,9-10,2] (n = 1.708)	10,0 [00,9-10,2] (n = 2.223)	0,7291
ICP especial	8 (148)	10 (235)	0,0326

ICP: intervención coronaria percutánea; IMC: índice de masa corporal.

Los valores expresan % (n), media ± desviación estándar o mediana [intervalo intercuartílico] (número de pacientes).

**Tabla 2**

Características angiográficas de las lesiones del estudio, clasificadas según la adherencia al algoritmo híbrido para la selección de la estrategia inicial de cruce

Característica angiográfica	Concordante (n = 1.833)	Discordante (n = 2.345)	p
<i>Vaso objetivo</i>			> 0,9987
Arteria coronaria derecha	55 (983)	55 (1.240)	
Descendente anterior izquierda	25 (445)	25 (576)	
Circunfleja	18 (329)	18 (413)	
Tronco coronario izquierdo	0,5 (8)	0,4 (9)	
Injerto de vena safena	0,1 (2)	0,1 (3)	
Otros	10,1 (19)	10,1 (24)	
Longitud de la OTC (mm)	15 [10-30] (1.833)	30 [25-40] (2.345)	< 0,0001
Diámetro del vaso (mm)	3 [20,5-3] (1.735)	3 [20,5-3] (2.150)	0,3846
Ambigüedad del muñón proximal	33 (602)	37 (877)	0,0022
Calcificación moderada/grave	45 (812)	53 (1.166)	< 0,0001
Tortuosidad moderada/grave	31 (552)	34 (740)	0,0558
Colaterales intervencionistas	61 (1.117)	55 (1.280)	< 0,0001
Lesiones no cruzables con balón, %	9	13	0,0018
Lesiones no dilatables con balón, %	9	14	0,0001
Índice J-CTO	20,0 ± 10,4 (1.826)	20,8 ± 10,1 (2.325)	< 0,0001
Índice PROGRESS-CTO	10,2 ± 10,0 (1.384)	10,4 ± 10,1 (1.833)	< 0,0001
Índice PROGRESS-CTO Complications	20,3 ± 10,9 (1.774)	30,3 ± 10,8 (2.238)	< 0,0001

J-CTO: Japan-Chronic Total Occlusion; OTC: oclusión total crónica; PROGRESS-CTO: Prospective Global Registry of Chronic Total Occlusion Interventions.

Los valores expresan % (n), media ± desviación estándar o mediana [intervalo intercuartílico] (número de pacientes).

(p = 0,912). En las ICP de OTC en las que se produjo muerte hospitalaria, se intentó el abordaje retrógrado en 13 de las 16 intervenciones, seguido de AWE (8 de 16) y DRA (5 de 16) y fue la primera estrategia de cruce en 9 de las intervenciones. La muerte hospitalaria ocurrió con mayor frecuencia en intervenciones en las que el cruce retrógrado fue la primera técnica de cruce (el 1,7 frente al 0,9 y el 0,2% con abordaje retrógrado, DRA y AWE respectivamente; p < 0,001). Entre los casos retrógrados, se utilizaron colaterales septales para el cruce en 8, colaterales epicárdicos en 5 e injertos de vena safena en 2. Las técnicas utilizadas después de

un cruce colateral exitoso fueron la técnica *reverse controlled antegrade and retrograde tracking* (trayecto anterógrado y retrógrado controlado [CART] inverso) (9), la extensión del catéter guía con CART inverso (1), la técnica de la guía *knuckle* (1) y la técnica «de luz verdadera a luz verdadera» (1).

Seis muertes se atribuyeron a perforación, la causa más frecuente. El cruce retrógrado fue la técnica que motivó la perforación en 3 de estos casos, así como AWE en 1, DRA en 1, y por último cruce retrógrado y DRA en 1 (no se especificó la técnica que llevó a la perforación en ese paciente). Otras causas de muerte

**Tabla 3**

Características técnicas de las intervenciones del estudio, clasificadas según la adherencia al algoritmo híbrido para la selección de la estrategia inicial de cruce

Característica técnica	Concordante (n = 1.833)	Discordante (n = 2.345)	p
<i>Acceso vascular</i>			
Arteria femoral	67 (1.227)	75 (1.749)	< 0,0001
Arteria radial	60 (1.091)	53 (1.232)	< 0,0001
<i>Primera estrategia de cruce utilizada</i>			
AWE	65 (1.188)	95 (2.229)	< 0,0001
DRA	11 (185)	10,7 (40)	
Retrógrado	25 (460)	3 (76)	
<i>Estrategia de cruce exitosa</i>			
AWE	52 (954)	52 (1.220)	< 0,0001
DRA	15 (275)	16 (373)	
Retrógrado	23 (423)	18 (415)	
Ninguna	10 (181)	14 (337)	
<i>Colaterales utilizadas</i>			
Septales	23 (422)	21 (488)	0,0856
Epicárdico-contralaterales	9 (168)	7 (168)	0,0183
Injerto de vena safena	6 (118)	4 (98)	0,0011
Epicárdico-homolaterales	10,3 (24)	10,6 (37)	0,4728
Arteria mamaria interna izquierda	0,8 (14)	0,8 (19)	0,8663
Otros	0,2 (4)	0,1 (3)	0,7064
<i>Stents utilizados</i>	20,3 ± 10,1 (1.595)	20,5 ± 10,1 (1.889)	< 0,0001
<i>EIV utilizada</i>	32 (491)	40 (772)	< 0,0001

AWE: extensión anterógrada de la guía; DRA: disección/reentrada anterógrada; EIV: ecografía intravascular. Los valores expresan % (n) o media ± desviación estándar (número de pacientes).

fueron shock cardiogénico (n = 4), shock hemorrágico (n = 2), infarto de miocardio perioperatorio (n = 1), fallo multiorgánico (n = 1) e enfermedad intestinal isquémica después de una prolongada estancia en la UCI después de una ICP de rescate (n = 1); 1 muerte se describió como cardiovascular sin más especificaciones. El grupo concordante mostró un menor tiempo de intervención (110 [71-165] frente a 123 [80-179] min; p < 0,01), volumen de contraste (215 [150-300] frente a 230 [164-310] ml; p < 0,01) y dosis de kerma de radiación en el aire (2,3 [1,1-3,8] frente a 2,5 [1,4-4,2] Gy; p < 0,01).

## DISCUSIÓN

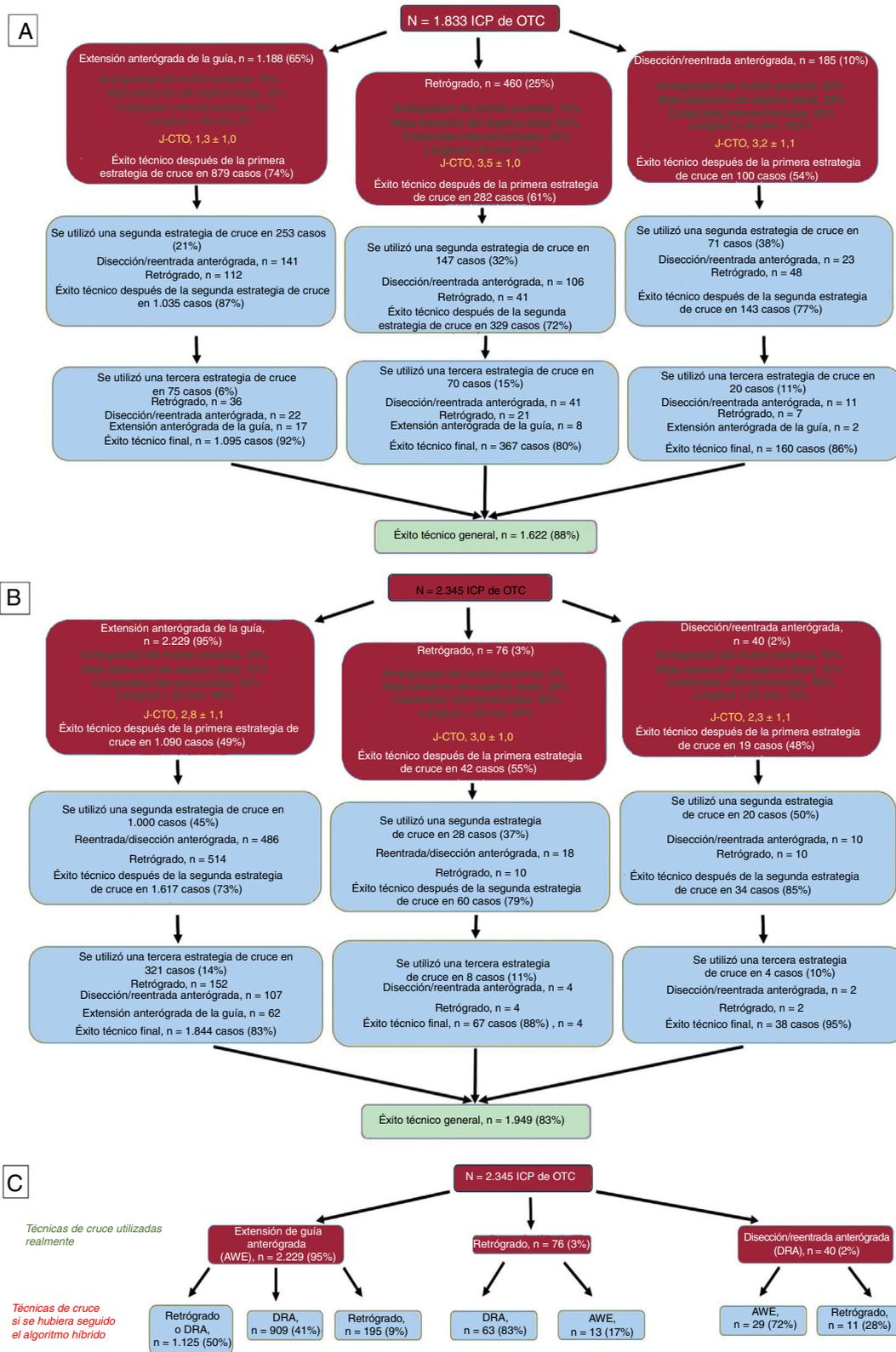
Los principales resultados de nuestro estudio son que la adherencia al algoritmo híbrido para la selección de la estrategia de cruce inicial de OTC: se dio en algo menos del 50% de las ICP de OTC y en lesiones menos complejas, y se asoció con un mayor uso del abordaje retrógrado, mayor éxito técnico de la primera estrategia de cruce y mayor éxito técnico general y tasas semejantes de MACE hospitalarios en comparación con las intervenciones en que no se siguió el algoritmo híbrido para la selección de la estrategia de cruce inicial.

Hay varias posibles explicaciones del 44% de adherencia a la recomendación del algoritmo híbrido en la población del estudio. Primero, la disponibilidad del equipo varía de un sitio a otro. Por ejemplo, el catéter CrossBoss y el dispositivo Stingray (Boston Scientific) no están disponibles en muchos lugares<sup>10</sup>. Además, aunque el uso de DRA es abundante en Europa y Estados Unidos (en el 23-58% de los casos), en Japón se utiliza en menos del 2% de los casos<sup>5,11-14</sup>. En segundo lugar, el riesgo potencial de cada abordaje varía. Por ejemplo, incluso si el algoritmo híbrido recomienda que el primer abordaje sea el retrógrado, el riesgo puede ser elevado si se utilizan colaterales epicárdicos, lo que obliga al cirujano a

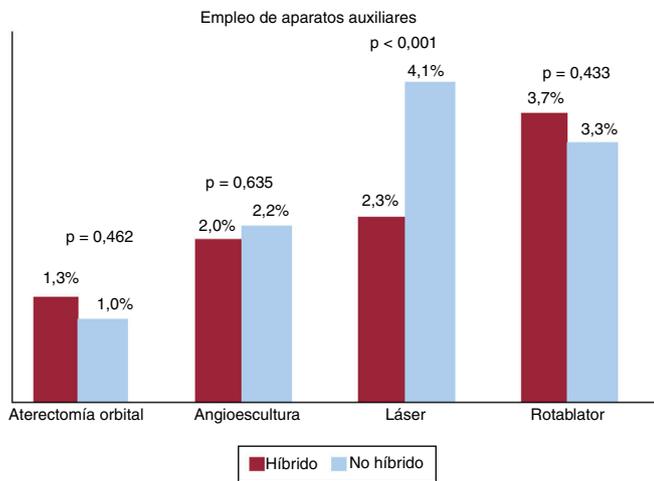
intentar un cruce anterógrado. La experiencia del intervencionista es fundamental para la selección de la técnica tanto inicial como posterior, y el razonamiento clínico no puede ser reemplazado por un algoritmo.

En este estudio, las intervenciones especiales fueron más comunes en el grupo discordante que en el concordante. Trabajos anteriores mostraron que AWE fue la primera estrategia de cruce en la inmensa mayoría de las intervenciones cuando la ICP de OTC se realizó como una intervención especial, a diferencia de la ICP de OTC planificada (el 91 frente al 76%; p < 0,001)<sup>15</sup>. Es fundamental contar con una planificación adecuada de las intervenciones de la OTC<sup>16</sup>. La ICP de OTC especial probablemente no da tiempo suficiente para un estudio completo de la lesión y, por lo tanto, se prefieren estrategias menos complicadas para el cruce inicial. Además, las características angiográficas que no refleja el algoritmo híbrido, como la calcificación moderada/grave, que fue más frecuente en el grupo discordante, se han asociado con un mayor riesgo de perforación y podrían haber disuadido a los operadores de intentar una DRA o un cruce retrógrado<sup>17,18</sup>. Además, es probable que, a causa del mayor «perfil de riesgo» de los pacientes del grupo discordante, que con mayor frecuencia tenían diabetes y presentaban peor fracción de eyección del ventrículo izquierdo, los operadores se mostraran reacios a utilizar técnicas que requirieran más contraste y un tiempo de intervención más largo<sup>19</sup>. Por último, es factible que muchos intervencionistas prefirieran comenzar con intentos de cruce, probando AWE, aunque fuera brevemente, antes de pasar a técnicas más complejas.

Se han propuesto varios algoritmos de cruce de OTC<sup>20-22</sup>. El algoritmo de Asia Pacífico hace hincapié en la evaluación de la tomografía computarizada de la arteria coronaria (TCAR), junto con la angiografía convencional y la entrada guiada por ecografía intravascular, en pacientes con ambigüedad del muñón proximal porque puede superar a la angiografía en el



**Figura 2.** A: estrategias de cruce seguidas en intervenciones concordantes con el algoritmo híbrido. B: intervenciones en que no se siguió el algoritmo híbrido. C: ejemplo de las técnicas de cruce que se habrían utilizado como técnica de cruce si los cirujanos hubieran seguido el algoritmo híbrido en el grupo discordante. AWE: extensión anterógrada de la guía; DRA: diseción/reentrada anterógrada; ICP: intervención coronaria percutánea; J-CTO: Japan-Chronic Total Occlusion; OTC: oclusión total crónica.



**Figura 3.** Uso de dispositivos auxiliares en intervenciones concordantes con el algoritmo híbrido frente a intervenciones en que no se siguió el algoritmo híbrido.

análisis de la ambigüedad del muñón proximal<sup>21,23</sup>. El algoritmo híbrido modificado propuesto por el EuroCTO Club es más detallado, pues incluso incorpora dispositivos específicos, aunque por ello es más complicado<sup>20</sup>. El algoritmo más reciente publicado por un grupo de expertos japoneses en ICP de OTC se centra no solo en las características de la lesión, sino también en la duración de la manipulación de la aguja guía, y propone un límite de 20 min para un cambio del cruce anterógrado primario a otra técnica. Además, este algoritmo indica que se debe valorar la finalización de la intervención a las 3 h de manipulación de la guía<sup>24</sup>.

Un reciente documento de consenso mundial de expertos sobre la ICP de OTC concluyó que en general debe preferirse el cruce anterógrado al cruce retrógrado como estrategia de cruce inicial a causa del mayor riesgo de complicaciones con este último. Sin

embargo, el abordaje retrógrado continúa siendo clave en casos de ambigüedad del muñón roto o del muñón proximal que no pueden aclararse con otras modalidades, como la ecografía intravascular y la TCAR<sup>16</sup>.

Nuestro estudio demuestra un mayor uso del abordaje retrógrado cuando se sigue el algoritmo híbrido, lo que en parte puede explicar las mayores tasas de éxito alcanzadas. Las técnicas retrógradas han contribuido considerablemente al mayor éxito técnico de la ICP de OTC<sup>25,26</sup>. Son especialmente útiles en subconjuntos más complejos, como en pacientes con cirugía de revascularización coronaria previa, en los cuales el uso de injertos de vena safena para el cruce retrógrado aumenta la posibilidad de recanalización exitosa de oclusiones aorto-ostiales que no sobresalen, muchas de las cuales solo son accesibles a través de un cruce retrógrado<sup>27,28</sup>. Asimismo, mientras que el grupo híbrido presentó un índice PROGRESS-CTO Complications más bajo y los 2 grupos tuvieron tasas similares de MACE hospitalarios, la mortalidad fue mayor en el grupo concordante, un resultado que probablemente esté relacionado con un mayor empleo del cruce retrógrado como primera estrategia de cruce en este grupo, un abordaje asociado con una mayor tasa de muerte hospitalaria en nuestro análisis<sup>19</sup>. Actualmente, el abordaje retrógrado está disminuyendo<sup>29,30</sup>. En nuestros resultados, el láser se utilizó con mayor frecuencia cuando no se siguió el algoritmo híbrido debido a la mayor tasa de lesiones no dilatables y no cruzables con balón en comparación con el grupo concordante.

### Limitaciones

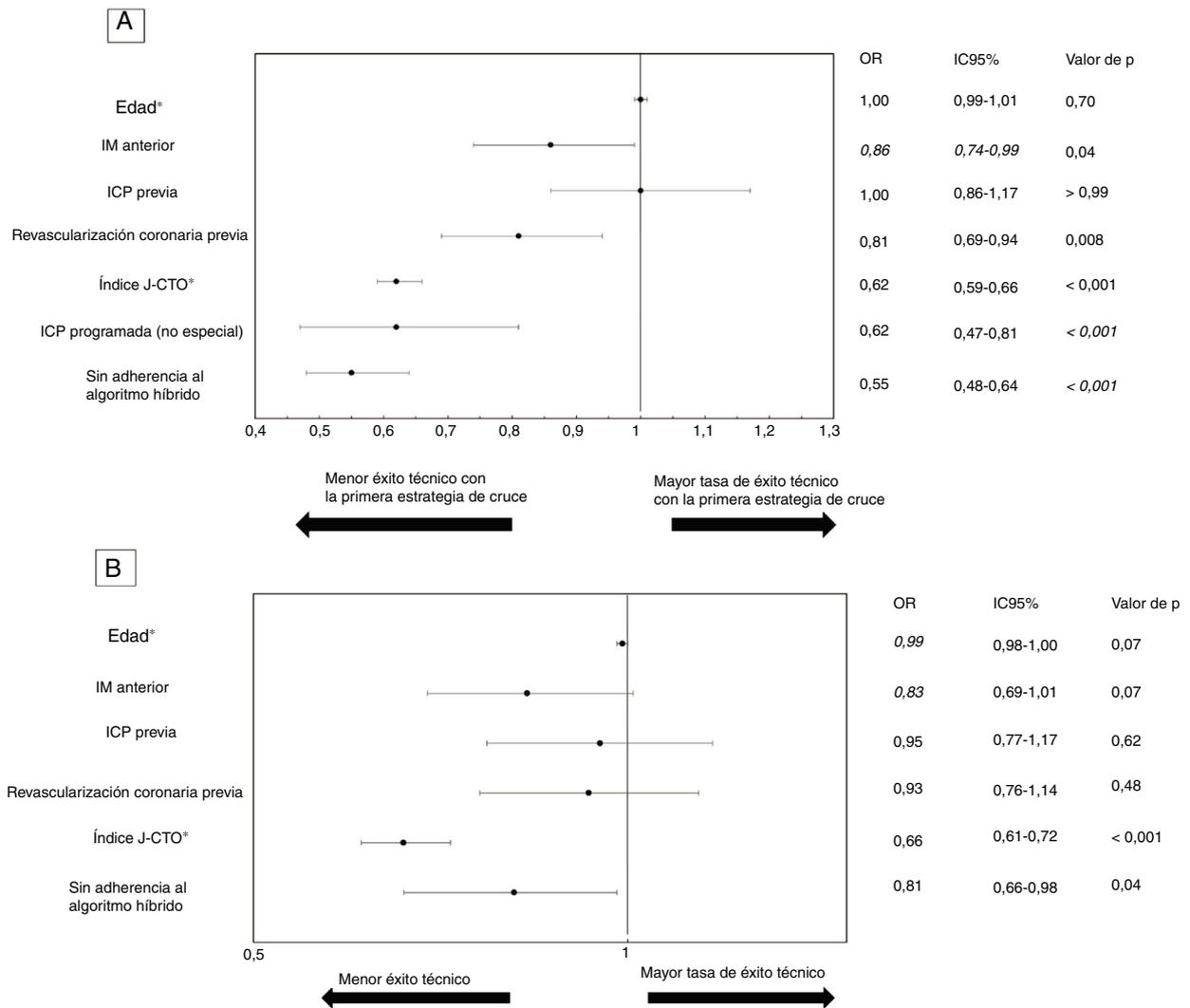
Nuestro estudio tiene una serie de limitaciones. El PROGRESS-CTO es un estudio de observación retrospectivo sin evaluación de laboratorio central de los angiogramas del estudio o validación (adjudicación) de eventos clínicos. Las intervenciones se realizaron en centros específicos con una alta carga de OTC por cirujanos experimentados, lo que limita la extrapolación a cirujanos con menos experiencia y centros de menor volumen.

**Tabla 4**

Características quirúrgicas de las intervenciones del estudio, clasificadas según la adherencia al algoritmo híbrido para la selección de la estrategia inicial de cruce

Resultado quirúrgico	Concordante (n = 1.833)	Discordante (n = 2.345)	p
Éxito técnico	88 (1.622)	83 (1.949)	< 0,0001
Éxito quirúrgico	87 (1.584)	82 (1.901)	< 0,0001
Tiempo de la intervención (min)	110 [71-165] (1.707)	123 [80-179] (2.181)	< 0,0001
Volumen del contraste	215 [150-300] (1.753)	230 [164-310] (2.216)	< 0,0001
Tiempo de fluoroscopia	40 [24-68] (1.736)	46 [27-71] (2.182)	< 0,0002
Dosis de kerma de aire para el paciente (Gy)	20,3 [10,1-30,8] (1.076)	20,5 [10,4-40,2] (1.495)	< 0,0002
MACE hospitalarios	10,8 (33)	20,3 (54)	0,2591
Muerte	0,7 (12)	0,2 (4)	0,0119
Infarto agudo de miocardio	0,5 (9)	0,8 (18)	0,2682
Accidente cerebrovascular	0,2 (3)	0,2 (4)	> 1,0000
Re-ICP	0,2 (3)	0,1 (3)	> 1,0000
Revascularización coronaria repetida	0 (0)	0,13 (3)	0,2611
Perforación	40,5 (82)	40,2 (99)	0,6916
Pericardiocentesis	0,7 (12)	10,2 (29)	0,0583
Complicación del acceso vascular	10,4 (25)	10,3 (30)	0,8119
Hemorragia	0,9 (16)	0,8 (19)	0,8255
Dispositivo de asistencia del ventrículo izquierdo	5 (82)	4 (86)	0,2498

MACE: eventos adversos cardiovasculares mayores; Re-ICP: intervención coronaria percutánea repetida. Los valores expresan % (n) o mediana [intervalo intercuartílico] (número de pacientes).



**Figura 4.** A: análisis multivariante del éxito técnico con la primera estrategia de cruce. B: análisis multivariante del éxito técnico general. IC95%: intervalo de confianza del 95%; ICP: intervención coronaria percutánea; IM: infarto de miocardio; J-CTO: Japan-Chronic Total Occlusion; OR: odds ratio. \*Las estimaciones de edad e índice J-CTO se ofrecen mediante un cambio de 1 año o 1 punto respectivamente.

**CONCLUSIONES**

La adherencia a la recomendación del algoritmo híbrido para la estrategia de cruce inicial en ICP de OTC se asocia con un mayor éxito técnico y tasas de MACE hospitalarios semejantes.

**AGRADECIMIENTOS**

Los datos del estudio se recopilaron y administraron utilizando Research Electronic Data Capture (REDCap), herramientas de captura de datos electrónicos alojadas en la *Minneapolis Heart Institute Foundation* (MHIF), Mineápolis, Estados Unidos. REDCap es una aplicación segura en línea diseñada para apoyar la captura de datos para estudios de investigación, la cual proporciona: a) una interfaz intuitiva para la entrada de datos validados; b) registros de auditoría para rastrear la manipulación de datos y los procedimientos de exportación; c) procedimientos de exportación automatizados para descargas de datos sin interrupciones a paquetes estadísticos comunes, y d) procedimientos para importar datos de fuentes externas.

**FINANCIACIÓN**

El registro PROGRESS-CTO ha recibido el apoyo de la *Abbott Northwestern Hospital Foundation* de Mineápolis, Minesota, Estados Unidos.

**CONFLICTO DE INTERESES**

K. Alaswaad declara haber recibido pagos por consultoría de Terumo y Boston Scientific, y haber trabajado como consultor no remunerado para Abbott Laboratories. J.J. Khatri declara haber recibido el apoyo de una beca de investigación de Asahi Intecc y honorarios como conferenciante/supervisor de Abbott Vascular. F.A. Jaffer declara haber recibido pagos por consultoría de Abbott Vascular, Boston Scientific y Siemens, y becas de investigación de Canon, Siemens y los National Institutes of Health. M. Patel declara que forma parte del panel de conferenciante de Astra Zeneca. E. Mahmud declara haber recibido pagos por consultoría de Medtronic y Corindus; pagos como conferenciante de Medtronic,

Corindus y Abbott Vascular; honorarios del programa educativo de Abbott Vascular, y honorarios del comité de eventos clínicos de St. Jude. B.K. Jefferson declara haber recibido honorarios y pagos por consultoría y como conferenciante de Abbott, Boston Scientific, CSI y Medtronic. R.W. Yeh declara haber recibido un premio de desarrollo profesional (1K23HL118138) del *National Heart, Lung, and Blood Institute*. B.V. Rangan declara que ha recibido becas de investigación de InfraRedx Inc y The Spectranetics Corporation. S. García declara que ha recibido pagos por consultoría de Medtronic. S. Banerjee declara haber recibido becas de investigación de Gilead y The Medicines Company, honorarios como consultor/conferenciante de Covidien y Medtronic, propiedad de MDCARE Global (cónyuge) y propiedad intelectual de HygeiaTel. M.N. Burke declara haber recibido pagos por consultoría y como conferenciante de Abbott Vascular y Boston Scientific. D. Karpaliotis declara haber recibido honorarios como conferenciante de Abbott Vascular, Boston Scientific, Medtronic y Vascular Solutions. E.S. Brilakis declara haber recibido honorarios por consultoría/ como conferenciante de Abbott Vascular, la *American Heart Association* (director asociado de Circulation), Biotronik, Boston Scientific, la *Cardiovascular Innovations Foundation* (junta directiva), CSI, Elsevier, InfraRedx, GE Healthcare, Siemens, Teleflex y Medtronic; apoyo a la investigación de Siemens, Regeneron y Osprey, y es accionista de MHI Ventures. El resto de los autores notienen conflictos de intereses que declarar.

### ¿QUÉ SE SABE DEL TEMA?

- El algoritmo híbrido ofrece recomendaciones para la selección de las estrategias de cruce inicial y posterior en la ICP de OTC.
- Sin embargo, su aplicación en la práctica clínica se ha estudiado poco hasta ahora.

### ¿QUÉ APORTA DE NUEVO?

- La recomendación del algoritmo híbrido para la estrategia inicial de cruce en las intervenciones de OTC se implementó en, aproximadamente, el 44% de las intervenciones y se asoció con un mayor empleo del cruce retrógrado.
- La adherencia al algoritmo híbrido se asoció con un mayor éxito técnico y quirúrgico, y una incidencia hospitalaria de eventos adversos cardiovasculares mayores semejante.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Brilakis ES, Grantham JA, Rinfret S, et al. A percutaneous treatment algorithm for crossing coronary chronic total occlusions. *JACC Cardiovasc Interv.* 2012;5:367–379.
2. Daniels DV, Banerjee S, Alaswad K, et al. Safety and efficacy of the hybrid approach in coronary chronic total occlusion percutaneous coronary intervention: The Hybrid Video Registry. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2018;91:175–179.
3. Maeremans J, Walsh S, Knaapen P, et al. The hybrid algorithm for treating chronic total occlusions in Europe: the RECHARGE registry. *J Am Coll Cardiol.* 2016;68:1958–1970.
4. Pershad A, Eddin M, Girotra S, et al. Validation and incremental value of the hybrid algorithm for CTO PCI. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2014;84:654–659.
5. Tajti P, Karpaliotis D, Alaswad K, et al. The hybrid approach to chronic total occlusion percutaneous coronary intervention: update from the PROGRESS CTO registry. *JACC Cardiovasc Interv.* 2018;11:1325–1335.
6. Thygesen K, Alpert JS, Jaffe AS, et al. Fourth Universal Definition of Myocardial Infarction (2018). *J Am Coll Cardiol.* 2018;72:2231–2264.
7. 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.
8. 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.
9. Danek BA, Karatasakis A, Karpaliotis D, et al. Development and validation of a scoring system for predicting periprocedural complications during percutaneous coronary interventions of chronic total occlusions: the Prospective Global Registry for the Study of Chronic Total Occlusion Intervention (PROGRESS CTO) Complications Score. *J Am Heart Assoc.* 2016;5:e004272.
10. Karacsonyi J, Tajti P, Rangan BV, et al. Randomized comparison of a crossboss first versus standard wire escalation strategy for crossing coronary chronic total occlusions: the CrossBoss first trial. *JACC Cardiovasc Interv.* 2018;11:225–233.
11. Maeremans J, Dens J, Spratt JC, et al. Antegrade dissection and reentry as part of the hybrid chronic total occlusion revascularization strategy: a subanalysis of the RECHARGE registry (Registry of CrossBoss and Hybrid Procedures in France, the Netherlands, Belgium and United Kingdom). *Circ Cardiovasc Interv.* 2017;10:e004791.
12. 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.
13. Suzuki Y, Tsuchikane E, Katoh O, et al. Outcomes of percutaneous coronary interventions for chronic total occlusion performed by highly experienced Japanese specialists: the first report from the Japanese CTO-PCI expert registry. *JACC Cardiovasc Interv.* 2017;10:2144–2154.
14. Kim BK, Shin DH, Hong MK, et al. Clinical impact of intravascular ultrasound-guided chronic total occlusion intervention with zotarolimus-eluting versus biolimus-eluting stent implantation: randomized study. *Circ Cardiovasc Interv.* 2015;8:e002592.
15. Sandoval Y, Tajti P, Karatasakis A, et al. Frequency and outcomes of ad hoc versus planned chronic total occlusion percutaneous coronary intervention: multicenter experience. *J Invasive Cardiol.* 2019;31:133–139.
16. Brilakis ES, Mashayekhi K, Tsuchikane E, et al. Guiding principles for chronic total occlusion percutaneous coronary intervention. *Circulation.* 2019;140:420–433.
17. Azzalini L, Poletti E, Ayoub M, et al. Coronary artery perforation during chronic total occlusion percutaneous coronary intervention: epidemiology, mechanisms, management, and outcomes. *EuroIntervention.* 2019;15:e804–e811.
18. Karacsonyi J, Karpaliotis D, Alaswad K, et al. Impact of calcium on chronic total occlusion percutaneous coronary interventions. *Am J Cardiol.* 2017;120:40–46.
19. Tajti P, Xenogiannis I, Gargoulas F, et al. Contemporary outcomes of the retrograde approach to chronic total occlusion interventions: insights from an international CTO registry. *EuroIntervention.* 2019. EIJ-D-19-00441.
20. Galassi AR, Werner GS, Boukhris M, et al. Percutaneous recanalisation of chronic total occlusions: 2019 consensus document from the EuroCTO Club. *EuroIntervention.* 2019;15:198–208.
21. 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.
22. Zivelonghi C, van Kuijk JP, Poletti E, et al. A “minimalistic hybrid algorithm” in coronary chronic total occlusion revascularization: procedural and clinical outcomes. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2020;95:97–104.
23. Werner GS. Use of coronary computed tomographic angiography to facilitate percutaneous coronary intervention of chronic total occlusions. *Circ Cardiovasc Interv.* 2019;12:e007387.
24. Tanaka H, Tsuchikane E, Muramatsu T, et al. A novel algorithm for treating chronic total coronary artery occlusion. *J Am Coll Cardiol.* 2019;74:2392–2404.
25. Karpaliotis D, Karatasakis A, Alaswad K, et al. Outcomes with the use of the retrograde approach for coronary chronic total occlusion interventions in a contemporary multicenter US registry. *Circ Cardiovasc Interv.* 2016;9:101161/CIRCINTERVENTIONS.115.003434.
26. Karpaliotis D, Michael TT, Brilakis ES, et al. Retrograde coronary chronic total occlusion revascularization: procedural and in-hospital outcomes from a multicenter registry in the United States. *JACC Cardiovasc Interv.* 2012;5:1273–1279.
27. Ojeda S, Luque A, Pan M, et al. Percutaneous coronary intervention in aorto-ostial coronary chronic total occlusion: outcomes and technical considerations in a multicenter registry. *Rev Esp Cardiol.* 2020. <http://doi.org/10.1016/j.rec.2020.01.008>.
28. Xenogiannis I, Gkargkoulas F, Karpaliotis D, et al. Retrograde chronic total occlusion percutaneous coronary intervention via saphenous vein graft. *JACC Cardiovasc Interv.* 2020;13:517–526.
29. Megaly M, Ali A, Saad M, et al. Outcomes with retrograde versus antegrade chronic total occlusion revascularization. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2019. <http://doi.org/10.1002/ccd.28616>.
30. Xenogiannis I, Gkargkoulas F, Karpaliotis D, et al. Temporal trends in chronic total occlusion percutaneous coronary interventions: insights from the PROGRESS-CTO registry. *J Invasive Cardiol.* 2020;32:153–160.