



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**CENTRO MÉDICO NACIONAL “20 DE  
NOVIEMBRE”**

**Instituto de Seguridad y Servicio Sociales para  
los Trabajadores del Estado**

**Empleo de un catéter modificado con angulación  
variable para la canulación de arterias renales en  
modelos anatómicos 3D: análisis de factibilidad y  
efectividad**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALISTA

EN:

**ANGIOLOGÍA Y CIRUGÍA VASCULAR**

PRESENTA:

**DR. ALBERTO GUZMÁN PÉREZ**

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Ignacio Escotto Sánchez

**FOLIO: 619.2023**



Ciudad Universitaria, CD. MX. ENERO 2024.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**Empleo de un catéter modificado con angulación variable para la canulación  
de arterias renales en modelos anatómicos 3D: análisis de factibilidad y  
efectividad.**

**FOLIO 619.2023**

AUTORIZACIONES:



---

Dra. Denisse Añorve Bailón  
Subdirector de Enseñanza e Investigación



---

Dr. Christian Toledo  
Coordinador de Investigación



---

Dr. José Luis Aceves Chimal  
Jefe de Enseñanza e Investigación



---

Dr. Juan Miguel Rodríguez Trejo  
Profesor Titular del curso



---

Dr. Ignacio Escotto Sánchez  
Asesor de Tesis



---

Dr. Alberto Guzmán Pérez  
Residente

## DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

A mis papás y mi hermano por su apoyo y amor incondicional que me han dado a lo largo de toda la vida. Gracias por creer en mí, por entender mi ausencia en eventos importantes, por estar a mi lado en los momentos difíciles, por acompañarme en mi trayectoria académica y personal, por darme consejos y compartirme su experiencia cuando más lo necesitaba. Quienes me enseñaron los valores, el respeto, la perseverancia, resiliencia, por mencionar algunos, y a quienes les debo todo lo que soy.

A mi novia con quien he compartido mi vida personal y académica, quien me ha escuchado, aconsejado y apoyado todos los días. Quien ha estado conmigo en mis fracasos, logros y éxitos, y en los momentos más difíciles siempre estuvo ahí para buscar una solución y encontramos la forma de seguir adelante. A quien me ha hecho crecer como persona. Gracias a ella y su familia por todo el apoyo que me han brindado para lograr alcanzar mis objetivos.

A mis mascotas, Spot, Kobe y Ruffo, quienes me han acompañado todas mis noches de desvelo, de estudio, de felicidad y de tristeza. A quienes a pesar de hablarles y parecer no entenderme, su mirada me tranquiliza y me comparten de su nobleza y felicidad. De forma especial, a Spot, quien hubiera querido que estuviera presente en este logro académico pero siempre estará en mi corazón y mis recuerdos.

A mis amigos que conocí antes y durante la carrera, quienes comprendieron la demanda que representaba la residencia y a pesar de no frecuentarlos, siempre han estado disponibles en todo momento, a quienes en los momentos complicados siempre me han escuchado, apoyado, dado consejos y se han convertido parte de mi familia. Así como a sus familias que me abrieron las puertas de su casa y me apoyaron incondicionalmente.

A mis compañeros de la residencia, con quienes he compartido toda esta trayectoria académica, nos hemos apoyado, compartido consejos, experiencias y hemos logrado salir adelante a pesar de las adversidades.

Por último al Centro Medico Nacional 20 de Noviembre y al ISSSTE, por los recursos brindados. A todos y cada una de las personas que me han apoyado hasta el día de hoy, que me han hecho ser mejor cada día como persona y como médico.

## ÍNDICE

<b>Subtítulo</b>	<b>Página</b>
Dedicatoria y Agradecimientos	<a href="#"><u>3</u></a>
Índice	<a href="#"><u>5</u></a>
Siglas, acrónimos y abreviaturas	<a href="#"><u>6</u></a>
Índice de tablas, figuras y gráficas	<a href="#"><u>7</u></a>
Resumen	<a href="#"><u>9</u></a>
Introducción	<a href="#"><u>10</u></a>
Antecedentes	<a href="#"><u>12</u></a>
Planteamiento del problema	<a href="#"><u>18</u></a>
Justificación	<a href="#"><u>19</u></a>
Hipótesis y Objetivos	<a href="#"><u>20</u></a>
Material y métodos	<a href="#"><u>21</u></a>
Resultados	<a href="#"><u>29</u></a>
Discusión	<a href="#"><u>43</u></a>
Conclusiones	<a href="#"><u>44</u></a>
Referencias	<a href="#"><u>45</u></a>

## SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

<b>Siglas</b>	<b>Descripción</b>
<b>AFC</b>	Arteria Femoral Común
<b>AMI</b>	Arteria Mesentérica Inferior
<b>AMS</b>	Arteria Mesentérica Superior
<b>ChEVAR</b>	Reparación endovascular de aneurisma de aorta abdominal con técnica de chimeneas
<b>CM</b>	Centímetros
<b>FEVAR</b>	Reparación endovascular de aneurisma de aorta abdominal con técnica fenestrada
<b>Fig</b>	Figura
<b>ISSSTE</b>	Instituto de Seguridad y Servicio Sociales de los Trabajadores del Estado
<b>MM</b>	Milímetros
<b>TAC</b>	Tomografía axial computarizada
<b>TC</b>	Tronco celiaco
<b>3D</b>	Tridimensional

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
1	Variabales	<a href="#">23</a>
2	Frecuencia de choque de catéter según grado de angulación	<a href="#">31</a>
3	Frecuencia de choque de guía de catéter según grado de angulación	<a href="#">32</a>
4	Frecuencia de choque de catéter según arteria renal canulada	<a href="#">33</a>
5	Frecuencia de choque de guía de catéter según arteria renal canulada	<a href="#">34</a>
6	Tiempo promedio de canulación (minutos) según grado de angulación	<a href="#">35</a>
7	Frecuencia de choque de catéter según angulación (personal adscrito)	<a href="#">36</a>
8	Frecuencia de choque de catéter según angulación (personal residente)	<a href="#">37</a>
9	Frecuencia de choque de guía de catéter según angulación (personal adscrito)	<a href="#">38</a>
10	Frecuencia de choque de guía de catéter según angulación (personal residente)	<a href="#">38</a>
11	Resultados de cuestionario de satisfacción con escala tipo Likert.	<a href="#">39</a>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
1	Esquema de reclutamiento de participantes en el estudio	<a href="#">29</a>
2	Modelos 3D utilizados para la canulación de arterias renales con diferentes grados de angulación (< 90°, 90°, >90°) mediante catéter modificado	<a href="#">30</a>
3	Modelos 3D utilizados para la canulación de arterias renales con diferentes grados de angulación (< 90°, 90°, >90°) mediante catéter estándar (Cobra C2).	<a href="#">30</a>

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

<b>Gráfica</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
1	Frecuencia de choque de catéter según angulación de arteria renal	<a href="#">32</a>
2	Frecuencia de choque de guía de catéter según grado de angulación	<a href="#">33</a>
3	Frecuencia de choque de catéter según arteria renal canulada	<a href="#">34</a>
4	Frecuencia de choque de guía de catéter según arteria renal canulada	<a href="#">35</a>
5	Tiempo promedio de canulación (minutos) según grado de angulación	<a href="#">36</a>
6	Frecuencia de choque de catéter según angulación (adsritos vs residentes)	<a href="#">37</a>
7	Frecuencia de choque de guía de catéter según angulación (adsritos vs residentes)	<a href="#">38</a>

## RESUMEN

**Introducción:** La canulación selectiva del tronco celíaco (TC), arteria mesentérica superior (AMS) y las arterias renales son indispensables para realizar diagnóstico y terapéutica endovascular. En la actualidad existen diferentes tipos de catéteres para la canulación selectiva de las ramas viscerales. Sin embargo, en muchas ocasiones la estructura anatómica, dificulta el uso de catéteres convencionales, condición que propicia falla y complicaciones del procedimiento endovascular, donde el desarrollo de un catéter modificado con angulación variable facilitaría la canulación de las ramas arteriales.

**Objetivo:** Evaluar la efectividad y factibilidad de un catéter modificado para la canulación selectiva de las arterias renales en modelos anatómicos 3D de aneurismas de aorta abdominal yuxtarenal.

**Metodología:** Se desarrolló una técnica para modificar un catéter obteniendo grados de angulación variables. En un modelo 3D de aneurisma de aorta abdominal yuxtarenal, se realizó la introducción del catéter convencional y el modificado de acuerdo con los estándares de abordaje endovascular. Los angiólogos participantes (expertos y médicos residentes) realizaron la canulación de las arterias renales con ambos tipos de catéteres cuantificando el número de intentos para lograr la canulación exitosa, así como el tiempo de canulación, choque de catéter y de guía. Al finalizar el procedimiento, se aplicó un cuestionario de satisfacción técnica a cada participante.

**Resultados:** La estimación del tiempo promedio de la canulación en angulación mayor de 90 grados fue similar con ambos catéteres (40 seg,  $p = 0.98$ ). En angulación renal menor de 90 grados el tiempo fue significativamente menor con el catéter modificado (32 vs 40 seg,  $p = 0.02$ ). En ambos tipos de catéteres la tendencia fue similar entre los angiólogos expertos y médicos residentes. El grado de satisfacción con el catéter modificado fue adecuado y totalmente adecuado entre los participantes.

**Conclusión:** El catéter modificado flexible para la canulación selectiva de las arterias renales en modelos anatómicos 3D de aneurismas de aorta abdominal es factible y efectivo comparado con el catéter convencional Cobra C2.

**Palabras clave:** aneurisma aorta abdominal, canulación selectiva, arterias renales, angiotomografía, técnica fenestrada.

## INTRODUCCIÓN

Durante el desarrollo embrionario del riñón, se establecen conexiones metanéfricas por la fusión de las arterias segmentarias laterales rostrales para formar las arterias renales, las cuales emergen en forma oblicua y lateral al eje aórtico. El grado de angulación de las arterias renales respecto al eje aórtico es variable, en aneurismas abdominales complejos, su angulación se puede modificar lo cual dificulta su canulación selectiva durante la reparación endovascular de aneurismas con cuello hostil <sup>(1-3)</sup>.

El aneurisma de aorta se define como un aumento de 1.5 veces de su diámetro normal. Aproximadamente 80% de los aneurismas aórticos son abdominales, siendo la mayoría infrarrenal, en donde su tratamiento es mediante la reparación abierta o endovascular cuando se tiene un cuello mayor o igual a 15 mm <sup>(12)</sup>. Cuando la longitud del cuello es menor a 15 mm y/o se involucra una arteria renal, se consideran como aneurismas complejos, clasificándose como de cuello corto (10 a 4 mm), yuxtarenal, pararenal y paravisceral <sup>(4,5)</sup>. Su manejo endovascular puede ser mediante la reparación endovascular con técnica fenestrada (FEVAR) o con técnica de chimenea (ChEVAR).

El abordaje endovascular permite realizar una cateterización selectiva del tronco celiaco (TC), la arteria mesentérica superior (AMS) y de las arterias renales (AR) para realizar arteriografías selectivas y desplegar dispositivos terapéuticos. Durante este procedimiento, las distintas angulaciones de la rama arterial dificulta su canulación, por lo que se requiere el uso de distintos catéteres y guías que pueden generar una manipulación excesiva del ostium arterial y aumentar el riesgo de complicaciones que incluyen ateroembolismo, disección o lesión de la arteria, reacción inflamatoria, lo que conlleva a un aumento del tiempo quirúrgico, uso de medio de contraste y exposición a radiación <sup>(4)</sup>.

Existen múltiples catéteres con diferentes grados de angulación establecidos para realizar la canulación de las arterias viscerales; sin embargo, en muchas ocasiones

la estructura anatómica de la arteria dificulta su uso y aumenta la cantidad de material utilizado, propiciando falla del procedimiento terapéutico endovascular. Por lo anterior, en esta investigación se describe una técnica para modificar un catéter con el objetivo de obtener grados de angulación variables, que permitiría adaptarse a la anatomía compleja de la rama vascular y facilitar su canulación selectiva. Posteriormente se evaluó la efectividad y factibilidad del uso de este catéter modificado, comparándolo con el uso de un catéter convencional Cobra C2 en un modelo 3D para identificar las fortalezas y debilidades del procedimiento endovascular con el uso del catéter modificado.

## ANTECEDENTES

Durante el desarrollo embrionario las arterias segmentarias laterales rostrales se fusionan para establecer conexión con el riñón metanéfrico y formar a las arterias renales, que se encuentran a nivel del cuerpo vertebral L1-L2, de 1 a 2 cm por debajo de la AMS <sup>(1,3)</sup>. Las arterias renales frecuentemente emergen de forma oblicua respecto al eje aórtico, teniendo un eje más anterior la arteria renal derecha respecto a la izquierda <sup>(2,3)</sup>. El 72% de los riñones tiene una arteria renal única y en el 13% de los pacientes se presenta una rama polar superior. El TC, la AMS y la arteria mesentérica inferior (AMI) provienen de las arterias vitelinas las cuales se fusionan e irrigan al intestino anterior, medio y posterior respectivamente. Estas ramas arteriales emergen de la pared anterior de la aorta <sup>(3)</sup>.

El aneurisma de aorta se define como un aumento de 1.5 veces de su diámetro normal. Aproximadamente 80% de los aneurismas aórticos son abdominales, siendo la mayoría infrarrenal, en donde su tratamiento es mediante la reparación abierta o endovascular <sup>(4)</sup>. Cuando se tiene una longitud de cuello aórtico menor a 15 mm se denomina aneurisma de aorta abdominal complejo y se clasifica de la siguiente manera <sup>(12)</sup>:

- Cuello corto: 10 a 4 mm cuello.
- Yuxtarenal: 0 - 4 mm cuello.
- Pararenal: involucro de por lo menos una arteria renal.
- Paravisceral: involucro de arterias renales y la AMS, sin extenderse por encima del tronco celiaco.

El tratamiento del aneurisma de aorta abdominal complejo incluye la reparación abierta con reimplantación de arterias involucradas o procedimientos endovasculares (FEVAR, ChEVAR) que requieren el uso de múltiples catéteres con diferentes grados de angulación para cada condición anatómica de las arterias renales, así como de diferentes maniobras para lograr el paso de la guía en el lumen arterial y posteriormente desplegar el dispositivo endovascular para mantener la permeabilidad de la rama aórtica.

La cateterización selectiva del TC, AMS y arterias renales, es una herramienta endovascular básica que permite realizar arteriografías selectivas y despliegue de dispositivos terapéuticos. El diámetro de las arterias renales adecuado para procedimientos endovasculares es de 5 - 6 mm, cuando es menor a 4 mm aumenta la dificultad técnica y las complicaciones durante el procedimiento endovascular <sup>(2)</sup>. Los factores que se asocian a complicaciones renales durante los procedimientos endovasculares incluyen: tiempo de isquemia renal, nefropatía inducida por contraste, ateroembolismo, lesión de la arteria renal y reacción inflamatoria durante el procedimiento. La manipulación excesiva durante la canulación de la arteria renal puede producir eventos ateroembólicos, detritus microscópicos, disección o perforación de la arteria. Estas complicaciones se han reportado hasta en un 30%, es por ello que una adecuada planeación quirúrgica, cateterización selectiva, así como una técnica de implantación meticulosa de dispositivos endovasculares disminuyen la tasa de complicaciones que pueden resultar en pérdida renal total o parcial <sup>(4)</sup>.

La arteria femoral común es el sitio de punción más utilizado en los procedimientos endovasculares, debido a la posibilidad de realizar compresión posterior al retiro del introductor utilizado. Sin embargo, es importante considerar la localización de la bifurcación, el grado de calcificación, el diámetro de la arteria y del introductor a utilizar. Como alternativa, se puede acceder de forma retrógrada a través de la arteria braquial para canular los troncos viscerales o arterias renales, lo cual depende de la angulación respecto al eje aórtico. El acceso braquial ha demostrado disminuir la manipulación excesiva, aunque puede incrementar el tiempo quirúrgico y puede llevar a complicaciones como hematoma, lesión nerviosa, entre otras <sup>(7,8)</sup>.

Existen múltiples catéteres selectivos para canular el Tronco Celiaco, la Arteria Mesentérica Superior y la Arteria Renal, los más comúnmente utilizados son catéter RIM, Chuang C, Cobra C2 y renal doble curva. La técnica descrita para canular el TC y AMS es realizando una aortografía mediante un catéter diagnóstico en la aorta paravisceral proximal, se intercambia por un catéter con punta angulada y se retira

guía para retomar la forma de catéter. Se dirige la punta angulada del catéter hacia el ostium de la arteria descendiendo paulatinamente hasta observar un pequeño salto al entrar en su origen. Posteriormente se avanza la guía hacia el vaso diana, lo más distal posible hasta lograr su canulación efectiva <sup>(9)</sup>.

La técnica para canular la arteria renal consiste en avanzar un catéter diagnóstico a nivel de L1 para realizar una aortografía y visualizar la emergencia de las arterias renales. Dicho catéter se intercambia por un catéter selectivo (ej. Cobra C2, Berenstein), se retira guía del catéter retomando su forma basal y su punta es dirigida hacia la pared posterolateral de la aorta. Se procede a descender el catéter paulatinamente hasta evidenciar un salto al encontrarse en origen de la arteria, se debe tener cuidado de no canular la arteria lumbar. Posteriormente se avanza guía lo más distal posible, logrando su canulación efectiva <sup>(5)</sup>.

La canulación y colocación de stent en los troncos viscerales y arterias renales requiere de introductores hidrofílicos largos resistentes a la tortuosidad para dar mayor soporte al catéter. Un ejemplo es el introductor Ansel Raabe de 7 - 9 Fr, con distintas longitudes (55, 70 o 90 cm) cuya selección dependerá del acceso realizado: femoral o braquial. A través de este introductor se puede avanzar distintos catéteres como: Kumpe, Berenstein, Cobra C2, Vertebral o Van Schie 3, de un diámetro menor (4 - 5 Fr) <sup>(6)</sup>. La elección del tipo de introductor y catéter dependerá de la experiencia y preferencia del cirujano.

El material endovascular utilizado para canular y desplegar dispositivos que permitan mantener la permeabilidad o realizar la embolización de la arteria renal incluye: guías hidrofílicas rígidas anguladas o rectas, catéteres con angulaciones establecidas (Cobra C2, Berenstein), introductores de 11, 55 o 70 cm, stents recubiertos, balones de angioplastia, microcatéteres, por mencionar algunos. De acuerdo con las características y funciones específicas durante los procedimientos endovasculares, los catéteres se clasifican en <sup>(8, 9)</sup>:

- Catéter de intercambio: con longitudes que van de 65 a 150 cm, su función es intercambiar la guía o realizar arteriografías para evaluar los resultados durante el procedimiento endovascular.
- Catéter de infusión: se utiliza para realizar arteriografías, presenta longitudes de 65 a 100 cm, así como un orificio en la punta y múltiples orificios a los lados del catéter.
- Catéter selectivo: tiene la característica de presentar angulaciones establecidas en su punta, de acuerdo al objetivo y localización arterial específica. Los catéteres selectivos se pueden subdividir en curva simple y compleja. Ejemplos de catéteres selectivos para la canulación de las arterias renales son aquellos de curva compleja como el C2 Cobra, el renal de doble curva o el catéter Berenstein como alternativa.

Las características que deben cumplir los catéteres para considerarse efectivos durante su uso en los procedimientos endovasculares son <sup>(8)</sup>:

- Navegabilidad: se define como la capacidad del catéter para seguir la guía a través de los vasos tortuosos, sin perder la guía de la localización deseada.
- Empuje: describe la capacidad de que la fuerza aplicada por el operador a través del puerto del catéter se proyecte hacia la punta del catéter.
- Cruce: es la facilidad en que el catéter sigue la guía para atravesar la lesión o a través de un segmento arterial.
- Manejabilidad: describe la sensibilidad de moverse que tiene el catéter al realizar maniobras desde el puerto del catéter.

Los siguientes son ejemplos de catéteres con diferentes características, utilizados durante los procedimientos endovasculares <sup>(6)</sup>:

- El catéter Guider XF Softip tiene una punta flexible diseñada para disminuir el trauma durante el avance del catéter, recubierto de PTFE y reforzado con acero inoxidable que potencia la respuesta al torque. Existen tres tipos de puntas: recta, multipropósito y angulado a 40 °, con longitud de 90 y 100 cm de 5 – 8 Fr.

- El catéter vertebral es un catéter angiográfico con adecuado torque, flexibilidad y resistencia a la tortuosidad. Fabricado de poliamida, con punta atraumática. Se encuentra disponible en diámetro de 5 Fr.
- El catéter Berenstein es un catéter selectivo de curva simple con longitudes de 40, 65 y 100 cm y calibre de 4 y 5 Fr. Se ha utilizado ampliamente para realizar la canulación de las arterias renales y/o troncos viscerales.
- El catéter Cobra C2 es un catéter selectivo de curva compleja con longitudes de 65 y 80 cm, y calibre de 4 – 6 Fr. Su principal función es canular las arterias renales, generalmente cuando presentan angulaciones agudas respecto al eje aórtico.

Los introductores son dispositivos con válvula hemostática que proveen protección a la arteria para el acceso de catéteres, guías, stents, endoprótesis, entre otros, durante los procedimientos endovasculares. Un ejemplo es el introductor Flexor Ansel, dispositivo de baja fricción por su recubrimiento de PTFE, cuya punta distal se identifica de forma precisa ya que incorpora una banda radiopaca. Su diseño reforzado con coils le confiere una adecuada resistencia a la compresión y tortuosidad. Cuenta con 4 diferentes tipos de punta y diámetros que van desde el 5 Fr, con longitudes de 45, 55, 70 y 110 cm <sup>(9)</sup>.

Para la canulación de ramas arteriales con anatomía compleja se han desarrollado múltiples introductores orientables que permiten obtener distintos grados de angulación. Estos dispositivos se pueden clasificar en monodireccionales, bidireccionales o multidireccionales. Como ejemplo existen los catéteres Destino Twist, Radia y los introductores Direx, Heartspan, por mencionar algunos. Una limitación importante de estos dispositivos es su alto costo, disponibilidad en nuestro país y, por lo tanto, su accesibilidad en los Centros Hospitalarios.

Ullery et al <sup>(7)</sup>, evaluó el impacto del ángulo de la arteria renal respecto al eje aórtico durante la reparación endovascular de aneurisma con técnica fenestrada y con chimeneas. Se analizó el ángulo formado entre el ostium de la arteria renal respecto

al plano perpendicular de la pared aórtica por medio de tomografía contrastada. Se definió como positivo al ángulo formado en la parte superior del eje perpendicular y como negativo al formado en la parte inferior. Mallios et al <sup>(10)</sup>, describió diferentes técnicas para facilitar el avance de la guía en pacientes con anatomía aórtica compleja, mediante el uso de un lazo para favorecer la angulación del catéter y realizar la canulación de las ramas arteriales. Zymvragoudakis <sup>(11)</sup>, describió y reportó su experiencia con la técnica Wire Loop Directional (WIRE) en un introductor para facilitar la canulación de las ramas viscerales durante la reparación endovascular de aneurisma para la colocación de stent recubierto, reportando ser un procedimiento de bajo costo y confiable. Dicha técnica consiste en avanzar una guía hidrofílica dentro de un catéter, de tal forma que se recuperan los dos cabos de la guía a través del introductor y mediante la tracción de un cabo, se angula la punta del catéter.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La canulación selectiva de las arterias renales presenta un alto grado de dificultad debido a la angulación que presentan respecto al eje aórtico. Este procedimiento, en muchas ocasiones, requiere el uso de múltiples catéteres y guías, así como de diversas maniobras que pueden prolongar el tiempo de cirugía, fluoroscopia, exposición a radiación, uso de medio de contraste y, por lo tanto, el número de complicaciones asociadas a la manipulación excesiva de la arteria renal.

Por lo anterior, propongo una técnica para modificar un catéter que permita grados de angulación variable para facilitar el acceso a ramas vasculares en posición compleja, lo cual requiere de entrenamiento que favorezca la efectividad del procedimiento en estos tipos de condiciones anatómicas, así como de la factibilidad en el personal médico especializado para su uso. Por medio de modelos tridimensionales de aneurismas de aorta abdominal, podría ser evaluado y posteriormente, aplicar en seres humanos.

Basado en esto se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es la efectividad y factibilidad de un catéter modificado para la canulación selectiva de las arterias renales en modelos anatómicos 3D de aneurismas de aorta abdominal?

## JUSTIFICACIÓN

Se han reportado diversas complicaciones asociadas a la canulación de las arterias viscerales y renales durante los procedimientos endovasculares, tales como: ateroembolismo, disección o perforación de las mismas, resultado de la manipulación excesiva en un intento por avanzar la guía a través de dichas arterias. Lo anterior se debe, en gran medida, a la disposición anatómica de las arterias respecto al eje aórtico o la presencia de placas ateroscleróticas en su ostium.

Múltiples maniobras, abordajes o uso de dispositivos endovasculares se han descrito para disminuir el número de complicaciones durante su canulación, como es el uso híbrido de fusión de imágenes, el ultrasonido endovascular, accesos retrógrados (a través de la arteria braquial o axilar), así como el uso de múltiples catéteres y guías con diferentes grados de angulación. Sin embargo, su uso depende de la disponibilidad, los recursos y la experiencia de cada Unidad Médica.

Lo anterior conlleva a mayor tiempo de procedimiento, uso de medio de contraste, exposición a radiación, costo total de procedimiento y, por lo tanto, aumenta el riesgo de complicaciones.

Proponer y describir una técnica que permita modificar un catéter para obtener diferentes grados de angulación que permita la canulación efectiva de las arterias renales, puede tener un impacto positivo para disminuir el número de complicaciones inherentes al procedimiento endovascular, así como el tiempo de cirugía, exposición de radiación, uso de material y de medio de contraste en pacientes sometidos a procedimientos endovasculares en el CMN “20 de Noviembre”.

## HIPÓTESIS

H1: El uso de un catéter modificado para la canulación selectiva de las arterias renales en modelos anatómicos 3D de aneurismas de aorta abdominal es efectivo y factible.

## OBJETIVOS

**Objetivo general:** Evaluar la efectividad y factibilidad de un catéter modificado para la canulación selectiva de las arterias renales en modelos anatómicos 3D de aneurismas de aorta abdominal yuxtarenal.

**Objetivos específicos:** En un modelo tridimensional (3D) de aneurisma de aorta abdominal yuxtarenal, utilizando un catéter convencional (Cobra C2) y un catéter modificado de angulación variable por médicos especialistas en angiología y médicos residentes de angiología conocer:

1. El tiempo de canulación de las arterias renales.
2. El choque de catéter.
3. El choque guía.
4. Comparar los resultados entre catéteres.
5. Describir la satisfacción técnica de los médicos participantes.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### **Diseño del estudio:**

Transversal, observacional, descriptivo y analítico.

**Población de estudio y Universo de trabajo:** Médicos adscritos especialistas en Angiología y médicos residentes del servicio de Angiología, Cirugía Vascul y Endovascular del CMN “20 de Noviembre”.

### **Tiempo de ejecución:**

Febrero a julio 2023.

### **Criterios de inclusión**

Los criterios de inclusión considerados para el grupo de médicos adscritos en este estudio fueron:

- Médicos adscritos del servicio de Angiología, Cirugía Vascul y Endovascular del CMN “20 de Noviembre”.
- Médicos adscritos que su formación haya sido en cirugía endovascular.
- Médicos adscritos con 10 años o más de experiencia en procedimientos endovasculares.
- Médicos adscritos con 5 o más años de experiencia en la canulación selectiva de arterias renales.
- Médicos adscritos con 5 o más años de experiencia en el despliegue de stent en ramas arteriales.
- Médicos adscritos con 5 o más años de experiencia en la reparación endovascular de aneurisma de aorta abdominal con técnica fenestrada.

Los criterios de inclusión considerados para el grupo de médicos residentes en este estudio fueron:

- Médicos residentes del servicio de Angiología, Cirugía Vascul y Endovascular del CMN “20 de Noviembre”.

- Médicos residentes en el último año de residencia del curso de Angiología, Cirugía Vascul y Endovascular.
- Médicos residentes cuya formación sea en cirugía endovascular.
- Médicos residentes con 2 años o más de experiencia en procedimientos endovasculares.
- Médicos residentes con 2 años o más de experiencia en reparación endovascular de aneurisma de aorta abdominal.

### **Criterios exclusión:**

Los criterios de exclusión considerados para el grupo de médicos adscritos y médicos residentes en este estudio fueron:

- Médicos adscritos con imposibilidad física para realizar el procedimiento por convalecencia o enfermedad.
- Médicos residentes con imposibilidad física para realizar el procedimiento por convalecencia o enfermedad o se encuentren en rotación fuera del hospital durante el tiempo de realización del estudio.

### **Criterios eliminación:**

- Realización incompleta de las simulaciones.

### **Tipo de muestreo**

Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia de acuerdo con los criterios de selección.

### **Metodología para el cálculo del tamaño de la muestra:**

Se incluyeron a todos los profesionales que cumplieron con los criterios de selección. La muestra final se conformó por dos médicos adscritos especialistas en Angiología y cuatro médicos residentes.

## VARIABLES

**Tabla 1. Variables.**

<b>Nombre variable</b>	<b>Definición</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Unidad de medida</b>
Tipo de catéter	Modelo de catéter empleado en procedimiento	Cualitativa dicotómica	Catéter modificado / Catéter Cobra C2
Angulación de arteria renal	Ángulo establecido entre origen centroluminal de la arteria renal respecto a eje perpendicular aórtico	Cualitativa ordinal	< 90° / 90 ° / > 90°
Número de acceso arterial	Número de accesos arteriales utilizados para realizar la canulación selectiva de la arteria renal	Cuantitativa discreta	Número cardinal
Tipo de acceso arterial empleado	Acceso arterial utilizado para realizar la canulación selectiva de la arteria renal	Cualitativa dicotómica	Acceso arterial femoral común derecho Acceso arterial femoral común izquierdo
Choque de catéter	Número de veces que el catéter hace contacto con el ostium de la arteria renal, previo a su canulación efectiva	Cuantitativa discreta	Número cardinal
Choque de guía	Número de veces que la guía hace contacto con el ostium de la arteria renal, previo a su canulación efectiva	Cuantitativa discreta	Número cardinal

Tiempo de canulación selectiva	Tiempo de canulación desde el avance del catéter a través del introductor hasta la canulación selectiva de la arteria renal	Cuantitativa continua	Segundos
Canulación efectiva	Avance de la guía a través de la arteria renal mayor o igual a 3 cm distal a su origen	Cualitativa	Si / No
Pérdida de guía	Pérdida de la guía de la arteria renal al retirar el catéter, posterior a realizar su canulación efectiva	Cualitativa	Si / No
Efectividad	Número de intentos utilizados para alcanzar la canulación exitosa	Cuantitativa	Números absolutos
Factibilidad	Satisfacción apreciada por los médicos participantes con el uso de los catéteres	Cualitativa ordinal	Muy factible Factible Poco factible

### Material y Método

En el laboratorio vascular ubicado en el segundo piso del edificio A del CMN “20 de Noviembre” se desarrolló una técnica que modificó la punta a un catéter angiográfico, mediante el uso de sutura de monofilamento. Con dicho catéter modificado y un catéter estándar (Cobra C2) se realizó la canulación de las arterias renales ( $<90^\circ$ ,  $90^\circ$  y  $>90^\circ$ ) en 3 modelos anatómicos 3D, de acuerdo con los siguientes procedimientos ( v. figura 2,3):

**Modelos 3D:** Se realizó la impresión de 3 modelos anatómicos 3D de aneurismas de aorta abdominal yuxtarenal con 3 diferentes grados de angulaciones de la arteria renal ( $<90^\circ$ ,  $90^\circ$  y  $>90^\circ$ ), obtenidos a partir de reconstrucciones 3D de aneurisma de

aorta abdominal yuxtarenal, con el sistema Horos. En estos modelos 3D, a través de un introductor 7 Fr x 55 cm se avanzó el catéter modificado y el catéter estándar, y se realizó la canulación de las arterias renales.

**Modificación de catéter:** Se modificó 1 catéter angiográfico mediante la aplicación de una sutura de monofilamento. Dicho catéter se avanzó a través del introductor 7 Fr x 55 cm, recuperando el cabo de la sutura a través del introductor.

**Angulación de catéter modificado por cirujano:** La tensión del cabo de sutura de monofilamento, permitió modificar la angulación de la punta del catéter de acuerdo a las necesidades del cirujano.

**Canulación de la arteria renal con catéter modificado:** A través del introductor 7 Fr x 55 cm colocado en el modelo anatómico 3D de aneurisma de aorta abdominal yuxtarenal, se avanzó el catéter modificado, y mediante la tensión de la sutura se obtuvo el ángulo del catéter deseado, ajustándose a la angulación de la arteria renal, se avanzó una guía hidrofílica de 0.035 pulgadas a través del catéter modificado con la finalidad de canular la arteria renal diana.

**Canulación de la arteria renal con catéter estándar:** A través del introductor 7 Fr x 55 cm colocado en el modelo anatómico 3D de aneurisma de aorta abdominal yuxtarenal, se avanzó un catéter Cobra C2, se avanzó una guía hidrofílica de 0.035 pulgadas a través del catéter con la finalidad de canular la arteria renal diana.

**Registro:** Se realizó el registro de las variables del procedimiento de canulación de las arterias renales con el catéter modificado y del catéter estándar, de cada participante.

**Cuestionario:** Se aplicó un cuestionario a los dos grupos participantes del servicio de Angiología, Cirugía Vascular y Endovascular, mediante el cual se evaluó la

efectividad y factibilidad del catéter modificado para canular las arterias renales (ver Anexo 1).

### **Análisis estadístico**

Las variables cuantitativas se describieron con media y DE y las variables cuantitativas con valores absolutos y proporciones (n y porcentaje). La comparación entre catéteres con prueba  $X^2$ . La factibilidad se determinó mediante cuestionario con escala de Likert. Un valor de  $p < 0.05$  fue considerado significativo. El análisis de datos se realizó con el programa IBM-SPSS v 25.0 para sistema operativo macOS.

### **Aspectos éticos**

La investigación se apegó de acuerdo a La Ley General de Salud y del ISSSTE así como las directrices estipuladas en la Declaración de Helsinki y el Código de Nuremberg.

Se consideró la autonomía de los participantes, los cuales tuvieron la libertad de decisión para la realización de las simulaciones de la canulación de arterias renales en modelos anatómicos 3D.

Aunque el presente estudio no se contempla con seres humanos, los investigadores del estudio se comprometieron a mantener un comportamiento ético para la redacción de los procedimientos y del manuscrito final.

El presente estudio fue aprobado por los comités de investigación, ética y bioseguridad del CMN 20 de Noviembre.

De acuerdo con el Reglamento de Ley General de Salud en Materia de Investigación de la Salud, en el Artículo 17, Fracción I es considerado una "Investigación sin riesgo", por ser un estudio que realizó simulaciones de canulación de las arterias renales en modelos anatómicos 3D.

### **Consideraciones de Bioseguridad**

El estudio se ajustó a los lineamientos establecidos en la Norma NOM-012-SSA3-2012, donde se indica que el estudio que se propone es sin riesgo puesto que solo

se realizaron simulaciones en modelos sintéticos 3D estructurados mediante impresión 3D.

### **Conflicto de intereses**

No existe conflicto de interés comercial, de propiedad o financiera en los productos o empresas por parte de ninguno de los integrantes de este protocolo de estudio.

### **Recursos Humanos**

Dr. Ignacio Escotto Sánchez. Investigador principal, encargado del asesoramiento y vigilancia de la información.

Dr. Alberto Guzmán Pérez. Recopilación y análisis de información, así como redacción de manuscrito final (Tesis).

Médicos adscritos y Médicos residentes del servicio de Angiología, Cirugía Vascul ar y Endovascular. Realización de la simulación de la canulación de las arterias renales.

### **Recursos materiales**

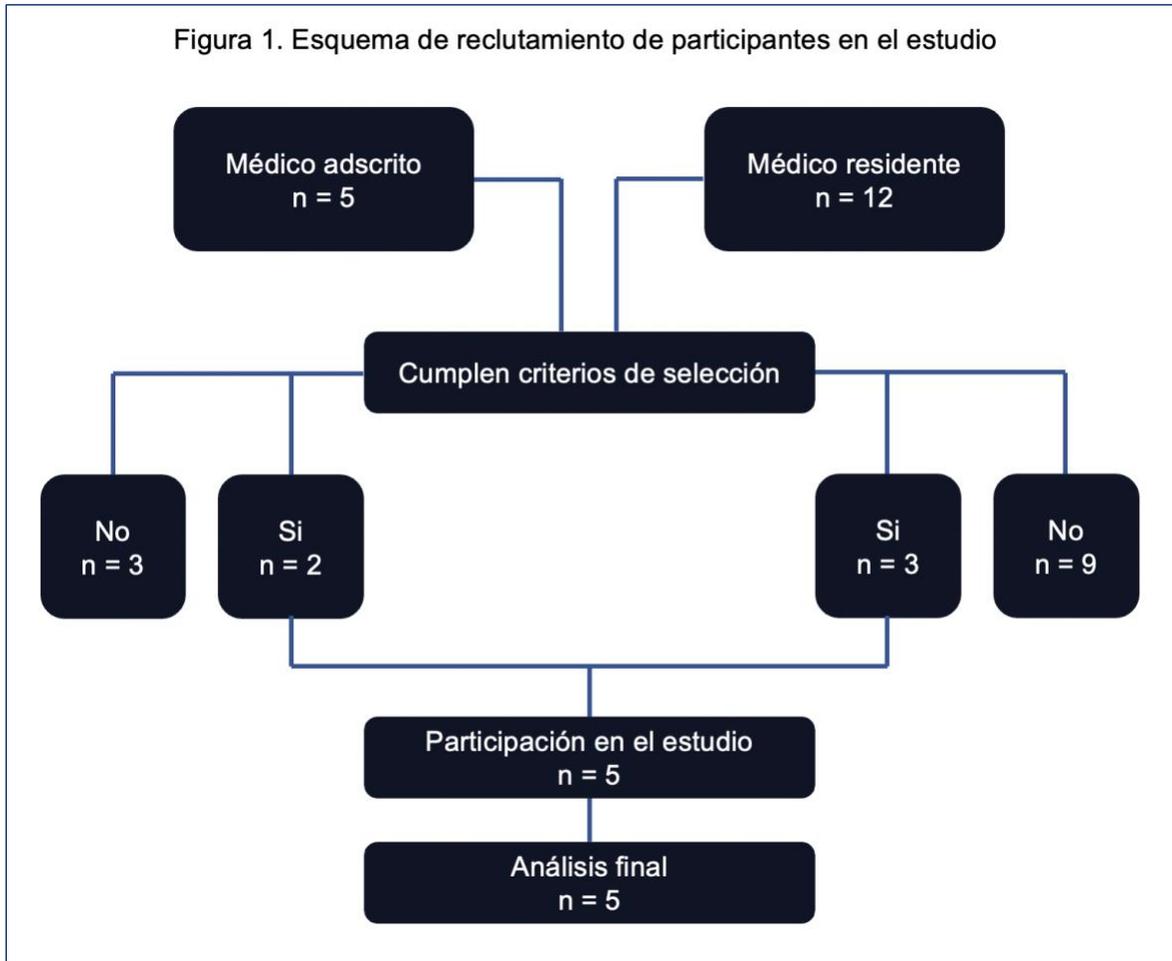
- Visor DICOM HOROS.
- Catéter angiográfico 5 Fr.
- Catéter Cobra C2.
- Guía hidrofílica 0.035 x 260 cm.
- Introdutor 7 Fr x 55 cm.
- Sutura de monofilamento.
- Cámara de video.
- Cronómetro.
- Modelos 3D anatómicos de aneurisma de aorta abdominal.
- Computadora para base de datos y procesamiento de los resultados.

## Cronograma de actividades

<b>Actividad</b>	<b>Responsable</b>	<b>Periodo de tiempo</b>
<b>Evaluación por comités</b>	Dr. Alberto Guzmán Pérez	Junio 2023
<b>Desarrollo del estudio</b>	Dr. Alberto Guzmán Pérez	Julio – Agosto 2023
<b>Análisis de información</b>	Dr. Alberto Guzmán Pérez	Septiembre 2023
<b>Presentación de tesis</b>	Dr. Alberto Guzmán Pérez	Noviembre 2023

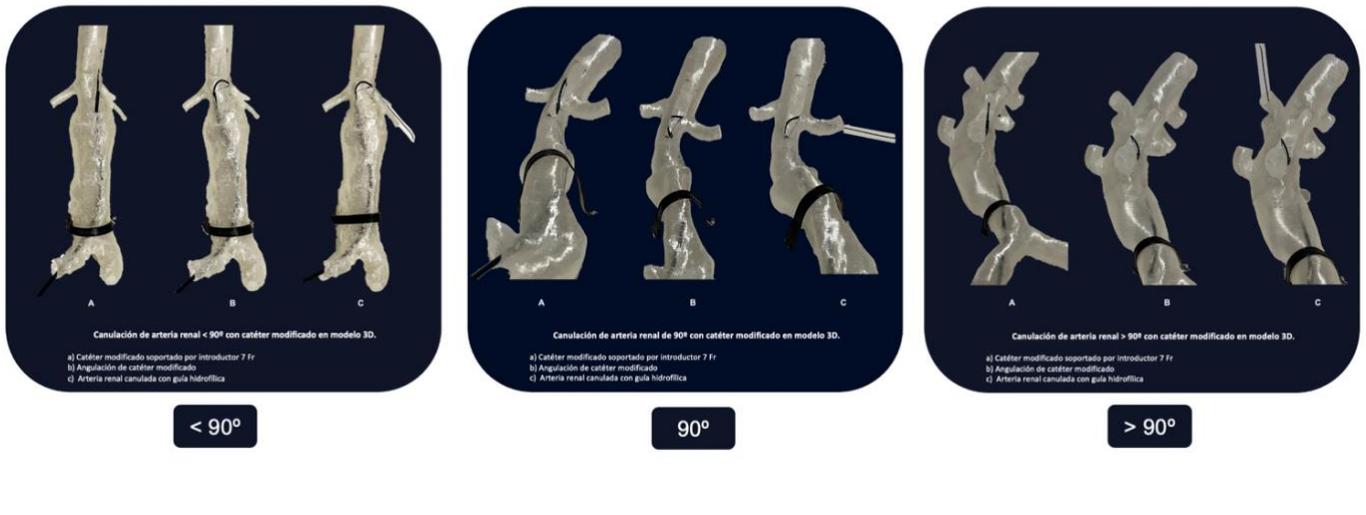
## RESULTADOS

Participaron médicos especialistas en Angiología y médicos residentes de la especialidad en Angiología y Cirugía vascular del CMN “20 de Noviembre” (ver figura 1).



Los modelos 3D de aneurisma aórtico abdominal para las simulaciones de canulación selectiva de las arterias renales se realizaron con diferentes grados de angulación (menor a 90°, 90° y mayor a 90°) para catéter convencional (Cobra C2) y catéter modificado flexible (ver figura 2 y 3).

**Figura 2.** Modelos 3D utilizados para la canulación de arterias renales con diferentes grados de angulación (< 90°, 90°, >90°) mediante catéter modificado



**Figura 3.** Modelos 3D utilizados para la canulación de arterias renales con diferentes grados de angulación (< 90°, 90°, >90°) mediante catéter estándar (Cobra C2).



### Técnica y vías de acceso e intervención

Cada participante realizó un total de 36 intentos individuales de simulación distribuidos en tres sesiones de 12 intentos cada una. Se realizó un intento diferente con cada canulación de arteria renal (derecha o izquierda) en proporciones idénticas (n = 18); con una sesión de simulación por cada grado de angulación del tronco aórtico seleccionado: menor a 90°, 90° y mayor a 90°, y cada una de estas combinaciones con ambos catéteres (catéter modificado vs catéter cobra). La

mayoría de los ejercicios simulados se efectuaron tomando como tipo de acceso la arteria femoral común derecha (n =177).

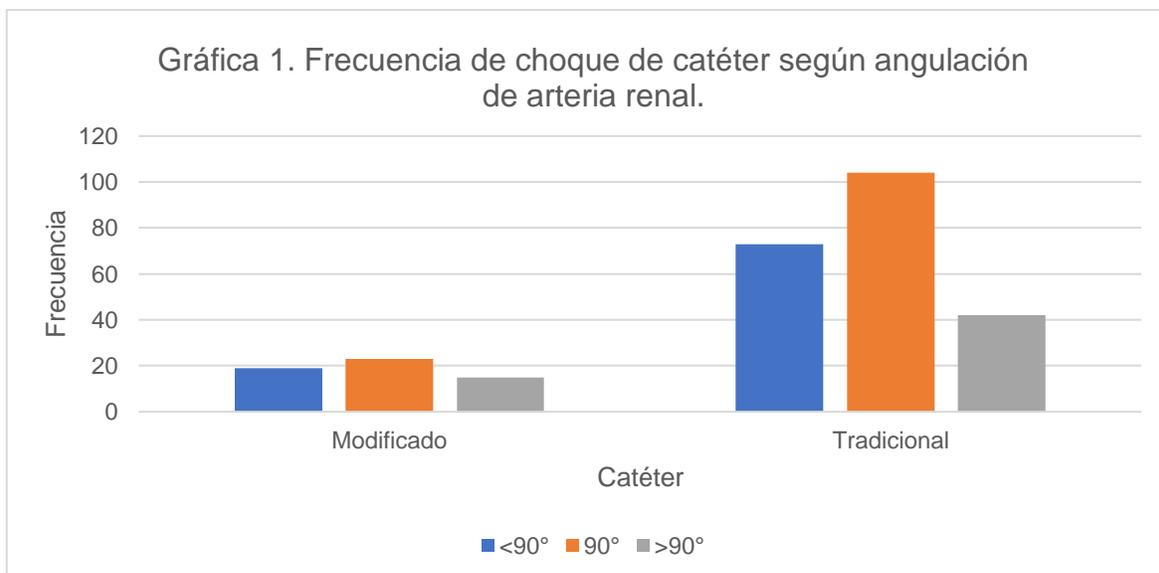
### **Efectividad de catéter modificado**

Para la comparación de la efectividad del uso del catéter modificado respecto del catéter tradicional se emplearon cinco indicadores: Número absoluto de choques de catéter por intento, número absoluto de choques de guía por intento, tiempo de duración de cada procedimiento, canulación efectiva y frecuencia de pérdida de guía durante la intervención. Se observó una menor frecuencia absoluta de choque de catéter modificado (n= 57) *versus* el catéter tradicional (n = 219). La mayoría de los choques de catéter se presentaron en la simulación con la arteria renal con angulación de 90° (n = 127; catéter modificado= 23, catéter tradicional= 104) (v. *tabla 2 y Gráfica 1*).

**Tabla 2. Frecuencia de choque de catéter según grado de angulación.**

Catéter	Angulación			Total general
	< 90°	90°	>90°	
Modificado	19	23	15	57
Tradicional	73	104	42	219
<b>p</b>	0.001	0.001	0.001	0.001

El valor de *p* fue calculado con prueba X<sup>2</sup>.

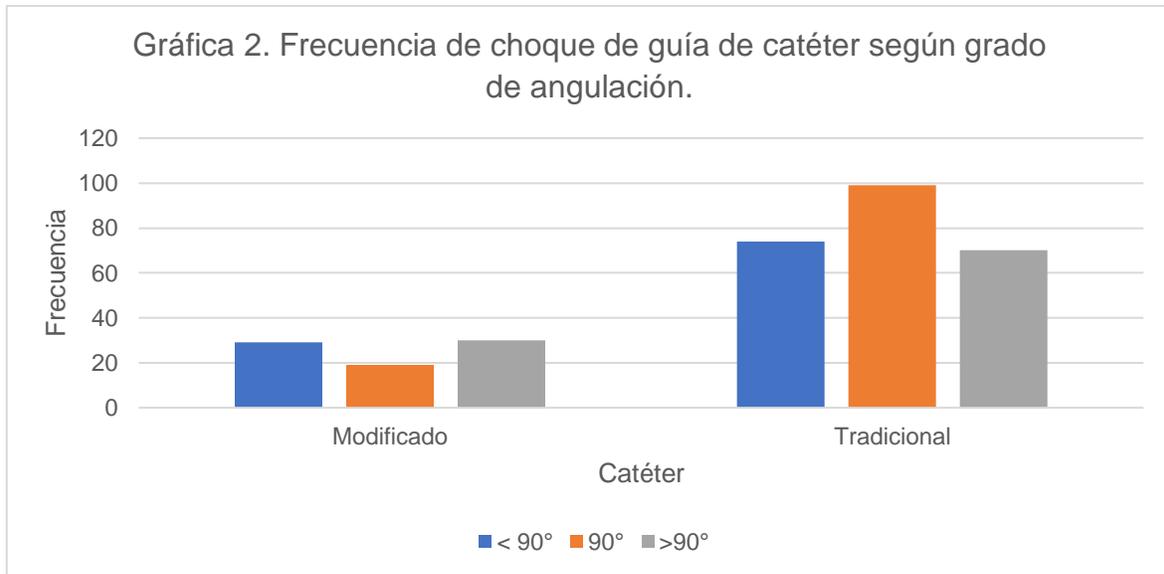


La frecuencia absoluta de choque de guía de acuerdo al catéter empleado fue significativamente menor con el catéter modificado ( $n = 78$ ) en comparación con el catéter tradicional ( $n = 243$ ). La frecuencia de choque de catéter, al igual que de la guía, se concentraron en la rama arterial con ángulo de  $90^\circ$  ( $n = 118$ ; catéter modificado= 19, catéter tradicional= 99). El grado de angulación de la rama arterial que se relacionó con menor número absoluto de eventos de choque de catéter y de guía para ambos tipos de catéter fue aquel mayor a los  $90^\circ$  (v. *tabla 3 y gráfica 2*).

**Tabla 3. Frecuencia de choque de guía de catéter según grado de angulación.**

Catéter	Angulación			Total general
	< 90°	90°	>90°	
Modificado	29	19	30	78
Tradicional	74	99	70	243
<b><i>p</i></b>	0.001	0.001	0.001	0.001

El valor de  $p$  fue calculado con prueba  $X^2$ .

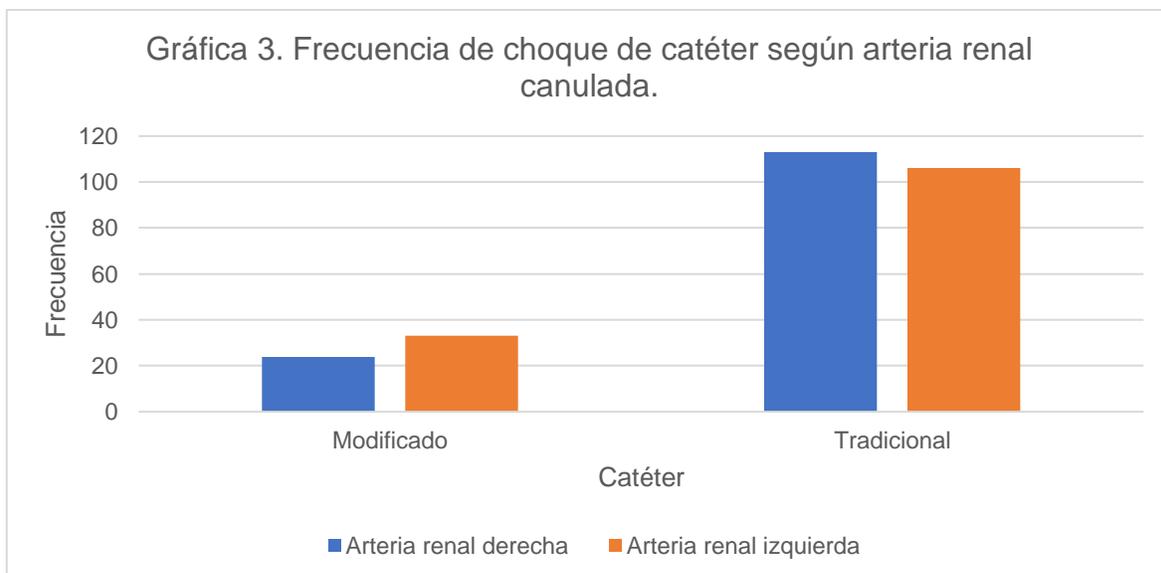


La frecuencia de eventos de choque de catéter según el tipo de arteria renal empleada en la simulación fue muy similar (arteria renal derecha (n = 137), arterial renal izquierda (n = 139). Sin embargo, se mantiene la tendencia a una mayor frecuencia absoluta para choques de catéter con empleo de catéter tradicional respecto al catéter modificado (v. *tabla 4 y gráfica 3*).

**Tabla 4. Frecuencia de choque de catéter según arteria renal canulada.**

Arteria renal	Catéter		Total general
	Modificado	Tradicional	
Derecha	24	113	137
Izquierda	33	106	139
<b>p</b>	0.02	0.02	0.04

El valor de *p* fue calculado con prueba  $X^2$ .

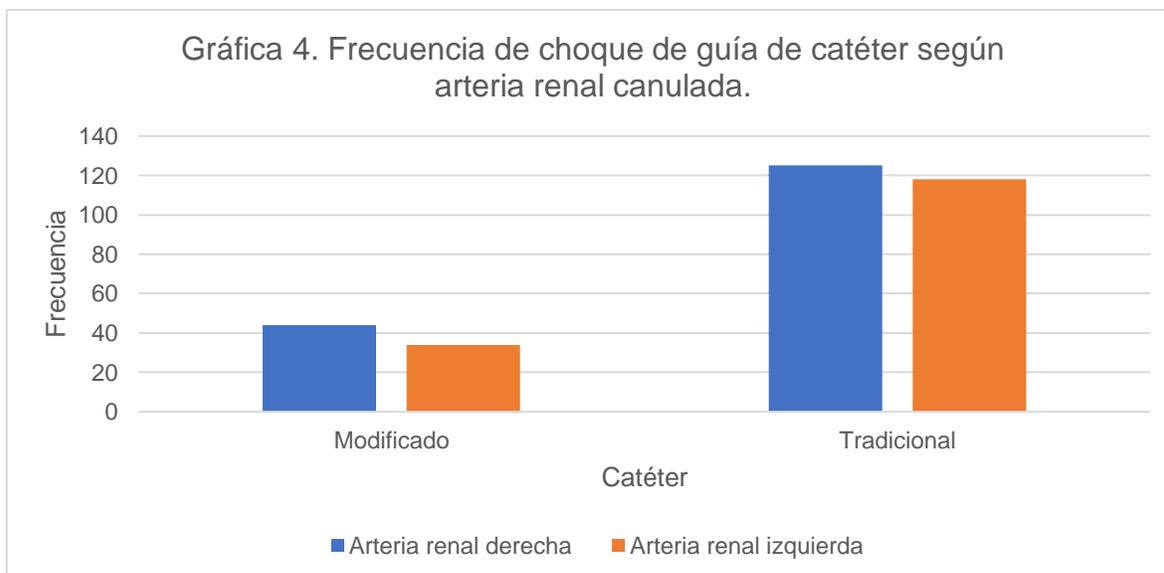


La frecuencia absoluta de choque de guía de acuerdo con el catéter empleado, según el modelo de arteria renal empleada se obtuvieron resultados similares, siendo ligeramente más frecuentes con la canulación de arteria renal derecha ( $n = 169$ ) en comparación con la arteria renal izquierda ( $n = 152$ ). Para ambos casos se presentó una frecuencia de eventos notablemente superior con el uso de catéter tradicional comparado con el catéter modificado (v. *tabla 5 y gráfica 4*).

**Tabla 5. Frecuencia de choque de guía de catéter según arteria renal canulada.**

Arteria renal	Catéter		Total general
	Modificado	Tradicional	
Derecha	44	125	169
Izquierda	34	118	152
<b><i>p</i></b>	0.02	0.02	0.02

El valor de  $p$  fue calculado con prueba  $X^2$ .



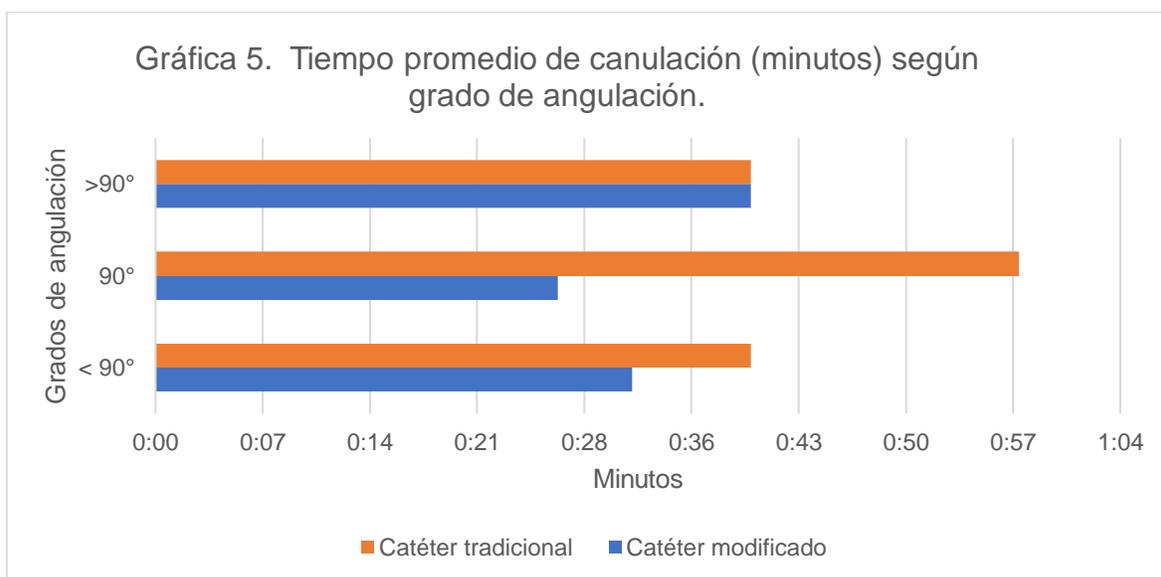
### Tiempo de realización de simulaciones

El tiempo de realización de las simulaciones presentó diferencias entre ambos catéteres de acuerdo con el grado de angulación de los arterias renales. En el caso de la simulación de ramas arteriales menores a 90°, se canularon en un promedio de 32 segundos con empleo de catéter modificado vs 40 segundos con catéter tradicional. Para el caso de la angulación de 90° se obtuvieron resultados promedio de tiempo notablemente menores con empleo de catéter modificado (27 segundos) vs empleo de catéter tradicional (58 segundos). Finalmente, la medición del tiempo promedio de canulación de las ramas arteriales con angulación mayor a 90° arrojó resultados prácticamente idénticos con el empleo de ambos catéteres (40 segundos). (V. *tabla 6 y gráfica 5*).

**Tabla 6. Tiempo promedio de canulación (minutos) según grado de angulación.**

Catéter	Angulación			Total general
	< 90°	90°	>90°	
Modificado	00:32	00:27	00:40	00:33
Tradicional	00:40	00:58	00:40	00:46
<b>p</b>	0.02	0.02	0.98	0.02

El valor de  $p$  fue calculado con prueba  $X^2$ .



### Efectividad de canulación operada por personal médico adscrito vs personal médico residente

Se evaluó la efectividad para realizar la canulación efectiva de los modelos entre los grupos del personal médico adscrito y el personal médico residente que participaron en el estudio. El personal médico adscrito reportó un total de 68 choques de catéter en 72 intentos individuales de canulación, con un promedio de 0.94 choques por intento individual efectuado. En comparación, el personal residente reportó un total de 208 choques de catéter en 108 intentos individuales efectuados, con un promedio de 1.92 choques de catéter por intento individual efectuado (v. *tablas 7, 8 y gráfica 6*).

**Tabla 7. Frecuencia de choque de catéter según angulación (personal adscrito).**

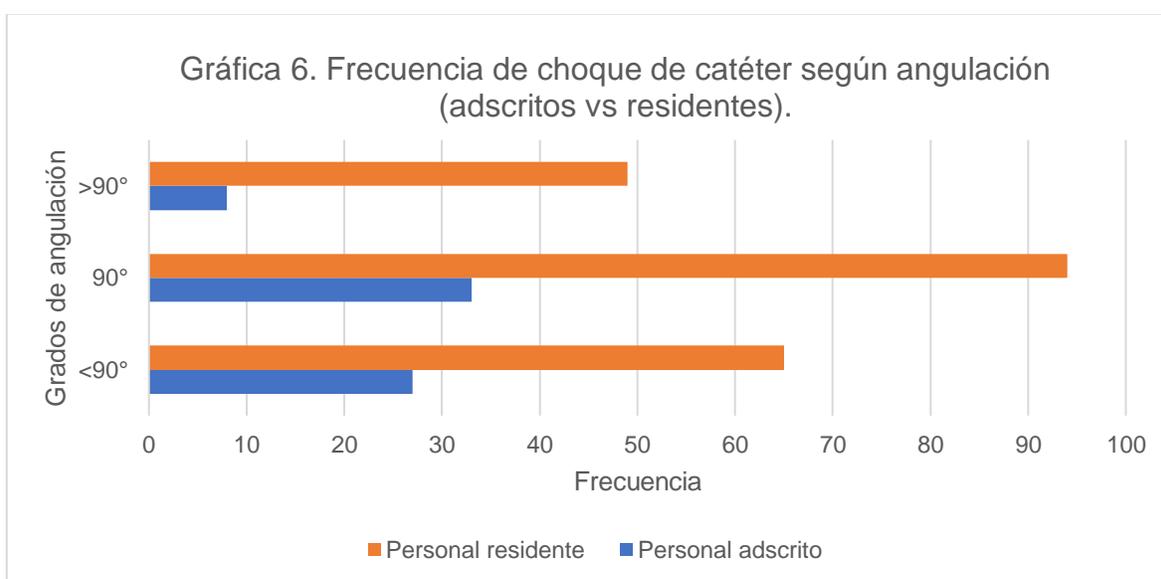
Catéter	Angulación			Total general
	< 90°	90°	>90°	
Modificado	7	6	2	15
Tradicional	20	27	6	53
<b>p</b>	0.001	0.001	0.001	0.001

El valor de p fue calculado con prueba  $X^2$ .

**Tabla 8. Frecuencia de choque de catéter según angulación (personal residente).**

Catéter	Angulación			Total general
	< 90°	90°	>90°	
Modificado	12	17	13	42
Tradicional	53	77	36	166
<b>p</b>	0.001	0.001	0.001	0.001

El valor de p fue calculado con prueba X<sup>2</sup>.



Asimismo, para la medición de la frecuencia de choque de la guía de acuerdo al catéter empleado, el personal adscrito reportó un total de 98 choques de guía de catéter en 72 intentos individuales, con un promedio de 1.36 choques de guía de catéter por intento individual. El personal residente reportó un total de 223 choques de guía de catéter en 108 intentos individuales, con un promedio de 2.06 choques de guía por intento individual (v. *tablas 9 y 10, gráfica 7*).

**Tabla 9. Frecuencia de choque de guía de catéter según angulación (personal adscrito).**

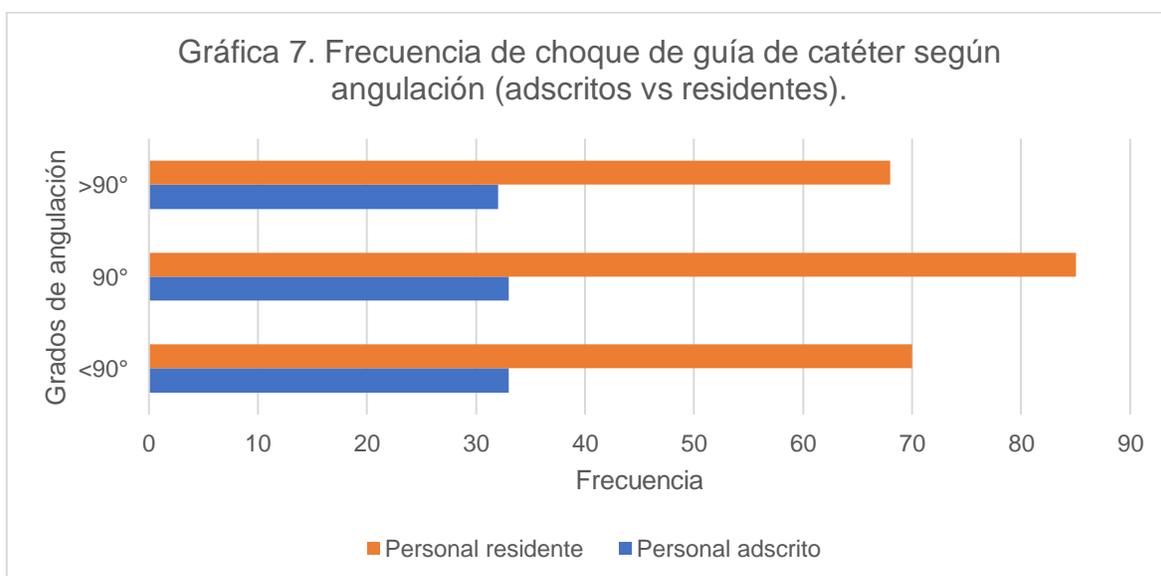
Catéter	Angulación			Total general
	< 90°	90°	>90°	
Modificado	13	5	10	28
Tradicional	20	28	22	70
<b>p</b>	0.001	0.001	0.001	0.001

El valor de p fue calculado con prueba X<sup>2</sup>.

**Tabla 10. Frecuencia de choque de guía de catéter según angulación (personal residente).**

Catéter	Angulación			Total general
	< 90°	90°	>90°	
Modificado	16	14	20	50
Tradicional	54	71	48	173
<b>p</b>	0.001	0.001	0.001	0.001

El valor de p fue calculado con prueba X<sup>2</sup>.



### Canulación efectiva y pérdida de guía del catéter

En el total de simulaciones (n = 180) se logró realizar una canulación efectiva y sin pérdida de la guía del catéter, por lo que puede inferirse que ambos modelos son útiles para realizar la canulación de arterias renales.

### Satisfacción de operadores

Se aplicó a los participantes de la investigación un cuestionario con escala tipo Likert para evaluar el grado general de satisfacción con el empleo del catéter modificado propuesto, medido a través de las siguientes variables: empuje, navegabilidad, cruce, manejabilidad, angulación de punta, dificultad y canulación. El 60% de los sujetos calificaron el empuje del catéter como totalmente adecuado y el 40% como adecuado. Sobre la navegabilidad, el 80% la calificó como totalmente adecuada y el 20% como adecuada. Sobre el cruce, el 60% de los participantes lo definieron como totalmente adecuado, el 20% como adecuado y el 20% como ni adecuado ni inadecuado. Con respecto a la manejabilidad, el 60% la definió como adecuada, con 40% calificada como totalmente adecuada.

Sobre la capacidad de angulación de punta, el 100% de participantes la calificó como totalmente adecuada. En relación con la dificultad, el 80% la definió como totalmente adecuada. Finalmente, la canulación con el catéter modificado fue estimada como totalmente adecuada por el 80% de los participantes (v. *tabla 11*).

**Tabla 11. Cuestionario para evaluar factibilidad de acuerdo con el nivel de satisfacción del médico.**

	Empuje	Navegabilidad	Cruce	Manejabilidad	Angulación de punta	Dificultad	Canulación
1	2	2	3	2	1	2	2
2	1	1	1	2	1	1	1
3	1	1	2	1	1	1	1
4	2	1	1	2	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1

Escala: 1, totalmente adecuado; 2, adecuado; 3, ni adecuada ni inadecuada; 4, inadecuada; 5, totalmente inadecuada

## DISCUSIÓN

La complicación técnica para la terapéutica por vía endovascular estriba principalmente en la complejidad de las angulaciones de las arterias renales, del TC, arterias mesentéricas superiores e inferiores. Lo cual, se presenta cuando se requiere mantener su permeabilidad durante la reparación endovascular de aneurismas de aorta abdominal con cuello hostil. Esta condición difícilmente ha sido resuelta por los médicos angiólogos especialistas en este tipo de terapéutica, debido a que el acceso a un catéter que permita distintos grados de angulación es limitado y de alto costo. En este estudio, la técnica para obtener un catéter modificado flexible mostró significativamente mayor efectividad y factibilidad para abordar las angulaciones difíciles en un modelo de aneurisma abdominal yuxtarenal 3D, lo cual permite asumir que existe una buena posibilidad de aplicar este tipo de catéter en pacientes con esta patología abdominal con involucro de las ramas arterias de la aorta.

En el estudio realizado por Mallios et al. <sup>(10)</sup> se describió una técnica para angular la punta de un catéter mediante el avance de una guía a través del catéter sobre un introductor 10 Fr. Siendo simulado en un modelo anatómico de aorta abdominal de vidrio. Los autores concluyen que con la técnica propuesta se aumenta y mejora las herramientas para el manejo endovascular de los procedimientos aórticos complejos. La presente investigación se realizó en modelos 3D anatómicos de pacientes con aneurisma de aorta abdominal complejo, con diferentes grados de angulación de las arterias renales. La técnica propuesta es mediante el uso de una sutura que transcurre fuera del catéter, lo cual facilita el avance y retiro de la guía a través del catéter angulado. En un estudio realizado por Zymvragoudakis et al <sup>(11)</sup> , mediante el avance una guía en un introductor 12 Fr se modificó la angulación de su punta. Se evaluó la técnica en 5 pacientes sometidos a la reparación endovascular de aneurisma abdominal con ramificaciones utilizando un introductor 20 Fr, realizando la canulación arterial de forma exitosa. Los autores concluyeron que su técnica es de acceso femoral, de bajo costo, confiable y reproducible, con ventajas significantes respecto a los introductores angulables. Nuestra técnica

utiliza un sistema 5 Fr, requiriendo un menor diámetro en el acceso arterial, proporciona estabilidad y facilidad de angulación para la canulación selectiva de las arterias renales.

De acuerdo con los resultados presentados, se identificaron diferencias notables en la efectividad del empleo de la técnica de catéter con angulación modificada respecto del empleo de catéter tradicional tipo Cobra 2. Esta afirmación se extiende a todos los escenarios de angulación de las arterias renales y en la canulación de la arteria renal tanto derecha como izquierda.

Dentro de los indicadores más notables para la evaluación de la efectividad propuesta, aquel en el que se halló mayor diferencia entre el catéter modificado vs el catéter control fue en la frecuencia de choque de catéter, donde se hallaron frecuencias absolutas notablemente mayores con el empleo de catéter tradicional en comparación con el catéter modificado propuesto en todos los escenarios de angulación del tronco arterial ( $p = 0.001$ ). La angulación de  $90^\circ$  fue la que se relacionó con mayor número de estos eventos reportados para ambos catéteres, con la diferencia de que se presentó con una frecuencia cuatro veces superior del catéter tradicional sobre el modificado.

El choque de guía de acuerdo al catéter empleado tuvo una frecuencia absoluta casi cuatro veces superior en intentos con catéter tradicional respecto del modificado ( $p = 0.001$ ). Se presentó un comportamiento consistente de mayor número de eventos en intentos con modelos de  $90^\circ$ , lo que corrobora la importancia de adoptar modelos de catéter con angulación variable para adecuarlos a estas características anatómicas que suelen implicar mayor incidencia de eventos adversos asociados a procedimientos. No se reportaron diferencias evidentes en el número de eventos asociados a la arteria renal intervenida, siendo únicamente superior la frecuencia de choque de guía al ingresar por la arteria renal derecha; sin embargo, el choque de catéter y de su guía fue en todos los casos superior con el uso de catéter tradicional.

La estimación del tiempo promedio de la canulación de los modelos arrojó diferencias parciales en modelos con angulación de menos de 90° ( $p = 0.02$ ) y no tuvo diferencias observables en aquellos modelos de más de 90° ( $p = 0.98$ ); sin embargo, se observa la notable diferencia en el promedio de duración de las canulaciones de troncos de 90° entre el catéter tradicional (58 segundos) en comparación con el catéter modificado (27 segundos), siendo más del doble del tiempo que se requirió para efectuar el procedimiento con un catéter de angulación fija ( $p = 0.02$ ). Esto plantea que el área de mayor oportunidad para aportar mayor efectividad de canulación con respecto al tiempo en escenarios reales puede ser en aquellos sujetos con troncos arteriales renales de aproximadamente 90° a los que se someta a procedimiento, debido a que existe mayor facilidad para adaptar el instrumento a las condiciones anatómicas del individuo.

Concurrentemente se evidenció una menor frecuencia absoluta de eventos reportados en las simulaciones del personal adscrito participante respecto del personal residente. Una razón posible de este hecho es la conocida curva de aprendizaje y práctica reiterada con el equipo, ya ampliamente descrita en el estudio de la efectividad de procedimientos operados por personal experto vs personal en formación. Estos resultados abren la oportunidad de implementar esta técnica en los cursos de preparación profesional del personal médico de cirugía vascular para una eventual familiarización con el procedimiento, los instrumentos y la técnica. Así mismo, la simulación en modelos 3D de canulación permitiría habituarse y conocer ampliamente la anatomía del paciente, previo al procedimiento endovascular, lo cual podría tener un impacto positivo en el tiempo y complicaciones quirúrgicas.

El hecho de que en el total de simulaciones (N=180) se haya efectuado una canulación efectiva y sin pérdida de guía del catéter evidencia la eficiencia de ambos tipos de catéter para cumplir con el cometido de canulación del tronco arterial renal, por lo que habrá que matizar su efectividad a la luz de los otros indicadores seleccionados.

En lo general, de acuerdo con el cuestionario de evaluación tipo Likert, se describe al catéter modificado como un instrumento adecuado para la realización de procedimientos de canulación de arterias renales al calificar en su conjunto las variables de empuje, navegabilidad, cruce, manejabilidad, angulación de punta, dificultad y canulación, por lo que existe una valoración positiva de su uso por parte de los operadores. Esto es relevante debido a que aporta elementos para reconocer su factibilidad como una técnica replicable, atractiva y útil para los procedimientos tentativos en los que puede ser aplicada.

Se han desarrollado introductores orientables que permiten obtener distintos grados de angulación para los procedimientos endovasculares, como ejemplo son: Destino Twist, Radia, Direx, Heartspan, Agilis NxT, entre otros. Una limitación importante es su costo elevado, su disponibilidad y acceso en centros hospitalarios en nuestro país. Además de ser introductores que requieren un mayor diámetro en la arteria para su acceso. La presente investigación desarrolló una técnica única e innovadora para modificar un catéter de bajo perfil (5 Fr) con la finalidad de obtener grados de angulación variable en su punta y facilitar la canulación de las arterias renales en pacientes con anatomía compleja.

Lo anterior puede tener un impacto positivo durante la canulación arterial al disminuir el número de complicaciones asociadas al procedimiento endovascular, el costo total del procedimiento, una menor exposición a la radiación, uso de medio de contraste, así como facilitar el acceso a un catéter angulable en centros hospitalarios con recursos limitados, con la finalidad de mejorar la calidad de atención a los pacientes y la disminución de eventos adversos asociados a la atención sanitaria. Se espera que se pueda contemplar la posibilidad del escalamiento de la evaluación de la efectividad de esta técnica en otros centros hospitalarios como primer paso para la generación de evidencia que contribuya a su adopción como buena práctica de intervención.

## **CONCLUSIÓN**

El catéter modificado con angulación variable para la canulación selectiva de las arterias renales en modelos anatómicos 3D de aneurismas de aorta abdominal yuxtarenal es factible y efectivo comparado con el catéter convencional Cobra C2.

La técnica descrita podría tener un impacto positivo durante los procedimientos endovasculares que requieran el acceso a ramas arteriales con angulación compleja. De tal forma que disminuiría las complicaciones asociadas, exposición a radiación y medio de contraste, tiempo quirúrgico, costo total del procedimiento, así como permitiría el acceso a un catéter angulable en centros hospitalarios con recursos limitados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Sidawy AN, Perler BA. (2022). Embriology and Developmental Anatomy. En T. Kim, R. Guzman, Rutherford's Vascular Surgery and Endovascular Therapy,2-Volume Set (10<sup>th</sup> ed., Capítulo 2, pp 13-28.e1). Elsevier.
- (2) Sidawy AN, Perler BA. (2022). Renovascular Disease: Endovascular Treatment. En K. Chang, M. Edwards, Rutherford's Vascular Surgery and Endovascular Therapy,2-Volume Set (10ma ed., Capítulo 129, pp 1703-1713.e3). Elsevier.
- (3) Oderich GS. (2017). Normal Aortic Anatomy and Variations of Its Branches. En R. DeMartino, Endovascular Aortic Repair. (Capítulo 4, pp 63-72). Springer.
- (4) Oderich GS. (2017). Strategies to Minimize Risk of Acute Kidney Injury During Complex Endovascular Aortic Repair. En MA. Farber, R Vallabhaneni, Endovascular Aortic Repair. (Capítulo 21, pp 313-322). Springer.
- (5) Schneider PA. (2020). Selective catheterization. Endovascular Skills Guidewire and Catheter Skills for Endovascular Surgery. (4a ed., Capítulo 9, pp 89-110.) CRC Press.
- (6) Oderich GS. (2017). Managing Endovascular Inventory. En JS Manunga, GS Oderich, Endovascular Aortic Repair. (Capítulo 14, pp 233-244). Springer.
- (7) Ullery BW, Chandra V. et al. Impact of Renal Artery Angulation on Procedure Efficiency During Fenestrated and Snorkel/Chimney Endovascular Aneurysm Repair. J Endovasc Ther. 2015 Aug;22(4): 594-602.
- (8) Schneider PA. (2020). Handling catheters. Endovascular Skills Guidewire and Catheter Skills for Endovascular Surgery. (4a ed., Capítulo 9, pp 89-110.) CRC Press.
- (9) Sidawy AN, Perler BA. (2022). Endovascular Diagnostic Technique. En C. Mcquinn, K. Orion, Rutherford's Vascular Surgery and Endovascular Therapy, 2-Volume Set (10ma ed., Capítulo 62, pp 790-802.e1). Elsevier.
- (10) Mallios A, Yankovic W. et al. Three new techniques for creation of a steerable sheath, a 4Fr snare, and bidirectional sheath inversion using existing endovascular materials. J Vasc Surg. 2012 Sep;56(3): 853-60.e1-3.

(11) Zymvragoudakis V, Donati T, et al. WILD Sheath Technique: “Wire Loop Directional” Sheath for Retrograde Femoral Acces in Branched Endovascular Aortic Aneurysm Repair. *Ann Vasc Surg.* 2021 Aug;75: 518-522.

(12) Oderich GS, Tallarita T. (2017). Classification Systems Relevant to Complex Endovascular Aortic Repair. En Oderich GS, Endovascular Aortic Repair. (Capítulo 5, pp 73-93). Springer.