

## Artículo original

Fecha de recepción:

20-03-2024

Fecha de aceptación:

12-08-2024

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés en el presente trabajo de investigación.

© 2024 Publicado por: Revista Iberoamericana de Láser Médico (RILMED). Órgano de divulgación científica de la Academia Iberoamericana de Láser Médico

Los autores conservan los derechos de autor y otorgan a la revista el derecho exclusivo de la publicación, con acceso abierto bajo los términos de la Licencia Atribución-No Comercial 4.0 Internacional (CC BY NC 4.0) [https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/]. Esta licencia permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada. Para más información, por favor contacte a: [ailmed.direcciondeinvestigacion@gmail.com](mailto:ailmed.direcciondeinvestigacion@gmail.com)



Para comunicarse con el autor principal  
E-mail:  
[josefrancisco9129@gmail.com](mailto:josefrancisco9129@gmail.com)  
Venezuela

## Cómo citar

Estraño, J., & Suárez, O.

Efectividad del láser excimer en la enfermedad arterial periférica y coronaria: Una revisión sistemática. Revista

Iberoamericana De Láser Médico, 4(2), 95–108. Recuperado a partir de

<https://rilmed.ailmed.org/index.php/rilmed/article/view/56>

## EFFECTIVIDAD DEL LÁSER EXCIMER EN LA ENFERMEDAD ARTERIAL PERIFÉRICA Y CORONARIA: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

José Estraño<sup>1</sup>, Oscar Suárez<sup>2</sup>

### Resumen

La aterosclerosis como enfermedad crónica, generalizada y progresiva, afecta a todo el árbol arterial. Se manifiesta como cardiopatía isquémica, enfermedad cerebrovascular (EC) o enfermedad arterial periférica (EAP). Siendo el tratamiento de elección más común Endovascular (Intervencionismo) y Cirugía Coronaria o Periférica. Sin embargo, la medicina fotónica ha ido incursionando en las lesiones arteriales, haciendo uso del láser excimer en EC y EAP. En este sentido, con el objetivo de analizar la efectividad de la terapia con Láser Excimer, se realizó una revisión sistemática mediante búsqueda entre enero 2014 a Diciembre de 2023, de artículos relacionados con terapias láser Excimer como tratamiento único o combinado con otras alternativas terapéuticas como la angioplastia con balón o la angioplastia + colocación de Stent. Se realizó la búsqueda en las base de Datos Pubmed, Medline, Science Citation Index, Embase, Scopus, Directory of Open Access Journals en inglés y español con acceso a textos completos. Se reportó que con fluencias entre 30 y 80 mJ/mm<sup>2</sup> el 50%, los estudios reportaron una disminución de los efectos adversos dados por disección, trombosis, perforación, disminución del flujo, oclusión y reestenosis tanto para la enfermedad arterial periférica como para la arteria coronaria, por lo que se concluye que, en vista del descenso de los efectos adversos, el láser Excimer, tiene una alta efectividad en el manejo de la Enfermedad Arterial a corto y mediano plazo, utilizado en combinación con el Intervencionismo Percutáneo (Coronario y Periférico).

**Palabras clave:** Enfermedad coronaria, Enfermedad arterial periférica, Excimer, Terapia Láser.

## EFFECTIVENESS OF EXCIMER LASER IN PERIPHERAL AND CORONARY ARTERY DISEASE: A SYSTEMATIC REVIEW

### Abstract

Atherosclerosis as a chronic, generalized and progressive disease affects the entire arterial tree. It manifests as ischemic heart disease, cerebrovascular disease (CD) or peripheral arterial disease (PAD). The most common treatment of choice is endovascular (interventional) and coronary or peripheral surgery. However, photonic medicine has been making inroads into arterial lesions, making use of excimer laser in CAD and PAD. In this sense, with the aim of analyzing the effectiveness of Excimer Laser therapy, a systematic review was carried out by means of a search from January 2014 to December 2023, of articles related to Excimer laser therapies as sole treatment or combined with other therapeutic alternatives such as balloon angioplasty or angioplasty + Stent placement. The search was carried out in the databases Pubmed, Medline, Science Citation Index, Embase, Scopus, Directory of Open Access Journals in English and Spanish with access to full text. It was reported that with fluences between 30 and 80 mJ/mm<sup>2</sup> 50%, studies reported a decrease in adverse effects given by dissection, thrombosis, perforation, decreased flow, occlusion and restenosis for both peripheral arterial disease and coronary artery disease. Therefore, it is concluded that in view of the decrease in adverse effects, the Excimer laser has a high effectiveness in the management of arterial disease in the short and medium term, used in combination with Percutaneous Interventionism (Coronary and Peripheral).

**Key words:** Coronary artery disease, Peripheral arterial disease, Excimer, Laser therapy

<sup>1</sup> Cirujano Cardiovascular, Universidad del Zulia. Cirujano General Universidad de Carabobo. Médico Cirujano, Universidad de Carabobo.

<sup>2</sup> Cirugía Estética, Universidad de Barcelona España (UB). Medicina Estética (UB), Medicina Fotónica y Cirugía Láser Universidad Politécnica de Catalunya España (UPC). Experto en Láser Dermatocósmético UCLA-AILMED. Experto en Dermatocósmética Facial Universidad CEU Cardenal Herrera Madrid España. Profesor Titular de la Academia Iberoamericana de Láser Médico

## Introducción

La aterosclerosis, es una afección frecuente que aparece cuando una sustancia pegajosa llamada placa se acumula en el interior de las arterias. La arterioesclerosis más frecuente, caracterizado por la presencia de placas ateroscleróticas en la pared de los vasos. De Acuerdo Kumar et al<sup>1</sup> los ateromas son lesiones intimaes que protruyen en la luz vascular compuestas por un núcleo lipídico friable de restos celulares necróticos, cristales de colesterol, células espumosas y calcio, rodeado de una cápsula fibrosa de células musculares lisas, colágeno, proteoglicanos, elastina, macrófagos y linfocitos T.

Por su parte, Libby et al<sup>2</sup> expresan que su fisiopatología se explica por la disfunción endotelial ocasionada por agentes como hiperlipidemia hipercolesterolemia, hipertensión, tabaco o flujo sanguíneo turbulento (factores de riesgo) que lesionan el endotelio creando una respuesta inflamatoria crónica con liberación de citoquinas proinflamatorias (IL-1, IFN gamma) y factores de crecimiento (PDGF, FGF, TGF alfa) con posterior cicatrización de la pared.

Entre los vasos más frecuentemente afectados de acuerdo Libby et al<sup>2</sup> se encuentran las arterias musculares de medio tamaño, coronarias y las de los miembros inferiores. Además lo autores mencionan que la aterosclerosis recibe diferentes nombres según las arterias afectadas, como se tiene: enfermedad coronaria, enfermedad arterial periférica, enfermedad de las arterias carótidas, enfermedad arterial vertebral, estenosis de la arteria renal, isquemia de la arteria mesentérica.

Asimismo, se tiene que las consecuencias clínicas cardíacas, de la aterosclerosis comprenden

desde la angina estable (estenosis de más del 70% del diámetro del vaso) hasta un Infarto Agudo de Miocardio sin Elevación del Segmento ST (IAMCEST), pasando por la formación y rotura de un aneurisma a fenómenos ateroembólicos<sup>2</sup>; lo que cada una de ella puede provocar la muerte o una discapacidad

En particular, en el presente trabajo se abordará lo relacionado con la enfermedad coronaria (EC) y la enfermedad arterial periférica (EAP). Según Estrada et al<sup>3</sup> la EC se basa en la formación de una placa ateromatosa que se produce por acumulación de lípidos entre las capas íntima y media de la pared vascular, asociado a un proceso inflamatorio que termina por producir una capa fibrosa que separa el contenido graso del lumen arteriolar. Esta es causada por la enfermedad arterial coronaria por lo general es la aterosclerosis (acumulación de grasa y formación de placas dentro de las arterias coronarias)<sup>4</sup>.

Clínicamente, según expresa Ouriel<sup>5</sup> la EC puede cursar asintomática debido a que el fenómeno presente en una estenosis arterial que se ve compensado por un mecanismo de vasodilatación que aumenta el flujo ante una mayor demanda miocárdica. Por otra parte, el autor previamente citado señala que podría presentarse de forma sintomática con discomfort retroesternal, pesadez, o sensación de presión en área precordial que algunas veces irradia a la mandíbula, hombro, espalda o brazo, y típicamente dura unos cuantos minutos, se produce por un aumento de la demanda de oxígeno sin aumento del aporte de flujo sanguíneo, manifestándose un fenómeno de isquemia, clasificado como angina estable debido a la

completa reversibilidad de los síntomas y la recurrencia del cuadro anginoso sobre el tiempo, típicamente durante meses o inclusive años.

Por otra parte, la EAP de acuerdo Khot. et al<sup>6</sup>, se basa en la presencia de estenosis arteriales que progresan en su historia natural hasta provocar una oclusión arterial completa. Ello se traduce en un mayor o menor grado de desarrollo de las vías colaterales de suplencia. Según los autores citados previamente, las causas son los que han sido determinados a partir de grandes estudios epidemiológicos y son concordantes con los factores de riesgo para enfermedad cerebrovascular y cardiopatía isquémica. Asimismo, mencionan que los factores de riesgo mayores se deben a: diabetes, hipertensión, tabaquismo e hiperlipemia, están implicados en un 80-90% de las enfermedades cardiovasculares<sup>6</sup>.

Por las consideraciones anteriores, es significativo resaltar que tanto la EAP como la EC tienen sus tratamientos como cambio en el estilo de vida, medicamentos, cirugía, terapias alternativas y complementarias. Cada una a implementar de acuerdo a los síntomas y el nivel de gravedad de la enfermedad en el paciente<sup>7</sup>.

En particular, se tiene que para la enfermedad coronaria relacionada con infarto agudo de miocardio con elevación del ST, así como de muchas anginas de pecho tanto estable como inestable, el tratamiento de elección se basa en la intervención coronaria percutánea (ICP) y la Cirugía de Revascularización Miocárdica (CABG)<sup>7</sup>.

El intervencionismo coronario percutáneo, según expresa Byrne et al<sup>8</sup> utiliza la angioplastia, la cual consiste en la dilatación de una estenosis

arterial extruyendo la placa que ocluye el vaso mediante el inflado a presión de un catéter con balón intravascular. De igual forma mencionan los autores que se puede colocar una malla metálica (Stent) para que dicha placa, no ocluya nuevamente el vaso.

Ahora bien, la enfermedad arterial periférica infrapoplíteica tiene una tasa alta de pérdida de una extremidad en 6 meses si no se trata<sup>9</sup>. En general, de acuerdo a Piyaskulkaew et al<sup>10</sup>, con la tendencia del envejecimiento, la carga social y económica, la morbilidad de la EAP se ubica en el rango del 3% al 10% y aumenta hasta el 15% 20% en personas mayores de 70 años. En este sentido, los autores refieren que dicha enfermedad a menudo se acompaña de calcificación grave y extensa, lumen estrechamiento y tractos de salida distales deficientes, lo que aumenta significativamente la dificultad de la terapia endovascular y lo que resulta en una alta probabilidad de reestenosis y necesidad de revascularización.

Desde esta perspectiva, el tratamiento comúnmente usado para la EAP es la Intervención endovascular, como angioplastia, reducción de volumen<sup>6</sup>. Cubero et al<sup>11</sup> en su informe de investigación expresan resultados considerables de angioplastia para el tratamiento de la oclusión de la arteria infrapoplíteica y beneficio tasas clínicas de salvamento de extremidades equivalentes a cirugía de bypas. Sin embargo, la simple angioplastia con balón (POBA) tiene una alta tasa de reoclusión, revascularización y complicaciones (embolización, disección, colocación de stent de rescate).

Asimismo, existen otras técnicas como la aterectomía y la litoplastia para abordar la EAP. La aterectomía según Cubero et al<sup>11</sup> consiste en la

destrucción de la placa calcificada mediante el avance giratorio a altas revoluciones de una oliva metálica recubierta de diamante. Y la litoplastia de acuerdo a Cubero et al<sup>11</sup> y Carrilo<sup>12</sup> se basa en la emisión de pulsos de energía mecánica mediante ondas de choque produciendo la fragmentación selectiva del calcio, que permanece in situ. Cada una de ellas, con complicaciones de tipo, flujo lento (no restaurado), ruptura del balón, trombosis arterial, disección arterial, embolización de fragmento de placa de ateroma, fallo de lesión diana, pudiendo desencadenar en el paciente, muerte, parada cardíaca, infarto del miocardio, ictus, trastornos del ritmo cardíaco o de conducción cardíaca.

Sin embargo, en la actualidad la medicina fotónica ha ido incursionando en el área de las lesiones arteriales, siendo usado para la EC y EAP el láser excimer, que según Romiti<sup>13</sup> es una técnica de modificación de placa mediante el uso de la radiación láser. El autor señala que el láser es una luz amplificada por emisión estimulada de radiación, referido al proceso de generación de un haz de fotones unidireccional, monocromático y coherente de alta energía. Se trata de radiación electromagnética compuesta por ondas de la misma longitud de onda cuyos picos se mantienen en fase con una alta direccionalidad, lo que origina una baja dispersión al alejarse de la fuente, generando un rayo de luz muy concentrado. Por su parte, Grundfest et al<sup>14</sup> expresan que el láser excimer elimina el tejido biológico mediante la desorción fotoquímica y la energía inyectada convertirían el tejido en fragmentos vaporizados.

Desde esta perspectiva, estudios recientes<sup>13</sup> han reportado resultados clínicos satisfactorios en

centros de alto volumen con refinamiento de las técnicas láser. El láser excimer ELCA se fundamenta en la emisión de pulsos de energía fototérmica y fotomecánica para modificar la placa, y sobre él versa el presente trabajo. Sultán et al<sup>15</sup> expresan que los láseres excimer producen fotones de luz ultravioleta a partir de sus mezclas de gases raros, haluros, como argón-flúor (ArF) o xenón-cloruro de hidrógeno (XeCl).

En particular, es importante recalcar que diversos tipos de láseres excimer tienen nichos en la medicina; entre ellos se tiene el láser excimer ArF de 193 nm, que se utiliza para procedimientos refractivos en oftalmología. Sin embargo, de los láseres pulsados, el excímero XeCl (láser excimer) es especialmente adecuado para su uso en el ámbito periférico vascular, porque su longitud de onda de 308 nm es altamente absorbida por el agua y las proteínas en tejidos humanos, incluidos las placas y trombo<sup>16</sup>.

Cabe destacar que, el tejido ablacionado del láser excimer, como expresa Visona et al<sup>17</sup> es fotoquímico y fotomecánico en lugar de fototérmico. Cada fotón de luz emitido por el láser excimer produce suficiente energía (4 eV) para dividir 1 enlace carbono-carbono (3,6 eV), debilitando así la estructura celular. Asimismo, Tsutsui et al<sup>18</sup> señalan que el agua de la célula absorbe la luz, expandiéndose y luego implosionando la célula, que crea un “efecto de fregado” en el contenido de proteínas y trombos adyacentes a la punta del láser. Se aplica una fina capa de tejido (<0,01 mm) eliminado con cada pulso, dejando subcelulares residuos lo suficientemente pequeños como para eliminarlos

sin capilares embolizantes aguas abajo. En este sentido, Pokrovsky et al<sup>17</sup> señalan que es una ventaja notable de los láseres excimer para aplicaciones periféricas es la poca profundidad hasta donde la luz penetra el tejido vascular.

De esta manera, en el estudio realizado por Tsutsui et al<sup>18</sup>, se menciona que la aterectomía coronaria con láser Excímer (ELCA) durante la intervención coronaria percutánea (ICP) ha tenido un incremento, siendo cada vez mayor en intervenciones coronarias complejas en todo el mundo, es así como ELCA se ha convertido en una de las herramientas de aterectomía esenciales que ofrece ventajas únicas sobre otros dispositivos de aterectomía. En la era moderna, los autores señalan que ELCA se usa comúnmente para pacientes con reestenosis dentro del stent, stent en expansión, lesiones no cruzables con balón y oclusiones totales crónicas. Se informa que las tasas de éxito técnico son >80% en la mayoría de las situaciones, mientras que las tasas de complicaciones de procedimientos como disección y perforación de vasos, entre otras, promedian el 9% en los últimos 25 años y mejoran con el tiempo.

De igual forma, en el estudio de Kuku et al<sup>19</sup>, quienes evaluaron por ultrasonido intravascular el efecto de la energía láser en la pared arterial durante el tratamiento de lesiones femoropoplíteas, fue un estudio de registro con un sistema láser Excimer CliRpath para ampliar las aberturas de la luz (CELLO). Obtuvieron que los tratamientos con catéteres láser Excimer modificados arrojaron un aumento significativo en el área de la luz de  $5,5 \pm 3,2 \text{ mm}^2$  (IC 95 % 4,3-6,8,  $p < 0,0001$ ) y una reducción de la placa más el volumen del medio de

$-10,6 \pm 36,0 \text{ mm}^3$  (IC 95 %), concluyendo que, el tratamiento Turbo-Booster basado en láser Excimer de las lesiones de las arterias periféricas una reduce significativamente la placa aterosclerótica y aumenta del diámetro de la luz con un grado insignificante de lesión de la capa adventicial.

Del mismo modo, en el estudio de Jiang et al<sup>20</sup>, los cuales abordaron la Seguridad y eficacia de la ablación con láser Excimer combinada con un balón recubierto de fármaco para obliterantes ateroscleróticos en la extremidad inferior, demuestran que la Ablación con Láser Excimer es un tratamiento eficaz en las lesiones de novo, la reestenosis intrastent y en la enfermedad crónica totalmente oclusiva. Mientras tanto, ELCA podría preparar la luz para la realización de angioplastia con balón recubierto de fármaco y reducir la implantación de stents, especialmente en segmentos no aptos para la colocación de stents.

Por tanto, sobre las consideraciones previas, se percibe que la terapia con láser Excimer en pacientes con aterosclerosis, es bien tolerada permitiendo así respuestas satisfactorias en los pacientes tratados. Sin embargo, esto genera a una interrogante primordial, en el tratamiento de la EC y EAP específicamente, ¿el láser Excimer puede ocasionar una respuesta más efectiva que las técnicas convencionales? ¿Existe evidencia suficiente para afirmar que esta terapia disminuye significativamente los síntomas presentados?

## Metodología

El presente estudio fue una revisión sistemática con la finalidad de analizar la efectividad de la terapia con láser Excimer, considerada ser bien

tolerada y originar respuestas satisfactorias en los pacientes con enfermedad arterial coronaria o periférica. En este sentido, se dio inicio a la investigación con una pregunta clave denominada PICO (Paciente- Intervención- Comparación- Resultados) como práctica esencial para la práctica investigativa basada en la evidencia, siendo un punto de anclaje preliminar para realizar la búsqueda de artículos científicos que cumplan con estos criterios, los cuales para efectos de este estudio se escribió como: Pacientes: con enfermedad arterial periférica o coronaria; Intervención: terapia láser Excimer; Comparación: efectividad respecto a otras técnicas; Resultados: Disminución efectiva de los síntomas y su perdurabilidad en el tiempo.

La búsqueda se realizó en las siguientes bases de datos: Medline, Pubmed, Science Citation Index, Embase, Scopus, Directory of Open Access Journals (DOAJ), haciendo uso de las siguientes palabras clave: “Láser”; “Luz”; “Arterias”; “Enfermedad”, “Terapia” Además se filtraron los estudios publicados en el lapso desde 2014 en adelante.

Los criterios de inclusión de los artículos fueron ensayos clínicos y revisiones sistemáticas en idioma inglés o español, a texto completo de libre acceso, con diagnóstico de Enfermedad Arterial Coronaria y/o Enfermedad Arterial Periférica, publicados en el lapso de Enero del año 2014 a Diciembre del 2023, y que utilizaron láser Excimer como tratamiento único o combinado con otras alternativas terapéuticas como la angioplastia con balón o la angioplastia + colocación de Stent y otras plataformas láser. Se excluyeron artículos de

revisión y estudios anteriores al año 2014.

Adicionalmente, se examinaron detalladamente los títulos, los resúmenes y los resultados, para elegir los trabajos de relevancia con el tema. Una vez seleccionados, se evaluaron los estudios originales con texto completo. Se procedió al análisis detallado, síntesis e interpretación de datos de cada bibliografía seleccionada para extraer los resultados en tablas para su interpretación, para posteriormente concluir.

Se utilizó Pubmed como plataforma principal del búsqueda, así como Medline, Science Citation Index, Embase, Scopus, Directory of Open Access Journals (DOAJ), tomando en cuenta las palabras clave: “Láser”, “Excimer”, “Aterosclerosis”, “Arteria”, “Coronaria”, “Periférica” “Terapias de Luz”, encontrando seis estudios para Enfermedad Arterial Coronaria, de los cuales, cuatro de ellos fueron del año 2020, 1 del año 2021 y 1 del año 2023; de igual forma, 6 estudios fueron de Láser Excimer en Enfermedad Arterial Periférica, 1 del año 2015, 1 del año 2018, 1 del año 2019 y 2 estudios del año 2022. Se descartaron 6 artículos, puesto que dos de ellos no guardaban relación con el tema, 2 por no poseer disponibilidad del texto completo y 2 más por ser artículos que no tenían detalle del procedimiento realizado (Gráfico 1).

**Gráfico 1. Flujoograma de elección de estudios para análisis de la revisión sistemática.**



Finalmente, para el procesamiento de los datos, se elaboró una matriz descriptiva que contiene datos como: autores, año del estudio, nombre, y se clasificaron de acuerdo a el tipo de estudio (ensayos clínicos y revisiones sistemáticas), muestra, tipo de procedimiento y los resultados, además de la presencia de variables como cantidad de pacientes, tipo de enfermedad arterial, tratamientos complementarios, efectos adversos y efectividad de la terapia utilizada.

## Resultados

**Tabla 1. Efectividad del Láser Excimer en la enfermedad arterial periférica y coronaria**

#	Autor / Año	Título	Tipo de Estudio	Muestra	Tipo de procedimiento	Resultados: Positivo (+) / Negativos (-)
1	Protty MB 2020 <sup>21</sup>	Combined use of rotational and excimer Laser coronary atherectomy (RASER) during complex coronary angioplasty—An analysis of cases (2006–2016) from the British Cardiovascular Intervention Society database.	Revisión Sistemática	153	Aterectomía Coronaria con Láser Excimer + intervencionismo Coronario Percutáneo	(-)
2	Protty MBM, 2020 <sup>22</sup>	Excimer laser coronary atherectomy during complex PCI: An analysis of 1,471 laser cases from the British Cardiovascular Intervention Society database	Revisión Sistemática	1471	Aterectomía Coronaria con Láser Excimer + Intervencionismo Coronario Percutáneo	(-)
3	Tsutsui RS 2020 <sup>23</sup>	Excimer laser atherectomy in percutaneous coronary intervention: A contemporary review	Revisión Sistemática	1181	Aterectomía Coronaria con Láser Excimer + intervencionismo Coronario Percutáneo	(+)
4	Egred M, 2020 <sup>24</sup>	Excimer Laser Coronary Angioplasty (ELCA): Fundamentals, Mechanism of Action, and Clinical Applications	Descriptivo	2000	Aterectomía Coronaria con Láser Excimer - intervencionismo Coronario Percutáneo	(+)
5	Li H, 2021 <sup>25</sup>	The therapeutic effects of excimer laser coronary atherectomy therapy for in-stent restenosis chronic total occlusions	Prospectivo	59	Aterectomía Coronaria con Láser Excimer + intervencionismo Coronario Percutáneo	(+)
6	Sasi V, 2023 <sup>26</sup>	Combination of Laser Atherectomy and Super High-pressure Non-compliant Balloon to Treat Stent Under-expansion in Cases of Failed Interventional Options	Descripción de caso clínico	1	Aterectomía Coronaria con Láser Excimer + intervencionismo Coronario Percutáneo	(+)
7	Dippel EJ, 2015 <sup>27</sup>	Randomized Controlled Study of Excimer Laser Atherectomy for Treatment of Femoropopliteal In Stent Restenosis	Multicéntrico, prospectivo, aleatorizado, controlado	250	Aterectomía con Láser Excimer + Angioplastia percutanea Transluminal	(+)
8	Kokkinidis DG, 2018 <sup>28</sup>	Laser Atherectomy Combined With Drug-Coated Balloon Angioplasty Is Associated With Improved 1-Year Outcomes for Treatment of Femoropopliteal In-Stent Restenosis	Retrospectivo	112	Aterectomía con Láser Excimer + Angioplastia percutanea Transluminal cn balón recubierto de drogas.	(+)
9	Kokkinidis DG, 2019 <sup>29</sup>	Laser atherectomy and drug-coated balloons for the treatment of femoropopliteal in-stent restenosis: 2-Year outcomes	Retrospectivo de doble centro	117	Aterectomía con Láser Excimer + Angioplastia percutanea Transluminal cn balón recubierto de drogas.	(+)
10	He Z, 2022 <sup>30</sup>	The safety and efficacy of different endovascular treatments for in-stent restenosis of the femoropopliteal artery: A network meta-analysis	Retrospectivo	1348	Aterectomía con Láser Excimer + Angioplastia percutanea Transluminal con balón recubierto de drogas.	(+)
11	Su Z, 2022 <sup>31</sup>	Excimer laser atherectomy combined with drug-coated balloon angioplasty for the treatment of femoropopliteal arteriosclerosis obliterans	Retrospectivo de un solo centro	43	Aterectomía con Láser Excimer + Angioplastia percutanea Transluminal cn balón recubierto de drogas.	(+)
12	Zhou M, 2022 <sup>32</sup>	Cool Excimer Laser-Assisted Angioplasty vs Percutaneous Transluminal Angioplasty for Infrapopliteal Arterial Occlusion: A Meta-Analysis and Systematic Review	Revisión Sistemática	2217	Aterectomía con Láser Excimer + Angioplastia percutanea Transluminal puede producir disección arterial y trombosis.	(-)

**Tabla 2. Efectividad del Láser Excimer en la Enfermedad Arterial Periférica y Coronaria, según el Muestra.**

MUESTRA	n	%
0-499	7	58,33
500-999	0	0
1000-1499	3	25,00
1500-1999	1	8,33
2000-2500	1	8,33
TOTAL:	12	99,99

Se evidenciaron 7 estudios (Tabla 2), 58,33% de los artículos analizados, con muestra comprendida de 0-499 pacientes. 25 % de los estudios (3 artículos) utilizaron muestras entre 500-999 pacientes. 1 solo artículo (8,33%) con muestras entre 1.500-1.999 paciente y un 1 estudio (8,33%) con muestras entre 2.000-2.500 pacientes.

**Tabla 3. Efectividad del Láser Excimer en la Enfermedad Arterial Coronaria, según resultados**

RESULTADOS	n	%
Positivos (+)	4	66,66
Negativos (-)	2	33,33
TOTAL	6	99,99

Se evidencia en la Tabla 3, que 66,66% de los estudios analizados (4 estudios), tuvieron resultados positivos y prometedores en cuanto al uso del Láser Excimer en la Enfermedad Arterial Coronaria, mientras que un 33,33 % (2 estudios), recomiendan ahondar más en las investigaciones de esta terapia puesto que los resultados fueron negativos.

**Tabla 4. Efectividad del Láser Excimer en la Enfermedad Arterial Periférica, según resultados.**

RESULTADOS	n	%
Positivos (+)	5	83,33
Negativos (-)	1	16,66
TOTAL	6	99,99

De acuerdo a lo indicado en la Tabla 4, el 83,33 % de los estudios analizados (5 artículos), obtuvieron resultados muy positivos en cuanto al uso del Láser de Cloruro de Excimer en una Enfermedad Arterial Periférica, mientras que solamente 1 (16,66%), no tuvo resultados satisfactorios.

**Tabla 5. Efectividad del Láser Excimer en la Enfermedad Arterial Coronaria y Periférica, según resultados.**

RESULTADOS	n	%
Positivos (+)	9	75,00
Negativos (-)	3	25,00
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>100</b>

Fuente: datos propios de la investigación (Estraño, 2023).

Según los resultados obtenidos del Láser Excimer en la Enfermedad Arterial Coronaria y Periférica (Tabla 5), 75 % de los estudios analizados (9 artículos), tuvieron resultados y conclusiones positivas para el uso del Láser Excimer en la Enfermedad Arterial Coronaria y Periférica, mientras que el 25 % (3 estudios), no tuvieron resultados positivos.

**Tabla 6. Caracterización del uso de Láser Excimer en la Enfermedad Arterial Periférica y Coronaria, según resultados**

	Uso de Láser Excimer en Enfermedad Arterial Coronaria		Uso de Láser Excimer en Enfermedad Arterial Periférica.		TOTAL	
	n	%	n	%	n	%
Resultados Positivos (+)	4	33,33	5	41,66	9	75,00
Resultados Negativos(-)	2	16,66	1	8,33	3	25,00
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>49,99</b>	<b>6</b>	<b>49,99</b>	<b>12</b>	<b>100</b>

Se puede observar en la Tabla 6 que, de todos los estudios analizados, el mayor porcentaje (%) de resultados negativos fueron en el uso de láser excimer en la enfermedad arterial coronaria, teniendo un 16,66 % (2 artículos) y solo 1 artículo

no resultó ni concluyó de forma positiva en la enfermedad arterial periférica.

**Tabla 7. Evidencia en el uso de la Longitud de Ondas**

#	Autor / Año	Muestra	Tipo de procedimiento	Longitud de Onda	Fluencia	Frecuencia	Eventos Adversos	Conclusión
1	Proffy MB 2020	153	Aterectomía Coronaria con Láser Excimer + Intervencionismo Coronario Percutáneo	308 nm	40 - 70 mJ/mm <sup>2</sup>	67,16 ± 8,77 Hz	Mayores probabilidades de flujo lento, inducción de choques y complicaciones arteriales (diseción)	El uso combinado de láser rotacional e excimer y la aterectomía en intervencionismo coronario percutáneo se asocia con una línea de base de mayor riesgo.
2	Proffy MBM, 2020 <sup>21</sup>	1471	Aterectomía Coronaria con Láser Excimer + Intervencionismo Coronario Percutáneo	308 nm	40 - 70 mJ/mm <sup>2</sup>	67,16 ± 8,77 Hz	Aumento de las tasas de complicaciones proceasas agudas como diseción, flujo lento y perforación coronaria.	El uso de aterectomía coronaria con láser excimer durante intervencionismo coronario percutáneo se asocia con características de base y de procedimiento de mayor riesgo.
3	Tsutsui RS 2020 <sup>21</sup>	1181	Aterectomía Coronaria con Láser Excimer + Intervencionismo Coronario Percutáneo	308 nm	30-80 mJ/mm <sup>2</sup>	50-80 Hz	Disminución de la tasa perforación, flujo lento, diseción mayor, diseción menor, reestenosis, trombo oclusión.	El uso de Aterectomía Coronaria con Láser Excimer tuvo éxito en el tratamiento de lesiones complejas y calcificadas en el 93.7% de pacientes con una tasa de complicaciones del 0%, debido a la mejor tecnología en catéteres de menor diámetro.
4	Egred M, 2020 <sup>24</sup>	2000	Aterectomía Coronaria con Láser Excimer + Intervencionismo Coronario Percutáneo	308 nm	60 mJ/mm <sup>2</sup>	50 Hz	Disminución en la incidencia de perforaciones coronarias y las principales diseciones que limitan el flujo	Excimer láser elimina y modifica el tejido con sus propiedades fototermicas, fotoquímicas y fotoquímicas sin causar lesiones significativas.
5	Li 2021 <sup>25</sup> H.	59	Aterectomía Coronaria con Láser Excimer + Intervencionismo Coronario Percutáneo	308 nm	30 - 70 mJ/mm <sup>2</sup>	60,16 ± 8,50Hz	Disminución en la incidencia de perforación al no aumentar fuerza disruptiva.	Puede mejorar significativamente los efectos angiográficos inmediatos sin aumentar la ocurrencia de complicaciones.
6	Sai 2023 <sup>26</sup> V.	1	Aterectomía Coronaria con Láser Excimer + Intervencionismo Coronario Percutáneo	308 nm	30-80 mJ/mm <sup>2</sup>	50-80 Hz	-----	La Angioplastia Coronaria Láser Excimer combinada con Globo de alta presión, guiado por tomografía de coherencia óptica puede ser una buena opción para tratar stentocoronarios.

estudios utilizó una longitud de onda de 308 nm, con Fluencias comprendidas entre los 30-80 mJ/mm<sup>2</sup> y frecuencias entre los 50y 80 Hz.

**Tabla 8. Caracterización del uso de Láser Excimer en la Enfermedad Arterial Coronaria, incidencia de efectos adversos.**

Efectos Adversos	n	%
<b>Aumento en incidencia de efectos adversos.</b>	<b>2</b>	<b>33,33</b>
<b>Disminución de efectos adversos</b>	<b>3</b>	<b>50,00</b>
<b>Ausencia de efectos adversos</b>	<b>1</b>	<b>16,66</b>
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>99,99</b>

En la tabla 8, se muestra que el 50 % (3 estudios) de la muestra para enfermedad arterial coronaria, estuvo representada por la disminución de efectos adversos, mientras que un 33,33 % (2 artículos) mostraron aumento en la incidencia de efectos

adversos y solo 1 artículo (16,66 %), reportó ausencia de efectos adversos.

**Tabla 9. Resumen de Estudios aplicación Laser Cloruro de Excimer en Enfermedad Arterial Periférica**

#	Autor / Año	Muestra	Tipo de procedimiento	Longitud de Onda	Fluencia	Frecuencia	Eventos Adversos	Conclusión
1	Doppel EJ, 2015 <sup>27</sup>	250	Aterectomia con Láser Excimer + Angioplastia percutánea Transluminal	308 nm	40 mJ/mm <sup>2</sup>	60 Hz	Diseción (7,7% para ELCA vs. 17,2% PTA, tratamiento)	ELA con angioplastia con balón complementaria da como resultado resultados de eficacia y seguridad igual y mediano plazo significativamente mejores para el tratamiento de la enfermedad arterial periférica femoropoplítea en comparación con la PTA convencional sola.
2	Kokkinidis DG, 2018 <sup>28</sup>	112	Aterectomia con Láser Excimer + Angioplastia percutánea Transluminal	308 nm	50 mJ/mm <sup>2</sup>	65,16 Hz	-----	La combinación de aterectomia láser + balón recubierto de drogas, mejoraron la revascularización de la lesión distal a 1 año y las tasas de reoclusión para el cohorte general.
3	Kokkinidis DG, 2019 <sup>29</sup>	117	Aterectomia con Láser Excimer + Angioplastia percutánea Transluminal en balón recubierto de drogas.	308 nm	50 mJ/mm <sup>2</sup>	65,16 Hz	Disminución de la presencia de reestenosis antes de los 2 años. Reestenosis luego de 2 años.	la combinación de balón recubierto de drogas + aterectomia láser mantiene la superioridad sobre la aterectomia láser + angioplastia con balón simple después de 2 años.
4	He Z, 2022 <sup>30</sup>	1348	Aterectomia con Láser Excimer + Angioplastia percutánea Transluminal en balón recubierto de drogas.	308 nm	60 mJ/mm <sup>2</sup>	50 Hz	-----	ELA+DCB produjo resultados positivos y alentadores en la permeabilidad primaria (6,12 meses)
5	Su Z, 2022 <sup>31</sup>	48	Aterectomia con Láser Excimer + Angioplastia percutánea Transluminal en balón recubierto de drogas.	308 nm	30 - 70 mJ/mm <sup>2</sup>	50 ~ 10 Hz	Disminución de diseción limitadora de flujo >21 (48,8%) Embolia > (7%) Perforación de vaso > 2 (4,7%) Morte > 0 Diseción de vasos durante el proceso de cirugía.	El uso de ELA+DCB proporcionó un buen beneficio clínico pararteriosclerosis obliterante femoropoplítea, aunque las complicaciones intraoperatorias todas necesitan nuestra atención.
6	Zhou M, 2022 <sup>32</sup>	1	Aterectomia con Láser Excimer + Angioplastia percutánea Transluminal	308 nm	30 - 80 mJ/mm <sup>2</sup>	50 ~ 10 Hz	Muerte > 0 Diseción de vasos durante el proceso de cirugía. Aumento de Embolismos > 0 escipias durante el proceso.	Se necesitan ECA a gran escala para verificar la seguridad y eficacia de la terapia CELA en pacientes infrapoplítea. Oclusión de la arteria.

En la Tabla 9 se evidencia el 100% de los estudios utilizó una longitud de onda de 308 nm, con Fluencias comprendidas entre los 40-80 mJ/mm<sup>2</sup> y frecuencias entre los 50y 80 Hz.

**Tabla 10. Caracterización del uso de Láser Excimer en la Enfermedad Arterial Coronaria, incidencia de efectos adversos.**

Efectos Adversos	n	%
<b>Aumento en incidencia de efectos adversos.</b>	<b>1</b>	<b>16,66</b>
<b>Disminución de efectos adversos</b>	<b>3</b>	<b>50,00</b>
<b>Ausencia de efectos adversos</b>	<b>2</b>	<b>33,33</b>
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>99,99</b>

La tabla 10, muestra que solo el 16,66% (1 estudio), obtuvo aumento en la incidencia de efectos adversos con el uso de láser en la enfermedad arterial periférica; el 50% (3 estudios)

de los artículos estudiados mostraron una disminución en la incidencia de efectos adversos, mientras 2 artículos (33,33%), mostraron ausencia de los efectos adversos

**Discusión**

En el presente estudio se pudo observar la eficacia del uso del Láser Excimer en la Enfermedad Arterial Coronaria, el cual contribuye junto con otro método terapéutico para desobstruir las arterias coronarias, como el intervencionismo coronaria percutáneo, en donde prácticamente en todos las investigaciones analizada, el láser de Cloruro de Excimer se usa en combinación con otras terapias, lo que concuerda con el estudio de De María et al<sup>33</sup> “Manejo de las lesiones calcificadas de las arterias coronarias: ¿es hora de cambiar nuestro enfoque terapéutico intervencionista?”, para el año 2019, en donde se evidenció que el uso terapéutico del láser coronario es limitado, pero el tratamiento de lesiones que no se pueden cruzar ni dilatar, siendo una indicación importante con un éxito del procedimiento informado del 93%. Muchas lesiones que no se pueden cruzar tienen un alto contenido de calcio.

En consecuencia, el láser rara vez se utiliza como estrategia de primera línea para la Enfermedad Arterial Coronaria, pero es la única opción cuando el microcatéter no se cruza. De igual forma se mostró la superioridad del láser sobre la dilatación con balón de alta presión en el tratamiento de la reestenosis no dilatado dentro del stent y confirmó la acción del láser para romper el calcio detrás de los puntales del stent, especialmente cuando se lava con medio de contraste en lugar de solución salina.

De igual forma, Mohandes et al<sup>34</sup>, en su estudio, “Láser excímero en la intervención coronaria percutánea de oclusiones funcionales y totales crónicas no cruzables con dispositivo”, para el año 2.020, mencionan, que las lesiones que no se pueden cruzar con dispositivos son un desafío en cardiología intervencionista y, a pesar de las mejoras en el perfil del balón y del microcatéter, en algunas circunstancias es necesaria la aterectomía rotacional para realizar la ablación y atravesar la lesión. Sin embargo, la aplicación de la aterectomía rotacional requiere la utilización de un alambre específico, Rotawire, que no siempre es tan fácilmente navegable. La citorreducción de lesiones que no se pueden cruzar con el dispositivo se puede realizar mediante láser coronario sobre cualquier tipo de guía de angioplastia. Tras la realización del láser coronario se lograron dilatar 5 de 6 lesiones con éxito, consiguiendo un resultado angiográfico final exitoso del 83,3%. Relacionándose con la presente investigación en donde se observó que 66,66% de los estudios analizados del uso de láser Excimer en Enfermedad Arterial Coronaria, mejoraron los resultados angiográficos inmediatos de permeabilidad del vaso anteriormente obstruido, sin aumentar la aparición de complicaciones, mientras que solo

En la presente investigación, se demuestra como el uso del láser Excimer en la Enfermedad Arterial Periférica obtuvo resultados prometedores y favorables en la desobstrucción de los vasos de los miembros inferiores, incluso en la desobstrucción reestenosis de Stents, relacionándose con el estudio de Jiang et al<sup>35</sup> “Resultados de la ablación con láser Excimer combinada con un balón recubierto de

fármaco para obliterantes ateroscleróticos de las extremidades inferiores y factores de riesgo de pérdida de la permeabilidad primaria”, para el año 2023 en donde concluyen que la Arterectomía con Láser Excimer, combinado con balón liberador de drogas, es un tratamiento eficaz y seguro para la enfermedad arterial periférica de las extremidades inferiores, y no solo podía reducir la implantación del stent sino también mejorar significativamente la calidad de vida.

En el estudio de Yan et al<sup>36</sup>, “Atherectomía láser excimer combinada con globo recubierto con fármaco versus angioplastia con globo que se libera fármacos para el tratamiento de la revascularización arterial infrapoplita en el pie diabético isquémico: resultados de 24 meses” para el año 2.022, mostró como la Aterectomía con láser Excimer combinado con la angioplastia con balón liberador de drogas, es más efectivo que la angioplastia con balón liberador de drogas simple, en el tratamiento de la enfermedad de la arteria infrapoplita en pacientes con pie diabético isquémico, lo que puede mejorar la tasa de curación de la herida y la tasa de permeabilidad de los vasos objetivo. Resultando concordante con este estudio en donde en al menos 5 de 6, de los artículos analizados, recomiendan el uso de láser Excimer en combinación alguna técnica de permeabilización arterial (angioplastia periférica) en la enfermedad arterial periférica, con resultados muy positivos.

## Conclusiones

Recientemente, las aplicaciones del láser coronario y periférico han despertado un interés creciente. La selección de casos, la utilización

adecuada del equipo, la aplicación de técnicas láser segura, el conocimiento de las indicaciones y contraindicaciones, contribuyen al desarrollo de un programa eficaz de angioplastia láser en el laboratorio de cateterismo cardiovascular.

El láser de cloruro de excimer (longitud de onda de 308 nm) es actualmente el único láser aprobado por la FDA (Food and Drug Administration), para la intervención percutánea en pacientes con enfermedad arterial coronaria y enfermedad arterial periférica.

Las posibles ventajas de la revascularización con láser Excímer en los síndromes coronarios agudos y en la enfermedad vascular periférica obstructiva, incluyen la citorreducción de placa y la eliminación de trombos concomitantes; ausencia de estado lítico sistémico; reducción del tiempo de eliminación del trombo y facilitación de la angioplastia con balón y la colocación de stent.

Una mejor comprensión de las interacciones entre el láser, el tejido y los resultados clínicos positivos mediante el uso de técnicas láser seguras han llevado a la expansión de las indicaciones y aplicaciones de la angioplastia con láser. Estos incluyen reestenosis del stent, lesiones complejas y estenosis trombóticas, lesiones de bifurcación, falla del balón, oclusiones totales, lesiones focales del injerto de vena safena y obstrucciones arteriales periféricas, incluso cuando se obstruye la guía de balones de angioplastia.

De forma única, el láser de cloruro de Excimer, no posee resultados positivos para el tratamiento de la enfermedad arterial coronaria o periférica, sin embargo cuando se utiliza en combinación con procedimientos de angioplastia o aterectomía

rotacionales, genera beneficios a corto, media y largo plazo que estos procedimientos de angioplastias, no consiguen por sí mismos, por lo que se recomienda la combinación de Intervencionismo Percutáneo (Coronario o Periférico) + Láser de Cloruro de Excimer.

### Referencias bibliográficas

1. Ku SR. Patología estructural y funcional. Berri.es. [Internet]. 2021 [citado el 21 de enero de 2024]. Disponible en: [https://www.berri.es/pdf/robbins%20y%20cotran.%20patología%20estructural%20y%20funcional%20\(libro%20+%20ebook\)/9788491139119](https://www.berri.es/pdf/robbins%20y%20cotran.%20patología%20estructural%20y%20funcional%20(libro%20+%20ebook)/9788491139119).
2. Libby P, Theroux P. Pathophysiology of coronary artery disease. *Circulation*. [Internet] 2005; [citado el 24 de enero de 2024]., 111(25):3481-8. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.537878. PMID: 15983262.
3. R. CE, Vargas M. Sf. Enfermedad arterial coronaria e indicaciones para revascularización coronaria [Internet]. Binasss.sa.cr. [citado el 24 de enero de 2024]. Disponible en: <https://www.binasss.sa.cr/revistas/rmcc/604/art20.pdf>
4. Cassar A, Holmes DR Jr, Rihal CS, Gersh BJ. Chronic coronary artery disease: diagnosis and management. *Mayo Clin Proc*. 2009, [citado el 24 de enero de 2024]. Dec;84(12):1130-46. doi: 10.4065/mcp.2009.0391. PMID: 19955250; PMCID: PMC2787400.
5. Ouriel K. Peripheral arterial disease. *Lancet*. [Internet] 2001; [citado el 24 de enero de 2024]. 358(9289):1257-64. doi: 10.1016/S0140-6736(01)06351-6. PMID: 11675083.
6. Khot UN, Khot MB, Bajzer CT, Sapp SK, Ohman EM, Brener SJ, Ellis SG, Lincoff AM, Topol EJ. Prevalence of conventional risk factors in patients with coronary heart disease. *JAMA*. [Internet] 2003; [citado el 26 de enero de 2024].

- 290(7):898-904. doi: 10.1001/jama.290.7.898. PMID: 12928466.
7. Ge JB. Current status of percutaneous coronary intervention of chronic total occlusion. *J Zhejiang Univ Sci B*. [Internet] 2012; [citado el 26 de enero de 2024]. 13(8):589-602. doi: 10.1631/jzus.B1201009. PMID: 22843178; PMCID: PMC3411091.
8. Byrne RA, Joner M, Kastrati A. Stent thrombosis and restenosis: what have we learned and where are we going? The Andreas Grüntzig Lecture ESC [Internet], 2014, [citado el 27 de enero de 2024]. *Eur Heart J*. 2015 Dec 14;36(47):3320-31. doi: 10.1093/eurheartj/ehv511. Epub 2015 Sep 28. PMID: 26417060; PMCID: PMC4677274.
9. Cubero-Gallego H, Tizón-Marcos and H, Vaquerizo B. Current options for the management of calcified lesions. REC: interventional cardiology (English Edition) [Internet]. 2021; Disponible en: <http://dx.doi.org/10.24875/recice.m19000087>.
10. Piyaskulkaew C, Parvataneni K, Ballout H, Szpunar S, Sharma T, Almahmoud M, et al. Laser in infrapopliteal and popliteal stenosis 2 study (LIPS2): longterm outcomes of laser-assisted balloon angioplasty versus balloon angioplasty for below knee peripheral arterial disease. *Catheter Cardiovasc Interv*. [Internet], 2015, [citado el 27 de enero de 2024]. 86:1211-8. doi: 10.1002/ccd.26145
11. Cubero-Gallego H, Millán R, Fuertes M, Amat-Santos I, Quiroga X, Gómez-Lara J, et al. Coronary lithoplasty for calcified lesions: real-world multicenter registry. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)* [Internet], 2020; [citado el 28 de enero de 2024]. 73:1003-10.. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1885585720301080>
12. Urbano-Carrillo CA, Muñoz-Jiménez LD, Cano-García M. Coronary lithoplasty: applying a pulse to calcified lesions. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)* [Internet]. 2020;73(12):978-80. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rec.2020.05.041>
13. Romiti M, Albers M, Brochado-Neto FC, Durazzo AE, Pereira CA, De Luccia N. Meta-analysis of infrapopliteal angioplasty for chronic critical limb ischemia. *J Vasc Surg*. [Internet], 2008, [citado el 28 de enero de 2024]., 47:975-81. doi: 10.1016/j.jvs.2008.01.005.
14. Grundfest WS, Litvack F, Forrester JS, Goldenberg T, Swan HJ, Morgenstern L, et al. Laser ablation of human atherosclerotic plaque without adjacent tissue injury. *J Am Coll Cardiol*. [Internet], 1985, [citado el 29 de enero de 2024]. 5:929-33. doi: 10.1016/S0735-1097(85)80435.
15. Sultan S, Tawfifick W, Hynes N. Cool excimer laser-assisted angioplasty (CELA) and tibial balloon angioplasty (TBA) in management of infragenicular arterial occlusion in critical lower limb ischemia (CLI). *Vasc Endovascular Surg*. [Internet], 2013, [citado el 29 de enero de 2024]. 47:179-91. doi: 10.1177/1538574413478473.
16. Visona A, Perissinotto C, Lusiani L, Bonanome A, Pesavento R, Miserocchi L, et al. Percutaneous excimer laser angioplasty of lower limb vessels: results of a prospective 24-month follow-up. *Angiology*. [Internet], 1998, [citado el 29 de enero de 2024]. 49:91-8. doi: 10.1177/00033197980490020.
17. Pokrovsky AV, Volynsky Ju D, Konov VI, Sargin ME, Silenok AS, Goloma VV, et al. Recanalisation of occluded peripheral arteries by excimer laser. *Eur J Vasc Surg*. [Internet], 1990, [citado el 30 de enero de 2024]. 4:575-81. doi: 10.1016/S0950-821X(05)80810-2
18. Tsutsui RS, Sammour Y, Kalra A, Reed G, Krishnaswamy A, Ellis S, et al. Excimer laser atherectomy in percutaneous coronary intervention: A contemporary review. *Cardiovasc Revasc Med* [Internet]. 2021; [citado el 30 de enero de 2024]. 25:75-85. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carrev.2020.10.016>
19. Kuku KO, Garcia-Garcia HM, Koifman E, Kajita AH, Desale S, Azizi V, Melaku G, Bui A, Meirovich YF, Beyene S, Dheendsa A, Schneider B, Waksman R; CELLO study investigators.

- Intravascular ultrasound assessment of the effect of laser energy on the arterial wall during the treatment of femoro-popliteal lesions: a CliRpath excimer laser system to enlarge lumen openings (CELLO) registry study. *Int J Cardiovasc Imaging*. [Internet], 2018 Mar; [citado el 24 de feb de 2024]. 34(3):345-352. doi: 10.1007/s10554-017-1248-2. Epub 2017 Sep 26. PMID: 28952037; PMCID: PMC5847219.
20. Jiang X, Ju S, Chen B, Jiang J, Shi Y, Ma T, Lin C, Xu X, Fu W, Dong Z. Safety and Effectiveness of Excimer Laser Ablation Combined With Drug-Coated Balloon for Atherosclerotic Obliterations in the Lower Extremity. *J Endovasc Ther*. [Internet], 2023 Oct; [citado el 24 feb de 2024]. 30(5):721-729. doi: 10.1177/15266028221092979. Epub 2022 May 6. PMID: 35514287.
21. Prottly MB, Gallagher S, Farooq V, Sharp ASP, Egred M, O'Kane P, Kinnaird T. Combined use of rotational and excimer LASER coronary atherectomy (RASER) during complex coronary angioplasty-An analysis of cases (2006-2016) from the British Cardiovascular Intervention Society database. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2021 Jun 1;97(7):E911-E918. doi: 10.1002/ccd.29377. Epub 2020 Nov 17. PMID: 33201601.
22. Prottly MB, Hussain HI, Gallagher S, Al-Raisi S, Aldalati O, Farooq V, Sharp ASP, Egred M, O'Kane P, Ludman P, Anderson RA, Mamas MA, Kinnaird T. Excimer laser coronary atherectomy during complex PCI: An analysis of 1,471 laser cases from the British Cardiovascular Intervention Society database. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2021 Apr 1;97(5):E653-E660. doi: 10.1002/ccd.29251. Epub 2020 Sep 18. PMID: 32946132.
23. Tsutsui RS, Sammour Y, Kalra A, Reed G, Krishnaswamy A, Ellis S, Nair R, Khatri J, Kapadia S, Puri R. Excimer Laser Atherectomy in Percutaneous Coronary Intervention: A Contemporary Review. *Cardiovasc Revasc Med*. 2021 Apr;25:75-85. doi: 10.1016/j.carrev.2020.10.016. Epub 2020 Oct 27. PMID: 33158754.
24. Egred M, Brilakis ES. Excimer Laser Coronary Angioplasty (ELCA): Fundamentals, Mechanism of Action, and Clinical Applications. *J Invasive Cardiol*. 2020 Feb;32(2):E27-E35. PMID: 32005787.
25. Li H, Ai H, Li L, Zheng N, Tang G, Yang G, Zhao Y, Sun F, Zhang H. The therapeutic effects of excimer laser coronary atherectomy therapy for in-stent restenosis chronic total occlusions. *BMC Cardiovasc Disord*. 2021 Aug 18;21(1):399. doi: 10.1186/s12872-021-02208-x. PMID: 34407770; PMCID: PMC8371826.
26. Sasi V, Szántó G, Achim A, Ungi I, Varga A, Ruzsa Z. Combination of Laser Atherectomy and Super High-pressure Non-compliant Balloon to Treat Stent Under-expansion in Cases of Failed Interventional Options. *Interv Cardiol*. 2023 Jul 25;18:e23. doi: 10.15420/icr.2022.36. PMID: 37538386; PMCID: PMC10394584.
27. Dippel EJ, Makam P, Kovach R, George JC, Patlola R, Metzger DC, Mena-Hurtado C, Beasley R, Soukas P, Colon-Hernandez PJ, Stark MA, Walker C; EXCITE ISR Investigators. Randomized controlled study of excimer laser atherectomy for treatment of femoropopliteal in-stent restenosis: initial results from the EXCITE ISR trial (EXCimer Laser Randomized Controlled Study for Treatment of Femoropopliteal In-Stent Restenosis). *JACC Cardiovasc Interv*. 2015 Jan;8(1 Pt A):92-101. doi: 10.1016/j.jcin.2014.09.009. Epub 2014 Dec 10. PMID: 25499305.
28. Kokkinidis DG, Hossain P, Jawaid O, Alvandi B, Foley TR, Singh GD, Waldo SW, Laird JR, Armstrong EJ. Laser Atherectomy Combined With Drug-Coated Balloon Angioplasty Is Associated With Improved 1-Year Outcomes for Treatment of Femoropopliteal In-Stent Restenosis. *J Endovasc Ther*. 2018 Feb;25(1):81-88. doi: 10.1177/1526602817745668. Epub 2017 Dec 8. PMID: 29219030.
29. Kokkinidis DG, Behan S, Jawaid O, Hossain P, Giannopoulos S, Singh GD, Laird JR, Valle JA, Waldo SW, Armstrong EJ. Laser atherectomy and

drug-coated balloons for the treatment of femoropopliteal in-stent restenosis: 2-Year outcomes. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2020 Feb 15;95(3):439-446. doi: 10.1002/ccd.28636. Epub 2019 Dec 9. PMID: 31816169.

30. He Z, Wang H, Lin F, Ding W, Chen K, Zhang Z. The safety and efficacy of different endovascular treatments for in-stent restenosis of the femoropopliteal artery: A network meta-analysis. *Vasc Med.* 2022 Jun;27(3):239-250. doi: 10.1177/1358863X211070327. Epub 2022 Feb 15. PMID: 35164613.

31. Su Z, Li Y, Yang S, Guo J, Guo L, Gu Y. Excimer laser atherectomy combined with drug-coated balloon angioplasty for the treatment of femoropopliteal arteriosclerosis obliterans. *Ann R Coll Surg Engl.* 2022 Nov;104(9):667-672. doi: 10.1308/rcsann.2021.0335. Epub 2022 Apr 21. PMID: 35446161; PMCID: PMC9685997.

32. Zhou M, Qi L, Gu Y. Cool Excimer Laser-Assisted Angioplasty vs. Percutaneous Transluminal Angioplasty for Infrapopliteal Arterial Occlusion: A Meta-Analysis and Systematic Review. *Front Cardiovasc Med.* 2022 Feb 2;8:783358. doi: 10.3389/fcvm.2021.783358. PMID: 35187104; PMCID: PMC8847249.

33. De Maria GL, Scarsini R, Banning AP. Management of Calcific Coronary Artery Lesions: Is it Time to Change Our Interventional Therapeutic Approach? *JACC Cardiovasc Interv.* [Internet], 2019 Aug 12; [citado el 24 feb de 2024]. 12(15):1465-1478. doi: 10.1016/j.jcin.2019.03.038. PMID: 31395217.

34. Mohandes M, Rojas S, Moreno C, Fernández F, Fuertes M, Guarinos J. Excimer Laser in Percutaneous Coronary Intervention of Device Uncrossable Chronic Total and Functional Occlusions. *Cardiovasc Revasc Med.* [Internet], 2020 May; [citado el 28 feb de 2024]. 21(5):657-660. doi: 10.1016/j.carrev.2019.08.022. Epub 2019 Aug 24. PMID: 31477446.

35. Jiang X, Li X, Chen B, Jiang J, Shi Y, Ma T, Lin C, Guo D, Xu X, Ju S, Fu W, Dong Z. Results of

Excimer Laser Ablation Combined with Drug-Coated Balloon for Atherosclerotic Obliterans of Lower Extremity and Risk Factors for Loss of Primary Patency. *Ann Vasc Surg.* [Internet], 2023 Apr; [citado el 24 feb de 2024]. 91:223-232. doi: 10.1016/j.avsg.2022.11.026. Epub 2022 Dec 28. PMID: 36584966.

36. Yang S, Li S, Hou L, He J. Excimer laser atherectomy combined with drug-coated balloon versus drug-eluting balloon angioplasty for the treatment of infrapopliteal arterial revascularization in ischemic diabetic foot: 24-month outcomes. *Lasers Med Sci.* [Internet], 2022 Apr; [citado el 24 feb de 2024]. 37(3):1531-1537. doi: 10.1007/s10103-021-03393-z. Epub 2021 Oct 13. PMID: 34647190.