



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE MEDICINA**

---

---

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
E INVESTIGACIÓN

INSTITUTO DE SEGURIDAD Y SERVICIOS SOCIALES  
DE LOS TRABAJADORES DEL ESTADO

CAMBIOS POST-REVASCULARIZACIÓN ENDOVASCULAR EN LA TERMOGRAFIA Y  
VELOCIDAD DE ACELERACIÓN PLANTAR EN PACIENTES CON ENFERMEDAD ARTERIAL  
PERIFÉRICA DEL HOSPITAL REGIONAL LIC. ADOLFO LÓPEZ MATEOS

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:  
DR. JORGE ALBERTO GONE MARIN

PARA OBTENER EL DIPLOMA DE LA ESPECIALIDAD  
ANGIOLOGÍA, CIRUGÍA VASCULAR Y  
ENDOVASCULAR

ASESOR DE TESIS:  
DR. RODRIGO LOZANO CORONA

NO. DE REGISTRO DE PROTOCOLO  
481.2022  
CD. MX, 2023



**ISSSTE**



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.

---

DR. ANDRÉS DAMIÁN NAVA CARRILLO  
COORDINADOR DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN

---

DRA. ESTHER GUADALUPE GUEVARA SANGINÉS  
JEFA DE ENSEÑANZA MÉDICA

---

DRA. RUTH IXEL RIVAS LUCIO  
JEFA DE INVESTIGACIÓN

---

DR. RODRIGO LOZANO CORONA  
PROFESOR TITULAR

---

DR. RODRIGO LOZANO CORONA  
ASESOR DE TESIS

## **RESUMEN**

Se trata de un estudio observacional, longitudinal y descriptivo a partir de pacientes con enfermedad arteria periférica que se encuentren programados para revascularización endovascular que sean atendidos en el Hospital Regional Lic. Adolfo López Mateos, en el periodo Julio – Diciembre de 2022.

La recolección de datos se obtuvo previo y a los 7 días de postoperatorio de la revascularización endovascular donde los pacientes serán sometidos a medición de la velocidad de aceleración plantar con ultrasonografía Doppler y a valoración de la extremidad afectada mediante termografía con una cámara FLIR JONE Pro. Se recabará además información demográfica y clínica de interés de los pacientes

**RESULTADO:** Los cambios en la termografía y en la velocidad de aceleración plantar se observaron en el postoperatorio. En relación a la velocidad de la aceleración plantar, se identificó cambios significativos en las 5 arterias inframaleolares (APL p 0.035, APM p 0.09, ARC p 0.006, AP p 0.070, ADM p 0.0019) durante el Doppler arterial a los 7 días del procedimiento de revascularización endovascular. Sobre los cambios termográficos postoperatorios, se documentó un aumento significativo en la temperatura  $-0.9^{\circ}\text{C}$  (p 0.0096) en las extremidades inferiores tratadas.

**CONCLUSIÓN:** La revascularización endovascular aumentó la temperatura de la piel de la extremidad tratada y redujo la velocidad de aceleración plantar en pacientes con enfermedad arterial periférica del Hospital Regional Lic. Adolfo López Mateos.

## **SUMMARY**

This is an observational, longitudinal and descriptive study based on patients with peripheral artery disease who are scheduled for endovascular revascularization and are treated at the Hospital Regional Lic. Adolfo López Mateos, in the period July - December 2022.

Data collection was obtained prior to and 7 days postoperatively after endovascular revascularization where patients will undergo measurement of plantar acceleration velocity with Doppler ultrasonography and assessment of the affected limb by thermography with a FLIR |ONE Pro-camera. Demographic and clinical information of interest will also be collected from the patients.

RESULT: Changes in thermography and plantar acceleration velocity were observed postoperatively. Regarding plantar acceleration velocity, significant changes were identified in the 5 inframalleolar arteries (APL p 0.035, APM p 0.09, ARC p 0.006, AP p 0.070, ADM p 0.0019) during arterial Doppler 7 days after the endovascular revascularization procedure. On postoperative thermographic changes, a significant increase in temperature  $-0.9^{\circ}\text{C}$  (p 0.0096) was documented in treated lower extremities.

CONCLUSION: Endovascular revascularization increased skin temperature of the treated extremity and reduced plantar acceleration velocity in patients with peripheral arterial disease at the Hospital Regional Lic. Adolfo López Mateos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Es justo dejar una nota de agradecimiento a todas las personas que contribuyeron en este trabajo.

Al Dr. Rodrigo Lozano Corona, por su labor como tutor durante la que ha demostrado no solo un gran conocimiento, sino también una comprensión y empatía sin las que el trabajo no hubiera sido posible.

Al grupo de adscritos del servicio, que, con su valiosa contribución, confianza y paciencia me enseñaron durante estos 3 años a ser mejor médico gracias a su fuente interminable de conocimiento y experiencias. Gracias por el apoyo. Dra. Nora Elena Sánchez Nicolat, Dr. Jorge Antonio Torres Martínez, Dr. Martin Hilario Flores Escartín, Dra. Rosa Luz Landín García, Dr. Larry Romero Espinosa.

Haciendo mención especial al Dr. Julio Abel Serrano Lozano que fue ejemplo de muchas generaciones y que siempre tendremos presente sus enseñanzas.

Quiero expresar mi agradecimiento a mis padres, hermanos y abuelos por haberme brindado la oportunidad de estudiar con la tranquilidad de saber que cuento con su respaldo.

A mi amada Diana por su inagotable apoyo y paciencia infinita en este largo camino.

## **ÍNDICE GENERAL**

I CAPÍTULO .....	2
I.I.- INTRODUCCIÓN.....	2
II CAPÍTULO .....	3
II.I MARCO TEÓRICO .....	3
II.II HIPÓTESIS.....	9
III CAPÍTULO .....	9
III.I CONTROL SEMÁNTICO O GLOSARIO.....	9
IV CAPÍTULO .....	10
IV.I OBJETIVO.....	10
IV.I.I OBJETIVO GENERAL.....	10
IV.I.II OBJETIVO ESPECIFICOS.....	10
V CAPÍTULO .....	11
V.I DISEÑO METODOLOGICO .....	11
V.I.I TIPO DE PROYECTO .....	11
V.I.II TIPO DE ESTUDIO REALIZADO .....	11
V.I.III PERIODO Y LUGAR DONDE SE DESARROLLA LA INVESTIGACIÓN.....	11
V.I.IV UNIVERSO Y MUESTRA.....	11
Criterios de inclusión .....	11
Criterios de exclusión .....	11
Criterios de eliminación.....	12
V.I.V MÉTODO .....	12
V.I.VI SELECCIÓN DE VARIABLES.....	12
V.I.VII PROCEDIMIENTOS.....	13
V.I. VIII MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	13
V.I. IX ASPECTOS ÉTICOS Y DE BIOSEGURIDAD .....	14
VI CAPÍTULO .....	15
VI.I RESULTADOS .....	15
VI.II DISCUSIÓN .....	16
VII CAPÍTULO .....	19
VII.I CONCLUSIONES .....	19
VIII CAPÍTULO .....	20

VIII.I REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	20
IX CAPÍTULO .....	23
IX.I ANEXOS .....	23
Tabla 1.....	24
Tabla 1B.....	25
Tabla 2.....	25
Tabla 3.....	26
Grafica 1.....	27
Grafica 2.....	27
Figura 1.....	28
Figura 2.....	28
Figura 3.....	28
Figura 4.....	29
Figura 5.....	29
Figura 6.....	30
Figura 7.....	30
X CAPÍTULO .....	31
X.I PERFIL DE PROYECTO INVESTIGADO .....	31



## **I CAPÍTULO**

### **I.I.- INTRODUCCIÓN**

La enfermedad arterial periférica (EAP) es un trastorno progresivo caracterizado por estenosis y/u oclusión de arterias de tamaño mediano y grande. La enfermedad arterial se asocia con una mayor tasa de letalidad debido a eventos isquémicos cardiovasculares. La mayoría de los pacientes cursan de manera asintomática y la evidencia sugiere que la evolución y progresión de la enfermedad es la misma con o sin sintomatología. Sólo 10% de los pacientes con EAP presenta la sintomatología clásica (1–3).

La isquemia crítica de las extremidades (CLI) representa la forma clínica más avanzada de enfermedad arterial periférica. El número de pacientes que sufren de isquemia crítica de extremidades ha aumentado en los últimos años, especialmente en pacientes de edad avanzada. Es una enfermedad con elevada morbimortalidad, generando amputaciones, dolor y disminución de la calidad de vida (4–6).

Los medios principales para el diagnóstico de enfermedad arterial periférica continúan siendo el realizar una historia clínica adecuada, la exploración física, y la medición del índice tobillo-brazo. Usualmente es innecesario utilizar medios de imagenología como el ultrasonido Duplex, la angiografía por tomografía, angiografía por resonancia magnética, ecografía Doppler y termografía para obtener información anatómica más detallada a menos que se esté considerando una intervención quirúrgica o endovascular (7).

La revascularización endovascular es una técnica atractiva mínimamente cruenta y se asocia con una morbilidad y mortalidad reducida, una disminución de los costes hospitalarios y una disminución de la duración de la hospitalización. El tratamiento híbrido, una combinación de cirugía abierta y endovascular, permite reducir el riesgo en aquellos pacientes cuyas comorbilidades, de otro modo, les impedirían someterse a un tratamiento quirúrgico abierto convencional (8).

Debido al advenimiento de nuevas tecnologías, la medición de la temperatura de la piel se ha utilizado como una herramienta de diagnóstico conveniente y efectiva. La termografía infrarroja (TIR) tiene las ventajas de ser no invasiva, rápida, confiable, sin contacto y capaz de producir múltiples registros en intervalos de tiempo cortos. Debido a que la integridad y función vascular son los principales determinantes de la temperatura cutánea, varios estudios han investigado su aplicación en la detección de lesiones vasculares periféricas. Además, la TIR se ha estudiado para evaluar el éxito técnico de los procedimientos endovasculares para pacientes con EAP (9,10).

Por otra parte, el tiempo de aceleración plantar puede ser una medida más precisa de la perfusión regional del pie que podría proporcionar información útil para las intervenciones y el seguimiento.

Además, en pacientes con CLI, el tiempo de aceleración plantar puede servir como indicador de pronóstico para la cicatrización de heridas y muchos la consideran una herramienta útil para evaluar la gravedad de la EAP (11,12).

## **II CAPÍTULO**

### **II.I MARCO TEÓRICO**

La enfermedad arterial periférica (EAP) se refiere a la oclusión parcial o completa de una o más arterias periféricas que conduce a un flujo sanguíneo comprometido provocando isquemia (1). Numerosas enfermedades pueden afectar el flujo sanguíneo a las arterias de las extremidades inferiores, sin embargo, la aterosclerosis sigue siendo el proceso más común de la enfermedad (2).

La EAP suele implicar una enfermedad aterosclerótica en la arteria aorta abdominal, ilíaca, femoral o vasos tibiales como también enfermedad multinivel. La fisiopatología de la aterosclerosis involucra interacciones complejas entre el colesterol y las células vasculares. La placa aterosclerótica se acumula lentamente en el interior de las paredes de las arterias. En las primeras etapas de la EAP, las arterias compensan la acumulación de placa al dilatarse para preservar el flujo a través del vaso. Eventualmente, la arteria no puede dilatarse más y la placa aterosclerótica comienza a estrechar la luz del flujo arterial (3).

En algunos casos, la causa de la isquemia súbita puede ser una embolia de origen cardíaco o una enfermedad aterosclerótica de la aorta. Los émbolos tienden a ser más comunes en sitios de bifurcación arterial o donde las ramas de los vasos tienen un despegue abrupto. La arteria femoral es el sitio más frecuente de embolia, seguida de las arterias ilíacas, la aorta y las arterias poplíteas (3).

Las consecuencias hemodinámicas de la aterosclerosis dependen del grado de estrechamiento arterial. Una disminución del 50% en el diámetro del vaso corresponde a una pérdida del 75% del área de la sección transversal, lo que generalmente se considera limitante del flujo. A medida que avanza el estrechamiento u obstruye completamente la arteria, el flujo de sangre se desplaza hacia arterias más pequeñas que son paralelas a la arteria enferma. Aunque este flujo colateral preserva la perfusión distal, la red de vasos más pequeños nunca transporta tanto flujo sanguíneo como la arteria principal. Esta restricción del flujo sanguíneo representa el sello distintivo de la EAP y sus síntomas típicos. Los músculos de las extremidades inferiores requieren un mayor flujo sanguíneo durante la deambulación para satisfacer la mayor demanda de energía. Los pacientes con PAD alcanzan un punto durante la marcha en el que se maximiza el flujo sanguíneo colateral y no pueden proporcionar más perfusión a los músculos de las extremidades inferiores. Este desajuste entre la oferta y la demanda provoca una isquemia temporal de los músculos que se manifiesta como dolor,

calambres o fatiga y, en última instancia, hace que el paciente con EAP disminuya la velocidad o deje de caminar. Reducir las demandas de energía del músculo permite que el suministro de sangre se “recupere” y se resuelvan los síntomas isquémicos. Este ciclo de restricción del flujo sanguíneo aumenta la demanda de energía y la isquemia muscular temporal describe la fisiopatología de la claudicación debida a la EAP (3).

Los pacientes con EAP generalmente tienen suficiente flujo sanguíneo colateral para que solo tengan síntomas durante actividades que aumentan la demanda de energía, como caminar. En raras ocasiones, la EAP se vuelve progresivamente más grave y el flujo sanguíneo no puede satisfacer las demandas metabólicas en reposo de la extremidad inferior. La perfusión deficiente de los músculos y nervios puede provocar un dolor isquémico en reposo, que a menudo se describe como un dolor ardiente e intratable en las plantas de los pies. Las heridas que no cicatrizan y las úlceras isquémicas representan la pérdida de tejido debido al flujo sanguíneo deficiente. En los casos más graves, los dedos de los pies o todo el antepié pueden presentar datos de isquemia y desarrollar necrosis (4).

La EAP afecta a más de 200 millones de adultos en todo el mundo y su incidencia aumenta hasta un 20 % en personas mayores de 70 años. Aunque la EAP se ha percibido tradicionalmente como una enfermedad que afecta a los hombres, su prevalencia parece ser igual entre los hombres mayores y mujeres. El diagnóstico insuficiente de EAP en el entorno de atención primaria puede ser un problema importante, ya que la mayoría de los pacientes con EAP no presentan los síntomas estereotípicos de claudicación descritos. El tabaquismo aumenta cuatro veces el riesgo de desarrollar EAP y tiene el mayor impacto en la gravedad de la enfermedad. En comparación con los no fumadores, los fumadores con EAP tienen una esperanza de vida más corta y progresan con mayor frecuencia a la isquemia crítica de las extremidades y la amputación. Los factores de riesgo adicionales para la EAP incluyen diabetes, hiperlipidemia, hipertensión, raza y origen étnico(5).

En general, los factores de riesgo para la EAP incluyen la edad, la diabetes mellitus, el tabaquismo, la enfermedad renal, la hiperlipidemia, la hipertensión y otros factores de riesgo no tradicionales, es decir, el origen étnico, los trastornos metabólicos y la proteína C reactiva (6).

El ultrasonido Doppler (UD) es una técnica no invasiva, accesible y de alta disponibilidad que además es operador-dependiente (7,8). El médico radiólogo entrenado puede realizar una serie de hallazgos anatómicos, fisiológicos y fisiopatológicos que pudieran constituir un extenso reporte del estudio. El Doppler color puede ofrecer información de la pared arterial, la longitud de la estenosis, la morfología de las placas y su hemodinamia, pero puede ser técnicamente difícil y exige tiempo (9).

El UD, además, permite determinar presiones arteriales segmentarias y el índice de Yao (ITB) es el más utilizado. En condiciones normales el índice es igual a 1. Valores entre 0.5 y 0.8 corresponden

a claudicación; menores de 0.4 indican obstrucción grave y menores a 0.3 se relacionan con la presencia de necrosis isquémica (8).

En el examen físico, los pacientes con EAP pueden tener pulsos disminuidos o ausentes en las extremidades inferiores. Este hallazgo se puede confirmar con el ITB, una medida objetiva de la perfusión arterial de las extremidades inferiores. Como su nombre lo indica, el ITB compara la presión arterial sistólica en el tobillo con la presión sistólica en el brazo. Se debe colocar un manguito de presión arterial manual justo por encima del tobillo mientras se localiza la arteria tibial posterior o la arteria dorsal del pie con una sonda Doppler manual. Mientras escucha la señal Doppler, el manguito de presión arterial se infla hasta que borra la señal Doppler. A medida que el manguito se desinfla lentamente, la presión a la que regresa la señal Doppler se registra como la presión sistólica del tobillo. Se repiten los mismos pasos para la otra arteria del pie y la otra pierna. Asimismo, la presión braquial se puede medir con un manguito de presión arterial en la parte superior del brazo y una sonda Doppler colocada sobre la arteria radial o cubital en la muñeca. El ITB es la presión sistólica más alta medida en cada tobillo dividida por la más alta de las dos presiones braquiales sistólicas. Un ABI normal oscila entre 0.9 y 1.3. La EAP se define como un ITB inferior a 0.9 y la mayoría de los pacientes con claudicación tienen un ITB entre 0.5 y 0.9. Los pacientes con un ITB extremadamente bajo (menos de 0.5) suelen tener dolor isquémico en reposo o pérdida de tejido. Un ITB superior a 1.3 indica rigidez de la pared arterial que puede ocurrir en pacientes con diabetes o insuficiencia renal. Si una presión del manguito de 250 mmHg no borra la señal Doppler, el ITB se clasifica como "no comprimible". Los pacientes con un ITB falsamente elevado (más de 1.3) o no comprimible requieren estudios fisiológicos o de imágenes alternativos para confirmar el diagnóstico de EAP (10,11).

Basado en el concepto de angiosoma, la importancia del flujo regional en el pie, en lugar de la simple perfusión al nivel del tobillo, tiene implicaciones con respecto a las intervenciones. Se ha argumentado que los métodos que pueden definir claramente la perfusión y la dirección del flujo en los angiosomas del pie pueden ayudar a planificar y mejorar la recuperación de la extremidad en pacientes con isquemia crítica de la extremidad. Por ello resulta relevante comprender la perfusión del pie por angiosomas para planificar intervenciones y estudiar de cerca el flujo arterial plantar al pie (12).

La velocidad de aceleración plantar (VAP) emplea la arteria plantar lateral porque, esta arteria suele ser dominante y se visualiza fácilmente mediante imágenes dúplex. VAP resulta una herramienta útil para medir la perfusión en pacientes con ITB no comprimible. Además, el tiempo de aceleración plantar puede ser una medida más precisa de la perfusión regional del pie que puede proporcionar información útil para las intervenciones y el seguimiento. Además, en pacientes con isquemia crítica de la extremidad, VAP puede servir como indicador de pronóstico para la cicatrización de heridas (12).

Para determinar VAP, se realizan imágenes dúplex de las arterias plantares utilizando un sistema Philips EPIQ 5 DUS. Se emplea un transductor de matriz lineal con frecuencias Doppler pulsadas entre 3 y 12 MHz para medir el tiempo de aceleración plantar. En el eje largo (indicador en la sonda al talón del paciente), se sigue la arteria plantar lateral (Figura 1 y 2) desde la bifurcación de la arteria tibial posterior en arterias plantares medial y lateral hasta la cara plantar media del pie. Se aplica Doppler color a la arteria plantar lateral con una disminución en la escala de color. Se aplica un aumento en la ganancia de color para llenar la arteria adecuadamente. El cuadro de color se ajusta en la dirección adecuada. El volumen de muestra Doppler se aplica en el centro de la arteria y se puede obtener a 60 o menos. Una vez que la forma de onda espectral está activa, la forma de onda Doppler debe llenar las tres cuartas partes de la ventana espectral con la velocidad de barrido establecida en el medio. La ganancia espectral debe ser apropiada para visualizar adecuadamente el contorno de la forma de onda. Una vez que se congela la forma de onda, el tiempo de aceleración plantar se mide con precisión, en milisegundos (ms), desde el inicio del aumento sistólico hasta el pico de la sístole (Figura 3). Un punto de referencia útil para la medición de la arteria plantar lateral es visualizar las venas plantares laterales (Figura 4) (12). Una VAP superior a 225 se considera grave y se correlaciona con isquemia crítica de miembros (12).

La termografía infrarroja (TIR) es una herramienta instrumental sin contacto, no invasiva, de bajo costo y fácil de usar. Mide la temperatura disipada por la piel del pie, que depende directamente de la calidad de la perfusión sanguínea tisular. La reducción de la perfusión sanguínea de los tejidos debido a la obstrucción de los vasos arteriales compromete el metabolismo celular, disminuyendo así la producción de calor. Por lo tanto, la temperatura de la piel del pie medida por encima de estos tejidos podría depender de la gravedad de la enfermedad aterosclerótica. Previamente se ha aplicado TIR en ensayos con pacientes con EAP (13,14), o para determinar el éxito técnico de la revascularización (15).

En TIR, la temperatura del pie se evalúa a través de una cámara térmica (FLIR ONE-Pro, Flir System, Limbiate, Italia) conectada a un teléfono inteligente equipado con la aplicación FlirOne Android®. La temperatura se toma para ambos pies en cuatro puntos precisos correspondientes a la arteria tibial posterior debajo del maléolo medial, la arteria tibial anterior en el tobillo, la arteria dorsal del pie debajo de la primera articulación metatarsofalángica y la arteria arcuata debajo la cuarta articulación metatarsiano-falángica (16). Una representación esquemática de los puntos de muestreo se observa en la Figura 5.

Algunos estudios previos han evaluado los cambios post-revascularización endovascular en la TIR y VAP en pacientes con EAP.

Sommerset y cols. (12) definieron la utilidad del tiempo de aceleración plantar como sustituto del ITB. VAP se correlacionó significativamente con el ABI ( $p < 0.001$ ). Hubo diferencias significativas en la VAP entre cada clase según el ITB. y la presentación clínica ( $p < 0.001$  para cada uno): VAP de

clase 1,  $89.9 \pm 15.5$  mseg; Clase 2,  $152.3 \pm 28.4$  mseg; Clase 3,  $209.8 \pm 25.5$  ms, y Clase 4,  $270.2 \pm 35.3$  ms. VAP demostró una alta correlación con el ITB en pacientes con arterias comprimibles. Con base en los resultados, se propusieron las siguientes categorías de VAP, que parecen correlacionarse con los hallazgos clínicos y de ITB. El ITB de 0.90 a 1.3 se correlaciona con una VAP de 0 a 120 ms, el ITB de 0.69 a 0.89 se correlaciona con una VAP de 121 a 180 ms, el ITB de 0.40 a 0.68 se correlaciona con una VAP de 181 a 224 ms, y un ITB de 0.00 a 0.39 se correlaciona con una VAP superior a 225 mseg. Se están realizando más estudios para confirmar si VAP puede ser un sustituto adecuado del ITB en pacientes con arterias no comprimibles que impiden ITB significativos y brinda más información sobre la perfusión dirigida de angiosomas al pie.

En otro estudio, Teso y cols. (17) analizaron si VAP puede ser un predictor para salvar la extremidad en pacientes con Isquemia Crónica que Amenaza la Extremidad (ICAE). Las mediciones de VAP se clasificaron en 4 clases; 1 (40-120 ms), 2 (121-180 ms), 3 (181-224 ms) y 4 (más de 225 ms). Setenta y tres extremidades con ICAE se incluyeron en el estudio. Todos los pacientes fueron sometidos a revascularización arterial con técnica percutánea o bypass arterial. Se logró salvar la extremidad en 59 (81%) de las 73 extremidades. Las 59 extremidades tuvieron una mejora de clasificación 2 en su VAP después de las intervenciones. Un total de 14 (19%) extremidades sin mejoría en su VAP se sometieron a amputaciones por encima del nivel del tobillo. Una mejora en las clases de VAP a clase 1 o 2 se asoció con el rescate de la extremidad. Los pacientes con presiones en el tobillo no compresibles o presiones en los dedos del pie no obtenibles plantearon un desafío en la evaluación completa de la clasificación WIFI. Este estudio demostró que VAP se puede utilizar en el sistema de puntuación de la gravedad de la isquemia junto con la clasificación WIFI actual. Los datos sugieren que la recuperación de la extremidad se correlaciona con la VAP posterior al procedimiento en las categorías 1 y 2. Por lo tanto, los autores proponen que la VAP se agregue como parte de la clasificación WIFI.

Mientras que Huang y cols.(13) investigaron la utilidad de la TIR en la evaluación de pacientes con alto riesgo de EAP de las extremidades inferiores, incluida la gravedad, la capacidad funcional y la calidad de vida. Veintiocho sujetos tenían un ITB anormal ( $<1$ ), mientras que EAP se diagnosticó en 20. Ningún sujeto tenía una arteria no compresible (ITB  $>1,3$ ). Los perfiles demográficos y los parámetros clínicos en pacientes con EAP y sin EAP fueron similares, excepto por la edad, los antecedentes de tabaquismo y la hiperlipidemia. Los pacientes con EAP caminaron distancias más cortas ( $356 \pm 102$  m vs  $218 \pm 92$  m;  $p < 0.001$ ). La claudicación ocurrió en 14 pacientes, mientras que siete fallaron en completar una prueba de marcha de 6 minutos (6MWT). Las temperaturas de reposo fueron similares en pacientes con EAP y sin EAP. Sin embargo, la temperatura posterior al ejercicio descendió en las extremidades inferiores con estenosis arterial, pero se mantuvo o se elevó ligeramente en las extremidades con arterias permeables (cambios de temperatura en la planta del pie en pacientes con EAP vs pacientes sin EAP:  $-1.25$  vs  $-0.15$  °C;  $p < 0.001$ ). Los cambios de temperatura inducidos por el ejercicio en la planta no solo se correlacionaron positivamente con el

6MWD (coeficiente de correlación de Spearman = 0.31,  $p = 0.03$ ), sino que también se correlacionaron con el ITB (coeficiente de correlación de Spearman = 0.48,  $p < 0.001$ ) y 7 puntuaciones de recuerdo de actividad física de dos días (coeficiente de correlación de Spearman = 0.30,  $p = 0.033$ ). Al detectar los cambios de temperatura cutánea en las extremidades inferiores, la TIR ofrece otra opción no invasiva y sin contraste en la evaluación de la PAD y la evaluación funcional.

Mientras que Staffa y cols.(18) evaluaron el posible uso de la TIR como método complementario al ITB utilizado para evaluar el efecto del tratamiento de la angioplastia transluminal percutánea. El estudio incluyó a 21 pacientes, la edad media fue de 60.22 años. El grupo de control sano incluyó a 20 personas, la edad media fue de 55.60 años. Los pacientes con EAP sintomática ingresaron para tratamiento endovascular mediante angioplastia transluminal percutánea. El cambio medio de temperatura en la extremidad tratada fue de 0.4 °C, para la extremidad no tratada fue de -0.5 °C. El valor mediano del ITB en la extremidad tratada aumentó en 0.17 desde 0.81 después del procedimiento. El valor mediano del ITB en la extremidad no tratada disminuyó en 0.03 desde el valor de 1.01. Se encontró una diferencia significativa entre el miembro tratado y el miembro no tratado en el cambio del ITB con un valor de  $p = 0.0035$ . La temperatura superficial obtenida por la TIR se correlacionó con el ITB. El ITB se asoció con aumento de la temperatura de la piel en el caso de extremidades tratadas mediante angioplastia transluminal percutánea. Los resultados también sugieren el potencial del uso de la TIR para monitorear la temperatura del pie como un medio de detección temprana de la aparición de trastornos isquémicos del pie.

Ilo y cols.(19) compararon los cambios de temperatura de la piel en los pies antes y después de la revascularización e identificar la posible correlación entre los valores del ITB, la presión del dedo del pie (TP) y la temperatura de la piel del pie del paciente con y sin diabetes. Hubo una clara correlación entre el aumento del ITB y TP y el aumento de la temperatura media de la piel en los pies después de la revascularización. La temperatura fue más alta y el cambio de temperatura fue mayor entre los pacientes con diabetes. La diferencia de temperatura de lado a lado entre los pies revascularizados y los pies contralaterales disminuyó después del tratamiento. La temperatura media fue mayor en los pies con herida, tanto si el paciente tenía diabetes mellitus como si no. El procedimiento TIR simple, rápido y no invasivo mostró su potencial como herramienta de seguimiento entre pacientes con diabetes o EAP y revascularización previa de miembros inferiores.

Finalmente, Zenunaj y cols.(16) evaluaron la utilidad y confiabilidad de los cambios de temperatura del pie medidos por TIR para la evaluación de pacientes con EAP antes y después de la revascularización endovascular. En el plazo de un año, se inscribieron 40 pacientes, de los cuales el 87.5% padecía isquemia crítica de las extremidades. En tres pacientes, fue imposible obtener mediciones de ITB debido a ulceraciones en la extremidad. Los cambios de temperatura de la piel obtenidos por TIR entre el miembro sintomático y el miembro contralateral tuvieron una diferencia

media de 1.7 °C (rango: 1.1-2.2 °C),  $p < 0.001$ . Hubo una correlación positiva entre el ITB y los valores de temperatura de la extremidad necesarios para el tratamiento antes de la revascularización ( $p = 0.025$ ;  $r = 0.36$ ) y después de la revascularización ( $p = 0.024$ ,  $r = 0.31$ ). La tasa de éxito técnico fue del 100% en todos los casos, consiguiendo un aumento significativo de la temperatura en todos los puntos del pie analizados, con una mediana de cambio de 2 °C ( $p < 0.001$ ). La TIR es una aplicación segura, fiable y sencilla. Podría ser una herramienta valiosa para la evaluación de la presentación clínica y la gravedad de la perfusión sanguínea del pie en pacientes con EAP sintomática y la evaluación del éxito técnico de la revascularización endovascular. La TIR podría tener un papel en el seguimiento de los procedimientos de revascularización.

## **II.II HIPÓTESIS**

Tras la revascularización endovascular ocurren cambios en la termografía y la velocidad de aceleración plantar en pacientes con enfermedad arterial periférica del Hospital Regional Lic. Adolfo López Mateos.

## **III CAPÍTULO**

### **III.I CONTROL SEMÁNTICO O GLOSARIO**

En este capítulo se incluyen elementos del estudio como los datos recolectados, unidades de medida y escalas de clasificación, que a continuación se describen:

- Edad  
Tiempo que ha vivido una persona u otro ser vivo contando desde su nacimiento.
- Sexo  
Diferencia física y de características sexuales que distinguen al hombre de la mujer y permiten denominar al individuo como masculino o femenino.
- Comorbilidades  
Cuando una persona tiene dos o más enfermedades o trastornos al mismo tiempo.
- Factores de riesgo para enfermedad arterial periférica  
Circunstancia o condición que aumenta las probabilidades de una persona de padecer una enfermedad.
- Manifestaciones clínicas  
Relación entre los signos y síntomas que se presentan en una determinada enfermedad.
- Clasificación de WIFI (Wound, Ischemia, Foot infection)  
Sistema que estadifica el riesgo de amputación según la extensión de la herida, grado de isquemia, presencia y la gravedad de la infección del pie.

- Velocidad de aceleración plantar preoperatoria  
Técnica que se utiliza para evaluar el flujo arterial de los vasos inframaleolares del pie en el preoperatorio.
- Velocidad de aceleración plantar postoperatoria. (a los 7 días)  
Técnica que se utiliza para evaluar el flujo arterial de los vasos inframaleolares del pie en el postoperatorio
- Termografía preoperatoria  
Técnica que permite medir temperaturas a distancia y sin necesidad de contacto físico
- Termografía postoperatoria (a los 7 días)  
Técnica que permite medir temperaturas a distancia y sin necesidad de contacto físico

## **IV CAPÍTULO**

### **IV.I OBJETIVO**

Dentro del desarrollo de la tesis en curso se plantearon varios objetivos, los cuales se describen como objetivo general y objetivos específicos.

#### **IV.I.I OBJETIVO GENERAL**

Determinar los cambios post-revascularización endovascular en la termografía y velocidad de aceleración plantar en pacientes con enfermedad arterial periférica del Hospital Regional Lic. Adolfo López Mateos.

#### **IV.I.II OBJETIVO ESPECIFICOS**

- Describir las características demográficas y comorbilidades de los pacientes.
- Conocer los factores de riesgo para enfermedad arterial periférica y las manifestaciones clínicas al diagnóstico.
- Determinar la severidad de la enfermedad arterial periférica con la clasificación de WIFI.
- Comparar la velocidad de aceleración plantar pre y post- revascularización.
- Comparar el análisis de termografía plantar pre y post- revascularización.

## **V CAPÍTULO**

### **V.I DISEÑO METODOLOGICO**

#### **V.I.I TIPO DE PROYECTO**

El tipo de proyecto que se desarrolla tiene como objetivo identificar los cambios termográficos y de velocidad de aceleración plantar posterior al procedimiento de revascularización endovascular.

#### **V.I.II TIPO DE ESTUDIO REALIZADO**

Se trata de un estudio observacional, longitudinal y descriptivo a partir de pacientes con enfermedad arteria periférica con el objetivo de identificar los cambios termográficos y su relación con la velocidad de aceleración plantar en pacientes que se realizan procedimientos de revascularización endovascular.

#### **V.I.III PERIODO Y LUGAR DONDE SE DESARROLLA LA INVESTIGACIÓN**

Pacientes con enfermedad arteria periférica que se encuentren programados para revascularización endovascular que sean atendidos en el Hospital Regional Lic. Adolfo López Mateos, en el periodo Julio – Diciembre de 2022

#### **V.I.IV UNIVERSO Y MUESTRA**

##### **Criterios de inclusión**

- Pacientes mayores de 18 años, de ambos sexos
- Antecedente de enfermedad arterial periférica en asociación con dolor isquémico en reposo o pérdida de tejido de 2 o semanas de evolución asociado a parámetros hemodinámicos alterados (ITB <0.4 en arteria tibial posterior o dorsalis pedis) AP (presión de tobillo) <50 mmHg, Presión de dedo (TP) <30 mmHg, presión transcutánea de oxígeno (TcPO<sub>2</sub>) <30 mmHg, Forma de onda plana o pulso mínimamente pulsátil equivalente al grado 3 de isquemia en la clasificación de WIFI
- Programados o urgencia para revascularización endovascular
- Atendidos en el Hospital Regional “Lic. Adolfo López Mateos”

##### **Criterios de exclusión**

- Pacientes con cirugía previa vascular de extremidades inferiores o con antecedente de amputación de extremidades inferiores.

### **Criterios de eliminación**

- Pacientes con información incompleta al final del estudio o con resultados no concluyentes de termografía plantar.

### **V.I.V MÉTODO**

- Este estudio será sometido a revisión por los Comités de Bioética en Investigación e Investigación del Hospital Regional Lic. Adolfo López Mateos.
- Se invitará a participar en el presente estudio a los pacientes mayores de 18 años, de ambos sexos con enfermedad arterial periférica de acuerdo con la clasificación de WIFI que se encuentren programados para revascularización endovascular en el Hospital Regional Lic. Adolfo López Mateos durante el periodo de estudio.
- Posteriormente, previo a la revascularización endovascular los/las pacientes serán sometidos a medición de la velocidad de aceleración plantar con ultrasonografía Doppler y a valoración de la extremidad afectada mediante termografía con una cámara FLIR |ONE Pro.
- Las mismas mediciones se realizarán a los 7 días postoperatorios.
- Así mismo, se recabará además información demográfica y clínica de interés de los pacientes incluyendo, edad, sexo, comorbilidades, factores de riesgo para enfermedad arterial periférica, manifestaciones clínicas.
- Finalmente, la información será analizada en el programa SPSS para realizar análisis estadístico y obtener resultados del proyecto.

### **V.I.VI SELECCIÓN DE VARIABLES**

En la selección de las variables del estudio se tomaron en cuenta aspectos demográficos específicos y relevantes para el desarrollo de la enfermedad arterial periférica descartando pacientes que fallecieron en un periodo previo a la intervención de revascularización.

Las variables y unidades de medida seleccionados fueron:

- Edad
- Sexo
- Comorbilidades
- Factores de riesgo para enfermedad arterial periférica
- Manifestaciones clínicas
- Clasificación de WIFI (Wound, Ischemia, Foot infection)
- Velocidad de aceleración plantar preoperatoria
- Velocidad de aceleración plantar postoperatoria. (a los 7 días)

- Termografía preoperatoria
- Termografía postoperatoria (a los 7 días)

Dentro de los procedimientos para el control de calidad se cuenta con recursos humanos, quienes cuentan con objetivos específicos y compromisos éticos para llevar a cabo la investigación en curso que a continuación se mencionan:

Jorge Alberto Gone Marin, residente de Angiología y Cirugía Vasculare responsable de proyecto en curso. Es encargado de la recolección de datos de las distintas fuentes ya mencionadas con anterioridad, encargado del procesamiento y presentación de la información, así como del análisis estadístico y elaboración de resultados.

Dr. Rodrigo Lozano Corona, profesor titular del curso, participara en el análisis e interpretación de los datos recolectados.

Para desarrollar una investigación de calidad se instauró un programa de trabajo dentro de un calendario plasmando las actividades específicas y objetivos planteados, en donde encontramos específicamente la recolección de la información, procesamiento de datos, descripción y análisis de datos y elaboración del informe técnico final.

#### **V.I.VII PROCEDIMIENTOS**

La unidad de análisis y recolección de datos se ocupó la toma de las imágenes de termografía preoperatorio como de la velocidad de aceleración plantar, historia clínica y exploración física que se realiza en el momento del ingreso hospitalario. Posteriormente, a la semana de evolución postquirúrgica se toman los mismos datos y documentamos en una hoja de cálculo los hallazgos.

#### **V.I. VIII MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Se utilizó el paquete estadístico SPSS v.26 para el procesamiento de los datos. Se realizó un análisis estadístico descriptivo y otro inferencial. Para las variables cualitativas, el análisis descriptivo se realizó con frecuencias y porcentajes.

Se realizó la prueba de Shapiro-Wilk para determinar la distribución de los datos; en caso de una distribución paramétrica el análisis descriptivo consistió en media y desviación estándar. En caso de que las variables cuantitativas tuvieran una distribución no paramétrica, se utilizaron como estadísticos descriptivos la mediana y el rango intercuartil.

El análisis inferencial se realizó con la prueba t de muestras relacionadas, en el caso de variables con distribución normal, y la prueba de U de Mann-Whitney para variables de distribución libre; para determinar si existieron diferencias significativas.

Un valor de  $p < 0.05$  se consideró significativa. Se utilizaron tablas y gráficos para presentar la información.

## **V.I. IX ASPECTOS ÉTICOS Y DE BIOSEGURIDAD**

El presente proyecto de investigación se sometió a evaluación por los Comités Locales de Investigación y Bioética en Salud para su valoración y aceptación.

Este estudio se realizó en seres humanos y prevaleció el criterio de respeto a su dignidad y la protección de sus derechos considerando el reglamento de la Ley General de Salud en Materia de investigación para la salud en su artículo 17, ya que esta investigación se calificó con riesgo mínimo puesto que se realizó a los pacientes pruebas clínicas de rutina.

Este proyecto también se apega a los siguientes documentos y declaraciones:

-Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial. Que establece los Principios Éticos para las investigaciones Médicas en Seres Humano, adaptada por la 8° Asamblea Médica Mundial, Helsinki Finlandia en junio de 1964.). Así como a la última enmienda hecha por la última en la Asamblea General en octubre 2013, y a la Declaración de Taipéi sobre las consideraciones éticas sobre las bases de datos de salud y los biobancos que complementa oficialmente a la Declaración de Helsinki desde el 2016; de acuerdo con lo reportado por la Asamblea Médica Mundial.

-Declaración de Ginebra de la Asociación Médica Mundial que vincula al médico con la necesidad de “velar solícitamente y ante todo por la salud del paciente”.

-Código de Nuremberg. Que en su primera disposición señala “es absolutamente esencial el consentimiento informado o voluntario del sujeto humano”. Aquí lo llevaremos a cabo al obtener el consentimiento informado de los sujetos de estudio quienes aceptan participar de forma libre, sin presiones y de igual forma pueden retirarse cuando así lo decidan.

No se expuso a riesgos ni daños innecesarios al participante y se requirió firma de carta de consentimiento informado para incluir al paciente en el estudio. Para obtener el consentimiento, se explicó al paciente en qué consistía el estudio, los riesgos, beneficios de participar, así como el objetivo y justificación del estudio. De la misma manera, se le mencionó que no habría repercusión negativa alguna en caso de que no quisiera participar.

Hubo completo respeto de los principios bioéticos de Beauchamp y Childress, que incluyen: respeto, beneficencia, no maleficencia y justicia.

- La autonomía tiene que ver con el respeto a la autodecisión, autodeterminación, al respecto de la privacidad de los pacientes y a proteger la confidencial de los datos.

- El principio de beneficencia aplica para nuestro estudio dado que, aunque es un estudio retrospectivo consiste en prevenir el daño, eliminar el daño o hacer el bien a otros.
- El principio de no maleficencia consiste, la obligación de no infringir daño intencionadamente, no causar dolor o sufrimiento, no matar, ni incapacitar, no ofender y en no dañar sus intereses.
- Con respecto de principio de justicia, que consiste en «dar a cada uno lo suyo», es decir a dar el tratamiento equitativo y apropiado a la luz de lo que es debido a una persona, de forma imparcial, equitativa y apropiada.
- Se hizo uso correcto de los datos y se mantuvo absoluta confidencialidad de estos. Esto de acuerdo con la Ley Federal de Protección de Datos Personales, a la NOM-004-SSA3-2012, Del expediente clínico (apartados 5.4, 5.5 y 5.7)

## **VI CAPÍTULO**

### **VI.I RESULTADOS**

En este estudio se incluyeron un total de 43 pacientes con enfermedad arterial periférica que fueron sometidos a revascularización endovascular en el Hospital Regional Lic. Adolfo López Mateos, de edad media 69.9 años (rango 55-88 años). De estos, el 44.1% eran femeninos y el 55.8% eran masculinos (Tabla 1).

En cuanto a las comorbilidades de los pacientes y factores de riesgo para enfermedad arterial periférica de los pacientes incluidos el 62.7% tenían antecedente de tabaquismo, el 34.8% tenían cardiopatía isquémica, el 11.6% dislipidemia, el 81.4% diabetes mellitus, el 76.7% hipertensión arterial sistémica y el 16.2% enfermedad renal crónica. El 81.4% habían recibido terapia médica farmacológica para enfermedad arterial periférica (ácido acetilsalicílico, estatinas y modificaciones en el estilo de vida) de acuerdo con lo recomendado en las guías de práctica clínica internacionales. (Tabla 1)

Enseguida, se clasificaron los pacientes con enfermedad arterial periférica según el índice tobillo-brazo y la clasificación WIFI (herida, isquemia e infección) de la extremidad inferior afectada. Según el ITB, no se identificaron pacientes con grado 0: (ITB = o > 0.80), Grado 1: (ITB 0.6-0.79) el 6.9%, Grado 2: (ITB 0.4-0.59) el 20.9%, Grado 3: (ITB = o < 0.39) el 6.9% e ITB no compresible (ITB > 1.4) el 60.4% de los pacientes.

En cuanto a la clasificación WIFI, el 41.8% eran etapa clínica 2, el 27.9% etapa clínica 3 y el 30.2% etapa clínica 4, es decir riesgo bajo, moderado y alto de amputación a un año respectivamente. (Tabla 1B).

Dentro de los parámetros a evaluar de la clasificación de WIFI, se identifican 30 pacientes que representan el 69.7% de la población con un ITB no compresible secundario a calcificación medial arterial, estos pacientes se clasificaron de acuerdo con la velocidad de aceleración plantar y su correlación con el ITB.

Existen gran variabilidad de procedimientos endovasculares que se pueden realizar para salvamento de la extremidad, se obtuvo un éxito técnico en el 100% de los casos y lo podemos definir cuando se logra cruzar la lesión del vaso objetivo usando alguna guía hidrofílica y balón de angioplastia obteniendo una estenosis residual <30%. Dentro del grupo de pacientes que cumplían los criterios de inclusión hubo 2 defunciones por complicaciones cardiovasculares previo a realizar el procedimiento de revascularización por lo que se procede a continuar con 41 pacientes. (Tabla 3).

En todos los sitios hubo una reducción de la velocidad de aceleración plantar tanto en la arteria plantar lateral, arteria plantar medial, arteria arcuata, arteria plantar profunda y arteria dorsal metatarsal. También se pudo observar cambios en la termografía realizada en los pacientes previo y posterior al procedimiento de revascularización a los 7 días del seguimiento postoperatorio. Con respecto al objetivo primario, se identificó un valor de p significativo posterior al procedimiento de revascularización endovascular en la termografía y velocidad de aceleración plantar, estos resultados los podemos corroborar en la Tabla 3. Se identificaron siete pacientes con persistencia del dolor isquémico en reposo y progresión en la severidad de lesiones isquémicas distales que ameritaron amputación mayor en los 30 días posteriores al procedimiento de revascularización.

## **VI.II DISCUSIÓN**

Las características demográficas son compatibles con el perfil clínico de pacientes con esta enfermedad descritas en otras literaturas. Diversos estudios epidemiológicos basados en técnicas objetivas como el índice tobillo-brazo identificaron una prevalencia de enfermedad arterial periférica del 3-10% en la población. La prevalencia de claudicación intermitente, una de las manifestaciones de la enfermedad arterial periférica incrementa de acuerdo con la edad, el 3% presentaba sintomatología a los 40 años con un aumento progresivo del 6% a los 60-65 años. Después de los 70 años la prevalencia aumenta hasta los 15-20%. La edad promedio en nuestra población fue de 70 años lo cual concuerda con la literatura internacional. Además, estudios previos muestran un ligero predominio en el género masculino en comparación con el femenino, sin embargo, se ha identificado cierta predisposición a la enfermedad arterial periférica de acuerdo con el grupo de edad. La claudicación es más frecuente en hombres jóvenes, pero no hay una predisposición de género en pacientes de edad avanzada, se ha visto un aumento en la prevalencia en mujeres después de los 75 años ya que en el momento del diagnóstico suelen ser pacientes adultos mayores con obesidad y con diagnóstico de diabetes mellitus de larga evolución con manifestación de síntomas

relacionados con isquemia crónica que amenaza la extremidad; Wang y cols. por ejemplo reportaron que el 55% de los pacientes con enfermedad arterial periférica que las mujeres tenían 1.53 veces más riesgo de enfermedad arterial periférica (22). Por otro lado, las comorbilidades encontradas en los pacientes fueron diabetes mellitus, hipertensión arterial, cardiopatía isquémica, tabaquismo y enfermedad renal crónica. Cada una de estas patologías se han reportado como factores de riesgo para enfermedad arterial periférica como también en el aumento en la severidad de las manifestaciones como en complejidad en el tratamiento como es la enfermedad renal crónica y la diabetes mellitus de larga evolución. En relación con las comorbilidades identificadas en el grupo de pacientes estudiados, Urbano y cols. por ejemplo encontraron que la hipertensión arterial sistémica incrementó el riesgo de enfermedad arterial periférica 4.6 veces, la diabetes mellitus 4.3 veces, la dislipidemia 3.1 veces, la obesidad 1.8 veces y el tabaquismo 1.6 veces. Por lo que, su presencia y elevada frecuencia en nuestros pacientes con enfermedad arterial periférica es esperada (23). Selvin y cols. reportaron que los principales factores de riesgo para enfermedad arterial periférica fueron tabaquismo, diabetes mellitus, hipercolesterolemia y enfermedad renal crónica (24). De esta manera, las comorbilidades/factores de riesgo para enfermedad arterial periférica en nuestros pacientes son similares a las reportadas en la literatura.

Segundo, alrededor del 81% de los pacientes habían recibido previamente terapia médica consistente de hipolipemiantes, antiagregantes y modificaciones en el estilo de vida para el manejo de la enfermedad arterial periférica. Esto es coherente con el manejo médico establecido para el control de los factores de riesgo relacionados a la enfermedad que elevan la morbimortalidad como también pueden disminuir el pronóstico en la viabilidad de la extremidad afectada. La adherencia a este tratamiento puede reducir las complicaciones relacionadas con isquemia crítica y amputación, así como las complicaciones sistémicas de la aterosclerosis, como la enfermedad cerebrovascular y el infarto de miocardio (25,26).

Tercero, al identificar la severidad de la enfermedad arterial periférica encontramos que alrededor del 41.8% de los pacientes se mantenían en un estadio 2 (riesgo bajo de amputación a 1 año), 27.9% (riesgo moderado de amputación a 1 año) y 30.2% en estadio 4 (riesgo alto de amputación a 1 año), según la clasificación de WIFI. Con base a los valores del índice tobillo- brazo alrededor del 23.2 % de los pacientes tenían un ITB no compresible ( $> 1.4$ ) secundario a la calcificación medial arterial y un 76.6% un ITB menor a 0.9, valores diagnósticos para enfermedad arterial periférica. Los pacientes un ITB no compresible se clasificaron en el rubro de isquemia de la clasificación de WIFI de acuerdo con la velocidad de aceleración plantar y su correlación con el ITB ya que no contamos con el dispositivo para realizar índice dedo-brazo que es otra de las alternativas para la clasificación de WIFI. Durante el tiempo de estudio hubo dos incidentes con pacientes con antecedente de cardiopatía isquémica que presentaron complicaciones cardiovasculares no pudiendo completar la fase del tratamiento endovascular. La presencia de enfermedad arterial periférica se ha visto

asociada a una enfermedad coronaria y enfermedad cerebrovascular concomitante aumentando la morbimortalidad en estos pacientes.

Los procedimientos de revascularización endovascular se realizaron de acuerdo con las características anatómicas de las lesiones en el lecho arterial. El procedimiento más frecuente realizado fue la angioplastia simple en un 58.4%, seguido de la angioplastia medicada en un 26.8%. La aterectomía rotacional se realizó en 3 ocasiones como método de reducción de la carga de placa de la pared arterial y la colocación de stent ocurrió en 3 ocasiones, dos de estas como un método de revascularización con técnica PRESTO (precise retrograde Supera stenting of the ostium) y la última como método de bail out ante una disección arterial que limitaba el flujo arterial distal de la extremidad. El abordaje anterógrado fue el más frecuente realizado en un 85.3% y como método de recanalización arterial ante una oclusión total crónica se utilizó el abordaje retrogrado en el 14.6% de los pacientes. El segmento anatómico tratado no hubo una marcada diferencia, pero el más frecuente en 31.7% de los casos se encontraba a nivel de vasos tibiales, patrón anatómico de enfermedad arterial periférica característico en pacientes con diabetes mellitus. También se identificó la asociación de lesiones a nivel femoropoplíteo y vasos tibiales. No hubo una predisposición significativa en las extremidades tratadas.

Al evaluar los cambios en la velocidad de aceleración plantar tras la revascularización encontramos cambios estadísticamente significativos en la velocidad de aceleración plantar previo y posterior al procedimiento de revascularización endovascular. La velocidad de aceleración plantar se tomaron de acuerdo con la técnica descrita por Sommerset, donde se valora las arterias inframaleolares de la circulación anterior y posterior. Estos hallazgos tienen sentido porque a mayores valores de aceleración plantar es más grave la enfermedad arterial periférica, mientras que valores más bajos indican menor severidad o valores normales, por lo que el descenso en la velocidad de aceleración plantar indica una mejoría de los pacientes en este parámetro causado por la revascularización (12).

Otros estudios como el de Teso y cols. también identificaron una reducción de la velocidad de aceleración plantar tras la revascularización y esta reducción fue significativamente mayor en los pacientes en quienes se logró el rescate de la extremidad (29). No encontramos otros estudios que evaluaran los cambios en la velocidad de aceleración plantar tras la revascularización

Finalmente, encontramos un incremento en la temperatura de la extremidad sometida a revascularización endovascular lo que coincide con lo reportado en la literatura por otros autores como Staffa y cols. (18) quienes encontraron un incremento de 0.4 C tras la cirugía en comparación con los valores previos a la revascularización. También, Ilo y cols. (19) reportaron un aumento de la temperatura media de la piel de los pies después de la revascularización. Zenunaj y cols. (16) documentaron un aumento de la temperatura de la piel de pacientes sometidos a revascularización. Por lo que, nuestros resultados son similares a lo reportado en la literatura disponible en cuanto al aumento de la temperatura de la piel del pie tras la revascularización de la extremidad en pacientes

con enfermedad arterial periférica. Se agregan imágenes termográficas representativas previo y posterior al procedimiento de revascularización endovascular de paciente que está incluido en el estudio (Figura 6 y 7)

Dentro de las limitaciones, estos pacientes no cumplen con un seguimiento a largo plazo para poder correlacionar los resultados obtenidos en relación al tiempo libre de amputación y cicatrización de heridas. No todos los pacientes cuentan con vasos inframaleolares en el preoperatorio o postoperatorio, sin embargo, es posible determinar un valor cuantitativo por imagen de termografía aún en ausencia de vasos inframaleolares que durante el seguimiento a largo plazo nos podría dar información de la correlación estadística de la velocidad de aceleración plantar y el tiempo libre de amputación.

La validación externa es posible ya que no se necesita aparatos de alta gama para poder tomar la termografía, siendo suficiente un Smartphone y el dispositivo de termografía el cual se puede tomar durante la valoración del paciente en consultorio y la curva de aprendizaje es mínima.

De manera complementaria se hizo la correlación entre la termografía y velocidad de aceleración plantar previo y post procedimiento de revascularización endovascular identificando una correlación previa al procedimiento con una R: 0.252 y posterior al procedimiento de revascularización con una R: 0.03 por lo que lo podemos interpretar que existe una baja correlación. (Grafica 1 y 2)

## **VII CAPÍTULO**

### **VII.I CONCLUSIONES**

La revascularización endovascular aumentó la temperatura de la piel de la extremidad tratada y redujo la velocidad de aceleración plantar en pacientes con enfermedad arterial periférica del Hospital Regional Lic. Adolfo López Mateos.

## **VIII CAPÍTULO**

### **VIII.I REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA**

1. Criqui MH, Aboyans V. Epidemiology of peripheral artery disease. *Circ Res*. 2015;116(9):1509–26.
2. Morcos R, Louka B, Tseng A, Misra S, McBane R, Esser H, et al. The Evolving Treatment of Peripheral Arterial Disease through Guideline-Directed Recommendations. *J Clin Med*. 2018 Jan 9;7(1):9.
3. Zemaitis M, Boll J, Dreyer MA. Peripheral Arterial Disease. [Updated 2022 Jan 9]. StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan;
4. Kim HO, Kim W. Elucidation of the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Disease. *Korean Circ J*. 2018/06/11. 2018 Sep;48(9):826–7.
5. Jelani QUA, Petrov M, Martinez SC, Holmvang L, Al-Shaibi K, Alasnag M. Peripheral Arterial Disease in Women: an Overview of Risk Factor Profile, Clinical Features, and Outcomes. *Curr Atheroscler Rep*. 2018 Jun 2;20(8):40.
6. Olin JW, Sealove BA. Peripheral artery disease: current insight into the disease and its diagnosis and management. *Mayo Clin Proc*. 2010 jul;85(7):678–92.
7. Villa ER, Pendás JA. Enfermedad vascular periférica. *Guías Clínicas INSALUD*, Asturias, España. 2002; 2:1–3.
8. Rodríguez Jiménez OA. Insuficiencia arterial crónica de miembros inferiores. *Dolor, Revista Mexicana de Algología Clínica y Terapia*. 2009;6(1):22–4.
9. Krebs CA, Vishan LG, Ronald. El Doppler Color. *El “Doppler Color*. 2001;288–306.
10. Santoro L, Flex A, Nesci A, Ferraro PM, De Matteis G, Di Giorgio A, et al. Association between peripheral arterial disease and cardiovascular risk factors: role of ultrasonography versus ankle-brachial index. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2018;22(10):3160–5.
11. Zemaitis MR, Boll JM, Dreyer MA. Peripheral arterial disease. *StatPearls [Internet]*. 2020.
12. Sommerset J, Karmy-Jones R, Dally M, Feliciano B, Veja Y, Teso D. Plantar Acceleration Time: A Novel Technique to Evaluate Arterial Flow to the Foot. *Ann Vasc Surg*. 2019 Oct 1; 60:308–14.
13. Huang CL, Wu YW, Hwang CL, Jong YS, Chao CL, Chen WJ, et al. The application of infrared thermography in evaluation of patients at high risk for lower extremity peripheral arterial disease. *J Vasc Surg*. 2011;54(4):1074–80.

14. Peleki A, Da Silva A. Novel use of smartphone-based infrared imaging in the detection of acute limb Ischaemia. *EJVES Short Rep.* 2016; 32:1–3.
15. Staffa E, Bernard V, Kubicek L, Vlachovsky R, Vlk D, Mornstein V, et al. Infrared thermography as option for evaluating the treatment effect of percutaneous transluminal angioplasty by patients with peripheral arterial disease. *Vascular.* 2017;25(1):42–9.
16. Zenunaj G, Lamberti N, Manfredini F, Traina L, Acciarri P, Bisogno F, et al. Infrared Thermography as a Diagnostic Tool for the Assessment of Patients with Symptomatic Peripheral Arterial Disease Undergoing Infrapopliteal Endovascular Revascularisations. *Diagnostics.* 2021;11(9):1701.
17. Teso D, Sommerset J, Dally M, Feliciano B, Veja Y, Jones RK. Pedal Acceleration Time (PAT): A Novel Predictor of Limb Salvage. *Ann Vasc Surg.* 2021 Aug 1; 75:189–93.
18. Staffa E, Bernard V, Kubicek L, Vlachovsky R, Vlk D, Mornstein V, et al. Infrared thermography as option for evaluating the treatment effect of percutaneous transluminal angioplasty by patients with peripheral arterial disease. *Vascular.* 2016 Mar 17;25(1):42–9.
19. Ilo A, Ronsi P, Pokela M, Mäkelä J. Infrared Thermography Follow-Up After Lower Limb Revascularization. *J Diabetes Sci Technol.* 2020 Mar 20;15(4):807–15.
20. Aday AW, Matsushita K. Epidemiology of Peripheral Artery Disease and Polyvascular Disease. *Circ Res [Internet].* 2021 Jun 11 [cited 2023 Feb 21];128(12):1818–32. Available from: <https://www.ahajournals.org/doi/abs/10.1161/CIRCRESAHA.121.318535>
21. Wang GJ, Shaw PA, Townsend RR, Anderson AH, Xie D, Wang X, et al. Sex Differences in the Incidence of Peripheral Artery Disease (PAD) in the Chronic Renal Insufficiency Cohort (CRIC). *Circ Cardiovasc Qual Outcomes [Internet].* 2016 Feb 1 [cited 2023 Feb 21];9(2 Suppl 1):S86. Available from: </pmc/articles/PMC4770580/>
22. Doraiswamy VA, Giri J, Mohle E. Premature peripheral arterial disease – difficult diagnosis in very early presentation. *Int J Angiol [Internet].* 2009 Mar [cited 2023 Feb 21];18(1):45. Available from: </pmc/articles/PMC2726566/>
23. Urbano L, Portilla E, Muñoz W, Hofman A, Sierra-Torres CH, Urbano L, et al. Prevalence and risk factors associated with peripheral arterial disease in an adult population from Colombia. *Arch Cardiol Mex [Internet].* 2018 Apr 1 [cited 2023 Feb 21];88(2):107–15. Available from: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-99402018000200107&lng=es&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-99402018000200107&lng=es&nrm=iso&tlng=en)
24. Selvin E, Erlinger TP. Prevalence of and Risk Factors for Peripheral Arterial Disease in the United States. *Circulation [Internet].* 2004 Aug 10 [cited 2023 Feb 21];110(6):738–43. Available from: <https://www.ahajournals.org/doi/abs/10.1161/01.cir.0000137913.26087.f0>

25. HENNION DR, SIANO KA. Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Disease. *Am Fam Physician* [Internet]. 2013 Sep 1 [cited 2023 Feb 21];88(5):306–10. Available from: <https://www.aafp.org/pubs/afp/issues/2013/0901/p306.html>
26. Bevan GH, White Solaru KT. Evidence-Based Medical Management of Peripheral Artery Disease. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* [Internet]. 2020 Mar 1 [cited 2023 Feb 21];40(3):541–53. Available from: <https://www.ahajournals.org/doi/abs/10.1161/ATVBAHA.119.312142>
27. DeWeese JA, Leather R, Porter J. Practice guidelines: Lower extremity revascularization. *J Vasc Surg* [Internet]. 1993 Aug 1 [cited 2023 Feb 21];18(2):280–94. Available from: <http://www.jvascsurg.org/article/074152149390609P/fulltext>
28. Mustapha JA, Anose BM, Martinsen BJ, Pliagas G, Ricotta J, Boyes CW, et al. Lower extremity revascularization via endovascular and surgical approaches: A systematic review with emphasis on combined inflow and outflow revascularization. *SAGE Open Med* [Internet]. 2020 Jan [cited 2023 Feb 21]; 8:205031212092923. Available from: </pmc/articles/PMC7278295/>
29. Teso D, Sommerset J, Dally M, Feliciano B, Veá Y, Jones RK. Pedal Acceleration Time (PAT): A Novel Predictor of Limb Salvage. *Ann Vasc Surg*. 2021 Aug 1; 75:189–93.



<b>Características</b>	<b>Valores</b>
<b>Edad (años)</b>	69.9 ±8.8
<b>Sexo</b>	
<b>Masculinos</b>	55.8(24)
<b>Femeninos</b>	44.1(19)
<b>Comorbilidades y factores de riesgo para EAP</b>	
<b>Tabaquismo</b>	62.7(27)
<b>Cardiopatía isquémica</b>	34.8(15)
<b>Dislipidemia</b>	11.6(5)
<b>Diabetes mellitus tipo 2</b>	81.4(35)
<b>Hipertensión arterial sistémica</b>	76.7 (33)
<b>Enfermedad renal crónica</b>	16.2(7)
<b>Tratamiento médico previo para enfermedad arterial periférica</b>	81.4(35)

**Tabla 1.** Características demográficas, comorbilidades y factores de riesgo para enfermedad arterial periférica de los pacientes incluidos (n=43)

	<b>Valores</b>
<b>Clasificación severidad según el índice tobillo - brazo</b>	
Grado 0: = o > 0.80	0 (0)
Grado 1: 0.6-0.79	6.9 (3)
Grado 2- 0.4-0.59	23.2 (10)
Grado 3- = o < 0.39	46.5 (20)
ITB no compresible (> 1.4)	23.2 (10)
<b>WIFI (herida, isquemia e infección)</b>	
<b>Herida</b>	
Clase 0	34.8 (15)
Clase 1	46.5 (20)
Clase 2	13.9 (6)
Clase 3	4.6 (2)
<b>Isquemia</b>	
Clase 0	0 (0)
Clase 1	6.9 (3)
Clase 2	23.2 (10)
Clase 3	69.7 (30)

<b>Infección</b>	
Clase 0	53.4 (23)
Clase 1	34.8 (15)
Clase 2	11.6 (5)
Clase 3	0 (0)
<b>Clasificación WIFI ((herida, isquemia e infección)</b>	
Etapa clínica 2- Riesgo bajo de amputación a 1 año	41.8 (18)
Etapa clínica 3- Riesgo moderado de amputación a 1 año	27.9 (12)
Etapa clínica 4- Riesgo alto de amputación a 1 año	30.2 (13)

**Tabla 1B.** Clasificación del índice tobillo - brazo y WIFI (herida, isquemia e infección) en la extremidad inferior afectada. (n=43)

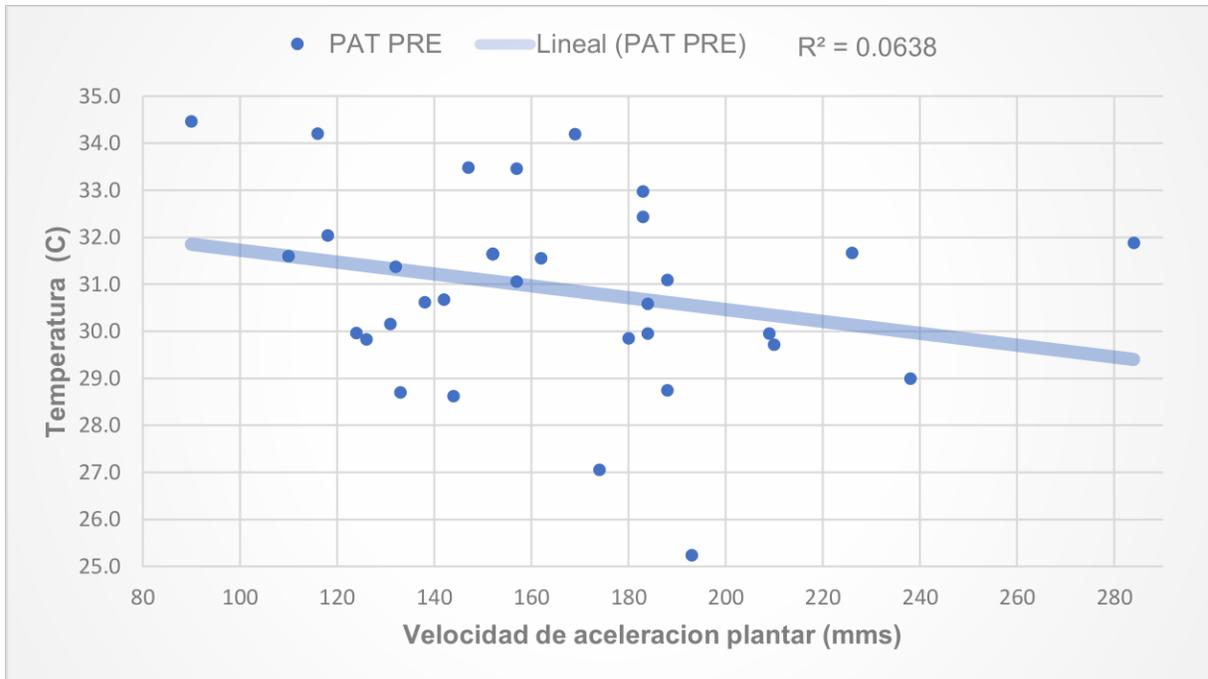
	<b>Valores</b>
Angioplastia simple	58.5 (24)
Angioplastia medicada	26.8 (11)
Aterectomía rotacional	7.3 (3)
Stenting (stent no recubierto)	7.3 (3)
<b>Abordaje</b>	
Anterógrado	85.3 (35)
Anterógrado – Retrógrado	14.6 (6)
<b>Nivel</b>	
Femoropoplíteo	29.2 (12)
Vasos tibiales	31.7 (13)
Femoropoplíteo + vasos tibiales	26.8 (11)
Inframaleolar	12.2 (5)
<b>Extremidad inferior</b>	
Derecha	46.3 (19)
Izquierda	53.6 (22)

**Tabla 2.** Tipos de procedimientos endovasculares, abordaje, nivel anatómico de la enfermedad arterial periférica y extremidad inferior revascularizada (n=41)

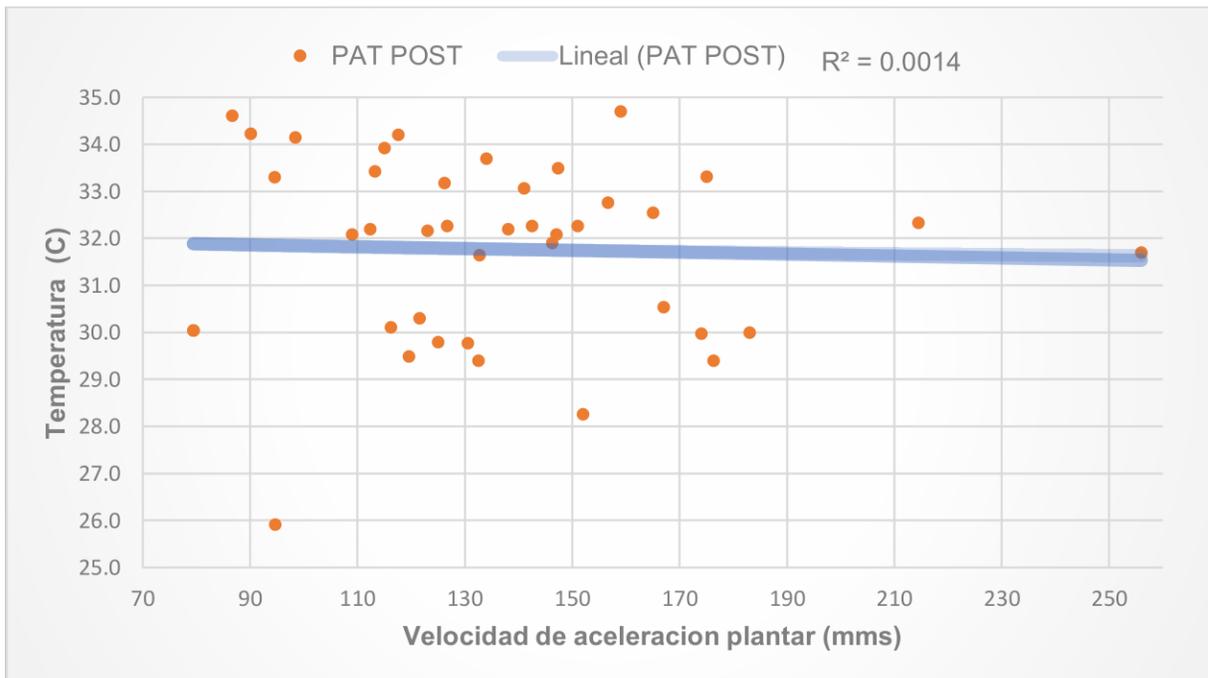
Tipo de velocidad	Pre-revascularización	Post-revascularización	Cambio	Valor de p
<b>Velocidad de Aceleración arteria plantar lateral (ms)</b>	147.9 ±40.5	116.7 ±39.9	-31.2	<b>0.035</b>
<b>Velocidad de Aceleración arteria plantar medial (ms)</b>	150.3 ±40.4	129.2 ±31.3	-21.0	<b>0.009</b>
<b>Velocidad de Aceleración arteria arcuata (ms)</b>	152.1 ±49.4	114.4 ±51.3	-37.8	<b>0.006</b>
<b>Velocidad de Aceleración arteria plantar profunda (ms)</b>	143.5 ±35.2	117.7 ±38.6	-25.7	<b>0.070</b>
<b>Velocidad de Aceleración de arteria dorsal metatarsal (ms)</b>	162.6 ±44.6	120.4 ±35.9	-42.2	<b>0.00169</b>
<b>Termografía</b>	30.9 ± 2.0 °C	31.8 ± 1.9 °C	-0.9 °C	<b>0.0096</b>
ms: milisegundos °C: grados Celsius				

*Los resultados estadísticamente significativos se resaltan en negritas*

**Tabla 3.** Cambios en la velocidad de aceleración plantar y termografía en pacientes sometidos a revascularización (n=41)



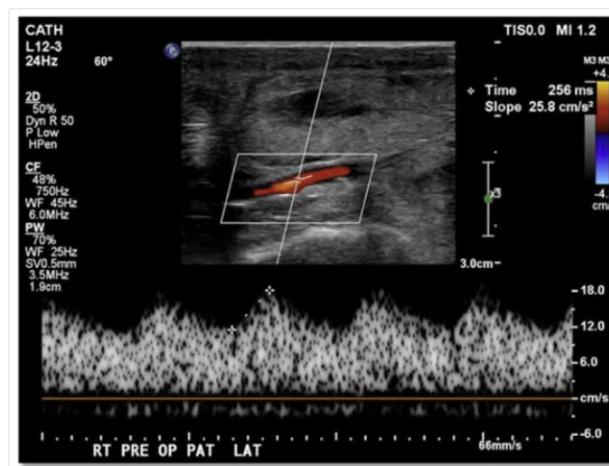
**Grafica 1.** Relación termográfica pre-revascularización endovascular y la velocidad de aceleración plantar



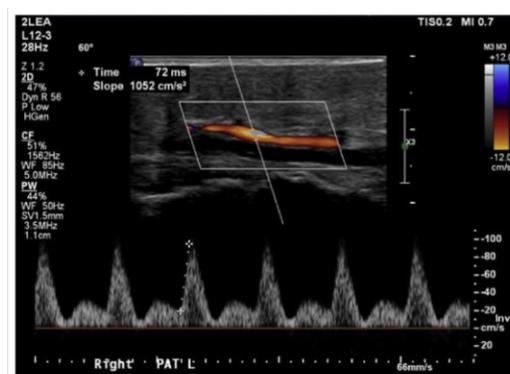
**Grafica 2.** Relación termográfica post-revascularización endovascular y la velocidad de aceleración plantar



**Figura 1.** Posición de la sonda en arteria plantar(12).



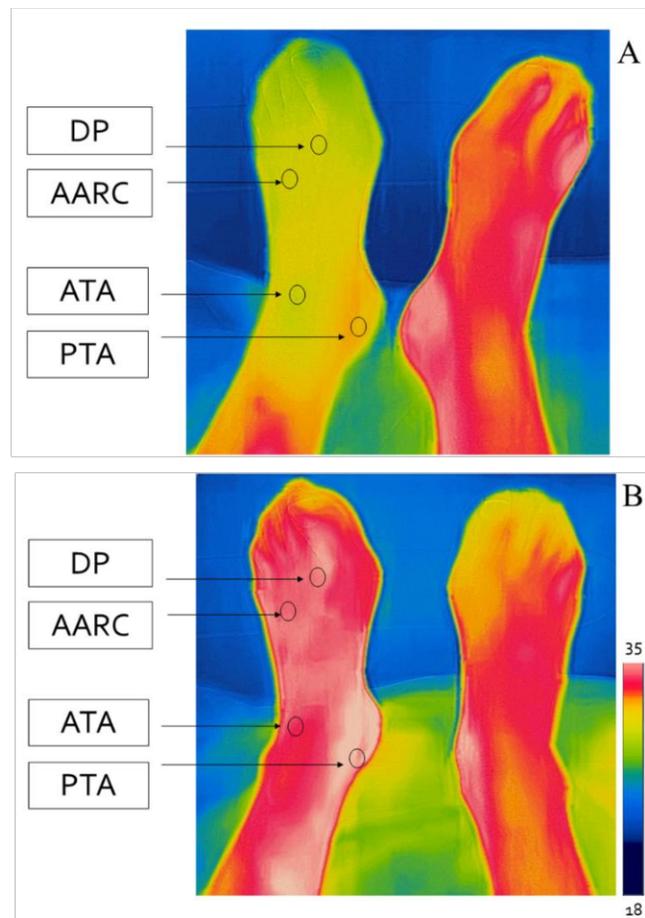
**Figura 2.** Medición del tiempo de aceleración plantar(12).



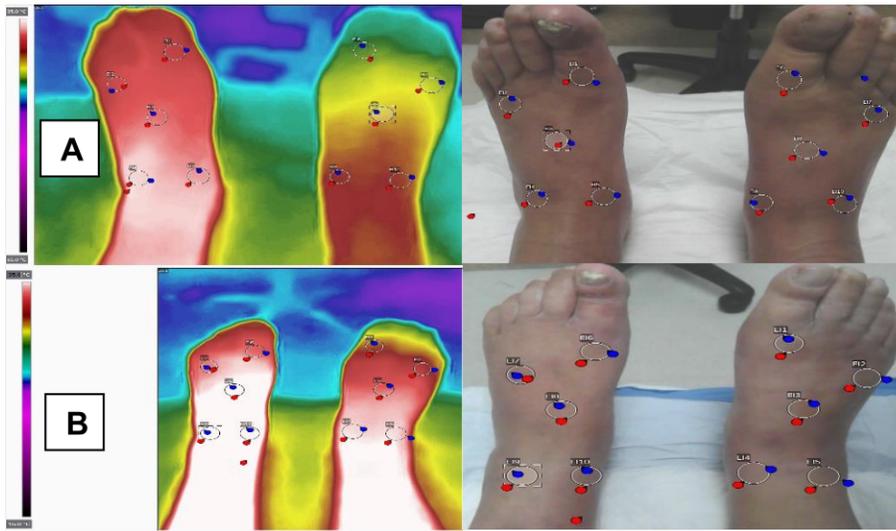
**Figura 3.** El inicio del ascenso sistólico hasta el pico de la sístole se midió trazando el contorno de la forma de onda para obtener un tiempo de aceleración(12).



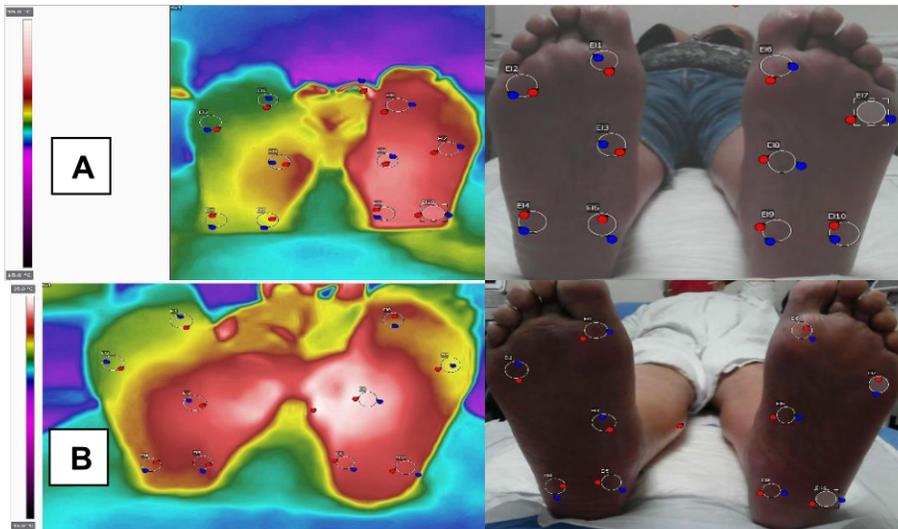
**Figura 4.** Arteria plantar lateral visualizada por la vena plantar(12).



**Figura 5.** Puntos de muestreo de la temperatura del pie con cámara infrarroja antes (A) y después (B) de revascularización. DP: dorsalis pedis, AARC: arteria arcuata, ATA: arteria tibial anterior, PTA: arteria tibial posterior. La escala va de 18 a 35 °C(16).



**Figura 6.** Imágenes termográficas previo (A) y posterior (B) al procedimiento de revascularización endovascular de la zona dorsal del pie.



**Figura 7.** Imágenes termográficas previo (A) y posterior (B) al procedimiento de revascularización endovascular de la zona plantar del pie.

Paciente masculino con enfermedad arterial periférica que se realiza procedimiento de revascularización endovascular del miembro pélvico derecho por dolor isquémico en reposo. En la figura 6 y 7 en la parte A podemos observar el patrón termográfico comparativo de ambas extremidades inferiores a nivel dorsal y plantar. Identificamos una disminución de la temperatura en el pie derecho predominando en dedos, antepié y parte lateral plantar. Siete días posteriores al procedimiento de revascularización endovascular se realiza nueva toma de imágenes termográficas

comparativas las cuales se identifica un aumento de la temperatura en antepié y planta de pie derecho (parte B). El aumento de temperatura lo identificamos de acuerdo con la barra de colores de gradientes térmicos.

## **X CAPÍTULO**

### **X.I PERFIL DE PROYECTO INVESTIGADO**

Los resultados del estudio serán presentados en formato de tesis para obtener el grado de especialidad en Angiología, Cirugía Vascular y Endovascular del Dr. Jorge Alberto Gone Marin

Los resultados finales se presentarán en el Congreso Nacional Angiología y Cirugía Vascular 2023 en forma de resumen como trabajo de ingreso a la Sociedad Mexicana de Angiología y Cirugía Vascular.