

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA
FACULTAD DE MEDICINA Y CIENCIAS BIOMEDICAS
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

**“CAMBIOS POSTQUIRÚRGICOS EN EL TIEMPO DE ACELERACIÓN PLANTAR E
ÍNDICE TOBILLO-BRAZO Y SU ASOCIACIÓN CON SALVAMENTO DE LA
EXTREMIDAD EN EL HOSPITAL CENTRAL DEL ESTADO DE CHIHUAHUA,
MÉXICO”**

POR:

DR. RAUL ALFONSO HINOJOS FLOTTE

TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:

ESPECIALIDAD EN ANGIOLOGÍA Y CIRUGÍA VASCULAR

CHIHUAHUA, CHIH., MÉXICO

18 DE MARZO DE 2025



Universidad Autónoma de Chihuahua
Facultad de Medicina y Ciencias Biomédicas
Secretaría de Investigación y Posgrado.



La tesis **"Cambios postquirúrgicos en el Tiempo de Aceleración Plantar e Índice tobillo-brazo y su asociación con salvamento de la extremidad en el Hospital Central del Estado de Chihuahua, México"** que presenta Raul Alfonso Hinojos Flotte, como requisito parcial para obtener el grado de: Especialidad en Angiología y cirugía vascular ha sido revisada y aprobada por la Facultad de Medicina y Ciencias Biomédicas

DR. SAID ALEJANDRO DE LA CRUZ REY
Secretario de Investigación y Posgrado
Facultad de Medicina y Ciencias Biomédicas
Universidad Autónoma de Chihuahua



DRA. MEGNY GONZALEZ RAMIREZ
Jefa de Enseñanza
Hospital Central del Estado de Chihuahua

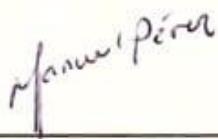


DR. OMAR ANTONIO HERNANDEZ HURTADO
Profesor Titular de la Especialidad
Hospital Central del Estado de Chihuahua



DR. OMAR ANTONIO HERNANDEZ HURTADO
Director de Tesis
Hospital Central del Estado de Chihuahua

DR. MANUEL DAVID PEREZ RUIZ
Asesor
Hospital Central del Estado de Chihuahua



Se certifica, bajo protesta de decir verdad, que las firmas consignadas al pie del presente documento son de carácter original y auténtico, correspondiendo de manera inequívoca a los responsables de las labores de dirección, seguimiento, asesoría y evaluación, en estricta conformidad con lo dispuesto en la normativa vigente de esta institución universitaria.

Resumen

Antecedentes: La enfermedad arterial periférica (EAP) impacta entre el 3-10% de la población. Los estudios no invasivos como el índice tobillo-brazo (ITB) tiene limitaciones en pacientes con enfermedad arterial periférica por lo que se propone evaluar el tiempo de aceleración (TAP) en arterias plantares. **Objetivos:** determinar si los cambios postquirúrgicos en el TAP e ITB se asocian con salvamento de la extremidad. **Material y métodos:** se realizó un estudio retrospectivo, descriptivo observacional, longitudinal desde 2020 a 2024. Se incluyeron pacientes con EAP que presentaban isquemia crítica amenazante de la extremidad (ICAM) y se realizó TAP e ITB pre y postquirúrgico, además de un análisis estadístico comparando los resultados con la clasificación de TAP. **Resultados:** se incluyeron 64 pacientes en este estudio, todos sometidos a procedimientos de revascularización abierta o endovascular de acuerdo con las indicaciones quirúrgicas individuales. Se evidencio una mejora en los parámetros ITB prequirúrgico 0.434 (DE 0.317) a 0.626 (DE 0.267) con significancia de $<.0001$, además de una mejora en la clasificación de TAP de clase IV (100%) a clase III (82.8%) y clase II (17.18%) con esto mejorando el cierre de heridas y asociándose a salvamiento de la extremidad. **Conclusiones:** este protocolo demuestra la utilidad de los estudios no invasivos para la toma de decisiones y el pronóstico de la EAP posterior a la revascularización y su relación con el salvamiento de la extremidad.

Palabras clave: arterial, isquemia, heridas, doppler

Abstract

Background: Peripheral arterial disease (PAD) affects 3-10% of the population, a figure that rises to 15-20% in people over 70 years of age. Non-invasive studies such as the ankle-brachial index (ABI) have limitations in patients with peripheral arterial disease, which is why it is proposed to evaluate the acceleration time (TAP) in plantar arteries. **Objectives:** To determine whether postsurgical changes in ABI and ABI are associated with limb salvage. **Material and methods:** A retrospective, descriptive, observational, longitudinal study was conducted from 2020 to 2024. Patients with PAD presenting with critical limb-threatening ischemia (CLI) were included and pre- and postoperative ABI and ABI were performed, in addition to a statistical analysis comparing the results with the ABI classification. **Results:** sixty-four patients were included in this study, all undergoing open or endovascular revascularization procedures according to individual surgical indications. There was an improvement in preoperative ABI parameters from 0.434 (SD 0.317) to 0.626 (SD 0.267) with a significance of $<.0001$, in addition to an improvement in TAP classification from class IV (100%) to class III (82.8%) and class II (17.18%), thus improving wound closure and being associated with limb salvage. **Conclusions:** This protocol demonstrates the usefulness of noninvasive studies for decision-making and prognostication of post-revascularization PAD and its relationship with limb salvage.

Keywords: arterial, ischemia, wound, doppler



GOBIERNO
DEL ESTADO
DE CHIHUAHUA

SECRETARÍA
DE SALUD

ICHISAL
INSTITUTO CHIHUAHUENSE
DE SALUD

MediChihuahua 

Chihuahua, Chih A 03 ABRIL de 2025

Oficio: HC/EM213/2025

Asunto: LIBERACION DE TESIS

DR. SAID ALEJANDRO DE LA CRUZ REY
SECRETARIO DE INVESTIGACION Y POSGRADO
FACULTAD DE MEDICINA Y CIENCIAS BIOMEDICAS
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHIHUAHUA
P R E S E N T E.-

La que suscribe, Jefa de Enseñanza Médica del Hospital Central del Estado.

H A C E C O N S T A R

Que el **DR. RAUL ALFONSO HINOJOS FLOTTE**, residente de la subespecialidad de **ANGIOLOGIA Y CIRUGIA VASCULAR** de **CUARTO AÑO**, entregó en forma su tesis:

**"CAMBIOS POSTQUIRÚRGICOS EN EL TIEMPO DE ACELERACIÓN PLANTAR E
ÍNDICE TOBILLO-BRAZO Y SU ASOCIACIÓN CON SALVAMENTO DE LA
EXTREMIDAD EN EL HOSPITAL CENTRAL DEL ESTADO DE CHIHUAHUA, MÉXICO"**

Así mismo manifiesto que no tiene adeudo alguno en este Hospital, y después de valorar su caso en el comité de investigación del Hospital se autoriza liberación de su tesis para continuar con sus trámites.

Se expide la presente a petición del interesado para los fines que le convengan, en la ciudad de Chihuahua, Chih. a los 04 días del mes de ABRIL del 2025.



SECRETARÍA
DE SALUD

ATENTAMENTE
DRA. MEGNY GONZALEZ RAMIREZ
JEFATURA DE ENSEÑANZA MÉDICA
HOSPITAL CENTRAL DEL ESTADO DE CHIHUAHUA
"Dr. Jesús Enrique Grajeda Herrera"
Tel. 614.429.33.00 Ext. 16526 y 16527

Dedicatoria

A mi familia, expreso todo mi cariño y agradecimiento. A mis progenitores, por su labor incesante, sus principios y el modelo de vida que me han proporcionado. A mis hermanos, por su constante presencia en los momentos positivos y negativos, brindando su respaldo y felicidad. A mi esposa, por acompañarme en todo este proceso con paciencia, fe y amor sin reservas. Y a mi hijo, mi mayor motivación, cuyo solo existir me impulsa a ser mejor. Esta neta también es de ustedes.



ÍNDICE

MARCO TEÓRICO.....	1
MARCO CONCEPTUAL.....	7
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
JUSTIFICACIÓN	12
HIPÓTESIS	13
OBJETIVOS	13
MATERIAL Y METODOS	14
TIPO DE ESTUDIO	14
DISEÑO DE ESTUDIO.....	14
POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	14
CRITERIOS DE SELECCIÓN	14
TAMAÑO DE MUESTRA.....	15
VARIABLES DE ESTUDIO.....	16
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	19
CONSIDERACIONES ÉTICAS	19
RESULTADOS.....	20
DISCUSIÓN	23
CONCLUSIONES.....	26
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	27
ANEXOS	34



GLOSARIO DE SIGLAS

EAP: enfermedad arterial periférica

EAEI: enfermedad arterial de las extremidades inferiores

ICAM: isquemia crítica amenazante de la extremidad

ITB: índice tobillo- brazo

EUA: Estado Unidos de América

DM: diabetes mellitus

HTA: hipertensión arterial

ACV: accidente cerebro vascular

EC: enfermedad carotídea

VEGF: factor de crecimiento endotelial vascular

CRP: proteína C reactiva

sICAM-1: molécula de adhesión intracelular soluble-1

EAC: enfermedad arterial coronaria



MARCO TEÓRICO

La enfermedad arterial periférica (EAP) se puede definir como el estrechamiento u obstrucción y su consiguiente alteración del flujo anterógrado de las principales arterias sistémicas distintas de las circulaciones cerebral y coronaria¹.

En 2017, Aboyans V y colaboradores realizan diferenciación de la enfermedad referida en los miembros pélvicos denominándola enfermedad arterial de las extremidades inferiores (EAEI) para discernirlas de aquellas de localización esplácnica, renal, en las extremidades superiores y también de aquellas en los troncos supra aórticos^{2, 3}.

El espectro clínico de las manifestaciones de la EAEI va desde los pacientes asintomáticos, aquellos con diferentes grados de claudicación (al ejercicio o al reposo) hasta aquellos pacientes con dolor incapacitante que puede o no acompañarse con ulceración y gangrena, estadio denominado isquemia crítica amenazante de la extremidad (ICAM). Cada uno de los anteriores requiere diversas vías de tratamiento y manejo clínico quirúrgico y representa un reto individualizado por paciente³.

La epidemiología de la EAEI representa diferentes retos para poder ser establecida, incluso en países desarrollados con sistemas de salud fortalecidos aspectos relacionados con la sintomatología, el método diagnóstico o la forma de establecer sus diferentes patrones han determinado un infra diagnóstico no calculable^{4,5}.

En países desarrollados la prevalencia de la EAEI se ha calculado del 5% entre los 45 a 49 años aumentando hasta un 18 % en el segmento de 85 a 89 años sin identificar diferencias respecto al sexo^{5, 6, 9}. No obstante, en países en desarrollo la prevalencia se demostró mayor para las mujeres y en edades aún menores (6.3 % contra 2.9 % en varones en la población de 45-49 años, comparado con el 12.3% en mujeres y 10.1 % en hombres en aquellos de 75 a 79 años)^{7, 8,9}.

Se debe de considerar que los anteriores hallazgos son producto de la categorización de pacientes a través del índice tobillo- brazo (ITB) como método de



tamizaje y el mismo presenta una estandarización en su toma sólo desde el año 2012^{10,11}.

La sintomatología también se ve afectada dependiendo a la edad, considerando que la claudicación puede aumentar su prevalencia hasta un 31% en la población de 65-74 años respecto a un 0% en el segmento de 35-44 años^{11, 12}. Siendo la ICAM la manifestación más grave de la EAEI su prevalencia se ha reportado en alrededor de 220 por millón de pacientes siendo más importante nuevamente en los grupos de edades mayores y en las mujeres con una prevalencia e incidencia anual de 2.35% y 0.35% de la población mayor de 40 años en Estados Unidos de América (EUA) ^{13,14}.

Recientemente se ha intentado identificar si la raza influye de manera determinante para la presencia de la EAEI. Shaw y colaboradores realizaron una búsqueda sistemática de literatura de los factores de riesgo cardio metabólicos de pacientes de etnias blancas hispanas y no hispanas. Los pacientes hispanos tenían una mayor prevalencia de diabetes mellitus (DM), hipertensión arterial (HTA), obesidad, y accidente cerebro vascular (ACV), sin embargo, de forma paradójica la prevalencia de la EAEI y enfermedad carotídea (EC) demostraron ser bajos respecto a los blancos no hispanos con una mortalidad más baja. La prevalencia reportada de EAEI en pacientes mexicanos fue de 11.95%, la cual es mayor en comparación con otros países latinoamericanos y del resto del mundo^{9, 15, 16}.

Antes de hablar del manejo de los pacientes en sus diversas presentaciones, es de suma importancia comprender los mecanismos fisiopatológicos esenciales de la EAEI; considerando que el sustrato es la aterosclerosis. Las lesiones obstructivas crean caídas en la presión arterial y el flujo a las extremidades inferiores, estas lesiones fijas obtienen sus manifestaciones clínicas cuando la demanda metabólica se hace presente con el movimiento y ejercicio. Los individuos con ITB anormales han demostrado tener empeoramiento en su marcha a dos años de seguimiento en estudios prospectivos. La bioactividad disminuida del óxido nítrico en la pierna impide el aumento del flujo sanguíneo con el ejercicio^{17, 18}.



La disfunción vascular también puede exacerbar los efectos vasoconstrictores de las catecolaminas y limitar la dilatación mediada por el flujo. Juntos, los efectos de la función endotelial anormal pueden empeorar los síntomas clínicos en la EAP. El aporte vascular insuficiente induce cambios en los biomarcadores de angiogénesis. La angiogénesis inadecuada y la formación de colaterales pueden ser alguno de los mecanismos relacionados con el deterioro funcional¹⁶.

Paradójicamente, los pacientes con EAP tienen niveles más altos de factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF), un promotor clave de la angiogénesis, el cual se ha relacionado con una isoforma antiangiogénica de VEGF, VEGF-165b, está regulada al alza tanto en modelos preclínicos como en pacientes con EAP. La expresión mejorada de VEGF antiangiogénico está impulsada por la vía proinflamatoria Wnt5a/JNK, que se activa con la obesidad. Por lo tanto, la disfunción metabólica puede mediar en una angiogénesis inadecuada en la EAP al generar factores antiangiogénicos y complicar las respuestas a las terapias dirigidas a estimular la angiogénesis. La constante baja de flujo y presión hacia las extremidades altera la estructura y los procesos metabólicos del músculo esquelético disminuyendo su densidad aumentando su infiltración grasa y disminuyendo su capacidad funcional^{16, 18,19}.

Los biomarcadores circulantes de inflamación sistémica, incluida la proteína C reactiva (CRP) y la molécula de adhesión intracelular soluble-1 (sICAM-1), predicen un mayor riesgo de desarrollar EAP clínica. En pacientes con EAP establecida, los niveles más altos de biomarcador inflamatorio se asocian con tanto la progresión de la obstrucción arterial de las extremidades inferiores como el riesgo de eventos cardiovasculares. La isquemia del músculo esquelético puede provocar inflamación local, exacerbar los síntomas y alterar el metabolismo muscular. En estudios imagenológicos, el área inferior del músculo de la pantorrilla y el mayor contenido de grasa del músculo de la pantorrilla se asociaron con la inflamación sistémica. La inflamación vascular también afecta las respuestas dinámicas al reducir la bioactividad del óxido nítrico, lo que conduce a una disminución de la vasodilatación mediada por el endotelio^{19, 20}.



La inflamación se ha asociado con una capacidad reducida para caminar en PAD. Los marcadores de inflamación vascular se relacionan con medidas funcionales más bajas en pacientes con EAP. La mayor expresión de monocitos periféricos del factor de necrosis tumoral α se asocia con un menor tiempo de marcha en cinta rodante en pacientes con claudicación intermitente. De manera similar, una mayor expresión mononuclear periférica del mediador inflamatorio, Wnt5a, se asocia con un ITB más bajo. En pacientes con EAP, un mayor grado de actividad física diaria se asocia con niveles más bajos de PCR, IL-6, fibrinógeno, sICAM-1 y sVCAM-1. En estudios prospectivos, deterioro funcional es menor en pacientes con EAP con niveles más bajos de PCR^{20, 21}.

Fumar ha sido ampliamente considerado como el principal factor de riesgo de enfermedad cardiovascular clínica que afecta directamente a la aterosclerosis. El tabaquismo activo y el tabaquismo pasivo se correlacionan directamente con la aparición de aterosclerosis. Las estrictas prohibiciones de fumar han reducido el número de fumadores activos en todo el mundo, pero los no fumadores aún pueden estar expuestos al humo ambiental en sus hogares o lugares de trabajo a través de la inhalación pasiva de humo. Por lo tanto, el tabaquismo pasivo debe prevenirse y controlarse^{9, 19}.

Al mismo tiempo, en términos de tabaquismo pasivo, la exposición a largo plazo de los niños al cigarrillo se correlaciona significativamente con el riesgo de desarrollar placas ateroscleróticas carotídeas graves en la edad adulta temprana, que es 2 veces mayor que aquellos sin exposición. Se ha observado una relación dosis-respuesta entre el tiempo y la cantidad de tabaquismo y la aparición de aterosclerosis. La única medida eficaz para reducir el riesgo de aterosclerosis relacionada con el tabaquismo es dejar de fumar. Sin embargo, después de dejarlo, los efectos continuos causados por fumar no se eliminan por completo^{9, 19, 20}.

La aterosclerosis es la principal base patológica de la EAP. Su principal característica es la formación de placas ateroscleróticas, que se caracterizan por la acumulación de lípidos y células inmunitarias en la pared de los vasos sanguíneos recubierta por una capa de fibra de colágeno. El metabolismo y la distribución



anormales de los lípidos juegan un papel importante en la aparición y el desarrollo de la aterosclerosis. Los estudios han demostrado que fumar afecta la composición y distribución de los lípidos sanguíneos en ratones ApoE^{-/-} y LDLr^{-/-}, acelera la formación de placas aórticas y aumenta el contenido de colesterol total, lo que induce la aparición de aterosclerosis. Dejar de fumar retarda la progresión de la placa y conduce a una disminución de los niveles de muchos tipos de lípidos en el plasma y la aorta^{19, 20}.

Sin embargo, Kunimoto et al. informó que el humo del cigarrillo no tuvo ningún efecto sobre los niveles de colesterol y triglicéridos en suero en ratones ApoE^{-/-}. El autor propone que esta diferencia puede deberse a cierta diferencia en la tecnología y la composición de la exposición al humo, lo que en última instancia condujo a la ambigüedad de los resultados del estudio. Por lo tanto, algunos investigadores adoptaron el modelo de aterosclerosis inducida por la nicotina, que es el principal componente adictivo de todos los componentes del humo del cigarrillo, para evitar los efectos de confusión de otros componentes. Una gran cantidad de evidencia también respalda el papel de la nicotina en la promoción de la aterosclerosis. Sin embargo, debido a las características particulares de la nicotina, su adquisición requiere estrictos procedimientos de aprobación, por lo que no se utiliza mucho en la investigación básica. Además del metabolismo anormal de los lípidos, varias células también están involucradas en la aparición de aterosclerosis^{20, 21}.

En la actualidad, diversos estudios han demostrado que, para los fumadores de larga duración, ya sean fumadores activos o fumadores pasivos, las sustancias nocivas pueden inducir diversos cambios fenotípicos y disfunción de macrófagos, células endoteliales y células del músculo liso a través de diversos mecanismos, favoreciendo así la aparición y desarrollo de enfermedades vasculares^{23,24}.

La EAEI aterosclerótica se considera una enfermedad compleja con una etiología multifactorial, cuyo determinismo se ve afectado en proporciones variables por la intervención de factores genéticos y ambientales. Descifrar la forma en que interactúan estos factores, así como la identificación de factores genéticos modificadores (genes modificadores) o reguladores de la expresión génica (factores



de transcripción o factores epigenéticos) que pueden actuar independientemente de los factores de riesgo tradicionales, permitirá comprender y facilitar enfoques terapéuticos^{24, 25}.

La heredabilidad de la EAEI se estima entre 20 y 58%, según estudios de asociación familiar, estudios de gemelos o estudios de asociación del genoma. La heredabilidad representa la cantidad de variación fenotípica (observable) en una población que es atribuible a diferencias genéticas individuales. Se ha proporcionado evidencia de una fuerte agregación familiar de enfermedad vascular, mostrando que tanto la enfermedad arterial coronaria (EAC) prematura como la aterosclerosis oculta de las extremidades inferiores (determinada por ultrasonografía dúplex) son más comunes en las familias de pacientes con EAEI prematura (inicio antes de los 50 años)^{27,28}.

La evaluación inicial y la anamnesis de un paciente con EAEI suelen ser difíciles debido a la heterogeneidad de los posibles síntomas. Sin embargo, ciertos puntos en la historia pueden llevar al examinador a sospechar una enfermedad arterial periférica. Anteriormente se decía que la arteriopatía periférica de las extremidades inferiores se presentaba típicamente con dolor al caminar una distancia fija y predecible, localizada en grupos musculares que están perfundidos por los vasos ateroscleróticos involucrados, un síntoma denominado "claudicación". Este dolor anginoso típico de las extremidades inferiores puede agravarse cuando las extremidades se elevan y se alivian cuando dependen de la gravedad para ayudar a la perfusión. Sin embargo, tales síntomas rara vez se provocan de manera directa y se ha descrito que la incomodidad experimentada es más atípica que lo reportado en series^{29, 30}.

Los pacientes suelen describir síntomas inespecíficos de incomodidad, como fatiga, dolor y debilidad, muchas veces con dos o más sensaciones diferentes experimentadas durante un largo período de tiempo. Se han desarrollado varios cuestionarios de detección, como el Cuestionario de claudicación de Edimburgo y el Cuestionario de claudicación de San Diego, en un intento de abordar los síntomas



atípicos en la enfermedad arterial periférica y para identificar mejor a estos pacientes. Sin embargo, estos cuestionarios carecen de sensibilidad ³².

Los niveles de actividad que involucran grupos musculares específicos son útiles para localizar el nivel de obstrucción, que se observa que está un nivel articular por encima del grupo involucrado. El examen físico es una herramienta importante para establecer la presencia, ubicación y gravedad de la EAEI. Las arterias estenóticas u ocluidas producirán pulsos distales disminuidos, y la auscultación sobre un vaso enfermo puede revelar un soplo debido al flujo turbulento. La decoloración de la piel a menudo se produce como consecuencia de la vasodilatación crónica en el contexto de una enfermedad hemodinámicamente significativa. Las ulceraciones arteriales se caracterizan por una apariencia bien delimitada en "perforación. El rubor dependiente y la palidez elevada pueden estar presentes en las extremidades de las personas con enfermedad avanzada como consecuencia de la alteración de la autorregulación en las arteriolas y capilares dérmicos^{34, 35}.

MARCO CONCEPTUAL

Decir patología arterial para la práctica diaria de la angiología es intentar simplificar una amplia gama de procesos con causas fisiopatológica y cuadros clínicos diversos. La ICAM como punto más alto de la EAEI es la presentación más palpable de las manifestaciones estenóticas u oclusivas de la circulación de las extremidades inferiores, sin embargo, por definición es mandatorio el tratamiento de revascularización cuando este se ha establecido. Al ser el momento sintomático más incapacitante la historia natural de esta enfermedad suele ser frecuente que los pacientes acudan a los diferentes niveles de atención buscando tratamiento y solución a pesar de que las lesiones se han establecido por largo tiempo³⁶.

Existen claras directrices en la bibliografía para el tratamiento, todas ellas dependientes de patrones hemodinámicos con traducciones en manifestaciones



clínicas y por lo tanto todo paciente debe particularizarse en su tratamiento. Predecir oportunamente su desarrollo posterior a la intervención que fuese establecida ha sido un área de oportunidad en constante proceso de descubrimiento, considerando el restablecimiento de la circulación distal, la colateralidad, la lesión microangiopática, ninguna de las herramientas ha sido considerada panacea y estándar de oro^{37, 38}.

Recientemente la evaluación de patrones hemodinámicos ultrasonográficos se ha presentado como un novedoso método predictivo y con alcances promisorios a bajo costo y con un alto perfil de seguridad para el paciente. Es necesario validar dichas herramientas diagnósticas y establecer sus procesos de forma sistemática para ofrecer alternativas basadas en evidencia científica para el pronóstico de los pacientes con isquemia crónica de las extremidades. Los pacientes con EAP en algunas ocasiones no presentan ninguna sintomatología, las manifestaciones clínicas aparecen cuando el flujo sanguíneo disminuye en un grupo muscular, debido a la progresión del estrechamiento en el lumen arterial y este no es suficiente para satisfacer los requerimientos metabólicos.

Asintomático: Dentro de los pacientes asintomáticos, la enfermedad aterosclerótica de las arterias iliaca y femoral es la más prevalente. Detectar la presencia de EAP asintomática es de gran valor por el riesgo de presentar aterosclerosis en otros sitios, además de que el paciente se verá beneficiado de terapia médica que reduzca el riesgo de infarto de miocardio, enfermedad cerebrovascular y muerte.

Claudicación Intermitente: Claudicación es el malestar reproducible en un grupo muscular específico, inducido por el ejercicio y que alivia con el reposo. Los síntomas típicamente se localizan en el grupo muscular distal al sitio de la oclusión arterial.

Isquemia crítica amenazante de la extremidad, también denominada Isquemia crítica de la extremidad se define como dolor en la extremidad que ocurre en reposo. Este término implica cronicidad y debe ser utilizado para todos los pacientes con



dolor isquémico en reposo, diversos grados de pérdida tisular, úlceras y gangrena atribuibles a enfermedad oclusiva arterial, demostrado de forma objetiva.

ITB: La prueba más frecuentemente utilizada para el diagnóstico de EAEI es el índice tobillo-brazo, que se calcula a partir de una fórmula matemática que combina las dos las presiones sistólicas sanguíneas del tobillo y el brazo. ITB es también un predictor de aterosclerosis generalizada, ya que niveles bajos en el ITB están relacionados con un incremento en la incidencia de infarto de miocardio e ictus, mortalidad total y cardiovascular. Tradicionalmente se ha establecido que valores de ITB menores a 0.90 es indicativo de riesgo aumentado, sin embargo, altos niveles en el ITB 1.40, también pueden estar relacionados con compresibilidad arterial disminuida como resultado de la rigidez y calcificación, por lo que son pacientes que también se encuentran en mayor riesgo de eventos cardiovascular y mortalidad. Existen diversos sistemas para clasificar la isquemia arterial según la gravedad de los síntomas. El sistema de clasificación de Rutherford y Fontaine ha sido utilizado por décadas y tienen su base en la expresión clínica de la EAEI respecto a sus grados de severidad secundarias al compromiso hemodinámico. Recientemente se ha establecido el uso y eficacia de la clasificación WiFi (wound, ischemia, foot infection), que es un sistema actualizado que clasifica la severidad de la extremidad en riesgo, pretende reflejar con mayor precisión las consideraciones clínicas que afectan en las diferentes opciones de manejo³⁹.

El tiempo de aceleración se ha utilizado ampliamente en la evaluación de la enfermedad arterial oclusiva. En la técnica para medir el PAT, es necesario reducir la escala de color y aumentar su ganancia para asegurar que la arteria se llene adecuadamente. La caja de color se ajusta en la dirección correcta, y la muestra del Doppler pulsado debe colocarse en el centro de la arteria a un ángulo de hasta 60°. Una vez obtenidas las ondas Doppler, se deben capturar tres o cuatro ondas para llenar la ventana espectral a un nivel medio. La ganancia del Doppler espectral debe ser suficiente para que se pueda observar el contorno de la forma de onda. Después de congelar la forma de onda, el PAT se mide de manera precisa utilizando la herramienta de cálculo «tiempo de aceleración» o «tiempo/pendiente», según el



equipo de ultrasonido. El PAT se determina a partir de la forma de onda, midiendo el tiempo en milisegundos (ms) desde el inicio del aumento sistólico hasta el pico de la sístole. Se realizan mediciones en las arterias arcuata, dorsal metatarsal, plantar medial, plantar lateral y plantar profunda, prestando especial atención al PAT en la arteria correspondiente al angiosoma que se va a revascularizar²⁹. Un estudio in vitro reciente reveló que la aceleración sistólica es superior para predecir la reducción del diámetro y el flujo en comparación con el uso de la velocidad sola. El tiempo de aceleración del pedal (TAP) se ha correlacionado con los índices tobillo-brazo en pacientes sintomáticos y no sintomáticos con vasos tibiales comprimibles.

La medición del TAP a través de una imagen dúplex directa de los vasos del pedal que puede proporcionar información fisiológica en tiempo real sobre la hemodinámica del flujo del pedal. Esta técnica se puede realizar utilizando imágenes dúplex arteriales estándar disponibles en la mayoría de los laboratorios vasculares. Si bien el valor absoluto de TAP es importante, TAP se puede clasificar en cuatro clases: Clase 1 (20 a 120 ms), Clase 2 (121 a 180 ms), Clase 3 (181 a 224 ms) y Clase 4 (mayor de 225 ms). Además, se puede dilucidar la distribución angiosómica específica de todo el pie.

El manejo de los pacientes con EAP en miembros inferiores va dirigido al alivio de síntomas y disminución del riesgo de progresión de enfermedad CV y sus complicaciones. Los pacientes deben ser instruidos sobre la cesación de tabaco. Deben iniciar un programa de ejercicio supervisado para mejorar el estado funcional y la calidad de vida, además de que promueve la reducción de los síntomas en aquellos pacientes con CI. Perfil lipídico, presión sanguínea y glicemia deben mantenerse bajo control.

Se recomienda el uso de aspirina en dosis de 75- 325mg por día o clopidogrel 75 mg por día para reducir el riesgo de IM, ictus y muerte vascular. El cilostazol es un inhibidor de la fosfodiesterasa que aumenta las concentraciones de AMPc en el interior de las plaquetas y células sanguíneas, inhibiendo así la agregación plaquetaria. La adición del uso de este fármaco en el manejo de los pacientes con



claudicación intermitente puede incrementar la distancia en la que estos se presentan al caminar^{37, 38}.

Tratamiento quirúrgico

Revascularización: está indicada en aquellos pacientes con síntomas significativos que no responden a los cambios realizados en el estilo de vida ni a la terapia farmacológica. Tiene que ser además una prioridad en los pacientes con isquemia crítica, para reestablecer el flujo sanguíneo en la extremidad.

Amputación: indicada cuando la intervención vascular no es posible o cuando el deterioro de la extremidad persiste a pesar de una reconstrucción. La enfermedad vascular no reconstruible se ha convertido en la indicación más frecuente para amputación secundaria. Infección que persiste a pesar de reconstrucción vascular es la segunda indicación⁴⁰.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a la morbilidad derivada del diagnóstico y tipo de tratamiento al cual se asigna cada paciente en cada uno de los estadios con isquemia crónica amenazante de la extremidad, el tiempo de aceleración plantar sugiere ser una herramienta novedosa, no invasiva y útil para predecir el éxito clínico de los pacientes sometidos a procedimientos de revascularización. Un tiempo de aceleración plantar elevado puede indicar una obstrucción en las arterias, lo que es un signo de enfermedad arterial periférica.

Las Ventajas del tiempo de aceleración plantar por Doppler, no invasivo: Es una prueba segura y sin dolor. Fácil de realizar: Se puede realizar en la consulta médica. Reproducible: Los resultados son confiables y pueden compararse en diferentes momentos. Información valiosa: Proporciona información sobre la función vascular y neuromuscular del pie. La Importancia de asociar el Tiempo de Aceleración



Plantar por Doppler con la recuperación de heridas, es un tema de creciente interés. Un tiempo de aceleración plantar más rápido, medido por Doppler, sugiere una recuperación más avanzada de la función neuromuscular sin riesgo de nuevas lesiones. Conocer la relación entre el tiempo de aceleración plantar y la recuperación de heridas permite establecer objetivos terapéuticos más precisos y personalizados al comparar el tiempo de aceleración plantar antes y después de una intervención quirúrgica, puede evaluar la eficacia de los tratamientos. Por lo anterior se desarrolla la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son los cambios postquirúrgicos en el tiempo de aceleración plantar e índice tobillo-brazo y su asociación con salvamento de la extremidad en el Hospital Central del Estado de Chihuahua, México?

JUSTIFICACIÓN

Actualmente los métodos invasivos a través de la angiotomografía contrastada o la arteriografía, permiten realizar predicciones respecto a desenlace y con ello apoyar la toma de decisiones intervencionistas. Sin embargo, de forma reciente el tiempo de aceleración plantar se encuentra en validación como una técnica no invasiva y de bajo coste para realizar dicha valoración. No requiere la introducción de agujas ni sustancias de contraste. No causa dolor al paciente. La prueba se puede realizar en pocos minutos. Es un examen relativamente económico Y proporciona información detallada sobre la circulación sanguínea en el pie. El paciente se coloca en una posición cómoda, generalmente acostado o sentado. Se expone el pie que se va a evaluar. Se aplica un gel conductor sobre la piel del pie para mejorar la transmisión de las ondas de ultrasonido. Un transductor Doppler, se coloca sobre las arterias plantares, específicamente en las zonas donde se desea medir la velocidad del flujo sanguíneo. El transductor emite ondas sonoras de alta frecuencia que rebotan en los glóbulos rojos en movimiento. El eco Doppler se captura y se convierte en una señal audible y visual en un monitor. Se solicita al paciente que realice un ejercicio simple, como mover los dedos del pie o flexionar el tobillo, para estimular el flujo sanguíneo en las arterias plantares. Se mide el tiempo que tarda



la sangre en acelerar su flujo desde el inicio del ejercicio hasta alcanzar su velocidad máxima. Este tiempo se conoce como tiempo de aceleración plantar. La enfermedad arterial periférica en su presentación de isquemia crítica amenazante de la extremidad requiere el manejo inmediato mediante técnicas de revascularización abierta o endovascular, sin embargo, es de importancia determinar el adecuado tratamiento para cada paciente de acuerdo con sus patrones estenóticos u oclusivos y sus repercusiones hemodinámicas.

HIPÓTESIS

Nula: Los cambios postquirúrgicos en el tiempo de aceleración plantar e índice tobillo-brazo no se asocian con salvamento de la extremidad en el Hospital Central del Estado de Chihuahua, México.

Alternativa: Los cambios postquirúrgicos en el Tiempo de Aceleración Plantar e Índice Tobillo-Brazo se asocian con salvamento de la extremidad en el Hospital Central del Estado de Chihuahua, México.

OBJETIVOS

General: Se determino si los cambios postquirúrgicos en el Tiempo de Aceleración Plantar e Índice Tobillo-Brazo se asociación con salvamento de la extremidad en el Hospital Central del Estado de Chihuahua, México.

Específicos:

1. Se identifico los tiempos de aceleración plantar de los pacientes con isquemia crítica amenazante de la extremidad
2. Se organizo los patrones de tiempo de aceleración plantar con las clasificaciones convencionales de enfermedad arterial periférica Rutherford y WIFI.



MATERIAL Y METODOS

TIPO DE ESTUDIO

Retrospectivo: El presente estudio se realizó para observar el comportamiento hemodinámico de las lesiones estenóticas y oclusivas de las arterias de las extremidades inferiores y su correlación clínica.

Descriptivo Observacional: se hizo recolección de información sobre las variables de interés sin influir en los acontecimientos.

Longitudinal: La observación de los individuos se realizó en más de una ocasión desde el inicio de la primera revisión hasta la nota de revisión postquirúrgica de la consulta externa al mes de evolución.

DISEÑO DE ESTUDIO

Cohorte retrospectivo

POBLACIÓN DE ESTUDIO

Expedientes de Pacientes tratados por el servicio de Angiología y Cirugía Vascular, con diagnóstico de Isquemia Crítica Amenazante de la Extremidad y que hayan sido sometidos a procedimiento quirúrgico de revascularización o radical.

Lugar de realización: Sedes y subsedes de formación del servicio de Angiología y Cirugía Vascular del Hospital Central del Estado de Chihuahua.

Tiempo de realización: de marzo del 2022 a noviembre del 2024.

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Criterios de Inclusión:

Expedientes de:

- Pacientes de ambos sexos
- Edad mayor a 18 años



- Pacientes que acudieron al Hospital Central de Chihuahua o sus subsedes de residencia de Angiología y cirugía vascular, con isquemia crítica amenazante de la extremidad en cualquiera de sus presentaciones (dolor isquémico en reposo, perdida cutánea mayor, perdida cutánea menor)
- Con manejo quirúrgico o endovascular como terapia de revascularización o terapia radical

Criterios de No inclusión:

- Pacientes con enfermedad arterial periférica que no requirieron manejo quirúrgico o endovascular
- Pacientes con úlceras de origen no isquémicas
- Pacientes cuyo dolor en reposo no comprenda una causa isquémica

Criterios de Eliminación:

- Pacientes con origen no aterosclerótico de la enfermedad arterial periférica

TAMAÑO DE MUESTRA

CALCULO DE TAMAÑO MINIMO DE MUESTRA

Con una frecuencia de 76 casos para el periodo de estudio y una esperado de incidencia de extremidad con isquemia aguda amenazante 31% con programa Epi Info para cálculo del tamaño de la muestra se calcula con 95% de confianza y 5 por ciento de error aceptable, se calcula un tamaño de muestra de 62 pacientes. El muestreo fue sistemático, de casos consecutivos, hasta completar un número necesario de muestra

VARIABLES DE ESTUDIO

VARIABLE DEPENDIENTE

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
Salvamento de la extremidad	se refiere al cierre de herida y tiempo libre de amputación mayor posterior a un procedimiento de revascularización en pacientes con isquemia amenazante de la extremidad	Cualitativa	SI NO	Categórica Nominal Dicotómica

VARIABLE INDEPENDIENTE

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
Tiempo de aceleración plantar	tiempo que transcurre entre el inicio de la sístole y la curva de flujo arterial Doppler	Cuantitativa	20-120 ms 121-180 ms 181-224 ms >225 ms	Numérica, de razón

Índice tobillo-brazo	relación entre la tensión arterial sistólica de la extremidad superior y la extremidad inferior	Cuantitativa	>1.4 1-0.90 0.89-0.69 0.68-0.50 0.49-0.00	Numérica, de razón
Edad	Tiempo que ha vivido una persona desde su nacimiento	Cuantitativa	Años	Numérica, de razón, discreta.
Sexo	Diferencias y características biológicas, anatómicas, fisiológicas y cromosómicas de los seres humanos que los definen como hombres o mujeres	Cualitativa	Mujer Hombre	Categórica Nominal Dicotómica
Diabetes mellitus	Grupo de alteraciones metabólicas que se caracteriza por hiperglucemia crónica, medida a nivel sérico, debida a un defecto en la secreción de la insulina, a un defecto en la acción de esta, o a ambas.	Cualitativa	Sí No	Categórica Nominal Dicotómica

Hipertensión Arterial Sistémica.	Síndrome de etiología múltiple caracterizado por la elevación persistente de las cifras de presión arterial a cifras > 140/90 mmHg. La presión arterial es medida con esfigmomanómetros de mercurio, de aire o aparatos eléctricos.	Cualitativa	Sí No	Categórica Nominal Dicotómica
Obesidad	Enfermedad crónica y progresiva caracterizada por acumulación excesiva de grasa. Su etiología incluye alteraciones energéticas, desequilibrio de grasas y factores genéticos. Se clasifica según el IMC, siendo > 30 kg/m ² obesidad.	Cualitativa	Sí No	Categórica Nominal Dicotómica
Tabaquismo	Intoxicación aguda o crónica producida por el consumo abusivo de tabaco.	Cualitativa	Sí No	Categórica Nominal Dicotómica



ANÁLISIS ESTADÍSTICO

1. Análisis apoyado en programa IBM SPSS Statistics (Version 21)
2. Estadística descriptiva con frecuencias y porcentajes de las variables cualitativas dicotómicas y de las continuas con medidas de tendencia central y su dispersión.
3. Análisis inferencial con Test de rangos de wilcox para comparar las diferencias de medias de los tiempos de aceleración plantar y de los índices tobillo brazo antes y después de la cirugía

CONSIDERACIONES ÉTICAS

De acuerdo con los códigos internacionales de ética de la investigación, código de Núremberg (1947), 18a asamblea mundial médica (AMM 1964), declaración de Helsinki I, 29a asamblea (AMM, Tokio 1975), Helsinki II enmendada en la 35a AMM (Venecia 1983) y 41a AMM (Hong-Kong 1989), Guía nacional para la integración y el funcionamiento de los comités de ética e investigación. Según la ley general de salud en su apartado de investigación médica artículo 17 se considera una investigación con riesgo mínimo ya que se utiliza un estudio de imagen de uso común autorizado para su uso al público en general.

RESULTADOS

De los 64 pacientes que se estudiaron se tuvo una media de edad de 66.1(DE 12.4) años, con una distribución de sexo equitativa 32 hombres y 32 mujeres, se encontró una prevalencia del 81.2% (n=52) de diabetes mellitus así como del 43.8% (n=28) de hipertensión arterial sistémica; la obesidad estuvo presente en el 51.6% (n=33) de los pacientes, así como incidencia de 42.2% (n=27) de pacientes con tabaquismo en cambio se registró que el hipotiroidismo y el EPOC estuvieron presentes en solo el 18.8% (n=12) y 28.1% (n=18) respectivamente.



• Fig. 1 Sexo y comorbilidad

De igual manera se registraron los tipos de procedimiento más comunes usados para la revascularización de los pacientes y se encontró que se realizó bypass femoropoplíteo 32.8% (n=21) de los pacientes, un bypass poplíteo-pedio y poplíteo-tibial posterior 14.1% (n=9) y 9.4% (n=6) respectivamente. El procedimiento que más se usó en nuestro universo de pacientes fue la plastia de vasos tibiales con un 43.8% (n=28)

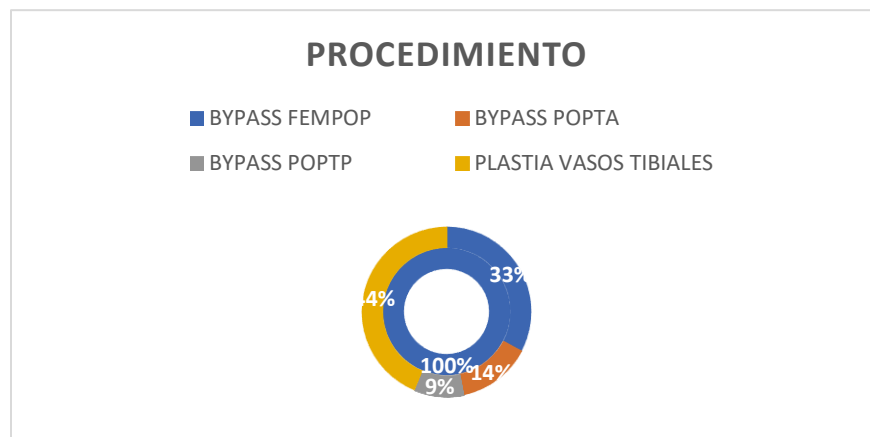


Fig. 2. Procedimientos

El ITB pre-procedimiento se encontró con una media prequirúrgica 5.10 (DE 5), de ellos se presentaron con una clasificación de Rutherford grado 5 el 89.1% (n=57) y grado 6 el 10.9% (n=7) de los pacientes. Estos se presentaron en el momento prequirúrgico con las siguientes clasificaciones de WiFi: W con una media de 1.59 (DE 0.66) y mediana de 2, I con una media de 2.62 (DE 0.48) y mediana de 3, Fi con mediana de 1.46 (DE 1.03) y mediana de 2. Los valores del tiempo de aceleración plantar se obtuvieron en 263.14 (DE 39.34) de manera prequirúrgica con una media de 241.5 obteniendo un universo de pacientes en clase IV de los criterios de aceleración plantar.

En cuanto a los valores postprocedimiento de revascularización el ITB tuvo una media de 0.626 (DE 0.267) con mediana de 0.565 y una significancia con relación a previo al procedimiento de $<.0001$. Los valores en la clasificación de WiFi se registraron con una media y mediana respectivamente de: W 1.59 (DE 0.66) y 2, I 2.07 (DE 0.54) y 2, Fi 1.04 (DE 0.78) y 1; estos 2 últimos con una significancia $<.0001$.

Parámetros	Media PreQx (DE)	Mediana PreQx	Media PostQx (DE)	Mediana PostQx	Sig
Rutherford	5.109 (5)	0.315	5.109 (5)	0.315	NA
ITB	0.434 (0.317)	0.380	0.626 (0.267)	0.565	$<.0001$
TAP	263.14 (39.34)	241.5	203.65 (16.32)	217	$<.0001$
W	1.59 (0.66)	2	1.59 (0.66)	2	NA
I	2.62 (0.48)	3	2.07 (0.54)	2	$<.0001$
FI	1.46 (1.03)	2	1.04 (0.78)	1	$<.0001$

Fig.3 Test de rangos de Wilcox.

Los valores de TAP se registraron con una mediana 203.65 (DE 16.32), mediana de 217, con una significancia de $<.0001$. Con esto se evidencia una mejoría en la clase de IV prequirúrgico a III en el 82.80% (n=53) y II en el 17.18% (n=11) de los pacientes.

	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
<i>Tiempo de aceleración plantar</i>	20-120 ms	121-180 ms	181-224 ms	> 225 ms
<i>ITB</i>	1.3-0.90	0.89-0.69	0.68-0.50	0.49-0.00

Fig. 4 Clases de TAP

DISCUSIÓN

La enfermedad arterial periférica es un problema de salud global en constante crecimiento. Actualmente, afecta a más de 200 millones de personas en todo el mundo, y se espera que su prevalencia aumente un 25 % en las próximas décadas. Su impacto varía según la edad y el sexo, presentando diferencias significativas entre regiones. En los países desarrollados, la enfermedad afecta de manera similar a hombres y mujeres, mientras que en los países en desarrollo su distribución es desigual.

De acuerdo con el universo de pacientes de nuestro estudio se trató de obtener una prevalencia de 50% entre ambos sexos; en cuanto a la edad se obtuvo una media de edad de 66.1(DE 12.4) similar a la literatura descrita por Laparra-Escareño et al. Sobre los pacientes con enfermedad arterial periférica⁸.



Hablando de comorbilidades, es bien sabido que varias enfermedades están relacionadas con la EAP, por ejemplo, la diabetes mellitus.

Este padecimiento este asociado con la severidad de la enfermedad aumentando casi 4 veces su riesgo, nuestra población el 81.2% (n=52) resultaron positivos para esta enfermedad, quedando por encima del 20-50% descrito en la literatura por Soyoye et al.⁴¹

La hipertensión es algo común en los pacientes con EAP sin embargo tiene una menor relación con la misma, en nuestro estudio el 43.8% (n=28) similar a lo reportado por Aday y Matsushita con porcentajes alrededor del 40%.⁴²

La obesidad tiene una importante asociación con la EAP, Solanki et al. reporta una prevalencia de 35% en contrate con el 51.6% de lo encontrado en nuestro estudio, probablemente por lo heterogéneo del universo de pacientes de la muestra.⁴³

El tabaquismo es un fuerte marcador de la enfermedad arterial en todos los pacientes independientemente de la edad, nuestra población presenta un porcentaje alto 42.2% (n=27), equiparable a lo descrito en estudios de autores como You et al. y Wang et al. que ronda entre 42-54%.^{44, 10}

Dentro de los segmentos arteriales mayormente afectados se reporta por Van Der Feen et al. que en la parte inferior de la pierna (desde la arteria poplítea hasta la arteria tibial posterior); similar a lo descrito por Graziani et al. sobre el mayor involucro infrapoplíteo, y que en nuestro estudio se reporta de igual manera con un



porcentaje de 67.2 (n=43) tomando en cuenta la necesidad de procedimientos de revascularización del segmento por debajo de la rodilla.^{45, 46}

La evaluación de los parámetros hemodinámicos no invasivos en estos pacientes ha sido siempre un desafío para los cirujanos vasculares, ya que no existe un método que se considere ideal, sin importar la gravedad de la enfermedad. Se realizó un análisis estadístico con una prueba de Wilcoxon donde se evidenció una significancia $<.0001$ entre el ITB y el TAP en las mediciones pre y postquirúrgicas, similar a lo descrito en la literatura de Trihan et al. donde se registró que el PAT mostró una alta correlación con el ITB ($r = -0.89$, $p < 0.001$). Con un valor de corte de 215 ms, PAT fue eficaz para diagnosticar una presión tibial posterior (TP) ≤ 30 mmHg, con una sensibilidad del 93% [IC 95%: 77–99] y una especificidad del 96% [IC 95%: 92–98].⁴⁷ De Castro-Santos et al. también muestra una correlación entre TAP e ITB significativa en su serie de 141 pacientes donde detectan una sensibilidad y especificidad de la prueba de $>85\%$.²⁴

De la misma forma el PAT está relacionado significativamente con el ITB clasificándose en 4 grupos de acuerdo con Sommerset et al. y sugiere que la mejoría de 2 clases en estos grupos, medidos por medio del TAP, son predictivos de salvamiento de la extremidad y cierre de herida, lo cual se espera en seguimientos posteriores del universo de pacientes de nuestro estudio.³² Este estudio ha sido útil para la evaluación pre y postquirúrgica de pacientes con heridas isquémicas, así como para la toma de decisiones terapéuticas.



CONCLUSIONES

La enfermedad arterial periférica es un trastorno crónico que afecta las arterias de las extremidades inferiores y comparte factores de riesgo con otras patologías, como la enfermedad coronaria y cerebrovascular. Los fumadores y diabéticos tienen un riesgo hasta tres veces mayor, por lo que requieren especial atención. Su detección temprana es clave para prevenir complicaciones y optimizar el tratamiento. El ultrasonido es la principal herramienta de imagen disponible en muchos centros, proporcionando información anatómica y funcional. Nuestro estudio confirma su utilidad en la toma de decisiones terapéuticas y en la predicción del salvamento de extremidades y cierre de heridas en la población local. Es fundamental llevar a cabo estudios multicéntricos adicionales sobre este tema para desarrollar la curva de aprendizaje y facilitar su implementación en la práctica diaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Chan, K. A., & Junia, A. (2020). Lower extremity peripheral artery disease: A basic approach. *British Journal of Hospital Medicine*, 81(3), 1–9. <https://doi.org/10.12968/hmed.2019.0263>
2. Conte, S. M., & Vale, P. R. (2018). Peripheral Arterial Disease. *Heart, Lung and Circulation*, 27(4), 427–432. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2017.10.014>
3. Aboyans, V., Ricco, J.-B., Bartelink, M.-L. E. L., Björck, M., Brodmann, M., Cohnert, T., Collet, J.-P., Czerny, M., De Carlo, M., Debus, S., Espinola-Klein, C., Kahan, T., Kownator, S., Mazzolai, L., Naylor, A. R., Roffi, M., Röther, J., Sprynger, M., Tendera, M., Obiekezie, A. (2018). 2017 ESC Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases, in collaboration with the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *European Heart Journal*, 39(9), 763–816. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx095>
4. Acosta-Tapia, G., Urbano-Cano, A. L., Álvarez-Rosero, R. E., Mosquera-Chamorro, H. J., & Muñoz-Ordoñez, W. G. (2023). Enfermedad arterial periférica en población trabajadora: Factores de riesgo y estilo de vida. *Salud UIS*, 55(1). <https://doi.org/10.18273/saluduis.55.e:23049>
5. Barnes, J. A., Eid, M. A., Creager, M. A., & Goodney, P. P. (2020). Epidemiology and Risk of Amputation in Patients with Diabetes Mellitus and Peripheral Artery Disease. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 40(8), 1808–1817. <https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.120.314595>
6. Fowkes, F. G. R., Aboyans, V., Fowkes, F. J. I., McDermott, M. M., Sampson, U. K. A., & Criqui, M. H. (2017). Peripheral artery disease: Epidemiology and global perspectives. *Nature Reviews Cardiology*, 14(3), 156–170. <https://doi.org/10.1038/nrcardio.2016.179>
7. Horváth, L., Németh, N., Fehér, G., Kívés, Z., Endrei, D., & Boncz, I. (2022). Epidemiology of Peripheral Artery Disease: Narrative Review. *Life*, 12(7), 1041. <https://doi.org/10.3390/life12071041>
8. Laparra-Escareño, H., Anaya-Ayala, J. E., Lozano-Corona, R., Garcia-Alva, R., Cuen-Ojeda, C., Escobar-Preciado, M., & Hinojosa, C. A. (abril-junio).

- Epidemiología de la Enfermedad arterial periferica en México. 2019, 47(2), 96–101.
9. Shaw, P. M., Chandra, V., Escobar, G. A., Robbins, N., Rowe, V., & Macsata, R. (2018). Controversies and evidence for cardiovascular disease in the diverse Hispanic population. *Journal of Vascular Surgery*, 67(3), 960–969. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2017.06.111>
 10. Wang, W., Zhao, T., Geng, K., Yuan, G., Chen, Y., & Xu, Y. (2021). Smoking and Pathophysiology of Peripheral Artery Disease. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 8, 704106. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2021.704106>
 11. Signorelli, S. S., Marino, E., Scuto, S., & Di Raimondo, D. (2020). Pathophysiology of Peripheral Arterial Disease (PAD): A Review of Oxidative Disorders. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(12), 4393. <https://doi.org/10.3390/ijms21124393>
 12. Butnariu, L. I., Gorduza, E. V., Florea, L., Țarcă, E., Moisă, Ștefana M., Tradafir, L. M., Cojocaru, E., Luca, A.-C., Stătescu, L., & Bădescu, M. C. (2022). The Genetic Architecture of the Etiology of Lower Extremity Peripheral Artery Disease: Current Knowledge and Future Challenges in the Era of Genomic Medicine. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(18), 10481. <https://doi.org/10.3390/ijms231810481>
 13. Saenz-Pipaon, G., Martinez-Aguilar, E., Orbe, J., González Miqueo, A., Fernandez-Alonso, L., Paramo, J. A., & Roncal, C. (2021). The Role of Circulating Biomarkers in Peripheral Arterial Disease. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(7), 3601. <https://doi.org/10.3390/ijms22073601>
 14. Hamburg, N. M., & Creager, M. A. (2017). Pathophysiology of Intermittent Claudication in Peripheral Artery Disease. *Circulation Journal*, 81(3), 281–289. <https://doi.org/10.1253/circj.CJ-16-1286>
 15. Kunitomo, M., Yamaguchi, Y., Kagota, S., Yoshikawa, N., Nakamura, K., & Shinozuka, K. (2009). Biochemical Evidence of Atherosclerosis Progression Mediated by Increased Oxidative Stress in Apolipoprotein E–Deficient Spontaneously Hyperlipidemic Mice Exposed to Chronic Cigarette Smoke.

- Journal of Pharmacological Sciences*, 110(3), 354–361.
<https://doi.org/10.1254/jphs.09100FP>
16. Golledge, J. (2022). Update on the pathophysiology and medical treatment of peripheral artery disease. *Nature Reviews Cardiology*, 19(7), 456–474.
<https://doi.org/10.1038/s41569-021-00663-9>
17. Mynard, J. P., Kondiboyina, A., Kowalski, R., Cheung, M. M. H., & Smolich, J. J. (2020). Measurement, Analysis, and Interpretation of Pressure/Flow Waves in Blood Vessels. *Frontiers in Physiology*, 11, 1085.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2020.01085>
18. Trihan, J.-E., Mahé, G., Laroche, J.-P., Dauzat, M., Perez-Martin, A., Croquette, M., & Lanéelle, D. (2023). Arterial Blood-Flow Acceleration Time on Doppler Ultrasound Waveforms: What Are We Talking About? *Journal of Clinical Medicine*, 12(3), 1097. <https://doi.org/10.3390/jcm12031097>
19. Sommerset, J., Teso, D., Karmy-Jones, R., Vea, Y., & Feliciano, B. (2020). Pedal Flow Hemodynamics in Patients with Chronic Limb-Threatening Ischemia. *Journal for Vascular Ultrasound*, 44(1), 14–20.
<https://doi.org/10.1177/1544316719894412>
20. Young, D. F., & Tsai, F. Y. (1973). Flow characteristics in models of arterial stenoses—II. Unsteady flow. *Journal of Biomechanics*, 6(5), 547–559.
[https://doi.org/10.1016/0021-9290\(73\)90012-2](https://doi.org/10.1016/0021-9290(73)90012-2)
21. Arévalo Zamora, C., Cifuentes, J. C., Plaza Tenorio, M., Cadavid Velásquez, L. G., & Ospina, S. (2022). Usefulness of the measurement of the pedal acceleration time in the diagnosis of peripheral arterial disease. *Angiología*.
<https://doi.org/10.20960/angiologia.00431>
22. Brouwers, J. J. W. M., Van Doorn, L. P., Pronk, L., Van Wissen, R. C., Putter, H., Schepers, A., & Hamming, J. F. (2022). Doppler Ultrasonography Derived Maximal Systolic Acceleration: Value Determination with Artificially Induced Stenosis. *Vascular and Endovascular Surgery*, 56(5), 472–479.
<https://doi.org/10.1177/15385744221076269>
23. Brouwers, J. J. W. M., Van Doorn, L. P., Van Wissen, R. C., Putter, H., & Hamming, J. F. (2020). Using maximal systolic acceleration to diagnose and

- assess the severity of peripheral artery disease in a flow model study. *Journal of Vascular Surgery*, 71(1), 242–249. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2019.01.088>
24. De Castro-Santos, G., Gonçalves, P. E. O., Procópio, R. J., Dardik, A., & Navarro, T. P. (2023). Accuracy of the pedal acceleration time to diagnose limb ischemia in patients with and without diabetes using the Wifl classification. *Vascular Medicine*, 28(1), 36–44. <https://doi.org/10.1177/1358863X221150453>
25. Hart, O., Lee, K. T., Gormley, S., August, B., Abbott, G., & Khashram, M. (2024). Association of Pedal Acceleration Time with Healing and Amputation Free Survival in Patients with Ulceration and Gangrene. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, S1078588424004714. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2024.05.043>
26. Karmy-Jones, R., Feliciano, B., Teso, D., Sommerset, J., Veal, Y., & Dally, M. (2024). The Utility of Advanced Lower-Extremity Duplex Using Pedal Acceleration Time in the Management of the Threatened Diabetic Foot. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 114(2), 22–221. <https://doi.org/10.7547/22-221>
27. Martínez Sosa, I. P., Sánchez Nicolat, N. E., Torres Martínez, J., Flores Escartín, M. H., Nuñez Ovaez, E., Barrientos-Villegas, S., Rodríguez Martínez, A. D. C., & Valderrama-Treviño, A. I. (2024). Correlation between plantar acceleration time and Doppler ultrasound with the ankle-brachial index in patients with peripheral arterial disease. *International Surgery Journal*, 11(8), 1215–1218. <https://doi.org/10.18203/2349-2902.isj20242107>
28. Ochoa-Ayón, B. L., Quiroz-Villegas, M. E., Valdovinos-Estrada, J. A., Lozano-Corona, R., Sánchez-Nicolat, N. E., Martínez-Coria, T., & Serrano-Lozano, J. A. (2022). Tiempo de aceleración plantar como factor predictivo para salvamento de extremidad. *Revista Mexicana de Angiología*, 9800. <https://doi.org/10.24875/RMA.22000037>
29. Sommerset, J., Karmy-Jones, R., Dally, M., Feliciano, B., Veal, Y., & Teso, D. (2019). Plantar Acceleration Time: A Novel Technique to Evaluate Arterial

- Flow to the Foot. *Annals of Vascular Surgery*, 60, 308–314.
<https://doi.org/10.1016/j.avsg.2019.03.002>
30. Sommerset, J., Teso, D., Feliciano, B., Veia, Y., Sentman, M., Zimmerman, N., N., Nyholm, C., Honl, R., & Karmy-Jones, R. (2019). Innovative Arterial Duplex Examination: A Guide to Evaluate Flow in the Foot Using Pedal Acceleration Time. *Journal for Vascular Ultrasound*, 43(1), 11–17.
<https://doi.org/10.1177/1544316719827328>
31. Souza, D. D. A., Medrado, P. V. F., Santos, V. A., Aguiar, C. X. D., Silva, G. S., Sousa, L. P. P. D., Amando, Y. B. D., & Saad, P. F. (2024). Duplex ultrasound and pedal acceleration time as tools to evaluate foot perfusion: A literature review. *Jornal Vascular Brasileiro*, 23, e20230017.
<https://doi.org/10.1590/1677-5449.202300172>
32. Teso, D., Sommerset, J., Dally, M., Feliciano, B., Veia, Y., & Jones, R. K. (2021). Pedal Acceleration Time (PAT): A Novel Predictor of Limb Salvage. *Annals of Vascular Surgery*, 75, 189–193.
<https://doi.org/10.1016/j.avsg.2021.02.038>
33. Trihan, J.-E., Mahé, G., Croquette, M., Coutant, V., Thollot, C., Guillaumat, J., & Lanéelle, D. (2022). Accuracy of Acceleration Time of Distal Arteries to Diagnose Severe Peripheral Arterial Disease. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 8, 744354. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2021.744354>
34. Trihan, J.-E., Mahé, G., Laroche, J.-P., Dauzat, M., Perez-Martin, A., Croquette, M., & Lanéelle, D. (2023). Arterial Blood-Flow Acceleration Time on Doppler Ultrasound Waveforms: What Are We Talking About? *Journal of Clinical Medicine*, 12(3), 1097. <https://doi.org/10.3390/jcm12031097>
35. Yagyu, T., Funabashi, S., Yoneda, S., Noguchi, T., & Yasuda, S. (2020). Novel Evaluation Method for Lower Extremity Peripheral Artery Disease with Duplex Ultrasound — Usefulness of Acceleration Time. *Circulation Journal*, 84(11), 1990–1998. <https://doi.org/10.1253/circj.CJ-20-0427>
36. Bevan, G. H., & White Solaru, K. T. (2020). Evidence-Based Medical Management of Peripheral Artery Disease. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and*

37. Conte, M. S., Bradbury, A. W., Kolh, P., White, J. V., Dick, F., Fitridge, R., Mills, J. L., Ricco, J.-B., Suresh, K. R., Murad, M. H., Aboyans, V., Aksoy, M., Alexandrescu, V.-A., Armstrong, D., Azuma, N., Belch, J., Bergoeing, M., Bjorck, M., Chakfé, N., ... Wang, S. (2019). Global Vascular Guidelines on the Management of Chronic Limb-Threatening Ischemia. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 58(1), S1-S109.e33. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2019.05.006>
38. Foley, T. R., Armstrong, E. J., & Waldo, S. W. (2016). Contemporary evaluation and management of lower extremity peripheral artery disease. *Heart*, 102(18), 1436–1441. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2015-309076>
39. Luan, J., Xu, J., Zhong, W., Zhou, Y., Liu, H., & Qian, K. (2022). Adverse Prognosis of Peripheral Artery Disease Treatments Associated with Diabetes: A Comprehensive Meta-Analysis. *Angiology*, 73(4), 318–330. <https://doi.org/10.1177/00033197211042494>
40. Beckman, J. A., Schneider, P. A., & Conte, M. S. (2021). Advances in Revascularization for Peripheral Artery Disease: Revascularization in PAD. *Circulation Research*, 128(12), 1885–1912. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.121.318261>
41. Soyoye, D. O., Abiodun, O. O., Ikem, R. T., Kolawole, B. A., & Akintomide, A. O. (2021). Diabetes and peripheral artery disease: A review. *World Journal of Diabetes*, 12(6), 827-838. <https://doi.org/10.4239/wjd.v12.i6.827>
42. Aday, A. W., & Matsushita, K. (2021). Epidemiology of Peripheral Artery Disease and Polyvascular Disease. *Circulation Research*, 128(12), 1818-1832. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.121.318535>
43. Solanki, J. D., Shah, A. P., Lalwani, N., Trivedi, B. J., Savani, A. A., & Sojitra, K. P. (2025). Prevalence and concomitance of diabetic peripheral sensory neuropathy and lower limb peripheral arterial disease in type II diabetics and its correlation with obesity. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 14(2), 687-692. <https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc.1168.24>



44. You, Y., Wang, Z., Yin, Z., Bao, Q., Lei, S., Yu, J., & Xie, X. (2023). Global disease burden and its attributable risk factors of peripheral arterial disease. *Scientific Reports*, 13(1), 19898. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-47028-5>
45. Van Der Feen, C., Neijens, F. S., Kanter, S. D. J. M., Mali, W. P. Th. M., Stolk, R. P., & Banga, J. D. (2002). Angiographic distribution of lower extremity atherosclerosis in patients with and without diabetes. *Diabetic Medicine*, 19(5), 366-370. <https://doi.org/10.1046/j.1464-5491.2002.00642.x>
46. Graziani, L., Silvestro, A., Bertone, V., Manara, E., Andreini, R., Sigala, A., Mingardi, R., & De Giglio, R. (2007). Vascular Involvement in Diabetic Subjects with Ischemic Foot Ulcer: A New Morphologic Categorization of Disease Severity. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 33(4), 453-460. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2006.11.022>
47. Trihan, J.-E., Croquette, M., Hersant, J., Prigent, R., Fontaine, C., Henni, S., & Lanéelle, D. (2024). Accuracy of maximal acceleration time of pedal arteries to diagnose critical limb-threatening ischemia. *Vascular Medicine*, 29(2), 153-162. <https://doi.org/10.1177/1358863X231226216>

ANEXOS



GOBIERNO
DEL ESTADO
DE CHIHUAHUA

SECRETARÍA
DE SALUD

ICHISAL

INSTITUTO CHIHUAHUENSE
DE SALUD

MediChihuahua 

Chihuahua, Chih. A 03 de ABRIL de 2025.

Oficio: HC/EM217/2025.

Asunto: CARTA DE NO ADEUDO

A QUIEN CORRESPONDA PRESENTE.-

Con un saludo afectuoso, me permito presentarle al C. RAUL ALFONSO HINOJOS FLOTTE, quien curso su subespecialidad de ANGIOLOGIA Y CIRUGIA VASCULAR en esta institución, con el aval de la Facultad de Medicina y Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua, residencia que dio inicio el 01 de Marzo del 2021 y culmino el 28 de Febrero del 2025.

El cual realizo su tesis de investigación requisito indispensable para poder realizar su trámite de titulación, en tiempo y forma.

Así mismo manifiesto que no tiene adeudo alguno es este Hospital.

Se extiende la presente a petición del interesado para fines que le convengan.

Quedando a sus órdenes para cualquier duda o aclaración.



ATENTAMENTE

DRA. MEGNY GONZALEZ RAMIREZ
JEFATURA DE ENSEÑANZA MÉDICA
HOSPITAL CENTRAL DEL ESTADO DE CHIHUAHUA
"DR. JESÚS ENRIQUE GRAJEDA HERRERA"
ensenanzahce@hotmail.com
Tel. 614 4293300 ext. 16526, 1652.



SECRETARÍA
DE SALUD

ENSEÑANZA MÉDICA

COMITÉ DE ETICA EN INVESTIGACION HOSPITAL CENTRAL DEL ESTADO

Chihuahua, Chih. A 13 de Noviembre de 2024

DR. RAUL ALFONSO HINOJOS FLOTTE
P R E S E N T E

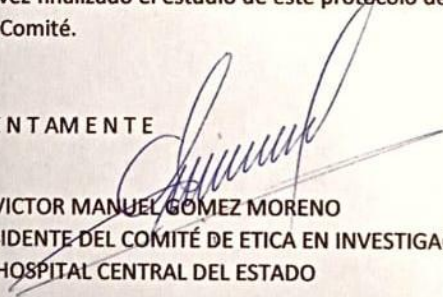
Por este conducto me permito informar a Usted que de acuerdo a la revisión del protocolo "CAMBIOS POSTQUIRURGICO EN EL TIEMPO DE ACELERACION PLANTAR E INDICE TOBILLO BRAZO Y SU ASOCIACION CON SALVAMENTO DE LA EXTREMIDAD EN EL HOSPITAL CENTRAL DEL ESTADO DE CHIHUAHUA, MEXICO", con número de registro 044C-11/24.

Este Comité de Ética en Investigación que me honro en presidir ha decidido aprobarlo, ya que se trata de un estudio retrospectivo se aprueba sin ningún problema.

Le recuerdo el compromiso de informarle por escrito a este Comité, cuando menos cada 6 meses o antes la evolución y seguimiento de su protocolo

Una vez finalizado el estudio de este protocolo debe de comunicarlo por medio de oficio a este Comité.

ATENTAMENTE


DR. VICTOR MANUEL GOMEZ MORENO
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE ETICA EN INVESTIGACION
DEL HOSPITAL CENTRAL DEL ESTADO