



Check for updates

ARTÍCULO ORIGINAL

Tiempo de aceleración plantar como factor predictivo para salvamento de extremidad

Plantar acceleration time as a predictive factor for limb salvage

Bianca L. Ochoa-Ayón^{1*}, Martha E. Quiroz-Villegas¹, José A. Valdovinos-Estrada¹, Rodrigo Lozano-Corona², Nora E. Sánchez-Nicolat², Tatzari Martínez-Coria² y Julio A. Serrano-Lozano²

¹Departamento de Angiología, Cirugía Vascular y Endovascular, Hospital de Alta Especialidad, ISSSTE, Morelia, Mich.; ²Departamento de Angiología, Cirugía Vascular y Endovascular, Hospital Regional Lic. Adolfo López Mateos, Ciudad de México. México

Resumen

Antecedentes: En la enfermedad arterial periférica (EAP), la medición de la hemodinámica del pie no ha sido bien descrita. **Objetivo:** Determinar el tiempo de aceleración plantar (PAT) como factor predictivo para salvamento de extremidad en pacientes con diagnóstico de isquemia crónica amenazadora de extremidad (CLTI). **Material y método:** Se realizó un estudio prospectivo, analítico y longitudinal de 2020 a 2022. Se incluyeron pacientes con diagnóstico de CLTI que cumplieran los criterios de selección. Se realizó análisis estadístico con lo descrito a la clasificación de PAT. **Resultados:** Se incluyeron 31 pacientes en este estudio, todos sometidos a revascularización mediante angioplastía. El salvamento de extremidad se logró en los 31 (100%). Todos cursaron con disminución del PAT a clase 1 o 2, que logró asociarse a salvamento de extremidad. **Conclusiones:** El estudio demostró que una disminución del PAT posterior a angioplastía se relacionó con salvamento de extremidad. Por tanto, se propone al PAT como factor predictivo para salvamento de extremidad.

Palabras clave: Tiempo de aceleración plantar. Amputación. Isquemia crónica amenazante. Salvamento de extremidad.

Abstract

Background: In peripheral arterial disease (PAD), the measurement of foot hemodynamics has not been well described. **Objective:** To determine the plantar acceleration time (PAT) as a predictive factor for limb salvage in patients diagnosed with chronic limb-threatening ischemia (CLTI). **Material and method:** A prospective, analytical, and longitudinal study was carried out from 2020 to 2022. Patients diagnosed with CLTI who met the selection criteria were included. Statistical analysis was performed with what was described for the PAT classification. **Results:** 31 patients were included in this study, all of whom underwent revascularization by angioplasty. Limb salvage was achieved in all 31 (100%). All of them had a decrease in PAT to class 1 or 2, which was associated with limb salvage. **Conclusions:** The study showed that a decrease in PAT after angioplasty was related to limb salvage. Therefore, PAT is proposed as a predictive factor for limb salvage.

Keywords: Pedal acceleration time. Amputation. Chronic limb-threatening ischemia. Limb salvage.

*Correspondencia:

Bianca L. Ochoa-Ayón

E-mail: bianca.ochoa@hotmail.com

0377-4740/© 2022 Sociedad Mexicana de Angiología y Cirugía Vascular y Endovascular, A.C. Publicado por Permanyer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Fecha de recepción: 10-10-2022

Fecha de aceptación: 21-10-2022

DOI: 10.24875/RMA.22000037

Disponible en internet: 15-12-2022

Rev Mex Angiol. 2022;50(4):126-133

www.RMAngiologia.com

Introducción

La enfermedad arterial periférica (EAP) afecta aproximadamente a 200 millones de personas en todo el mundo. Se estima que en los Estados Unidos de América en torno a 8.5 millones de personas viven con EAP¹. La isquemia crónica amenazadora de extremidad (CLTI, *chronic limb-threatening ischemia*) es el resultado en el 1-10% de los pacientes con EAP, con una mortalidad del 50% a 5 años y del 70% a 10 años², y se define clínicamente como la fase final de la EAP en la cual existe dolor al reposo en el pie o necrosis. En los Estados Unidos de América se estima una prevalencia de CLTI del 0.8%; su incidencia y su prevalencia oscilan entre el 0.02% y el 0.35% y entre el 1.2% y el 2.3%, respectivamente, en estudios de población adulta, sin distinción significativa entre ambos géneros³⁻⁵.

La evaluación de los vasos pequeños dentro del pie y las extremidades distales presenta un problema para los médicos, ya que el índice tobillo-brazo (ITB) no es sensible a las oclusiones y la enfermedad arterial por debajo del tobillo. Las pautas internacionales actuales recomiendan el índice dedo-brazo (IDB) como un método de detección alternativo para EAP en presencia de un ITB elevado; sin embargo, la base de evidencia para el uso del IDB como prueba diagnóstica independiente sigue siendo baja. El IDB es la presión sistólica del dedo del pie dividida por la presión braquial sistólica más alta. La presión sistólica del dedo del pie se puede determinar colocando un manguito neumático oclusivo de tamaño apropiado (entre 15 y 25 mmHg) alrededor de la base del primer o segundo dedo del pie y una sonda de fotopletismografía (FPG) fijada a la pulpa distal del dedo del pie con cinta adhesiva. También se puede usar una sonda Doppler de onda continua en las arterias digitales en lugar de una sonda FPG. Una vez que se obtiene una señal constante, el manguito oclusivo se infla con un esfigmomanómetro 20 mmHg por encima de la última forma de onda de FPG visual^{5,6}.

La presión transcutánea de oxígeno (PTcO₂) es útil para valorar la microcirculación; puede predecir la curación de heridas y sirve para monitorear la eficacia de la revascularización, por lo que es considerada actualmente la más específica para predecir el riesgo de amputación a 1 año⁶⁻⁸.

La calcificación arterial medial es un endurecimiento de la pared arterial, más comúnmente en las arterias infrageniculares, frecuente en la población diabética, en particular en hombres y en grupos de mayor edad, que puede invalidar la utilidad diagnóstica del ITB.

Los estudios arteriales no invasivos son un pilar de cualquier práctica vascular para los pacientes con CLTI; sin embargo, actualmente las pruebas arteriales no invasivas, como el ITB y la toma de presiones en pacientes diabéticos y renales con calcinosis de la media suelen dar datos erróneos^{6,9,11}.

El tiempo de aceleración se ha utilizado ampliamente en la enfermedad tibial y en la pérdida extensa de tejido en la evaluación de la enfermedad arterial oclusiva.

Un estudio *in vitro* reveló que la aceleración sistólica máxima es útil en el diagnóstico y la predicción de la gravedad de las estenosis en vasos distales^{10,11}. El tiempo de aceleración plantar (PAT, *pedal acceleration time*) se ha correlacionado con el ITB en pacientes sintomáticos y no sintomáticos con vasos tibiales compresibles¹².

El PAT es una imagen Doppler directa de los vasos plantares que proporciona información fisiológica real de la hemodinámica del pie. Esta técnica se puede realizar utilizando imágenes dúplex arteriales estándar disponibles en la mayoría de los laboratorios vasculares. Si bien el valor absoluto del PAT es importante, 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 (**Tabla 1**). Además, se puede visualizar la distribución angiosómica específica de todo el pie. Se propone que el PAT en pacientes diabéticos con CLTI es comparable a otras pruebas fisiológicas y es un buen predictor de la recuperación de la extremidad¹²⁻¹⁴.

El ITB y el ultrasonido Doppler son pruebas estandarizadas aceptadas en pacientes con EAP. En los pacientes no diabéticos, el ITB puede ser una prueba confiable para la enfermedad por encima del nivel del tobillo. El IDB también es una modalidad aceptada para evaluar la enfermedad de los vasos pequeños. Sin embargo, el ITB y el IDB no proporcionan una evaluación completa del flujo arterial especialmente en las arterias del pie que son no compresibles^{6,14}.

Para el estudio de las arterias distales, el Doppler tiene algunas ventajas respecto a las demás técnicas de imagen. Actualmente es posible detectar vasos permeables con flujos de muy baja velocidad que muchas veces no se consiguen llenar con medio de contraste.

Hay estudios que demuestran que hasta en un 10% de los casos es capaz de demostrar vasos permeables no visibles con la arteriografía. También puede demostrar segmentos arteriales repermeabilizados por colaterales distales con flujo retrógrado, que no suelen verse con otras técnicas^{12,14-16}.

Tabla I. Clasificación del tiempo de aceleración plantar

	Sin isquemia	Isquemia leve	Isquemia moderada	Isquemia grave
	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4
Síntomas	Asintomáticos	Claudicación > 2 cuadras	Claudicación < 2 cuadras	Isquemia crónica de extremidad (dolor en reposo, pérdida de tejido)
Tiempo de aceleración plantar	20-120 ms	121-180 ms	181-224 ms	> 225 ms
Índice tobillo-brazo	1.3-0.90	0.89-0.69	0.68-0.50	0.49-0.00

Se considera que el PAT es un estudio invaluable para indicar la gravedad de la enfermedad más distal, ayuda en el proceso de toma de decisiones para intervenciones quirúrgicas y posiblemente sea un predictor en la cicatrización de heridas.

Sommerset et al.¹²⁻¹⁴ identificaron cinco ubicaciones para la obtención del PAT que recomiendan al realizar el ultrasonido Doppler vascular. En la técnica para la medición del PAT se debe disminuir la escala de color y aumentar la ganancia de este para llenar la arteria apropiadamente. La caja de color es ajustada en la dirección adecuada y se debe colocar la muestra del Doppler pulsado en el centro de la arteria a $\leq 60^\circ$. Una vez que se obtienen las ondas Doppler hay que obtener una imagen con tres o cuatro ondas para llenar la ventana espectral ajustada a nivel medio. La ganancia del Doppler espectral debe ser adecuada para visualizar el contorno de la forma de onda. Una vez congelada la forma de onda, el PAT se mide con precisión seleccionando la herramienta de cálculo «tiempo de aceleración» o «tiempo/pendiente», según el sistema de ultrasonido. El PAT se mide a partir de la forma de onda como el tiempo en milisegundos (ms) desde el inicio del aumento sistólico hasta el pico de la sístole (*Fig. 1*). Se toman mediciones de las arterias arcuata, dorsal metatarsal, plantar medial, plantar lateral y plantar profunda, con especial atención para la medición del PAT en la arteria del angiosoma a revascularizar¹²⁻¹⁴.

Planteamiento del problema

El ITB y el ultrasonido Doppler son pruebas estandarizadas aceptadas en los pacientes con EAP para evaluar la perfusión de la extremidad inferior. Sin embargo, se ha demostrado que el IDB y el ITB son erróneos en pacientes con diabetes o con vasos no compresibles. La evaluación de las arterias pedias no ha sido evaluada para este objetivo, hasta ahora¹⁴.

Se propone que el PAT en pacientes diabéticos con CLTI es comparable a otras pruebas fisiológicas y es un buen predictor para el salvamento de la extremidad¹⁴.

Hasta el momento no se cuenta con estudios realizados en México sobre el PAT.

Objetivo general

Determinar el PAT como factor predictivo para salvamento de la extremidad en pacientes con diagnóstico de isquemia crítica de extremidad inferior sometidos a angioplastia.

Método

Se realizó un estudio observacional, analítico, longitudinal y prospectivo, por una médica residente de angiología, cirugía vascular y endovascular de último año que realizó una base de datos prospectiva en Excel en la que se llevó el registro de la medición del PAT previo y posterior inmediato a la angioplastia en los pacientes que cumplieron todos los criterios de inclusión. Se consideraron pacientes de ambos géneros con diagnóstico de CLTI infrainguinal de origen ateroesclerótico, diagnóstico de pie diabético con clasificación WIfI (*Wound, Ischemia, and foot Infection*) de grado 0 o 1 de infección, candidatos a salvamento de la extremidad que se sometieron a angioplastia y a quienes se les determinó el PAT antes y después del procedimiento.

El estudio fue realizado por la investigadora principal con el apoyo y la supervisión del segundo investigador (asesor de tesis) en el servicio de radiología del Hospital Regional de Morelia. Se realizó una curva de aprendizaje para la toma del PAT por el investigador principal de aproximadamente 30 pacientes, y una vez dominada la técnica se inició el reclutamiento de pacientes en un periodo de 8 meses para el registro del

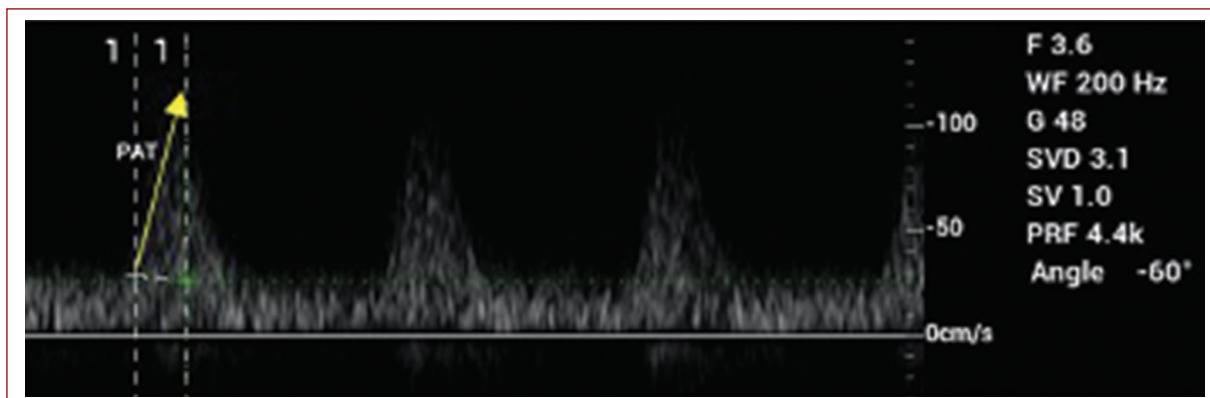


Figura 1. Ubicación del tamaño de muestra para la toma del tiempo de aceleración plantar (imagen original del autor).

PAT previo y posterior al procedimiento para posteriormente dar seguimiento en consulta externa de los pacientes revascularizados durante 1 año para la vigilancia de heridas y salvamento de la extremidad.

Se realizaron imágenes dúplex de las arterias del pie usando un equipo de ultrasonido Doppler Aloka Prosound Alpha 6, con un transductor de matriz lineal con frecuencias Doppler pulsadas entre 3 y 12 MHz para la medición del PAT de las arterias plantares por el investigador principal previo al procedimiento de angioplastia y en el posquirúrgico inmediato. La circulación anterior fue evaluada en la arteria arcuata y la arteria dorsal metatarsal, mientras que la circulación posterior se evaluó en las arterias plantares medial, lateral y profunda. Se tomó el PAT del angiosoma objetivo a revascularizar para la curación de la herida. Se realizaron pruebas estadísticas según la clasificación del PAT: clase 1 (sin isquemia), 20 a 120 ms; clase 2 (isquemia leve), 121 a 180 ms; clase 3 (isquemia moderada), 181 a 224 ms; y clase 4 (isquemia crítica), mayor de 225 ms.

El estudio fue aprobado por el comité de bioética del Hospital Regional de Morelia y por la Comisión Nacional de Bioética (CONBIOÉTICA). Se realizó el análisis estadístico con el software SPSS 25.0. Se analizó la normalidad de los datos mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Las variables numéricas se expresaron como media y desviación estándar, y las variables nominales como frecuencia y porcentaje. Para las variables numéricas se realizaron la prueba de Wilcoxon para las muestras relacionadas y la prueba U de Mann-Whitney para las muestras independientes. Para las variables nominales se realizó la prueba de χ^2 o la prueba de Fisher, según correspondiera. Se consideró significancia estadística un valor de $p < 0.05$.

Resultados

Se reclutaron 39 pacientes para el estudio en el periodo comprendido del 1 de julio de 2020 al 30 de marzo de 2022, de los cuales se excluyeron ocho a quienes no se les pudo determinar el PAT posquirúrgico; por lo tanto, se analizaron los datos de 31 pacientes que completaron las variables de estudio.

La edad de los pacientes presentó una media de 67.29 años (desviación estándar [DE]: ± 11.68) y predominó el género masculino con el 83.9% (26 pacientes).

El miembro pélvico afectado en la mayoría de los casos fue el izquierdo, con el 54.8% (17 casos); el miembro pélvico derecho correspondió al 45.2% (14 casos).

La totalidad de los pacientes presentaron isquemia crítica como etiología, pero 18 (58.1%) también tenían al momento de la intervención pie diabético, con la siguiente clasificación WIfI: el 50% W 1 y el otro 50% W 2; el 11.1% I 0, el 16.7% I 1, el 38.9% I 2 y el 33.3% I 3; el 38.8% fl 0 y el 61.1% fl 1.

La mayoría de los pacientes presentaron isquemia en una arteria, con 19 pacientes (61.3%), mientras que 12 pacientes (38.7%) tuvieron isquemia en dos territorios vasculares. Los vasos tibiales se vieron obstruidos en 24 pacientes (77.4%), y el segmento femoropoplíteo en 18 (67.8%).

En todos los pacientes se realizó angioplastia simple; además, en 13 (41.9%) pacientes se realizó angioplastia con balón medicado. Se colocó stent únicamente en 3 pacientes (9.7%), todos en la arteria femoral superficial. Se realizó aterectomía en 4 pacientes (12.9%) en la arteria femoral superficial.

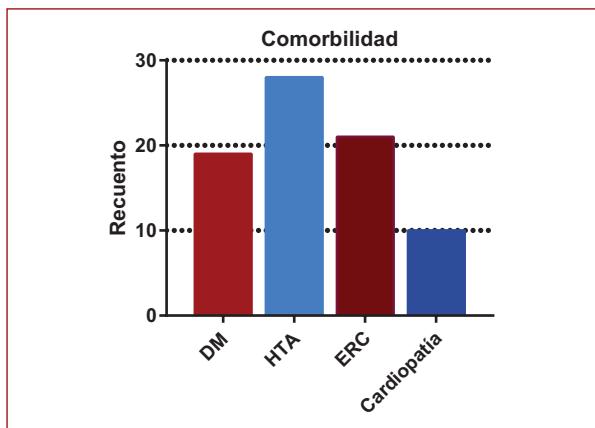


Figura 2. Prevalencia de comorbilidad en pacientes con isquemia crónica amenazadora de extremidad.
DM: diabetes mellitus; ERC: enfermedad renal crónica;
HTA: hipertensión arterial.

Se realizó una amputación menor en 16 pacientes (51.6%), de los cuales la más común fue la transmetatarsiana, con el 16.1% (5 pacientes).

Dentro de la comorbilidad, la hipertensión arterial sistémica fue la más frecuentemente observada, con una prevalencia del 90.3%, seguida de la enfermedad renal crónica con el 67.7%, la diabetes *mellitus* tipo 2 con el 61.3% y la cardiopatía con el 32.3% (**Fig. 2**).

El ITB fue no compresible en 26 pacientes (83.9%); en los 5 (16.1%) en los que sí fue medible, la media fue de 0.44 (DE: ± 0.09).

El PAT previo a la angioplastia presentó una media de 213 ms (DE: ± 83.26); los valores correspondían a categoría 2 en 10 pacientes (32.3%), categoría 3 en 9 pacientes (29%) y categoría 4 en 12 pacientes (38.7%) (**Fig. 3**).

Posterior al procedimiento, el PAT presentó una media de 118 ms (DE: ± 16.40), con 24 pacientes (77.4%) en categoría 1 y 7 pacientes (22.6%) en categoría 2. Todos los pacientes presentaron un descenso en la categoría; en la mayoría este descenso fue de dos categorías, y de acuerdo con la medición, el descenso tuvo una media de 94.64 (DE: ± 72.87), con un mínimo de 18 y un máximo de 321 (**Fig. 4**).

Al año de seguimiento, solo un paciente no presentó curación de la herida (**Fig. 5 A**). El tiempo de curación obtuvo una media de 4.35 meses (DE: ± 2.42) (**Fig. 5 B**). Asimismo, ningún paciente cursó con claudicación durante el año del seguimiento ni presentó dolor en la extremidad afectada.

En el preoperatorio, los pacientes presentaron una media de PAT de 213.00 ms (DE: ± 83.26), y posterior al procedimiento fue de 118.35 ms (DE: ± 16.40), lo

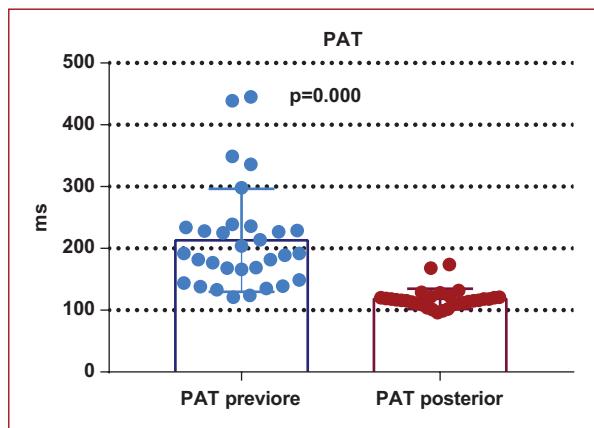


Figura 3. Tiempo de aceleración plantar (PAT) previo y posterior a la revascularización.

cual supone una diferencia significativa entre ambos valores con $p = 0.000$ (prueba de Wilcoxon).

Discusión

El PAT es un estudio no invasivo que puede proporcionar información confiable en pacientes con CLTI o vasos no compresibles. En nuestro laboratorio vascular, encontramos que es posible adquirir la habilidad para la realización del PAT con 10 pacientes en un tiempo aproximado de 15 a 30 minutos, dependiendo de la experiencia, e incluso con pericia puede realizarse en < 10 minutos. Hasta el momento, la PTcO₂ es la prueba más aceptada para la predicción de la curación de heridas, pero su precisión es limitada en presencia de edema o infección, o disminución de la temperatura; también su precisión en la isquemia crítica ha sido cuestionada, además de ser costosa y no encontrarse disponible en la mayoría de los centros vasculares del país⁶⁻⁸. Por el contrario, el ultrasonido es el estudio de primera línea en los centros vasculares, es de bajo costo, no es invasivo, no se somete al paciente a material de contraste ni ionización, y se puede realizar en consultorio, en hemodinamia, en quirófano y en la cama del paciente¹⁴, por lo que indiscutiblemente el PAT, con un adecuado entrenamiento, se puede determinar de una manera rápida y segura en menos de la mitad de tiempo que la PTcO₂.

Dentro de los datos epidemiológicos obtenidos en nuestro estudio, la edad de los pacientes del estudio presentó una media de 67.29 años (DE: ± 11.68), coincidiendo con lo reportado en las guías⁶.

La diferencia en la prevalencia de sexo encontrada fue significativa entre el masculino (83.9%) y el

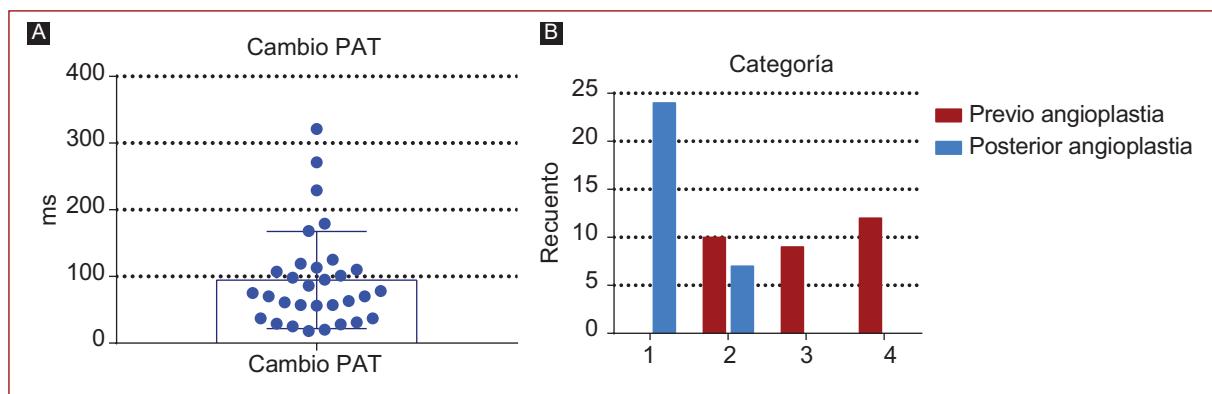


Figura 4. A: cambio del tiempo de aceleración plantar (PAT). B: clase del PAT previo y posterior a la revascularización.

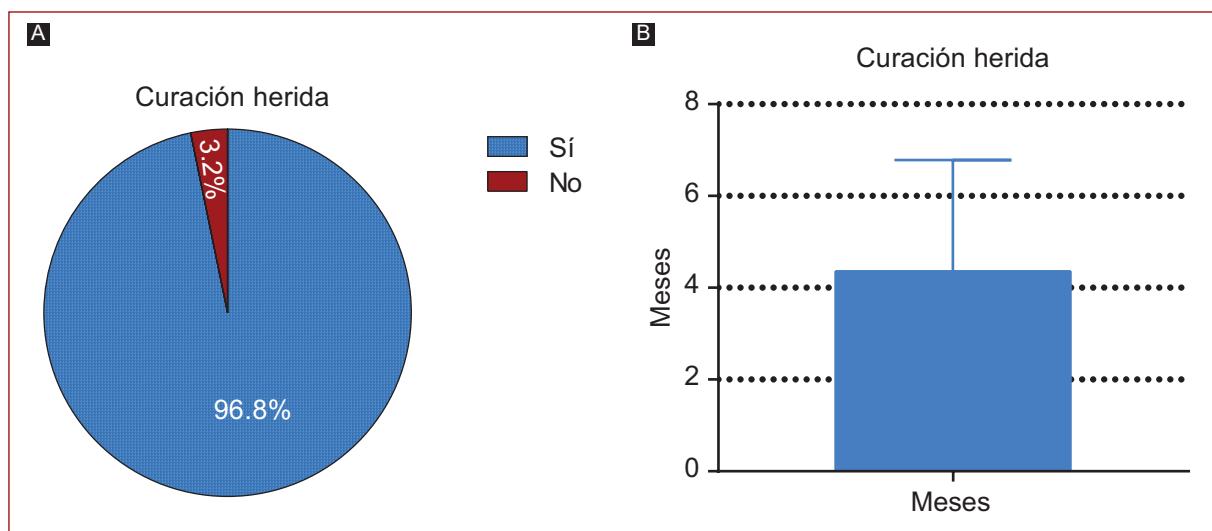


Figura 5. A: porcentaje de curación de la herida en pacientes revascularizados. B: tiempo de curación de la herida en pacientes revascularizados.

femenino (16.1%), lo cual contrasta con lo reportado en las guías globales de isquemia crónica, en las que se estima que la prevalencia de esta patología en los países en vías de desarrollo es similar en ambos sexos^{6,17}.

En cuanto a la comorbilidad, se encontró la hipertensión arterial sistémica como la más frecuente en los pacientes con diagnóstico de CLTI (90.3% de los casos)⁶.

Dentro de los segmentos más afectados se halló una mayor prevalencia de afectación en los vasos tibiales (77.4%), seguidos por el segmento femoropoplíteo (58.8%), como se reporta en el estudio de Graziani et al.¹⁸, en el que el segmento infrapoplíteo es el más afectado.

Se encontró un ITB no compresible en el 83.9% de los pacientes y un ITB calculable en el 16.1%, con una media de 0.44 mmHg, confirmando su baja especificidad para predecir enfermedad arterial en pacientes diabéticos⁶.

En el análisis estadístico de nuestro estudio se encontró una significancia estadística relativa ($p = 0.000$), y por lo tanto podemos concluir que el PAT efectivamente es útil como factor predictivo para el salvamento de la extremidad en pacientes con diagnóstico de CLTI, tal como reportaron Somerset et al¹⁴, quienes además concluyeron que un cambio de PAT de clase 4 a clase 2 es un predictor independiente para salvamento de la extremidad. Una debilidad del estudio fue que se realizó en una sola institución.

Nuestro centro hospitalario cuenta con la infraestructura necesaria para el tratamiento endovascular de la CLTI, por lo que los 31 pacientes intervenidos cursaron con salvamento de la extremidad en su totalidad, encontrando amputación menor en el 51.6% de los mismos con una predominancia de amputación transmetatarsiana en el 31.25%, seguida por amputación del primer dedo en el 12.5%, amputación de cuarto y quinto dedos en el 12.25%, y amputaciones limitadas a uno o dos dedos en el resto de los pacientes. Decidimos no incluir las infecciones de clases 3 y 4 WIfI debido a la necesidad urgente de controlar la infección.

Conclusiones

El ultrasonido es el estudio de imagen de primera elección, y en muchos centros es el único disponible. Brinda información de la localización anatómica y la extensión de la enfermedad, así como sobre el volumen flujo, las velocidades y actualmente la herramienta del PAT.

De nuestro estudio se concluye que con la disminución del PAT a clase 1 o 2 podemos predecir el salvamento de la extremidad en los pacientes revascularizados por angioplastia. Aunque se cumplió con el tamaño de muestra representativo para nuestro centro hospitalario, una debilidad de nuestro estudio es el número de pacientes y que fue unicéntrico. Será necesario hacer estudios multicéntricos con un mayor número de pacientes, en los que se incluyan pacientes con revascularización abierta, así como con grados de infección 3 y 4 WIfI.

La mayor parte de la literatura sobre CLTI está escrita en inglés y su epidemiología deriva de pocos países, la mayoría del Primer Mundo (Europa, Norteamérica y Japón)^{6,13}. Esto debe cambiar, por lo que se debe continuar sumando esfuerzos y realizar más estudios de investigación en México para obtener datos epidemiológicos que se apeguen a nuestra población. La mayoría de los cirujanos vasculares no cuentan con las condiciones laborales favorables y constantemente nos adaptamos a recomendaciones ajenas a nuestra situación poblacional para ofrecer el mejor manejo posible al paciente con los recursos a nuestro alcance.

Hasta ahora, el PAT es una técnica no dominada por la mayoría de los cirujanos vasculares en nuestro país. Es necesario continuar con estudios multicéntricos en este tema para adquirir la curva de aprendizaje y poder utilizarlo en nuestra práctica cotidiana.

Financiamiento

La presente investigación no ha recibido ninguna beca específica de agencias de los sectores públicos, comercial o con ánimo de lucro.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

Bibliografía

- Fowkes FG, Rudan D, Rudan I, Aboyans V, Denenberg JO, McDermott MM, et al. Comparison of global estimates of prevalence and risk factors for peripheral artery disease in 2000 and 2010: a systematic review and analysis. Lancet. 2013;382:1329-40.
- Allison MA, Ho E, Denenberg JO, Langer RD, Newman AB, Fabsitz RR, et al. Ethnic-specific prevalence of peripheral arterial disease in the United States. Am J Prev Med. 2007;32:328-33.
- Nehler MR, Duval S, Diao L, Annex BH, Hiatt WR, Rogers K, et al. Epidemiology of peripheral arterial disease and critical limb ischemia in an insured national population. J Vasc Surg. 2014;60:686-95.e682.
- Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA, Nehler MR, Harris KA, Fowkes FG, et al. Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II). Eur J Vasc Endovasc Surg. 2007;33(Suppl 1):S1-75.
- Rothwell P, Coull A, Silver L, Fairhead JF, Giles MF, Lovelock CE, et al. Population-based study of event-rate, incidence, case fatality, and mortality for all acute vascular events in all arterial territories (Oxford Vascular Study). Lancet. 2005;366:1773-83.
- Conte MS, Bradbury AW, Kohl P, White JV, Dick F, Fitridge R, et al. Global vascular guidelines on the management of chronic limb-threatening ischemia. Eur J Vasc Surg. 2019;58(1S):S1-S109.e33.
- Castronovo JJ Jr, Aderca HM, Smiell JM, Price RM. Skin perfusion pressure measurement is valuable in the diagnosis of critical limb ischemia. J Vasc Surg. 1997;26:629-37.
- De Graaff JC, Ubbink DT, Legemate DA, Tijssen JG, Jacobs MJ. Evaluation of toe pressure and transcutaneous oxygen measurements in management of chronic critical leg ischemia: a diagnostic randomized clinical trial. J Vasc Surg. 2003;28:528-34.
- Tehan PE, Bray A, Chuter VH. Non-invasive vascular assessment in the foot with diabetes: sensitivity and specificity of the ankle-brachial index, toe brachial index and continuous wave Doppler for detecting peripheral arterial disease. J Diabetes Complications. 2016;30:155-60.
- Burdick L, Airolidi F, Marana I, Giussani M, Alberti C, Cianci M, et al. Superiority of acceleration and acceleration time over pulsatility and resistance indices as screening tests for renal artery stenosis. J Hypertens. 1996;10:1229-35.

11. Brouwers J, van Doorn LP, van Wissen RC, Putter H, Hamming JF. Using maximum systolic acceleration to diagnose and assess the severity of peripheral artery disease in a flow model study. *J Vasc Surg.* 2019;71:242-9.
12. Sommerset J, Teso D, Karmy-Jones R, Vea Y, Feliciano B. Pedal flow hemodynamics in patients with chronic limb-threatening ischemia. *J Vasc Ultrasound.* 2020;44:14-21.
13. Sommerset J, Teso D, Feliciano B, Vea Y, Sentman M, et al. Innovate arterial duplex examination: a guide to evaluate flow in the foot using pedal acceleration time. *J Vasc Ultrasound.* 2029;43:11-7.
14. Sommerset J, Karmy-Jones R, Dally M, Feliciano B, Vea Y, Teso D. Plantar acceleration time: a novel technique to evaluate arterial flow to the foot. *Ann Vasc Surg.* 2019;60:308-14.
15. Jager KA, Philips DJ, Martín RL, Hanson C, Roederer GO, Langlois YE, et al. Noninvasive mapping of lower limb arterial lesions. *Ultrasound Med Biol.* 1985;11:515-21.
16. Bazan H, Le L, Donovan M, Sidhom T, Smith TA. Retrograde pedal access for patients with critical limb ischemia. *J Vasc Surg.* 2014;60:375-82.
17. Ortmann J, Nüesch E, Traupe T, Diehm N, Baumgartner I. Gender is an independent risk factor for distribution pattern and lesion morphology in chronic critical limb ischemia. *J Vasc Surg.* 2012;55:98-104.
18. Graziani L, Silvestro A, Bertone V, Manara E, Andreini R, Sigala A, et al. Vascular involvement in diabetic subjects with ischemic foot ulcer: a new morphologic categorization of disease severity. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2007;33:453-60