



## Original

## Utilidad de la medición del tiempo de aceleración pedal en el diagnóstico de enfermedad arterial periférica

### *Usefulness of the measurement of the pedal acceleration time in the diagnosis of peripheral arterial disease*

Cáterin Arévalo Zamora, Juan Camilo Cifuentes, Maribel Plaza Tenorio, Luis Gerardo Cadavid Velásquez, Sigifredo Ospina Ospina

Facultad de Medicina. Universidad de Antioquía. Medellín, Colombia

### Resumen

**Introducción:** la evaluación del índice tobillo-brazo (ITB) en los pacientes con enfermedad arterial periférica presenta algunas limitaciones y no ofrece un adecuado parámetro de la perfusión distal. Recientemente se ha descrito la evaluación del tiempo de aceleración en las arterias plantares (TAP) mediante ultrasonografía Doppler como una alternativa de diagnóstico no invasivo en pacientes con limitación para la interpretación del ITB.

**Objetivos:** en este estudio buscamos evaluar la correlación del TAP con la medición del ITB en una población de pacientes en Colombia.

**Métodos:** estudio de tipo descriptivo, prospectivo y transversal en dos centros de alta complejidad de la ciudad de Medellín (Colombia) durante un periodo de un año. Se realizó medición del TAP en los pacientes con sospecha de enfermedad arterial periférica (EAP). Para el análisis de los datos se utilizaron medidas de tendencia central, como la media con su desviación estándar o la mediana con su rango intercuartílico según la distribución de los datos por la prueba de Shapiro Wilk. Para las variables cualitativas se utilizó la distribución de frecuencias absolutas y relativas de las categorías de las variables.

**Resultados:** se incluyeron 68 pacientes (130 extremidades) con una media de 72,4 años. La disminución del ITB se asoció con un incremento del TAP. En pacientes con un ITB normal (1-1,3) se encuentra una media de TAP de  $83 \pm 21$  ms; con un ITB de 0,5-0,89 se encuentra un TAP de  $134 \pm 48$  ms, y en pacientes con un ITB  $< 0,5$  se encontró  $193 \pm 57$  ms con mediciones de la arteria plantar lateral, con una correlación inversa  $> -0,9$  entre los valores de las 4 arterias plantares. Los pacientes severamente enfermos, con un ITB  $< 0,5$ , se asociaron con un TAP  $> 160$  ms (AUC = 0,89; IC 95 %, 0,839-0,959). Del mismo modo, los pacientes con un ITB normal se asociaron con unos valores de TAP  $< 100$  ms.

**Conclusiones:** en nuestra población de pacientes los cambios en el TAP se correlacionaron con la anormalidad en el ITB. Los valores de TAP más prolongados muestran una alta correlación, con un ITB más bajo y mayor compromiso clínico de los pacientes con enfermedad arterial periférica. Asimismo, los valores más bajos de TAP se correlacionaron con ITB normales.

La medición del TAP puede representar una herramienta adicional en la evaluación de la EAP. Sin embargo, se requieren más estudios que permitan evaluar el TAP en poblaciones especiales, como aquellos pacientes con EAP e ITB no valorables.

#### Palabras clave:

Enfermedad arterial periférica. Tiempo de aceleración. Índice tobillo-brazo. Ultrasonido Doppler. Arterias pedales.

Recibido: 27/05/2022 • Aceptado: 02/07/2022

Conflicto de interés: los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Arévalo Zamora C, Cifuentes JC, Plaza Tenorio M, Cadavid Velásquez LG, Ospina Ospina S. Utilidad de la medición del tiempo de aceleración pedal en el diagnóstico de enfermedad arterial periférica. *Angiología* 2022;74(6):271-277

DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/angiologia.00431>

#### Correspondencia:

Cáterin Arévalo Zamora. Facultad de Medicina.  
Universidad de Antioquía. C/ 67, n.º 53-108.  
Ciudad Universitaria. Medellín, Colombia  
e-mail: cate-90@hotmail.com

## Abstract

**Introduction:** the assessment of ITB in patients with the peripheral arterial disease has some limitations and does not provide an adequate parameter of distal perfusion. Recently, the assessment of acceleration time in plantar arteries by Doppler ultrasonography has been described, which can correlate with ABI and offer a noninvasive diagnostic alternative in patients with limited interpretation.

**Objectives:** in this study we seek to evaluate the correlation of TAP with ABI measurement in a group of patients in Colombia.

**Methods:** a descriptive, prospective, cross-sectional study in 2 high complexity hospitals in Medellín (Colombia). During a 1-year period, plantar acceleration time was measured in 68 patients (130 extremities) who presented for arterial plethysmography under suspicion of peripheral arterial disease (PAD). For data analysis, measures of central tendency were used, such as the mean with its standard deviation or the median with its interquartile range according to the distribution of the data by the Shapiro-Wilk test. For qualitative variables absolute and relative frequency distribution of categories and variables were used.

**Results:** the decrease in ABI is associated with an increase in PAT. In patients with normal ABI (1-1.3) a mean TAP of  $83 \pm 21$  ms was found, with ITB 0.5-0.89 TAP  $134 \pm 48$  ms was found, and in patients with ABI  $< 0.5$  TAP  $193 \pm 57$  ms was found with lateral plantar artery measurements, with an inverse correlation of  $-0.9$  between the values of the 4 plantar arteries. Severe patients with ABI  $< 0.5$  are associated with TAP greater than 160 ms with an (AUC = 0.89; 95% CI, 0.839-0.959), similarly patients with a normal ABI are associated with PAT values  $< 100$  ms.

**Conclusions:** longer PAT values show a high correlation with longer ABI. Low and greater involvement of patients with peripheral arterial disease, as well as lower PAT values, correlate with a normal ABI.

Measurement of PAT may represent an additional tool in the evaluation of PAD, however, further studies are required to assess PAT in populations with non-assessable ABI such as those with stiffness.

### Keywords:

Peripheral arterial disease. Acceleration time. Ankle-brachial index. Doppler ultrasound. Pedal arteries.

## INTRODUCCIÓN

La sospecha diagnóstica de la enfermedad arterial periférica (EAP) se basa en los síntomas, en los hallazgos físicos y en los antecedentes del paciente. Sin embargo, la detección no invasiva de la enfermedad se realiza comúnmente con el índice tobillo-brazo (ITB), que es un método confiable para diagnosticar la enfermedad y evaluar su gravedad. Por lo general se considera que existe EAP con un ITB en reposo inferior a 0,9 o una disminución del 20 % o más después del ejercicio (1-3).

La efectividad diagnóstica del ITB cambia ampliamente en los diferentes escenarios, con sensibilidad diagnóstica variable, pero con un alto nivel de especificidad (del 80 al 100 %) para detectar estenosis de más del 50 % en un segmento arterial cuando el ITB es inferior a 0,9 (4,5). Existen algunas limitaciones en la evaluación del ITB, como la falta de sensibilidad y de especificidad en pacientes ancianos, diabéticos y con enfermedad renal crónica (ERC) debidas a la presencia de calcificación de la media arterial, lo que puede sobreestimar el resultado con un ITB falsamente elevado (6). En este escenario el índice dedo-brazo (IDB) representa un parámetro más fiable en el diagnóstico

de la EAP, puesto que las arterias digitales son menos propensas a los efectos de la calcificación (4,7).

Otra de las limitantes del ITB es que no se correlaciona adecuadamente con la clasificación de Rutherford y los hallazgos angiográficos, además de que no predice adecuadamente la cicatrización de úlceras. Este método evalúa la perfusión hasta el tobillo sin aportar información adicional sobre la evaluación en la perfusión del pie, información relevante para valorar la severidad de la enfermedad y la posible respuesta al tratamiento (8,9).

Dada la limitación del ITB para valorar la perfusión de las extremidades inferiores en pacientes con vasos tibiales no compresibles y basados en los conceptos de angiosomas, que explican la funcionalidad del aporte circulatorio colateral en los distintos segmentos del cuerpo, se describió recientemente la utilización de la evaluación del tiempo de aceleración pedal (TAP) (10).

El TAP se define como el tiempo que transcurre desde el inicio de la sístole hasta el pico máximo sistólico, representado en la morfología espectral de la onda Doppler. Los cambios de la onda arterial evaluada mediante ultrasonografía son producto de la interacción entre la resistencia al flujo y la ductilidad arterial. Estos cambios se ven determinados por el tiempo de aceleración (10,11).

Sommerset y cols. evaluaron la correlación de la enfermedad arterial periférica de acuerdo con su clasificación mediante ITB y el tiempo de aceleración de las arterias plantares como una nueva técnica de evaluación del flujo arterial en el pie y establecieron 4 grupos: grupo 1: TAP  $89,9 \pm 15,5$  ms; grupo 2,  $152,3 \pm 28,4$  ms; grupo 3,  $209,8 \pm 25,5$  ms, y grupo 4,  $270,2 \pm 35,3$  ms (11).

El objetivo de este estudio fue evaluar la correlación del ITB con la medición del TAP con base en valores previamente establecidos para el diagnóstico de la enfermedad arterial periférica en una población de pacientes de dos instituciones de alta complejidad en Colombia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo, prospectivo y transversal en dos centros de alta complejidad de la ciudad de Medellín (Colombia) durante el periodo comprendido entre el 1 de marzo de 2021 y 1 enero de 2022. Se incluyeron todos los pacientes mayores de 18 años de ambos sexos que acudieron a la toma de pletismografía arterial en el laboratorio vascular y que aceptaron voluntariamente la realización del TAP.

Como criterios de exclusión se definieron los antecedentes de revascularización o de intervención vascular en la extremidad objetivo, la presencia de enfermedad arterial aortoiliaca y el disentimiento del paciente para participar en el estudio.

Las variables consideradas en el estudio fueron edad, sexo, ITB, TAP y comorbilidades.

La medición del ITB se hizo mediante pletismografía arterial, con pletismógrafo FALCON/pro VIASO-NIX®, utilizando manguitos de presión de 10-12 cm y evaluados con sonda de Doppler continuo de 5 mHz para después hacer la toma del TAP evaluando la arteria plantar lateral, medial, profunda y la arteria arcuata con el uso de modo B, Doppler PW y Doppler color con transductor lineal de 10 Mhz a un ángulo de 60° utilizando un equipo de ultrasonografía General Electric (GE Logic p5).

Para el análisis de los datos se utilizaron medidas de tendencia central, como la media con su desviación estándar o la mediana con su rango intercuartílico según la distribución de los datos por la prueba

de Kolgomorov Smirnov. Para las variables cualitativas se utilizó la distribución de frecuencias absolutas y relativas de las categorías de las variables. Para relacionar dos variables cuantitativas se utilizó la T de Student para muestras independientes o la U de Mann Whitney, según la distribución de los datos. Además, se realizó la correlación de Pearson y la curva ROC para las variables ITB y TAP lateral. Los análisis se hicieron con el paquete estadístico SPSS (IBM) v.27.

Para evaluar el desempeño del TAP se utilizó el grado de severidad de la enfermedad con base en el resultado del ITB. Así: sin enfermedad (ITB de 1-1,3), enfermedad limítrofe (ITB de 0,9-0,99), presencia de rigidez arterial (ITB > 1,3), enfermedad de leve a moderada (ITB de 0,5-0,89) y enfermedad severa (ITB < 0,5).

El estudio fue aprobado por los comités éticos de investigación clínica de las instituciones participantes. Todos los pacientes aprobaron el consentimiento informado verbal posterior a la realización de la entrevista. Se garantizó la confidencialidad de los datos con el fin de no permitir la identificación de los pacientes en la divulgación de los resultados.

## RESULTADOS

Se estudiaron 130 extremidades correspondientes a 68 pacientes, con una media de edad de 72,4 años (SD: 11,6). En 62 pacientes se evaluaron las dos extremidades y en 6 pacientes, solo una debido a que presentaban antecedente de amputación. El 51 % (35) de los pacientes eran del sexo femenino.

El factor de riesgo más común fue la hipertensión en el 84 % (57) de los pacientes evaluados. La presencia de claudicación intermitente fue la condición más frecuente que motivó la realización del estudio, en el 53 % (37) de los casos. El 28,5 % (37) de las extremidades presentaban un ITB normal (Tabla I).

La media de ITB en pacientes con ERC fue de 0,99 frente a 0,85 en los que no tenían ERC ( $p = 0,03$ ), en diabéticos fue del 0,91 frente al 0,84 en pacientes no diabéticos ( $p = 0,20$ ).

Los pacientes con ITB normal presentan una media de TAP de 83 ms (DE: -21) en la arteria plantar lateral y de 81 ms (DS: -20) en la arteria arcuata. Los que presentaban ITB *borderline* tenían una media de TAP de 94 ms (DS: -36) en la arteria plantar lateral y de 88 ms (DS: -30)

**Tabla I.** Distribución de los pacientes con EAP según comorbilidad y antecedente, presentación clínica y resultado de ITB

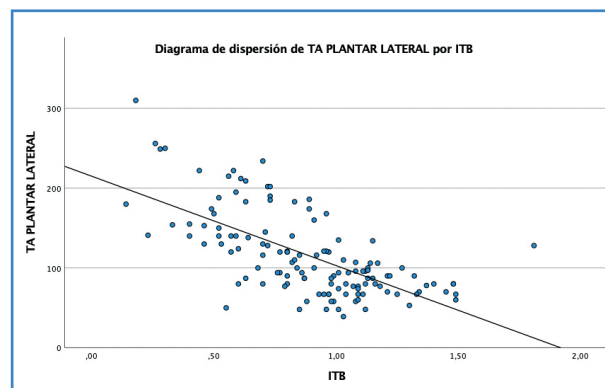
Comorbilidad	Número (pacientes)	Porcentaje
Hipertensión arterial	57	83 %
Dislipidemia	37	54%
Diabetes mellitus	34	50 %
Tabaquismo	33	48 %
Enfermedad renal crónica	13	20 %
Presentación	Número (pacientes)	Porcentaje
Claudicación intermitente	37	53 %
Claudicación atípica	15	23 %
Isquemia crónica que amenaza la extremidad	16	24 %
ITB	Número (extremidades)	Porcentaje
Anormal (ITB < 0,9)	65	50 %
Limítrofe (ITB 0,9-0,99)	17	13 %
Normal (ITB 1-1,3)	37	28,5 %
No compresible (ITB > 1,4)	11	8,5 %

ITB: índice tobillo-brazo.

en la arteria arcuata. Aquellos con un ITB no compresible tenían una media de TAP de 79 ms (DS: 18,2) en la arteria plantar lateral y de 79,9 ms (DS: -23,9) en la arteria arcuata.

En los pacientes con un ITB < 0,5 se encontró una media del tiempo de aceleración de la arteria plantar lateral de 193 ms (DS: -57.3) y en la arteria arcuata, una media de 201 ms (DS: -50.0). En los pacientes con ITB de 0,5-0,9 se encontró una media del tiempo de aceleración en la arteria plantar lateral de 134 ms (DS: -48.3) y en la arteria arcuata, de 137 ms (DS: 50.3). Los pacientes con ITB normal (1-1,3) presentan una media de 83 ms (DS: 21) en la arteria plantar lateral y de 81 ms (DS: -20) en la arteria arcuata (Tabla II).

Existe una correlación inversa de 0,67 entre el ITB y el TAP en la arteria arcuata y de 0,65 entre el ITB y el TAP en la arteria plantar lateral, parámetros establecidos mediante la correlación de Pearson (Fig. 1).



**Figura 1.** Correlación lineal entre el tiempo de aceleración pedal de la arteria plantar lateral con el ITB.

**Tabla II.** Resultados del tiempo de aceleración pedal en las arterias lateral y arcuata con respecto al ITB normal, limítrofe y anormal

TAP	ITB < 0,5		ITB 0,5-0,89		ITB 0,9-0,99		ITB 1-1,3	
	Plantar lateral	arcuata	Plantar lateral	arcuata	Plantar lateral	arcuata	Plantar lateral	Arcuata
Media	193 ms	201 ms	134 ms	137 ms	94 ms	88 ms	83 ms	81 ms
DE	57,3 ms	50 ms	48 ms	50 ms	36 ms	30 ms	21 ms	20 ms
Mínimo	130 ms	128 ms	48 ms	58 ms	48 ms	29 ms	39 ms	47 ms
Máximo	310 ms	300 ms	234 ms	248 ms	168 ms	150 ms	135 ms	128 ms

ITB: índice tobillo-brazo; DE: derivación estándar; ms: milisegundos.

## DISCUSIÓN

Este es el primer estudio en nuestro medio que compara la correlación de los hallazgos ultrasonográficos Doppler mediante el tiempo de aceleración de las arterias plantares con el ITB.

El ITB presenta importantes limitaciones, con una sensibilidad que oscila entre el 17 % y el 99 % y una especificidad entre el 16,5 % y el 92 %. Estos datos varían principalmente en el grupo de pacientes con calcificación de la media arterial, lo que genera una sobreestimación del resultado (4).

En este estudio se encontró una media de ITB mayor en pacientes con ERC frente a los que no la tienen: ITB de 0,99 frente a 0,85, con una diferencia estadísticamente significativa ( $p = 0,03$ ). En los diabéticos la media del ITB fue de 0,91 frente a 0,84 en los no diabéticos, con una diferencia no significativa ( $p = 0,20$ ).

Estos datos concuerdan con lo descrito en la literatura, en la que la calcificación de la media arterial en pacientes con diabetes *mellitus* y ERC genera una sobreestimación del ITB con una disminución de la sensibilidad diagnóstica de la enfermedad arterial periférica con este método diagnóstico (12). Se ha encontrado una sensibilidad del 43 % en los pacientes con ERC frente al 67 % en los que no la tienen, y en pacientes con ERC y diabetes *mellitus* la sensibilidad puede disminuir al 36 %. Potier y Halbron encontraron que en pacientes diabéticos con ITB límite y normal (0,9-1,3) había una prevalencia de EAP del 57 % y en aquellos con ITB superior a 1,3 había una prevalencia del 58 %. Por lo tanto, es indispensable evaluar métodos diagnósticos alternativos que brinden una mayor sensibilidad y especificidad diagnóstica en este grupo de pacientes (13).

Este estudio muestra una correlación entre el grado de severidad de la EAP medido con el ITB y el incremento en el TAP medidos en la arteria plantar lateral y en la arteria arcuata. Al evaluar pacientes con EAP severa determinada por un ITB  $< 0,5$  se observa concordancia con un TAP superior a 160 ms, con una sensibilidad del 92,3 %, una especificidad del 83,7 %, un valor predictivo negativo (VPN) del 98,9 % y un área bajo la curva de 0,89 (Fig. 2).

Al definir un tiempo de aceleración pedal con un corte máximo de 100 ms para considerar los pacientes

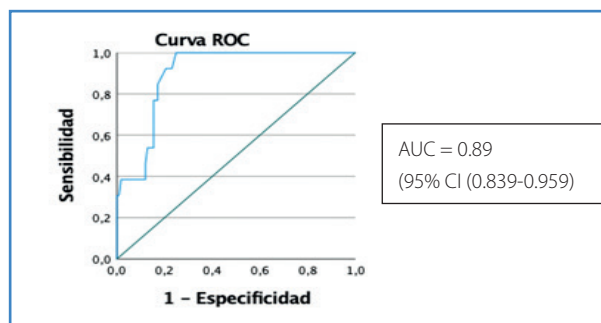


Figura 2. Curva ROC del TAP de la arteria lateral con respecto a un ITB  $< 0$ .

sin enfermedad con un ITB normal se obtiene una sensibilidad del 70,7 %, una especificidad del 81,2 % y un VPN del 86,5 %.

No existen en la literatura muchos estudios que comparen específicamente el tiempo de aceleración de las arterias plantares con el ITB. Sommerset y cols. describieron una correlación significativa del TAP con el ITB ( $p < 0,001$ ) y una diferencia significativa en el tiempo de aceleración entre las clases clínicas y los grupos de paciente clasificados mediante ITB. Encontraron que a mayor severidad de la enfermedad mayor era el TAP (11).

Los valores de TAP encontrados en este estudio difieren de los reportados por Sommerset y cols., en los que se clasificaron 4 grupos de resultados descritos previamente. Un TAP menor de 120 ms se relaciona con pacientes asintomáticos y con un ITB normal y aquellos con un TAP  $> 225$  ms, con enfermedades más severas e ITB  $< 0,5$  (11). En este estudio solo pueden establecerse 3 grupos de enfermedad. El primer grupo, con TAP inferior a 120 ms correlacionado con un ITB normal; un segundo grupo con TAP de entre 120 y 160 ms correlacionado con un ITB límite y entre 0,5 y 0,9 y un tercer grupo con un TAP  $> 160$  ms correlacionado con un ITB inferior a 0,5. Aunque se presente esta diferencia, sí es claro que existe una relación entre la mayor severidad de la enfermedad establecida con la disminución del ITB y la prolongación del TAP. Estos hallazgos nos dejan el interrogante de si posibles factores étnicos y regionales están implicados en las diferencias que se encontraron respecto a estudios previos.

La determinación del TAP en la arteria plantar lateral y la arteria arcuata es la que presenta mayor facilidad técnica para su realización, ya que se encuentra una adecuada correlación entre las cuatro arterias (Fig. 1).



También se han realizado estudios adicionales que comparan el TAP con parámetros más específicos, como el IDB. Recientemente Trihan y cols. han evaluado los parámetros ultrasonográficos de las arterias distales de la extremidad inferior, incluyendo el tiempo de aceleración máximo de las arterias pedales y su correlación con el IDB y la presión del dedo  $< 30$  mmHg, y han encontrado que un punto de corte  $> 225$  ms se asocia con una EAP severa e isquemia crónica que amenaza la extremidad, lo que concuerda con la evidencia de mayor prolongación del TAP cuanto mayor sea el compromiso de la enfermedad (14). Aunque el alcance de este estudio no era medir el IDB, sí puede ser un punto de partida para ser abordado por investigaciones futuras.

El principal hallazgo de este estudio es la determinación de una adecuada correlación entre el ITB y el tiempo de aceleración pedal, principalmente en el extremo de valores ITB menores de 0,5 y pacientes con ITB normal. Sin embargo, la evaluación de pacientes con ITB de 0,5-0,89 e ITB *borderline* no ofrece el mismo rendimiento, aunque puede inferirse un rango de clasificación de enfermedad leve-moderada con los valores de TAP entre 100 y 140 ms.

En este estudio se reclutaron únicamente 11 pacientes con ITB no compresible. No es posible compararlos con el TAP en este grupo dada la ausencia de parámetros más fiables que evalúen la perfusión distal, como el IDB o la oximetría transcutánea (15). Sin embargo, este estudio puede sugerir que, a pesar de las falencias del ITB en este grupo específico de pacientes, puede determinarse el grado de afectación en la perfusión distal con el incremento asociado del TAP.

Aunque se encontró que los valores extremos de TAP muestran una mejor correlación con el ITB, se requiere la replicación de estos resultados en estudios con una población más amplia y en pacientes que se someten a procedimientos de revascularización. Teso y cols. encontraron que la disminución del TAP a categorías 1 y 2 (TAP  $< 180$  ms) en pacientes posrevascularización, con ITB no compresible y limitación para obtener presiones digitales se asociaba con el salvamento de la extremidad, lo que muestra que el TAP puede ser una herramienta útil como factor predictor y de seguimiento de este grupo de pacientes (15).

Este es el primer estudio desarrollado en población latinoamericana que muestra que la evaluación del TAP puede ser de gran utilidad a la hora de evaluar los pacientes con enfermedad arterial periférica severa o descartar la enfermedad en aquellos con TAP normal, lo que es un punto de partida a nuevas investigaciones que puedan establecer parámetros de predicción o de riesgo en pacientes a los que se les realice revascularización para isquemia crónica que amenaza la extremidad y, de igual forma, determinar valores de TAP que se correlacionen con parámetros de perfusión distal en pacientes con evidencia de rigidez arterial en quienes no es determinable el ITB.

Hay algunas limitaciones en el estudio, como el reducido número de muestras recolectadas para una enfermedad tan prevalente, la falta de comparación con índices de perfusión distal establecidos como el IDB y la oximetría transcutánea y el hecho de que los estudios se realizaron por dos operadores independientes, sin que pudiese evaluarse la variabilidad interoperador.

## CONCLUSIONES

---

En nuestra experiencia, los pacientes con presiones no compresibles en el tobillo o presiones no medibles en los dedos del pie plantean un desafío para la evaluación completa de la extremidad. Este estudio ha encontrado que los valores de TAP más prolongados muestran una correlación con el ITB más bajo y mayor compromiso de los pacientes con enfermedad arterial periférica. Aunque los datos difieren de los mostrados en la clasificación y en la experiencia inicial de los autores que describieron la técnica, nuestros datos sugieren que la medición del TAP puede representar una herramienta adicional en la evaluación de la EAP. Sin embargo, se requieren más estudios para confirmar si el TAP puede ser un sustituto o un complemento adecuado para los parámetros de medición de la perfusión de la extremidad ya establecidos en poblaciones que arterias no compresibles.

## BIBLIOGRAFÍA

---

1. Rutherford RB. Acute limb ischemia: Clinical assessment and standards for reporting. *Semin Vasc Surg* 1992;5:4.

2. Rooke TW, Hirsch AT, Misra S, Sidawy AN, Beckman JA, Findeiss L, et al; American College of Cardiology Foundation Task Force; American Heart Association Task Force. Management of patients with peripheral artery disease (compilation of 2005 and 2011 ACCF/AHA Guideline Recommendations): a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol* 2013;61(14):1555-70. DOI: 10.1016/j.jacc.2013.01.004
3. Lau JF, Weinberg MD, Olin JW. Peripheral artery disease. Part 1: clinical evaluation and noninvasive diagnosis. *Nat Rev Cardiol* 2011;8(7):405-18. DOI: 10.1038/nrcardio.2011.66
4. Herraiz-Adillo Á, Cavero-Redondo I, Álvarez-Bueno C, Pozuelo-Carrascosa DP, Solera-Martínez M. The accuracy of toe brachial index and ankle brachial index in the diagnosis of lower limb peripheral arterial disease: A systematic review and meta-analysis. *Atherosclerosis* 2020;315:81-92. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2020.09.026
5. Aboyans V, Ricco JB, Bartelink MLEL, Björck M, Brodmann M, Cohnert T, et al. 2017 ESC guidelines on the diagnosis and treatment of peripheral arterial diseases, in collaboration with the European society for vascular surgery (ESVS). *Eur Heart J* 2018;39(9):763-816.
6. AbuRahma AF, Adams E, AbuRahma J, Mata LA, Dean LS, Caron C, et al. Critical analysis and limitations of resting ankle-brachial index in the diagnosis of symptomatic peripheral arterial disease patients and the role of diabetes mellitus and chronic kidney disease. *J Vasc Surg* 2020;71(3):937-45. DOI: 10.1016/j.jvs.2019.05.050
7. Misra S, Shishehbor MH, Takahashi EA, Aronow HD, Brewster LP, Bunte MC, et al; American Heart Association Council on Peripheral Vascular Disease; Council on Clinical Cardiology; and Council on Cardiovascular and Stroke Nursing. Perfusion Assessment in Critical Limb Ischemia: Principles for Understanding and the Development of Evidence and Evaluation of Devices: A Scientific Statement from the American Heart Association. *Circulation* 2019;140(12):e657-72. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000708
8. Shishehbor MH, Bunte MC. Time to Redefine Critical Limb Ischemia. *JACC Cardiovasc Interv* 2017;10(22):2317-9. DOI: 10.1016/j.jcin.2017.09.012
9. Bunte MC, Jacob J, Nudelman B, Shishehbor MH. Validation of the relationship between ankle-brachial and toe-brachial indices and infragenicular arterial patency in critical limb ischemia. *Vasc Med* 2015;20(1):23-9. DOI: 10.1177/1358863X14565372
10. Sommerset J, Teso D, Feliciano B, Veá Y, Sentman M, et al. Innovative Arterial Duplex Examination: A Guide to Evaluate Flow in the Foot Using Pedal Acceleration Time. *J Vasc Ultrasound* 2019;43(1):11-7.
11. Sommerset J, Karmy-Jones R, Dally M, Feliciano B, Veá Y, Teso D. Plantar Acceleration Time: A Novel Technique to Evaluate Arterial Flow to the Foot. *Ann Vasc Surg* 2019;60:308-14. DOI: 10.1016/j.avsg.2019.03.002
12. Chen J, He H, Starcke CC, Guo Y, Geng S, Chen CS, et al. Accuracy of Ankle-Brachial Index, Toe-Brachial Index, and Risk Classification Score in Discriminating Peripheral Artery Disease in Patients with Chronic Kidney Disease. *Am J Cardiol* 2021;160:117-23.
13. Potier L, Halbron M, Bouilloud F, Dadon M, Le Doeuff J, Ha Van G, et al. Ankle-to-brachial ratio index underestimates the prevalence of peripheral occlusive disease in diabetic patients at high risk for arterial disease. *Diabetes Care* 2009;32(4):e44.
14. Trihan JE, Mahé G, Croquette M, Coutant V, Thollot C, Guillaumat J, et al. Accuracy of Acceleration Time of Distal Arteries to Diagnose Severe Peripheral Arterial Disease. *Front Cardiovasc Med* 2022;8:744354. DOI: 10.3389/fcvm.2021.744354
15. Teso D, Sommerset J, Dally M, Feliciano B, Veá Y, Jones RK. Pedal Acceleration Time (PAT): A Novel Predictor of Limb Salvage. *Ann Vasc Surg* 2021;75:189-93. DOI: 10.1016/j.avsg.2021.02.038