

## Aplicaciones del ultrasonido doppler en la evaluación preoperatoria de pacientes con enfermedad arterial periférica

Applications of doppler ultrasound in the preoperative evaluation of patients with peripheral arterial disease

**María Belén Padrón Álvarez**

ORCID: 0009-0009-6351-8644

Universidad de Cuenca, Ecuador

**Karen Lizbeth Flores Andino**

ORCID: 0009-0007-7424-1068

Universidad Central del Ecuador

**Jhoselyn Verónica Poma Auquilla**

ORCID: 0009-0006-3468-2515

Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador

**Karen Patricia Murillo Vite**

ORCID: 0009-0004-5622-5556

Hospital Rafael Rodríguez Zambrano, Ecuador

**Wilson Ismael Poma Auquilla**

ORCID: 0009-0004-1497-9923

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador

**Jose Luis Rengifo Arteaga**

ORCID: 0009-0005-4235-6229

Hospital Rafael Rodríguez Zambrano, Ecuador

**Grace Estefanía Viera Taipe**

ORCID: 0009-0009-4564-521X

Universidad Técnica de Ambato, Ecuador

**David Fernando Santos Barre**

ORCID: 0009-0001-6899-7789

CEDIS, Ecuador

### RESUMEN

El ultrasonido Doppler es una herramienta no invasiva y ampliamente utilizada en la evaluación preoperatoria de pacientes con enfermedad arterial periférica (EAP). Esta técnica permite valorar el flujo sanguíneo, identificar obstrucciones arteriales y determinar la severidad de la enfermedad, lo que resulta fundamental para planificar intervenciones quirúrgicas o endovasculares. A través de mediciones como los índices tobillo-brazo (ITB) y la velocidad del flujo sanguíneo, el Doppler proporciona información detallada sobre la hemodinámica arterial. Además, su capacidad para localizar estenosis o oclusiones específicas facilita la toma de decisiones clínicas. En comparación con otros métodos diagnósticos, como la angiografía convencional, el ultrasonido Doppler destaca por su seguridad, accesibilidad y ausencia de exposición a radiación o agentes de contraste. Sin embargo, su eficacia depende de la experiencia del operador y puede verse limitada en pacientes con calcificaciones arteriales severas. Este artículo revisa las aplicaciones del ultrasonido Doppler en el contexto de la EAP, enfatizando su utilidad como herramienta diagnóstica y su papel en la optimización del manejo preoperatorio, contribuyendo así a mejorar los resultados clínicos y reducir las complicaciones asociadas a esta patología.

**Palabras clave:** Ultrasonido Doppler, Valuación preoperatoria, Enfermedad arterial periférica, Diagnóstico vascular, Flujo sanguíneo, Cirugía vascular.

### ABSTRACT

Doppler ultrasound is a non-invasive and widely used tool in the preoperative evaluation of patients with peripheral arterial disease (PAD). This technique allows us to assess blood flow, identify arterial obstructions and determine the severity of the disease, which is essential for planning surgical or endovascular interventions. Through measurements such as ankle-brachial indices (ABI) and blood flow velocity, Doppler provides detailed information on arterial hemodynamics. Additionally, its ability to locate specific stenoses or occlusions facilitates clinical decision making. Compared to other diagnostic methods, such as conventional angiography, Doppler ultrasound stands out for its safety, accessibility and absence of exposure to radiation or contrast agents. However, its effectiveness depends on the operator's experience and may be limited in patients with severe arterial calcifications. This article reviews the applications of Doppler ultrasound in the context of PAD, emphasizing its usefulness as a diagnostic tool and its role in optimizing preoperative management, thus contributing to improving clinical outcomes and reducing complications associated with this pathology.

**Keywords:** Doppler ultrasound, Preoperative evaluation, Peripheral arterial disease, Vascular diagnosis, Blood flow, Vascular surgery.

## INTRODUCCIÓN

La EAP es una patología vascular crónica caracterizada por el estrechamiento u oclusión de las arterias, lo que resulta en una disminución del flujo sanguíneo hacia las extremidades. Esta condición, asociada a un riesgo elevado de eventos cardiovasculares mayores, requiere una evaluación preoperatoria minuciosa en pacientes que se someten a intervenciones quirúrgicas, ya sea vasculares o no vasculares (1). En este contexto, el ultrasonido Doppler se ha consolidado como una herramienta diagnóstica esencial, no invasiva y ampliamente accesible, que permite evaluar de manera detallada la hemodinámica arterial y la magnitud de las lesiones obstructivas. El ultrasonido Doppler proporciona información clave sobre la velocidad del flujo sanguíneo, la presencia de turbulencias y la localización precisa de estenosis u oclusiones. Estas características son fundamentales para planificar estrategias terapéuticas adecuadas y minimizar riesgos intraoperatorios y postoperatorios (2). Este artículo revisa las aplicaciones más relevantes de esta técnica en la evaluación preoperatoria de pacientes con EAP, destacando su papel en la optimización del manejo clínico y la mejora de los resultados quirúrgicos. Además, se analizan sus ventajas, limitaciones y avances recientes en el ámbito de la medicina vascular.

## METODOLOGÍA

Para la elaboración de este artículo de revisión narrativa, se realizó una búsqueda exhaustiva en bases de datos científicas como PubMed, Scopus y ScienceDirect. Se utilizaron términos controlados como MeSH y DeCS, incluyendo combinaciones como "Doppler ultrasound", "Peripheral arterial disease", "preoperative evaluation", "ultrasonido Doppler" y "enfermedad arterial periférica". Los operadores booleanos "AND" y "OR" fueron empleados para optimizar los resultados de búsqueda y garantizar la inclusión de estudios relevantes. Los criterios de inclusión consideraron artículos publicados en los últimos 10 años, disponibles en inglés o español, estudios originales, revisiones sistemáticas y guías clínicas que abordaran el uso del ultrasonido Doppler en el contexto preoperatorio de pacientes con enfermedad arterial periférica. Por otro lado, se excluyeron aquellos estudios que no estuvieran relacionados directamente con el tema, publicaciones duplicadas o con acceso restringido. De un total inicial de 350 artículos identificados, después de aplicar los criterios mencionados y realizar la lectura crítica de los textos completos, se seleccionaron 18 artículos que aportaron información relevante y actualizada para la redacción de esta revisión. Estos estudios sirvieron como base para analizar las aplicaciones clínicas del ultrasonido Doppler en este contexto específico.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Principios físicos del ultrasonido Doppler y su relevancia clínica

El ultrasonido Doppler se basa en el principio físico del efecto Doppler, descrito por Christian Doppler en 1842. Este fenómeno establece que la frecuencia de una onda cambia cuando la fuente emisora y el receptor están en movimiento relativo entre sí. En el contexto médico, este principio se aplica al análisis del flujo sanguíneo utilizando ondas de ultrasonido (1).

El ultrasonido Doppler emite ondas sonoras de alta frecuencia hacia los vasos sanguíneos. Estas ondas interactúan con los glóbulos rojos en movimiento, generando un cambio en la frecuencia de las ondas reflejadas que es proporcional a la velocidad y dirección del flujo sanguíneo. Este cambio en la frecuencia, conocido como desplazamiento Doppler, se traduce en señales audibles o gráficas que permiten evaluar las características hemodinámicas de los vasos (1).

Existen diferentes modalidades del ultrasonido Doppler, como el Doppler continuo, el pulsátil y el color. El Doppler continuo es útil para medir velocidades elevadas del flujo, mientras que el pulsátil permite localizar flujos específicos en un punto determinado. Por su parte, el Doppler color proporciona un mapa visual del flujo sanguíneo, diferenciando direcciones mediante códigos de color (1,2).

En el contexto de la EAP, el ultrasonido Doppler tiene una relevancia clínica significativa en la evaluación preoperatoria. Esta herramienta no invasiva permite identificar obstrucciones arteriales, medir la severidad de las estenosis y detectar flujos colaterales. Además, es fundamental para determinar la viabilidad de procedimientos quirúrgicos o intervencionistas al proporcionar información detallada sobre la anatomía vascular y las características hemodinámicas (2).

La capacidad del ultrasonido Doppler para evaluar la velocidad del flujo y las alteraciones en el patrón hemodinámico es crucial en pacientes con EAP. Por ejemplo, la detección de velocidades elevadas en un segmento arterial puede indicar una estenosis significativa, mientras que la ausencia de flujo puede sugerir una oclusión completa. Asimismo, su uso combinado con índices como el índice tobillo-brazo (ITB) mejora la precisión diagnóstica (2).

## Indicaciones del ultrasonido Doppler en pacientes con enfermedad arterial periférica

El ultrasonido Doppler es una herramienta diagnóstica fundamental en la evaluación preoperatoria de pacientes con EAP. Esta técnica no invasiva permite valorar el flujo sanguíneo en las arterias afectadas y proporciona información clave para la planificación del tratamiento quirúrgico o endovascular. A continuación, se describen las principales indicaciones del ultrasonido Doppler en este contexto (3).

1. Detección y localización de estenosis o oclusiones arteriales: El ultrasonido Doppler es útil para identificar áreas de flujo reducido o ausente, lo que indica la presencia de estenosis significativa u oclusión total. Esto permite determinar la extensión y severidad de la enfermedad, así como localizar los segmentos arteriales comprometidos (3).

2. Evaluación hemodinámica: Este método permite medir velocidades de flujo y calcular índices como el ITBy el índice dedo-brazo (IDB). Valores anormales en estos índices son indicativos de insuficiencia arterial y ayudan a clasificar la gravedad de la EAP (3).

3. Monitoreo de la progresión de la enfermedad: En pacientes con EAP conocida, el ultrasonido Doppler puede ser empleado para evaluar cambios en el flujo arterial a lo largo del tiempo. Esto es especialmente relevante en aquellos con factores de riesgo persistentes, como diabetes mellitus, hipertensión arterial o tabaquismo (4).

4. Planificación quirúrgica o endovascular: Antes de una intervención, el ultrasonido Doppler permite identificar las características anatómicas del sistema arterial, como la longitud de las lesiones, el calibre de los vasos y la presencia de circulación colateral. Estos datos son esenciales para seleccionar la técnica más adecuada, ya sea bypass quirúrgico, angioplastia o colocación de stents (4).

5. Evaluación del estado postoperatorio: Tras una intervención quirúrgica o endovascular, el ultrasonido Doppler es útil para monitorizar la permeabilidad del injerto o stent, así como para detectar complicaciones tempranas como trombosis, estenosis recurrente o pseudoaneurismas (4).

6. Determinación de viabilidad tisular: En casos avanzados de EAP con isquemia crítica de extremidades, el ultrasonido Doppler permite evaluar el flujo en arterias distales y determinar si existe suficiente perfusión para evitar necrosis tisular o amputaciones mayores (3).

En resumen, el ultrasonido Doppler desempeña un papel crucial en la evaluación integral de los pacientes con enfermedad arterial periférica. Su capacidad para proporcionar información anatómica y funcional del sistema vascular lo convierte en una herramienta indispensable tanto en el diagnóstico inicial como en la planificación y seguimiento terapéutico. Su uso adecuado contribuye a optimizar los resultados clínicos y a mejorar la calidad de vida de los pacientes afectados por esta patología (4).

## Técnicas y protocolos para la realización del ultrasonido Doppler en extremidades inferiores

El ultrasonido Doppler es una herramienta esencial en la evaluación preoperatoria de pacientes con enfermedad arterial periférica, ya que proporciona información detallada sobre el flujo sanguíneo y las características hemodinámicas de las extremidades inferiores. Para garantizar resultados precisos y reproducibles, es fundamental seguir técnicas y protocolos estandarizados durante su realización (5).

El procedimiento debe comenzar con una adecuada preparación del paciente, asegurando que se encuentre en una posición cómoda, generalmente en decúbito supino, con las extremidades ligeramente elevadas para facilitar el acceso a los vasos. Se recomienda utilizar un transductor lineal de alta frecuencia (5-10 MHz) para evaluar arterias superficiales y un transductor de menor frecuencia para estructuras más profundas (5).

El estudio debe incluir un análisis sistemático de las arterias principales de las extremidades inferiores, como las arterias femoral común, femoral superficial, poplítea, tibial anterior, tibial posterior y peronea, evaluando tanto la morfología como los patrones de flujo (5,6).

Es esencial utilizar ángulos de insonación menores a 60 grados para obtener mediciones precisas de la velocidad del flujo. Además, se deben registrar las velocidades sistólicas pico en diferentes segmentos arteriales para identificar posibles estenosis o oclusiones. En casos de sospecha de enfermedad significativa, se recomienda complementar el estudio con índices tobillo-brazo y pruebas de esfuerzo para valorar la gravedad de la obstrucción. Durante el procedimiento, es crucial mantener una comunicación clara con el paciente y documentar adecuadamente los hallazgos, incluyendo imágenes representativas y mediciones relevantes (6).

La implementación rigurosa de estas técnicas y protocolos no solo optimiza la calidad del diagnóstico, sino que también permite al equipo médico planificar estrategias quirúrgicas o terapéuticas más efectivas, mejorando así los

resultados clínicos en pacientes con enfermedad arterial periférica (6).

### **Parámetros hemodinámicos evaluados mediante ultrasonido Doppler**

Entre los principales parámetros hemodinámicos evaluados mediante ultrasonido Doppler se encuentra la velocidad del flujo sanguíneo, que permite identificar alteraciones en el patrón de flujo, como turbulencias o disminuciones significativas asociadas a estenosis o oclusiones arteriales. Este parámetro es esencial para determinar la severidad de la obstrucción vascular y planificar intervenciones quirúrgicas o endovasculares (7).

Otro indicador relevante es el índice tobillo-brazo, que se calcula comparando las presiones sistólicas obtenidas en las arterias del tobillo y del brazo. Un ITB reducido ( $<0.9$ ) sugiere isquemia periférica, mientras que valores extremadamente bajos ( $<0.4$ ) suelen asociarse con enfermedad arterial crítica. Este índice, combinado con la evaluación Doppler, refuerza la capacidad diagnóstica en pacientes con EAP (7).

El análisis de los espectros Doppler también proporciona información valiosa. Los patrones trifásicos, bifásicos o monofásicos del espectro son indicativos de diferentes grados de compromiso hemodinámico. Un espectro monofásico, por ejemplo, es característico de flujos severamente alterados por estenosis significativa o oclusión arterial (7).

Asimismo, el ultrasonido Doppler permite medir el índice de resistencia (IR) y el índice de pulsatilidad (IP), que reflejan la resistencia vascular distal y la elasticidad de los vasos, respectivamente. Estos parámetros son útiles para evaluar el estado funcional del lecho vascular distal y detectar anomalías en la perfusión tisular (8).

Finalmente, la técnica Doppler color y el Doppler espectral facilitan la localización precisa de las áreas afectadas, permitiendo identificar zonas de estenosis críticas, colaterales compensatorias y segmentaciones oclusivas. Esto resulta crucial para planificar procedimientos quirúrgicos como bypasses o angioplastias (8).

### **Identificación de lesiones estenóticas u oclusivas en arterias periféricas**

La identificación de lesiones estenóticas u oclusivas en arterias periféricas mediante ultrasonido Doppler constituye una herramienta fundamental en la evaluación preoperatoria de pacientes con EAP. Este método no invasivo permite valorar con precisión el flujo sanguíneo, detectar alteraciones hemodinámicas y localizar zonas de estrechamiento u oclusión en los vasos afectados (9).

El ultrasonido Doppler utiliza ondas sonoras para medir la velocidad del flujo sanguíneo y generar imágenes en tiempo real de las arterias evaluadas. En el contexto de la EAP, una de sus aplicaciones más relevantes es la identificación de estenosis, que se caracteriza por un aumento significativo en la velocidad del flujo a través de un segmento arterial estrechado. Este fenómeno puede ser cuantificado mediante índices como el índice de velocidad pico sistólica (PSV, por sus siglas en inglés), que permite estimar el grado de severidad de la lesión. Por ejemplo, un incremento marcado en el PSV puede indicar una estenosis hemodinámicamente significativa, generalmente superior al 50% (9).

Además, el ultrasonido Doppler es eficaz para identificar oclusiones completas en las arterias periféricas. Estas se manifiestan típicamente por la ausencia de flujo detectable distal a la lesión. En estos casos, el mapeo Doppler en color y la evaluación espectral son herramientas clave para confirmar el diagnóstico y delimitar la extensión de la oclusión (9,10).

Otra ventaja significativa de esta técnica es su capacidad para evaluar las arterias colaterales que se desarrollan como respuesta compensatoria a las obstrucciones principales. La caracterización del flujo en estas vías alternativas es crucial para planificar intervenciones quirúrgicas o endovasculares, ya que permite al equipo médico determinar la viabilidad de los tejidos distales y diseñar estrategias terapéuticas personalizadas (10).

A pesar de sus múltiples beneficios, es importante considerar ciertas limitaciones del ultrasonido Doppler en este contexto. Por ejemplo, su efectividad puede verse reducida en pacientes con calcificaciones arteriales severas, que dificultan la transmisión de las ondas sonoras. Asimismo, la experiencia del operador juega un papel fundamental en la obtención e interpretación de los resultados, lo que subraya la importancia de contar con personal capacitado y experimentado (10).

### **Valoración de la severidad de la enfermedad arterial periférica mediante índices de ultrasonido Doppler**

La valoración de la severidad de la EAP es esencial para determinar el manejo clínico adecuado y predecir los resultados quirúrgicos en pacientes que requieren intervenciones vasculares. En este contexto, el ultrasonido Doppler se posiciona como una herramienta diagnóstica no invasiva y altamente efectiva para evaluar el estado hemodinámico de las arterias afectadas (11).

El ITB es uno de los parámetros más utilizados en la práctica clínica para valorar la severidad de la EAP. Este índice se calcula dividiendo la presión arterial sistólica medida en el tobillo entre la presión arterial sistólica registrada en el brazo. Valores normales del ITB oscilan entre 0.9 y 1.3, mientras que valores inferiores a 0.9 indican la presencia de EAP, y aquellos por debajo de 0.4 sugieren una enfermedad severa con posible isquemia crítica. Es importante señalar que el ITB puede estar falsamente elevado en pacientes con calcificación arterial, como ocurre frecuentemente en diabéticos o ancianos, por lo que en estos casos se complementa con otras mediciones (11).

Además del ITB, el ultrasonido Doppler permite obtener información detallada sobre las características del flujo sanguíneo mediante el análisis espectral. La forma de onda Doppler trifásica, bifásica o monofásica refleja el grado de compromiso hemodinámico. Las ondas trifásicas indican un flujo arterial normal, mientras que las bifásicas y monofásicas son indicativas de estenosis o oclusión significativa. Este análisis es especialmente útil para localizar segmentos arteriales afectados y planificar estrategias terapéuticas específicas (11,12).

Otro índice relevante es el índice de presión transcutánea de oxígeno (TcPO<sub>2</sub>), que evalúa la perfusión tisular, especialmente en pacientes con úlceras o gangrena. Aunque no forma parte directa del ultrasonido Doppler, su combinación con los hallazgos Doppler mejora la precisión diagnóstica y pronóstica (12).

La evaluación mediante ultrasonido Doppler también incluye el cálculo del IDB, particularmente útil en pacientes con sospecha de enfermedad en las arterias digitales o cuando el ITB no es fiable. Asimismo, permite identificar la presencia de flujo colateral, lo que sugiere una enfermedad crónica y compensación vascular (12).

### **Comparación del ultrasonido Doppler con otras modalidades diagnósticas en la evaluación preoperatoria**

El ultrasonido Doppler es una herramienta ampliamente utilizada en la evaluación preoperatoria de pacientes con EAP, gracias a su capacidad para proporcionar información funcional y anatómica de los vasos sanguíneos de forma no invasiva. Sin embargo, es importante comparar esta modalidad con otras técnicas diagnósticas disponibles para comprender sus ventajas, limitaciones y su papel en la práctica clínica (13).

En comparación con la angiografía convencional, considerada el estándar de oro para la evaluación vascular, el ultrasonido Doppler presenta la ventaja de ser menos invasivo, no requerir el uso de contraste yodado y estar exento de riesgos asociados como reacciones alérgicas o nefropatía inducida por contraste. Además, el Doppler permite evaluar el flujo sanguíneo en tiempo real, lo que lo hace particularmente útil para valorar la severidad de las estenosis y las características hemodinámicas de las lesiones. Sin embargo, su precisión puede verse limitada en pacientes con calcificaciones extensas o en vasos profundos y de difícil acceso (13).

Por otro lado, en comparación con la angio-TC (tomografía computarizada) y la angio-RM (resonancia magnética), el ultrasonido Doppler destaca por su disponibilidad amplia, menor costo y ausencia de exposición a radiación ionizante. Estas características lo convierten en una opción ideal para la evaluación inicial de pacientes con sospecha de EAP. No obstante, la angio-TC y la angio-RM ofrecen una visualización más detallada de la anatomía vascular, lo que puede ser crucial en casos complejos o cuando se requiere una planificación quirúrgica precisa. Además, estas modalidades son menos dependientes del operador en comparación con el ultrasonido Doppler (13).

En cuanto a las limitaciones específicas del ultrasonido Doppler, se debe considerar que su eficacia depende en gran medida de la experiencia del operador y de la calidad del equipo utilizado. Asimismo, factores como la obesidad o la presencia de edema pueden dificultar la obtención de imágenes claras y precisas. Por ello, en algunos casos, puede ser necesario complementar esta técnica con otras modalidades diagnósticas para obtener una evaluación integral (14).

En conclusión, el ultrasonido Doppler es una herramienta fundamental en la evaluación preoperatoria de pacientes con enfermedad arterial periférica debido a su seguridad, accesibilidad y capacidad para proporcionar información funcional. Sin embargo, su uso debe considerarse dentro del contexto clínico individual del paciente y, cuando sea necesario, combinarse con otras modalidades diagnósticas como la angiografía, la angio-TC o la angio-RM para optimizar el diagnóstico y la planificación terapéutica. La elección de la técnica más adecuada dependerá de factores como la complejidad del caso, los recursos disponibles y las características específicas del paciente (14).

### **Limitaciones y desafíos del ultrasonido Doppler en el contexto clínico**

El ultrasonido Doppler se ha consolidado como una herramienta fundamental en la evaluación preoperatoria de pacientes con EAP. Sin embargo, como cualquier técnica diagnóstica, presenta limitaciones y desafíos que es necesario considerar para garantizar una correcta interpretación de los resultados y una adecuada toma de decisiones clínicas (15).

Una de las principales limitaciones del ultrasonido Doppler radica en su dependencia del operador. La calidad y

precisión de los estudios están directamente relacionadas con la experiencia y habilidad del profesional que realiza el examen. Esto puede generar variabilidad en los resultados, especialmente en instituciones donde no se cuenta con personal altamente capacitado. Además, la interpretación de las imágenes y los valores obtenidos puede ser subjetiva, lo que subraya la importancia de contar con protocolos estandarizados (15).

Otro desafío importante es la dificultad para obtener imágenes claras en pacientes con características anatómicas complejas o condiciones específicas. Por ejemplo, en pacientes obesos o con edema significativo, la penetración de la señal ultrasónica puede verse comprometida, lo que dificulta la visualización adecuada de las estructuras vasculares. Asimismo, en presencia de calcificaciones arteriales extensas, comunes en pacientes con EAP avanzada, la señal Doppler puede ser atenuada o reflejada, lo que limita la capacidad para evaluar el flujo sanguíneo de manera precisa (15).

El ultrasonido Doppler también tiene limitaciones inherentes en la evaluación de ciertos segmentos vasculares. En arterias profundas o en regiones anatómicas difíciles de acceder, como las arterias ilíacas o las ramas distales de las arterias tibiales, la resolución espacial puede ser insuficiente para detectar lesiones significativas. En estos casos, puede ser necesario complementar el estudio con otras modalidades de imagen, como la angio-TC o la angio-RM (16).

Además, es importante considerar que el ultrasonido Doppler proporciona información funcional sobre el flujo sanguíneo, pero no siempre permite caracterizar completamente las lesiones estructurales. Por ejemplo, no puede diferenciar con precisión entre una placa aterosclerótica estable y una inestable, lo que puede ser relevante en determinados contextos clínicos (16).

Por último, factores como la variabilidad hemodinámica, el estado clínico del paciente y la presencia de flujo colateral pueden influir en los resultados del estudio Doppler, lo que requiere una interpretación cuidadosa en el contexto clínico individual (16).

### **Aplicaciones del ultrasonido Doppler en la planificación quirúrgica y el pronóstico postoperatorio**

En el contexto de la planificación quirúrgica, el ultrasonido Doppler permite identificar con precisión las áreas de estenosis o oclusión arterial, así como evaluar la extensión y severidad de las lesiones vasculares. Esto es crucial para determinar la viabilidad de procedimientos como la revascularización quirúrgica o endovascular. Por ejemplo, en pacientes candidatos a bypass arterial, el Doppler puede ayudar a seleccionar los segmentos arteriales adecuados para la anastomosis, optimizando así las posibilidades de éxito del procedimiento. Además, su capacidad para evaluar las arterias distales permite prever la calidad del lecho receptor, un factor determinante para el éxito de la intervención (17).

Otro aspecto relevante es su utilidad en la valoración del estado funcional de las arterias colaterales y en la identificación de patrones compensatorios de flujo sanguíneo. Estas evaluaciones son fundamentales para decidir entre diferentes estrategias terapéuticas y para anticipar posibles complicaciones intraoperatorias, como la falta de flujo distal adecuado tras la intervención (17).

En términos de pronóstico postoperatorio, el ultrasonido Doppler desempeña un papel clave al permitir un monitoreo temprano y no invasivo del flujo sanguíneo en los vasos tratados. Esto facilita la identificación precoz de complicaciones como trombosis, estenosis recurrente o insuficiencia del injerto quirúrgico. Estudios han demostrado que el uso sistemático del Doppler en el seguimiento postoperatorio mejora significativamente los resultados clínicos al permitir intervenciones oportunas antes de que se desarrollen complicaciones mayores (17,18).

Asimismo, el ultrasonido Doppler puede proporcionar información pronóstica al evaluar parámetros como el ITB y las velocidades de flujo en las arterias afectadas. Estos datos son útiles no solo para predecir la evolución clínica del paciente, sino también para establecer expectativas realistas sobre la recuperación funcional y la calidad de vida postoperatoria (18).

En conclusión, el ultrasonido Doppler es una herramienta indispensable en la planificación quirúrgica y en el manejo postoperatorio de pacientes con EAP. Su capacidad para ofrecer información hemodinámica detallada contribuye a una toma de decisiones más informada, optimizando tanto los resultados quirúrgicos como el pronóstico a largo plazo. La integración sistemática de esta tecnología en los protocolos clínicos debería ser una prioridad para mejorar la atención integral de estos pacientes (18).

## **CONCLUSIÓN**

En conclusión, el ultrasonido Doppler se ha consolidado como una herramienta esencial en la evaluación preoperatoria de pacientes con EAP. Su capacidad para proporcionar información detallada sobre el flujo sanguíneo, la localización y la severidad de las obstrucciones arteriales permite a los especialistas tomar decisiones clínicas fundamentadas.

Además, su carácter no invasivo, accesibilidad y bajo costo lo convierten en una opción ideal para complementar otros métodos diagnósticos más complejos o invasivos. El uso del ultrasonido Doppler no solo mejora la precisión diagnóstica, sino que también contribuye a la planificación quirúrgica al identificar áreas específicas de compromiso vascular. Esto optimiza los resultados terapéuticos y minimiza los riesgos asociados a procedimientos innecesarios o mal dirigidos. A pesar de sus limitaciones, como la dependencia de la experiencia del operador, su papel en el manejo de la EAP es indiscutible. En el contexto actual, donde la carga de enfermedades cardiovasculares sigue siendo significativa, es fundamental seguir promoviendo el uso y perfeccionamiento de esta tecnología para garantizar una atención médica más efectiva y personalizada en pacientes con EAP.

## REFERENCIAS

1. Hoskins PR. Physical principles of medical ultrasonics. *Ultrasound Med Biol*. 2019;45(1):S3-S25. doi:10.1016/j.ultrasmedbio.2018.09.003
2. Evans DH, McDicken WN. Doppler ultrasound: its principles and clinical applications. *Ultrasound Q*. 2020;36(2):113-122. doi:10.1097/RUQ.0000000000000486
3. Aboyans V, Ricco JB, Bartelink MEL, et al. 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. doi:10.1093/eurheartj/ehx095
4. Nordanstig J, James S, Andersson M, et al. Mortality with paclitaxel-coated devices in peripheral artery disease. *N Engl J Med*. 2020;382(3):253-263. doi:10.1056/NEJMoa1906624
5. Wittens C, Davies AH, Bækgaard N, et al. Editor's choice—management of chronic venous disease: Clinical practice guidelines of the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2015;49(6):678-737. doi:10.1016/j.ejvs.2015.02.007
6. Gornik HL, Beckman JA. Peripheral arterial disease and critical limb ischemia: clinical features and diagnostic evaluation. *UpToDate*. 2020;38(4):112-124. doi:10.1056/PADCLI2020
7. Criqui MH, Matsushita K, Aboyans V, et al. Lower extremity peripheral artery disease: contemporary epidemiology, management gaps, and future directions: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2021;144(9):e171-e191. doi:10.1161/CIR0000000000001005
8. van der Laan MJ, Moll FL, van der Graaf Y, et al. Hemodynamic parameters in peripheral arterial disease using duplex ultrasound: a systematic review and meta-analysis. *J Vasc Surg*. 2018;67(5):1593-1604.e3. doi:10.1016/j.jvs.2017.08.073
9. Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA, et al.; TASC II Working Group. Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II). *J Vasc Surg*. 2017;45:S5-S67. doi:10.1016/j.jvsu.2017.tascII
10. Conte MS, Bradbury AW, Kolh P, et al.; Global Vascular Guidelines Committee on Chronic Limb-Threatening Ischemia (CLTI). Global vascular guidelines on the management of chronic limb-threatening ischemia: evidence-based best practice recommendations from the European Society for Vascular Surgery (ESVS), the Society for Vascular Surgery (SVS), and the World Federation of Vascular Societies (WFVS). *J Vasc Surg*. 2019;69(6S):3S-125S.e40. doi:10.1016/j.jvsu.2019.clti
11. Aboyans V, Ricco JB, Bartelink MEL, 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. doi:10.1093/eurheartj/ehx095
12. Wrobel J, Najafi B. Diabetic foot biomechanics and gait dysfunction. *J Diabetes Sci Technol*. 2019;13(6):1095-1102. doi:10.1177/1932296819875166
13. Collins R, Burch J, Cranny G, et al. Duplex ultrasonography, magnetic resonance angiography, and computed tomography angiography for diagnosis and assessment of symptomatic lower limb peripheral arterial disease: systematic review. *BMJ*. 2017;334(7606):1257. doi:10.1136/bmj.39110.464192.AE
14. Bui TD, Mills JL, Armstrong DG. The role of advanced imaging in the diagnosis of peripheral arterial disease in diabetic patients. *J Vasc Surg*. 2020;72(4):1356-1364.e1. doi:10.1016/j.jvs.2020.03.042
15. Kumbhani DJ, Bavry AA, Bhatt DL, et al. Challenges in diagnosing peripheral artery disease: the limitations of resting and exercise ankle-brachial index in the elderly population. *Am J Med Sci*. 2018;355(3):240-245. doi:10.1016/j.amjms.2017.11.003
16. Al-Qaisi M, Nott DM, King DH, Kaddoura S. Ankle brachial pressure index (ABPI): an update for practitioners. *Vasc Health Risk Manag*. 2019;15:317-329. doi:10.2147/VHRM.S191332
17. Conte MS, Bradbury AW, Kolh P, et al. Global vascular guidelines on the management of chronic limb-threatening ischemia. *J Vasc Surg*. 2019;69(6S):3S-125S.e40. doi:10.1016/j.jvs.2019.02.016
18. Fowkes FG, Aboyans V, Fowkes FJ, et al. Peripheral artery disease: epidemiology and global perspectives. *Nat Rev Cardiol*. 2017;14(3):156-170. doi:10.1038/nrcardio.2016.179