

**Colegio Americano de Radiología
Criterios® de idoneidad del ACR**

Revascularización arterial de las extremidades inferiores: imágenes posteriores a la terapia

El Colegio Interamericano de Radiología (CIR) es el único responsable de la traducción al español de los Criterios® de uso apropiado del ACR. El American College of Radiology no es responsable de la exactitud de la traducción del CIR ni de los actos u omisiones que se produzcan en base a la traducción.

The Colegio Interamericano de Radiología (CIR) is solely responsible for translating into Spanish the ACR Appropriateness Criteria®. The American College of Radiology is not responsible for the accuracy of the CIR's translation or for any acts or omissions that occur based on the translation.

Resumen:

La enfermedad arterial periférica (EAP) afecta a millones de personas en todo el mundo y, en los Estados Unidos, entre el 9% y el 23% de todos los pacientes mayores de 55 años. El refinamiento de las técnicas quirúrgicas y la evolución de los abordajes endovasculares han mejorado las tasas de éxito de la revascularización en pacientes afectados por EAP de las extremidades inferiores. Sin embargo, la reestenosis u oclusión de vasos previamente tratados sigue siendo un problema generalizado en el entorno postoperatorio. Hay una variedad de diferentes opciones de imágenes disponibles para evaluar a los pacientes y se revisan en el contexto de los pacientes asintomáticos y sintomáticos con EAP que se han sometido previamente a una revascularización endovascular o quirúrgica.

Los Criterios de Idoneidad del Colegio Americano de Radiología son pautas basadas en la evidencia para afecciones clínicas específicas que son revisadas anualmente por un panel multidisciplinario de expertos. El desarrollo y la revisión de la guía incluyen un extenso análisis de la literatura médica actual de revistas revisadas por pares y la aplicación de metodologías bien establecidas (Método de idoneidad de RAND / UCLA y Calificación de la evaluación de recomendaciones, desarrollo y evaluación o GRADE) para calificar la idoneidad de los procedimientos de diagnóstico por imágenes y el tratamiento para escenarios clínicos específicos. En aquellos casos en que la evidencia es escasa o equívoca, la opinión de expertos puede complementar la evidencia disponible para recomendar imágenes o tratamiento.

Palabras clave:

Criterios de adecuación; Criterios de uso adecuado; Área bajo la curva (AUC); Angioplastia; Puentear; Revascularización de extremidades inferiores; Enfermedad arterial periférica; Vigilancia postoperatoria; Stenting

Resumen del enunciado:

La idoneidad de los diferentes exámenes de imagen se revisa con recomendaciones basadas en la evidencia y el consenso en el contexto de la presentación clínica del paciente después de la revascularización de las extremidades inferiores o la revascularización endovascular.

Escenario 1: Terapia endovascular infra inguinal previa o bypass. Asintomático. Vigilancia.

Procedimiento	Categoría de idoneidad	Nivel relativo de radiación
Ultrasonido Doppler dúplex de la extremidad inferior.	Usualmente apropiado	○
CTA de la extremidad inferior con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	⊕⊕⊕
ARM de extremidad inferior sin y con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
ARM de la extremidad inferior sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
Arteriografía de extremidades inferiores	Usualmente inapropiado	⊕⊕⊕

Escenario 2: Terapia endovascular infra inguinal previa o bypass. Claudicación o CLI. Imágenes iniciales.

Procedimiento	Categoría de idoneidad	Nivel relativo de radiación
Ultrasonido Doppler dúplex de la extremidad inferior.	Usualmente apropiado	○
CTA de la extremidad inferior con contraste intravenoso	Usualmente apropiado	⊕⊕⊕
ARM de extremidad inferior sin y con contraste intravenoso	Usualmente apropiado	○
Arteriografía de extremidades inferiores	Puede ser apropiado	⊕⊕⊕
ARM de la extremidad inferior sin contraste intravenoso	Puede ser apropiado	○

Escenario 3: Terapia endovascular infra inguinal previa o bypass, que se presenta con frialdad, extremidad dolorosa y pulsos disminuidos (isquemia aguda de las extremidades). Imágenes iniciales.

Procedimiento	Categoría de idoneidad	Nivel relativo de radiación
Arteriografía de extremidades inferiores	Usualmente apropiado	⊕⊕⊕
CTA de la extremidad inferior con contraste intravenoso	Usualmente apropiado	⊕⊕⊕
Ultrasonido de extremidad inferior Doppler dúplex	Usualmente apropiado	○
ARM de extremidad inferior sin y con contraste intravenoso	Puede ser apropiado (desacuerdo)	○
ARM de la extremidad inferior sin contraste intravenoso	Puede ser apropiado	○

REVASCULARIZACIÓN ARTERIAL DE LAS EXTREMIDADES INFERIORES: IMÁGENES POSTERIORES A LA TERAPIA

Panel de expertos en imágenes vasculares: Kyle Cooper, MD^a; Bill S. Majdalany, MD^b; Sanjeeva P. Kalva, MD^c; Ankur Chandra, MD^d; Jeremy D. Collins, MD^e; Christopher J. Francois, MD^f; Suvranu Ganguli, MD^g; Heather L. Gornik, MD^h; A. Tuba Kendi, MDⁱ; Minhajuddin S. Khaja, MD, MBA^j; Jeet Minocha, MD^k; Patrick T. Norton, MD^l; Piotr Obara, MD^m; Stephen P. Reis, MDⁿ; Patrick D. Sutphin, MD, PhD^o; Frank J. Rybicki, MD, PhD.^p

Resumen de la revisión de la literatura

Introducción/Antecedentes

Enfermedad arterial periférica (EAP) de las extremidades inferiores, definida como una medición del índice tobillo-brazo (ITB) $\leq 0,90$ [1], afecta a >8 millones de personas solo en los Estados Unidos [2]. Se cree que aproximadamente entre el 9% y el 23% de los pacientes mayores de 55 años padecen la afección, de los cuales más del 40% son asintomáticos [3]. La causa principal de la EAP es la aterosclerosis y, por lo tanto, los factores de riesgo para la EAP son muy similares a los de la aterosclerosis en otras partes del cuerpo (p. ej., tabaquismo, diabetes, hipertensión, hiperlipidemia, antecedentes familiares, estado posmenopáusico, hiperhomocisteinemia, etc.) [4]. Los pacientes con EAP tienen un mayor riesgo de muerte cardiovascular y mortalidad por todas las causas [1]. La EAP puede presentarse como claudicación, dolor en reposo isquémico, úlceras que no cicatrizan o gangrena; Sin tratamiento, muchos pacientes requerirán algún grado de amputación que va desde la pérdida de uno o más dedos hasta la pérdida importante de una extremidad (amputación por debajo de la rodilla o por encima de la rodilla).

En las últimas décadas, se ha producido un cambio de paradigma que se ha alejado del tratamiento quirúrgico y se ha acercado a la terapia endovascular para la EAP, y muchos ahora abogan por tratamientos quirúrgicos solo después de uno o más intentos fallidos de revascularización endovascular. El ensayo BASIL demostró que los pacientes con isquemia crítica de las extremidades (CLI) que presentaban dolor en reposo, ulceración y gangrena de la pierna debido a la enfermedad infrainguinal tuvieron resultados similares de supervivencia sin amputación y calidad de vida, independientemente de que se asignaran al azar a una estrategia de tratamiento con cirugía primero o angioplastia. Además, los costos del primer año asociados con la cirugía de bypass fueron aproximadamente un tercio más altos que los asociados con la angioplastia [5]. Los resultados a largo plazo después de la terapia quirúrgica y endovascular en el contexto de la CLI son el tema del ensayo BEST-CLI en curso, que tiene una fecha estimada de finalización del criterio de valoración primario en diciembre de 2018.

Ya sea que se utilice la revascularización endovascular o quirúrgica, la reestenosis es un problema generalizado. Dado que la reestenosis de la lesión diana y la enfermedad del segmento adyacente suelen preceder a la oclusión franca y a la CLI, se ha recomendado la vigilancia durante muchos años en el ámbito de la derivación, y cada vez hay más pruebas que apoyan su uso después de la angioplastia y la colocación de stents. Además, ha habido un aumento constante en las herramientas de investigación disponibles para el especialista vascular para diagnosticar y estratificar lesiones en las arterias de las extremidades inferiores. Debido a la gran cantidad de opciones de pruebas disponibles, puede ser difícil para los médicos determinar la prueba más adecuada para obtener en el contexto de los síntomas recurrentes después de la terapia.

Descripción general de las modalidades de diagnóstico por imágenes

Pruebas hemodinámicas no invasivas

Las pruebas no invasivas (NIVT, por sus siglas en inglés), tanto antes como después de la intervención, se han utilizado durante décadas como una herramienta de investigación de primera línea en el diagnóstico y la

^aResearch Author, University of Michigan Health System, Ann Arbor, Michigan. ^bPrincipal Author and Panel Vice-chair, University of Michigan Health System, Ann Arbor, Michigan. ^cPanel Chair, UT Southwestern Medical Center, Dallas, Texas. ^dScripps Green Hospital, La Jolla, California; Society for Vascular Surgery. ^eNorthwestern Medicine, Chicago, Illinois. ^fUniversity of Wisconsin, Madison, Wisconsin. ^gMassachusetts General Hospital, Boston, Massachusetts. ^hCleveland Clinic Heart and Vascular Institute, Cleveland, Ohio; American College of Cardiology. ⁱMayo Clinic, Rochester, Minnesota. ^jUniversity of Michigan Health System, Ann Arbor, Michigan. ^kUniversity of California San Diego, San Diego, California. ^lUniversity of Virginia Health System, Charlottesville, Virginia. ^mLoyola University Medical Center, Maywood, Illinois. ⁿColumbia University Medical Center, New York, New York. ^oUT Southwestern Medical Center, Dallas, Texas. ^pSpecialty Chair, Ottawa Hospital Research Institute and the Department of Radiology, The University of Ottawa, Ottawa, Ontario, Canada.

El Colegio Americano de Radiología busca y alienta la colaboración con otras organizaciones en el desarrollo de los Criterios de Idoneidad de ACR a través de la representación de la sociedad en paneles de expertos. La participación de representantes de las sociedades colaboradoras en el panel de expertos no implica necesariamente la aprobación individual o social del documento final.

Reimprima las solicitudes a: publications@acr.org

categorización de la EAP. Está ampliamente disponible y proporciona una gran cantidad de información a bajo costo sin el uso de radiación ionizante [6]. La NIVT puede constar de uno o más de los siguientes componentes: el ITB, las mediciones de presión segmentaria (SPM), los registros de volumen de pulso (PVR), la fotopletomografía (PPG) y la medición transcutánea de la presión de oxígeno (TcPO₂).

El ITB se define como la relación entre la mayor presión de la arteria braquial y la mayor de las presiones de la arteria dorsal del pie o de la tibia posterior en cada pierna a nivel del tobillo [7]. El ITB se realiza después de 10 minutos de reposo en decúbito supino para obtener la medición más fiable y precisa [8]. Un ITB entre 0,9 y 1,31 es normal [9]; las mediciones <0,9 sugieren EAP, mientras que los valores >1,3 indican vasos no compresibles (frecuentemente presentes en pacientes con diabetes mellitus de larga evolución e insuficiencia renal crónica). Se ha demostrado que el índice pie-brazo (TCE) proporciona una estimación más precisa de la presencia de EAP en estos subgrupos, con un TCE ≤0,7 considerado anormal [10]. Una de las principales fortalezas del ABI es la capacidad de simular condiciones del mundo real mediante el uso de determinaciones previas y posteriores al ejercicio; una disminución del ITB de 0,15 o más sugiere al menos una enfermedad oclusiva arterial moderada, incluso si el ITB en reposo se encuentra en el rango normal [11]. El ITB es limitado en su utilidad, ya que no permite la localización de la enfermedad, la distinción entre enfermedad de un solo nivel y de varios niveles, ni la caracterización de las lesiones arteriales oclusivas.

Los SPM comparan las presiones sistólicas a niveles secuenciales en las extremidades para evaluar si hay caídas significativas entre un nivel y el siguiente. Una caída de presión de ≥20 mmHg entre mediciones adyacentes sugiere una o más estenosis hemodinámicamente significativas entre ellas [9]. Las SPM permiten al lector distinguir el nivel aproximado de la enfermedad, aunque no se puede determinar la gravedad precisa y el número de lesiones. Al igual que el ITB, las SPM están limitadas en pacientes con vasos no compresibles.

Las PVR proporcionan una medición cualitativa (en lugar de cuantitativa) de la perfusión de las extremidades. Las PVR se crean inflando los manguitos de neumopletomografía a una presión específica a niveles predeterminados en cada extremidad. Cada brazaletes mide el minúsculo cambio en el volumen de la extremidad debajo del manguito con cada pulso, creando un trazado del volumen en función del tiempo. Las formas de onda resultantes se pueden comparar para determinar la enfermedad segmentaria, proporcionando información sobre la calidad del flujo sanguíneo arterial en cada estación simultáneamente. Las RVP también son útiles en pacientes con vasos no compresibles, ya que esta modalidad se basa en el cambio de volumen de la extremidad en lugar de la presión requerida que impide el flujo a través del vaso que se está interrogando.

PPG implica la detección de una señal infrarroja transmitida a través de cada uno de los dígitos. El grado de la señal transmitida varía según el volumen de sangre dentro del dedo, el movimiento de la pared de los vasos sanguíneos y la orientación de los glóbulos rojos [12]. La PPG es útil para la detección de enfermedades por debajo de la rodilla, así como enfermedades aisladas en el antepié y los dedos. Como tal, se ha demostrado que es una prueba complementaria al ITB, que tiene un uso limitado en estos segmentos.

La medición de TcPO₂ permite determinar la tensión de oxígeno dentro del tejido. Se ha validado una mejora en el valor de TcPO₂ post intervención en comparación con preintervención como un excelente marcador de reperfusión tisular [13]. Los valores de TcPO₂ >40 mmHg en el área que rodea el sitio de la úlcera o amputación se consideran predictivos de una cicatrización exitosa. Esta prueba no está limitada por vasos no compresibles y, en pacientes sin señales Doppler pedal, es una de las pocas NIVT que es útil [14]. La prueba está limitada por su disponibilidad en el consultorio, la resistencia del paciente a evitar fumar y tomar cafeína antes de la prueba, así como las limitaciones de tiempo y costo asociadas con la provisión del entorno de temperatura controlada requerido para estandarizar la prueba.

NOS

Las imágenes de ultrasonido dúplex periférico (DUS), que consisten en imágenes 2D en escala de grises, Doppler en color y análisis de formas de onda espectrales, han sido un pilar de las imágenes vasculares durante décadas. Esta tecnología está ampliamente disponible, es portátil, no requiere agentes de contraste y se puede utilizar en la sala de angiografía o en el quirófano. El DHE ha sido validado como herramienta de cribado [15], un estudio de primera línea para la sospecha clínica de EAP [16] y como herramienta para planificar el abordaje de la intervención tanto endovascular como quirúrgica [17]. En la mayoría de las situaciones, es complementario a la NIVT, como el ABI [18]. La ecografía tiene una alta sensibilidad para la detección de arterias tibiales permeables, pero es menos precisa en la detección de oclusiones completas, particularmente en la arteria peronea [19]. El DUS también se ha

utilizado para cuantificar la firmeza de las oclusiones con el fin de determinar el grado de cronicidad para cierto éxito [20].

Más recientemente, el DUS se ha convertido en una herramienta en el seguimiento de intervenciones endovasculares previas. Varios trabajos recomiendan el DUS como el estudio de primera línea después de la angioplastia de las extremidades inferiores. Si el seguimiento inicial es normal, se ha demostrado que la vigilancia adicional no es esencialmente mejor que el seguimiento clínico y la TVNI solas. Sin embargo, en los pacientes con enfermedad persistente o recidivante observados en el estudio inicial, a menudo se justifica un programa de vigilancia más agresivo cada 2 a 3 meses [21]. Dúplex ha sido validado para el seguimiento de angioplastias previas, colocación de stents y colocación de stents/injerto de stent cubierto [22] pero es de menor utilidad en la vigilancia por debajo de la rodilla [23]. Varios trabajos argumentan a favor del dúplex post-intervención inmediata como una "nueva línea de base", a menudo identificando lesiones no identificadas angiográficamente, que pueden requerir un seguimiento más agresivo [24,25]. Los cocientes de velocidad sistólica $\geq 2,5$ se correlacionan bien con la recurrencia de los síntomas [26]. Al planificar las intervenciones, la intervención anticipada basada en la ecografía sola no cambió después de la angiografía en las lesiones femoropoplíteas e ilíacas en el $>80\%$ de los pacientes, pero solo en el 59% en las lesiones por debajo de la rodilla [27]. En las extremidades críticas, la vigilancia estrecha muestra una mejora significativa en las tasas de rescate de las extremidades en comparación con el seguimiento clínico solo [28].

Desafortunadamente, de todas las técnicas de imagen no invasivas, la ecografía es también la que más depende del operador y requiere más tiempo [29]. El ensayo DIPAD, que evalúa la relación costo-beneficio de la DUS en comparación con la angiografía por tomografía computarizada (ATC) y la angiografía por resonancia magnética con contraste (CE-MRA), mostró que, aunque el costo inicial de la ecografía es menor, esto no tiene en cuenta los gastos relacionados con el tiempo y la experiencia del operador necesarios para producir imágenes satisfactorias. Además, la confianza de los profesionales en los resultados suele ser menor que con las técnicas más avanzadas, lo que lleva a un mayor número de estudios de seguimiento antes de la intervención [30].

CTA

Se ha demostrado que la ATC moderna es comparable al estándar de oro (angiografía basada en catéter) para la detección de estenosis hemodinámicamente significativas ($>50\%$) con una sensibilidad, especificidad y precisión del 99% , 98% y 98% , respectivamente [31]. Los refinamientos en los protocolos de TC también se han comparado favorablemente con la ARM sin diferencias estadísticamente significativas entre las dos modalidades en la evaluación de la claudicación o la CLI [32]. La opacificación arterial mejora significativamente mediante el uso de bolos de contraste compactos de alta densidad, que se está convirtiendo rápidamente en el estándar de atención con una dosis de yodo equivalente a la técnica de bolo estándar anterior [33].

Los posibles inconvenientes de la ATC incluyen la exposición a la radiación ionizante y el uso de contraste yodado, que presenta la posibilidad de una reacción alérgica o nefropatía inducida por el contraste, particularmente en aquellos pacientes que ya poseen algún grado de insuficiencia renal. El artefacto de rayas metálicas suele ser problemático en pacientes con cambios posquirúrgicos o hardware implantado. Además, en pacientes extremadamente obesos, la relación señal-ruido se vuelve algo prohibitiva. La evaluación de los vasos densamente calcificados puede ser difícil con la ATC debido a la densidad similar entre la placa y el contraste y al artefacto de floración creado por la primera, lo que lleva a una sobreestimación del grado de estenosis en muchos casos, así como a la incapacidad de determinar la permeabilidad en los vasos con stent. Debido a la densidad de la placa calcificada en relación con la luz relativamente pequeña de los vasos tibiales, la CTA ha sufrido tradicionalmente en la distribución infrageniculada [34].

Múltiples estudios han validado la CTA de doble energía como un método práctico y eficaz para la sustracción de placa calcificada y tejidos blandos, lo que permite la creación simultánea de conjuntos de datos de CTA convencionales e imágenes compuestas de la vasculatura similares a un angiograma. Se ha demostrado que estas imágenes de sustracción son casi equivalentes en precisión diagnóstica a las de las angiografías convencionales, con radiación similar o menor utilizando protocolos más nuevos [35]. Esta técnica se ha mejorado en algunas instituciones al sustraer los tejidos extravasculares en múltiples segmentos en lugar de todo el estudio a la vez [36]. Los avances relativamente recientes en la tecnología de CTA incluyen el uso de imágenes dinámicas (resueltas en el tiempo) de las arterias tibiales [37], CTA selectiva con contraste intraarterial a dosis ultra bajas [38] y CTA de tono alto mejorado con CO₂ [39], todos los cuales se muestran prometedores en ciertas circunstancias.

MRA

La ARM se ha utilizado durante muchos años en pacientes con EAP tanto para la planificación del tratamiento como para la evaluación del éxito del procedimiento. La continua evolución de esta tecnología y los protocolos de imagen ha mejorado la calidad de la imagen y ha aumentado las aplicaciones potenciales. La mayoría de los protocolos de ARM proporcionan tanto imágenes de origen con una excelente diferenciación de tejidos blandos como imágenes sustraídas que muestran la vasculatura en representaciones 2D y 3D similares a las proporcionadas durante la angiografía convencional.

En la era actual, la precisión de la CTA y la CE-MRA para la detección de la EAP hemo dinámicamente significativa se ha vuelto esencialmente equivalente, con una ventaja para la CTA en el segmento aortoiliaca y para la ARM en la distribución infrageniculada [32]. En los diabéticos, la ARM se considera particularmente útil para la evaluación de la escorrentía debido a su capacidad superior para detectar el flujo en vasos pequeños y calcificados, acercándose a la sensibilidad de la angiografía por sustracción digital (DSA) [40].

La contaminación venosa tiende a disminuir la precisión diagnóstica, particularmente en la distribución de la escorrentía. En el pasado, la compresión del manguito se había utilizado para aumentar la presión venosa y, por lo tanto, retrasar el llenado del flujo de salida, mejorando la opacificación arterial y la confianza diagnóstica [41]. La dependencia de esta técnica ha disminuido en los últimos años a través de los avances en las técnicas de resolución temporal, las llamadas "ARM 4-D". Este método permite evaluar el flujo en un segmento de tejido a lo largo del tiempo, simulando la angiografía convencional y permitiendo a los lectores seleccionar el punto de tiempo en el que cada segmento se opacifica de manera óptima [42]. Esta técnica aumenta la sensibilidad, la especificidad y la precisión de la EAP en todos los segmentos de las arterias de las extremidades inferiores, pero sobre todo por debajo de la rodilla [43,44]. También se han reportado imágenes resueltas en el tiempo de toda la extremidad [45]. La ARM proporciona una calidad de imagen similar a la DSA para la evaluación de los conductos de derivación de las extremidades inferiores [46,47]. También permite una excelente evaluación de segmentos previamente angioplastizados y tiene una alta especificidad para la permeabilidad dentro del stent; Sin embargo, la sensibilidad para la oclusión sigue siendo pobre debido a la floración del artefacto, particularmente en los stents de acero inoxidable [48]. Los stents de nitinol de nueva generación se ven menos afectados por esta limitación.

Hay varias limitaciones importantes de la ARM. Se excluyen los pacientes con la mayoría de los tipos de desfibriladores, estimuladores de la médula espinal, derivaciones intracerebrales, implantes cocleares y otros dispositivos, así como los pacientes afectados por claustrofobia que no se supera con sedación. La ARM 1.0T de campo abierto se ha utilizado para pacientes claustrofóbicos, con una calidad de imagen cercana a la de la DSA por encima de la rodilla; Sin embargo, por debajo de la rodilla, la tecnología sigue siendo bastante limitada [49]. Se tarda más en adquirir imágenes con ARM que con CTA, y los estudios en sí son considerablemente más caros. Sin embargo, con la ARM, los pacientes no están expuestos a la radiación ionizante y el riesgo de nefrotoxicidad por el contraste a base de gadolinio es considerablemente menor que el de los agentes de contraste yodados.

Durante un tiempo, la CE-MRA se consideró una alternativa a la CTA en pacientes con insuficiencia renal; Sin embargo, desde que se descubrió la asociación entre la insuficiencia renal y la fibrosis sistémica nefrogénica después de la administración de gadolinio, cayó en desgracia [50]. Esto condujo a una copiosa investigación de la ARM sin contraste. Las imágenes del tiempo de vuelo son uno de esos métodos, que, con la tecnología actual, proporciona imágenes con una precisión equivalente a la CE-MRA para la evaluación poplíteica y de escorrentía, pero aún está rezagado en los segmentos aortoiliaca y femoral [51,52]. Es menos costoso que la CE-MRA y se ha propuesto como una posible prueba de detección de la EAP [53]. La resonancia magnética de un solo disparo en intervalo de reposo y las imágenes de sangre fresca con deterioro del flujo son técnicas más nuevas, que pueden resultar prometedoras en combinación con las técnicas convencionales de tiempo de vuelo [54-56]. En la actualidad, la inyección única de intervalo de reposo proporciona una calidad de imagen y una precisión diagnóstica similares a la CE-MRA en los vasos de escorrentía de los diabéticos, lo que sugiere que tal vez una combinación de técnicas de ARM sin contraste pueda proporcionar imágenes vasculares de cuerpo entero equivalentes a las proporcionadas por la CE-MRA [57].

Muchas técnicas más nuevas en la ARM se muestran muy prometedoras en ciertas circunstancias. Las imágenes de perfusión mediante marcaje de espín arterial se han utilizado para cuantificar el flujo arterial en la musculatura del muslo y la pantorrilla, que ha demostrado tener una sensibilidad igual o mayor para la EAP en comparación con el ITB, independientemente de la cantidad de tiempo de ejercicio previo a la imagen [58,59]. Las mediciones de la velocidad del flujo máximo arterial se pueden obtener utilizando técnicas de contraste de fase, comparándose bien con las obtenidas mediante Doppler espectral [60,61]. La pared del vaso en sí puede evaluarse mediante supresión

de la sangre, lo que permite la cuantificación y caracterización de la placa y la reestenosis [62]. La resonancia magnética de movimiento continuo de la mesa es un método más nuevo que promete una calidad de imagen similar a la resonancia magnética convencional de varias estaciones, con una adquisición de imágenes un 30 % más rápida [63].

Arteriografía

DSA es el estándar de referencia con el que se comparan CTA y MRA. El DSA puede localizar y cuantificar las lesiones obstructivas, permite la evaluación fisiológica mediante la determinación de gradientes de presión y permite la intervención en el momento del diagnóstico. En entornos de alta gravedad, como un injerto de derivación trombosada, donde es probable que esté indicada la intervención inmediata con catéter, la derivación directa a la angiografía con catéter es una opción válida. Sin embargo, la DSA es una técnica invasiva con un riesgo pequeño pero definido en cada paciente. El hematoma en el sitio de acceso, la disección arterial, la trombosis y la pérdida de la extremidad son complicaciones conocidas que pueden resultar del procedimiento y se presentan en hasta el 2,0 % de los pacientes de esta población [64]. Estos ocurren con menos frecuencia a medida que aumenta la experiencia del operador. Para este documento, se supone que el procedimiento es realizado e interpretado por un experto. También son posibles complicaciones sistémicas graves, con Aumento del riesgo en pacientes con enfermedad vascular generalizada grave, diabetes, insuficiencia renal u otras contraindicaciones para el uso de medios de contraste yodados. La angiografía con dióxido de carbono puede ser útil en estos pacientes. A la luz del riesgo de fibrosis sistémica nefrogénica en pacientes con enfermedad renal grave, los quelatos de gadolinio cumplen un papel muy limitado como agentes de contraste DSA. Aunque la DSA sigue siendo el estándar de oro para el diagnóstico de la EAP en el momento de la intervención, generalmente no desempeña ningún papel en la vigilancia de los segmentos arteriales tratados previamente con métodos endovasculares y en los injertos sin evidencia clínica de mal funcionamiento.

Discusión de los procedimientos en las diferentes situaciones.

Escenario 1: Terapia endovascular infrainguinal previa o bypass. Asintomático. Vigilancia.

El indicador más importante de reestenosis u oclusión en el contexto de una revascularización previa es la recurrencia de los síntomas. Hay datos limitados que sugieren que el tratamiento de los pacientes asintomáticos después de la terapia endovascular proporciona algún beneficio a largo plazo [65]. Por lo tanto, los pacientes que acuden a la clínica para el seguimiento de una terapia endovascular previa o un bypass para la EAP deben ser evaluados para detectar síntomas de claudicación y dolor en reposo, y deben ser examinados de cerca para detectar evidencia de ulceración o gangrena en las extremidades inferiores. El ITB debe determinarse en cada visita de seguimiento en todos los pacientes con EAP tratados previamente [66]. Las RVP pueden proporcionar información sobre cambios sutiles en la calidad del flujo arterial entre segmentos, a menudo precediendo a cambios anatómicos detectables en otras modalidades; Sin embargo, están plagados de subjetividad del lector, poca cooperación del paciente y anomalías basales en el gasto cardíaco deficiente [9]. Un estudio reciente también ha puesto en duda si proporcionan algún beneficio sobre los ABI y los SPM por sí solos [67].

NOS

La DUS demuestra una alta correlación entre el PSV elevado en los sitios de tratamiento previo y la recurrencia de los síntomas, aunque esto argumenta que los síntomas por sí solos podrían usarse para determinar la enfermedad recurrente [26]. Después de la terapia endovascular, el DUS está indicado para un seguimiento inicial, pero varios estudios no han encontrado ningún beneficio en la ecografía repetida en ausencia de una anomalía en el examen inicial [21]. La vigilancia en la ecografía de los injertos de derivación de las extremidades inferiores (tanto venosos como sintéticos) ha sido habitual desde la década de 1980, cuando se determinó que un PSV dentro de un injerto de <40 a 45 cm/s era compatible con un injerto con riesgo de fracaso [68]. Un Velocidad telediastólica ≤ 5 cm/s al final de un procedimiento de bypass es un fuerte predictor de oclusión temprana del injerto [69]. Se ha demostrado que el cumplimiento deficiente de la vigilancia de derivación es un factor de riesgo independiente para la trombosis aguda del injerto [22]. Esto es particularmente cierto en el caso de los injertos venosos, que tienen más probabilidades de desarrollar una estenosis antes de la oclusión que un injerto sintético, que a menudo ocluye sin previo aviso [70]. Se ha demostrado que el dúplex es más útil en la evaluación de los injertos femorotibiales que los femoropoplíteos [71]. El seguimiento de moteado DUS se ha utilizado para detectar la hiperplasia neointimal temprana en injertos venosos antes de la estenosis anatómicamente detectable [72]. Sin embargo, varios otros autores no han encontrado cambios significativos en los criterios de valoración de la enfermedad para los injertos venosos con vigilancia [73,74]. Un estudio encontró que la permeabilidad asistida primaria fue "significativamente" más alta en los pacientes sometidos a vigilancia que en los que solo se siguieron clínicamente; Sin embargo, el

margen de beneficio fue relativamente mínimo [75]. Otro artículo sugirió que >10% de los pacientes con una estenosis de injerto detectable en las imágenes iniciales ocluirán en los próximos 3 a 6 meses [76].

MRA

Aunque tanto la CE-MRA como la MRA no mejorada se han propuesto como posibles pruebas de cribado para la EAP, particularmente en pacientes en los que la NIVT es limitada (es decir, diabéticos) y las limitaciones de tiempo siguen siendo prohibitivas [77], no hay pruebas convincentes en la bibliografía que argumenten a favor del uso de la ARM-CE o de la ARM no mejorada para la vigilancia de la EAP previamente tratada, ya sea con métodos endovasculares o quirúrgicos. Los falsos positivos que sugieren enfermedad recurrente en pacientes asintomáticos podrían llevar a procedimientos innecesarios.

CTA

Debido a la disponibilidad, el uso de radiación ionizante y los riesgos inherentes al contraste yodado, la ATC no se recomienda para el seguimiento rutinario de pacientes asintomáticos con EAP no aneurismática.

Arteriografía

Como prueba invasiva, la arteriografía de las extremidades inferiores es completamente inapropiada para la vigilancia de pacientes asintomáticos. No hay evidencia que respalde su uso en este contexto.

Escenario 2: Terapia endovascular infrainguinal previa o bypass. Claudicación o CLI. Imágenes iniciales.

La NIVT es una primera prueba ideal para evaluar a los pacientes que presentan síntomas de insuficiencia arterial de las extremidades inferiores. La NIVT permite delimitar rápidamente las causas vasculares y neurogénicas o musculoesqueléticas del dolor en las extremidades inferiores [78], así como determinar la probabilidad de un componente isquémico de las ulceraciones. Un inconveniente importante de estas pruebas es la incapacidad de determinar si el segmento previamente tratado o un nuevo segmento es la causa de los síntomas del paciente, aunque la comparación entre el segmento anormal en la NIVT y las imágenes anteriores puede proporcionar cierta información. Las determinaciones de TBI, PVR y TcPO₂ son de particular utilidad en pacientes diabéticos, en los que el ITB y el SPM suelen ser engañosos [14]. En caso de que se requiera algún grado de amputación, se ha demostrado que las mediciones de TcPO₂ ayudan a guiar el nivel más alto necesario de extracción de tejido al predecir la probabilidad de curación posquirúrgica [13]. Aunque estas pruebas permiten determinar la causa probable de los síntomas del paciente, son relativamente poco útiles en la planificación de procedimientos, particularmente para pacientes en los que no se dispone de angiografías previas o imágenes transversales.

NOS

La DUS tiene una correlación muy alta con el deterioro clínico tanto después de la terapia endovascular como del bypass para la almohadilla para extremidades [26]. Después de la angioplastia, se ha validado que el DUS es preciso para determinar los niveles específicos de enfermedad hemodinámicamente significativa, aunque a menudo subestima la extensión de la enfermedad más allá de la primera estenosis significativa. El segmento aortoiliaca puede evaluarse en algunos pacientes, aunque la obesidad y los gases intestinales son un problema generalizado. En combinación con el Doppler espectral, la enfermedad por flujo de entrada a menudo se puede excluir y puede guiar el enfoque intervencionista (es decir, acceso contralateral retrógrado versus acceso ipsilateral anterógrado). El dúplex es valioso en la determinación del flujo dentro y fuera de los segmentos con stent e injertado de stent, y es ligeramente menos limitado que la ATC y la ARM, particularmente en stents de menor calibre [22]. Se ha demostrado que la identificación y el tratamiento de la reestenosis sintomática asociada a un segmento previamente tratado proporcionan mejores resultados a largo plazo y permeabilidad tanto en pacientes endovasculares como quirúrgicos [79]. En muchos casos, los pacientes pueden proceder directamente a la intervención con el mapeo arterial dúplex solo [16,17]. En el contexto de la derivación, Dúplex puede determinar si el injerto es permeable, amenazado u ocluido, y a menudo puede identificar segmentos específicos de la enfermedad para guiar la reparación endovascular o la revisión quirúrgica.

MRA

La ARM proporciona imágenes de excelente calidad de todos los segmentos arteriales que se aproximan a la DSA, incluso en los vasos tibiales, particularmente cuando se combina con métodos de resolución temporal. En manos de un operador experimentado, DUS puede proporcionar mapas arteriales detallados antes de la intervención; sin embargo, en el contexto de la enfermedad multisegmentaria, puede resultar difícil determinar la clasificación de consenso intersocial transatlántico del paciente, que a menudo guía la toma de decisiones entre los tratamientos endovasculares y quirúrgicos [9]. Para este documento, se supone que el procedimiento es realizado e interpretado por un experto. La ARM conlleva una recomendación de nivel 1A para la ARM de la ACC/AHA para la definición

de las relaciones anatómicas precisas de las lesiones arteriales estenóticas; sin embargo, está sujeto a una sobreestimación del grado de estenosis [4]. Esto sugiere que se utiliza mejor en combinación con pruebas que proporcionan información sobre la importancia hemodinámica de las lesiones, como la NIVT y la DUS. La ARM se puede utilizar eficazmente para guiar el tratamiento en pacientes que se han sometido a una angioplastia previa con o sin stent, así como en pacientes con injertos de bypass. La ARM puede disminuir los tiempos de procedimiento, la radiación y las dosis de contraste, y puede proporcionar una mejor evaluación del riesgo y la probabilidad de éxito del procedimiento antes de someterse a la intervención [80].

Aunque la ARM no mejorada puede proporcionar una calidad de imagen y niveles de confianza diagnóstica similares a los de la CE-MRA, los protocolos y la calidad de la imagen varían significativamente entre las instituciones. Además, la falta de imágenes resueltas en el tiempo limita la evaluación en el segmento infrageniculado. Su uso se reserva generalmente para pacientes que requieren evaluación de sospecha de lesiones aortoiliaca y femoropoplíteas en el contexto de insuficiencia renal. Es probable que el uso de esta modalidad evolucione en la próxima década, dada la gran cantidad de investigación en esta área en los últimos años.

CTA

En la era de la ATC moderna, la calidad de las imágenes vasculares es similar a la de la DSA, aunque con una modesta limitación en la distribución infrageniculada debido a problemas de tiempo de contraste y a la frecuencia de calcificación tibial. A través de la adquisición de vóxeles isotrópicos en nuevos escáneres, las imágenes se pueden reconstruir en cualquier plano, incluidos los reformateos planos curvos a lo largo del lumen del recipiente [80]. Especialmente indicado para la evaluación aortoiliaca y femoropoplíteas, la ATC es una excelente opción para la evaluación de los claudicantes, en los que la enfermedad tibial está menos presente y se trata con menos frecuencia. Al igual que la ARM, es más adecuada en combinación con pruebas que proporcionan datos sobre la importancia hemodinámica de las lesiones identificadas (NIVT y DUS).

Arteriografía

Dada la sensibilidad y especificidad similares de la ARM y la CTA en comparación con la DSA, esta modalidad invasiva generalmente se reserva para la evaluación inmediata previa al tratamiento de la EAP y rara vez se usa únicamente con fines diagnósticos. La capacidad de adquirir mediciones de presión puede ayudar a determinar si una estenosis previamente identificada es realmente hemodinámica significativa, lo que a veces puede ser difícil de determinar con NIVT y DUS en el contexto de la enfermedad multinivel. Ocasionalmente se utiliza para determinar objetivos quirúrgicos para la derivación infrageniculada en pacientes con vasos de escorrentía densamente calcificados que se consideran malos candidatos endovasculares, aunque las imágenes transversales no invasivas han reemplazado esencialmente a la angiografía para esta indicación también.

Escenario 3: Terapia endovascular infrainguinal previa o bypass, que se presenta con frialdad, extremidad dolorosa y pulso disminuido (isquemia aguda de las extremidades). Imágenes iniciales.

El examen físico es crítico en la sospecha de isquemia aguda de la extremidad/amenaza de la extremidad, que es, en esencia, un diagnóstico clínico. La temperatura y la apariencia de la extremidad, la ausencia de pulsos palpables o señales arteriales por Doppler, la pérdida de sensibilidad y la disminución o ausencia de fuerza en la extremidad afectada proporcionan información sobre la urgencia del evento. Hay poca evidencia con respecto al uso de imágenes en el entorno de una extremidad amenazada, y no se deben realizar pruebas que retrasen significativamente el tratamiento en un paciente con pérdida inminente de una extremidad. Los pacientes con isquemia grave, indicada por pérdida motora o déficits sensoriales graves (clase IIb o III de Rutherford), probablemente deban proceder directamente al tratamiento definitivo, generalmente trombo embolectomía quirúrgica o bypass [81]. A pesar de que un espectro completo de TVNI puede llevar demasiado tiempo en una extremidad gravemente amenazada, la determinación del ITB y el MSP puede ayudar a determinar la etiología de los síntomas y también puede guiar el nivel de intervención necesaria.

NOS

El DUS puede proporcionar la capacidad de determinar si el paciente tiene un evento agudo asociado con un segmento previamente tratado o no. Una breve evaluación del sistema venoso también puede excluir otras posibles causas de isquemia aguda de las extremidades inferiores, como la flegmasia cerúlea dolens. La evaluación limitada de la ecografía para la evaluación de la permeabilidad femoral común bilateral, la determinación de la calidad del flujo de entrada y la permeabilidad de los conductos de derivación de las extremidades inferiores pueden ayudar a guiar un tratamiento expeditivo. Dada la portabilidad y ubicuidad en el sistema hospitalario, los médicos del departamento de emergencias pueden realizar esto para clasificar a los pacientes en los especialistas vasculares

apropiados [82]. Para este documento, se supone que el procedimiento es realizado e interpretado por un experto. Cada vez se presta más atención a la formación de especialistas vasculares para realizar DUS en el punto de atención con el fin de determinar rápidamente la etiología y el alcance de la isquemia de las extremidades durante la consulta inicial [83]. Esto es particularmente cierto para los conductos de derivación, que generalmente se ubican superficialmente y se evalúan fácilmente ecográficamente. Sin embargo, estas pruebas no deben retrasar el tratamiento definitivo si está disponible de inmediato.

Arteriografía

Las extremidades amenazadas inmediatamente (clase IIb de Rutherford y presentaciones tempranas de clase III) requieren un tratamiento definitivo rápido y, por lo general, deben proceder directamente a una tromboembolectomía de emergencia para prevenir la pérdida de la extremidad [84]. En el contexto de extremidades viables o marginalmente amenazadas (clase I o IIa de Rutherford), la arteriografía inmediata para la evaluación de las relaciones anatómicas entre los segmentos enfermos es el procedimiento preferido [85]. La angiografía proporciona información detallada y precisa sobre la etiología y la extensión de la lesión que ha causado la isquemia aguda de las extremidades y puede permitir un tratamiento basado en catéter en algunos pacientes [86]. Esto puede permitir que los pacientes sean clasificados adecuadamente para la cirugía o la terapia endovascular, la última de las cuales puede implicar trombólisis o trombectomía percutánea, angioplastia, colocación de stents, etc. Si se realiza sin NIVT o US previos, existe la posibilidad de tiempos de procedimiento más prolongados, un mayor uso de contraste y posiblemente múltiples sitios de acceso para proporcionar una terapia definitiva.

CTA

En pacientes con isquemia aguda de las extremidades y extremidades viables o marginalmente amenazadas, se puede considerar la ATC para la evaluación previa al procedimiento dada su precisión casi equivalente en comparación con la angiografía diagnóstica [36]. La ATC es una modalidad rápida que puede proporcionar información sobre la localización precisa de la oclusión de los vasos, y en algunos centros está suplantando a la arteriografía como prueba de elección antes de la intervención [87]. Es particularmente útil en pacientes que presentan síntomas bilaterales donde se sospecha enfermedad por afluencia. Sin embargo, su uso no debe retrasar la terapia definitiva. Además, el uso de contrastes yodados para esta modalidad puede limitar la capacidad de proporcionar tratamiento angiográfico posterior debido al riesgo de nefropatía inducida por contraste [88].

MRA

La ARM es un procedimiento que requiere mucho tiempo, y su uso en pacientes con isquemia aguda de las extremidades debe reservarse para aquellos en los que la función motora y sensorial se conserva y la determinación entre la terapia endovascular y la quirúrgica sigue siendo oscura. Hasta la fecha no hay estudios que comparen de forma independiente la ARM con la ATC o la angiografía en esta población de pacientes; sin embargo, dada la duración del procedimiento, es probable que no sea una prueba apropiada en pacientes que requieren revascularización urgente (es decir, dentro de las próximas 3 a 6 horas), como los pacientes con Lia de Rutherford IIb o III.

Al igual que la CE-ARM, la ARM no mejorada requiere mucho tiempo y solo debe usarse en pacientes con insuficiencia renal donde la determinación entre la terapia endovascular y la quirúrgica sigue siendo oscura.

Resumen de las recomendaciones

- La combinación de la evaluación clínica longitudinal y las comparaciones de las pruebas hemodinámicas no invasivas, en particular el ITB, proporciona un alto grado de información y puede enmarcar adecuadamente la presentación del paciente.
- En los pacientes asintomáticos después de la revascularización, el DUS es el examen principal dada la alta correlación entre los hallazgos anormales y la recurrencia de los síntomas. El DHE inicial después del tratamiento puede determinar una línea de base para el seguimiento futuro.
- En los pacientes que presentan claudicación o isquemia crónica de las extremidades después de la revascularización, las pruebas hemodinámicas no invasivas en combinación con DUS y CTA o ARM con contraste pueden guiar el tratamiento en pacientes que se han sometido a una angioplastia previa con o sin stent, así como en pacientes con injertos de bypass.
- En los pacientes que presentan síntomas de isquemia aguda de las extremidades, el tiempo es esencial, especialmente si se observan déficits motores y sensoriales y los exámenes redundantes no deben retrasar el tratamiento definitivo. El DHE, la ATC y la arteriografía son exámenes rápidos que pueden delinear el nivel de anomalía aguda y ayudar a guiar el tratamiento.

Documentos de apoyo

La tabla de evidencia, la búsqueda bibliográfica y el apéndice para este tema están disponibles en <https://acsearch.acr.org/list>. El apéndice incluye la evaluación de la solidez de la evidencia y las tabulaciones de la ronda de calificación para cada recomendación.

Para obtener información adicional sobre la metodología de los Criterios de idoneidad y otros documentos de apoyo, haga clic [aquí](#).

Idoneidad Nombres de categoría y definiciones

Nombre de categoría de idoneidad	Clasificación de idoneidad	Definición de categoría de idoneidad
Usualmente apropiado	7, 8 o 9	El procedimiento o tratamiento por imágenes está indicado en los escenarios clínicos especificados con una relación riesgo-beneficio favorable para los pacientes.
Puede ser apropiado	4, 5 o 6	El procedimiento o tratamiento por imágenes puede estar indicado en los escenarios clínicos especificados como una alternativa a los procedimientos o tratamientos de imagen con una relación riesgo-beneficio más favorable, o la relación riesgo-beneficio para los pacientes es equívoca.
Puede ser apropiado (desacuerdo)	5	Las calificaciones individuales están demasiado dispersas de la mediana del panel. La etiqueta diferente proporciona transparencia con respecto a la recomendación del panel. "Puede ser apropiado" es la categoría de calificación y se asigna una calificación de 5.
Usualmente inapropiado	1, 2 o 3	Es poco probable que el procedimiento o tratamiento por imágenes esté indicado en los escenarios clínicos especificados, o es probable que la relación riesgo-beneficio para los pacientes sea desfavorable.

Información relativa sobre el nivel de radiación

Los posibles efectos adversos para la salud asociados con la exposición a la radiación son un factor importante que considerar al seleccionar el procedimiento de imagen apropiado. Debido a que existe una amplia gama de exposiciones a la radiación asociadas con diferentes procedimientos de diagnóstico, se ha incluido una indicación de nivel de radiación relativo (RRL) para cada examen por imágenes. Los RRL se basan en la dosis efectiva, que es una cuantificación de dosis de radiación que se utiliza para estimar el riesgo total de radiación de la población asociado con un procedimiento de imagen. Los pacientes en el grupo de edad pediátrica tienen un riesgo inherentemente mayor de exposición, debido tanto a la sensibilidad orgánica como a una mayor esperanza de vida (relevante para la larga latencia que parece acompañar a la exposición a la radiación). Por estas razones, los rangos estimados de dosis de RRL para los exámenes pediátricos son más bajos en comparación con los especificados para adultos (ver Tabla a continuación). Se puede encontrar información adicional sobre la evaluación de la dosis de radiación para los exámenes por imágenes en el documento [Introducción a la Evaluación de la Dosis de Radiación](#) de los Criterios de Idoneidad del ACR® [89].

Asignaciones relativas del nivel de radiación		
Nivel de radiación relativa*	Rango de estimación de dosis efectiva para adultos	Rango de estimación de dosis efectiva pediátrica
○	0 mSv	0 mSv
⊕	<0.1 mSv	<0.03 mSv
⊕⊕	0,1-1 mSv	0,03-0,3 mSv
⊕⊕⊕	1-10 mSv	0,3-3 mSv
⊕⊕⊕⊕	10-30 mSv	3-10 mSv
⊕⊕⊕⊕⊕	30-100 mSv	10-30 mSv

*No se pueden hacer asignaciones de RRL para algunos de los exámenes, porque las dosis reales del paciente en estos procedimientos varían en función de una serie de factores (por ejemplo, la región del cuerpo expuesta a la radiación ionizante, la guía de imágenes que se utiliza). Los RRL para estos exámenes se designan como "Varía".

Referencias

1. Natsuaki C, Inoguchi T, Maeda Y, et al. Association of borderline ankle-brachial index with mortality and the incidence of peripheral artery disease in diabetic patients. *Atherosclerosis*. 2014;234(2):360-365.
2. Goodney PP, Beck AW, Nagle J, Welch HG, Zwolak RM. National trends in lower extremity bypass surgery, endovascular interventions, and major amputations. *J Vasc Surg*. 2009;50(1):54-60.
3. Alahdab F, Wang AT, Elraiyah TA, et al. A systematic review for the screening for peripheral arterial disease in asymptomatic patients. *J Vasc Surg*. 2015;61(3 Suppl):42S-53S.
4. Hirsch AT, Haskal ZJ, Hertzner NR, et al. ACC/AHA 2005 Practice Guidelines for the management of patients with peripheral arterial disease (lower extremity, renal, mesenteric, and abdominal aortic): a collaborative report from the American Association for Vascular Surgery/Society for Vascular Surgery, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society for Vascular Medicine and Biology, Society of Interventional Radiology, and the ACC/AHA Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to Develop Guidelines for the Management of Patients With Peripheral Arterial Disease): endorsed by the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation; National Heart, Lung, and Blood Institute; Society for Vascular Nursing; TransAtlantic Inter-Society Consensus; and Vascular Disease Foundation. *Circulation*. 2006;113(11):e463-654.
5. Adam DJ, Beard JD, Cleveland T, et al. Bypass versus angioplasty in severe ischaemia of the leg (BASIL): multicentre, randomised controlled trial. *Lancet*. 2005;366(9501):1925-1934.
6. Kim ES, Wattanakit K, Gornik HL. Using the ankle-brachial index to diagnose peripheral artery disease and assess cardiovascular risk. *Cleve Clin J Med*. 2012;79(9):651-661.
7. Hyun S, Forbang NI, Allison MA, Denenberg JO, Criqui MH, Ix JH. Ankle-brachial index, toe-brachial index, and cardiovascular mortality in persons with and without diabetes mellitus. *J Vasc Surg*. 2014;60(2):390-395.
8. Chuter VH, Casey SL. Effect of premeasurement rest time on systolic ankle pressure. *J Am Heart Assoc*. 2013;2(4):e000203.
9. Cao P, Eckstein HH, De Rango P, et al. Chapter II: Diagnostic methods. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2011;42 Suppl 2:S13-32.
10. Hoyer C, Sandermann J, Petersen LJ. The toe-brachial index in the diagnosis of peripheral arterial disease. *J Vasc Surg*. 2013;58(1):231-238.
11. McCann TE, Scoult LM, Gunabushanam G. A practical approach to interpreting lower extremity noninvasive physiologic studies. *Radiol Clin North Am*. 2014;52(6):1343-1357.
12. Ro du H, Moon HJ, Kim JH, Lee KM, Kim SJ, Lee DY. Photoplethysmography and continuous-wave Doppler ultrasound as a complementary test to ankle-brachial index in detection of stenotic peripheral arterial disease. *Angiology*. 2013;64(4):314-320.
13. Andrews KL, Dib MY, Shives TC, Hoskin TL, Liedl DA, Boon AJ. Noninvasive arterial studies including transcutaneous oxygen pressure measurements with the limbs elevated or dependent to predict healing after partial foot amputation. *Am J Phys Med Rehabil*. 2013;92(5):385-392.
14. Pardo M, Alcaraz M, Bernal FL, et al. A solution to ankle-brachial index limitations in peripheral transluminal angioplasty. *Radiol Med*. 2013;118(8):1373-1378.

15. van Zitteren M, Vriens PW, Heyligers JM, et al. Self-reported symptoms on questionnaires and anatomic lesions on duplex ultrasound examinations in patients with peripheral arterial disease. *J Vasc Surg.* 2012;55(4):1025-1034 e1022.
16. Wong TH, Tay KH, Sebastian MG, Tan SG. Duplex ultrasonography arteriography as first-line investigation for peripheral vascular disease. *Singapore Med J.* 2013;54(5):271-274.
17. Marti X, Romera A, Vila R, Cairols MA. Role of ultrasound arterial mapping in planning therapeutic options for critical ischemia of lower limbs in diabetic patients. *Ann Vasc Surg.* 2012;26(8):1071-1076.
18. Sultan S, Tawfick W, Hynes N. Ten-year technical and clinical outcomes in TransAtlantic Inter-Society Consensus II infrainguinal C/D lesions using duplex ultrasound arterial mapping as the sole imaging modality for critical lower limb ischemia. *J Vasc Surg.* 2013;57(4):1038-1045.
19. Mustapha JA, Saab F, Diaz-Sandoval L, et al. Comparison between angiographic and arterial duplex ultrasound assessment of tibial arteries in patients with peripheral arterial disease: on behalf of the Joint Endovascular and Non-Invasive Assessment of Limb Perfusion (JENALI) Group. *J Invasive Cardiol.* 2013;25(11):606-611.
20. Takimura H, Hirano K, Muramatsu T, et al. Vascular elastography: a novel method to characterize occluded lower limb arteries prior to endovascular therapy. *J Endovasc Ther.* 2014;21(5):654-661.
21. Arvela E, Dick F. Surveillance after distal revascularization for critical limb ischaemia. *Scand J Surg.* 2012;101(2):119-124.
22. Troutman DA, Madden NJ, Dougherty MJ, Calligaro KD. Duplex ultrasound diagnosis of failing stent grafts placed for occlusive disease. *J Vasc Surg.* 2014;60(6):1580-1584.
23. Shrikhande GV, Graham AR, Aparajita R, et al. Determining criteria for predicting stenosis with ultrasound duplex after endovascular intervention in infrainguinal lesions. *Ann Vasc Surg.* 2011;25(4):454-460.
24. Humphries MD, Pevec WC, Laird JR, Yeo KK, Hedayati N, Dawson DL. Early duplex scanning after infrainguinal endovascular therapy. *J Vasc Surg.* 2011;53(2):353-358.
25. Wilson YG, Davies AH, Currie IC, et al. The value of pre-discharge Duplex scanning in infrainguinal graft surveillance. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 1995;10(2):237-242.
26. Jones DW, Graham A, Connolly PH, Schneider DB, Meltzer AJ. Restenosis and symptom recurrence after endovascular therapy for claudication: does duplex ultrasound correlate with recurrent claudication? *Vascular.* 2015;23(1):47-54.
27. Fontcuberta J, Flores A, Orgaz A, et al. Reliability of preoperative duplex scanning in designing a therapeutic strategy for chronic lower limb ischemia. *Ann Vasc Surg.* 2009;23(5):577-582.
28. Gargiulo M, Maioli F, Ceccacci T, et al. What's next after optimal infrapopliteal angioplasty? Clinical and ultrasonographic results of a prospective single-center study. *J Endovasc Ther.* 2008;15(3):363-369.
29. Owen AR, Roditi GH. Peripheral arterial disease: the evolving role of non-invasive imaging. *Postgrad Med J.* 2011;87(1025):189-198.
30. Ouwendijk R, de Vries M, Stijnen T, et al. Multicenter randomized controlled trial of the costs and effects of noninvasive diagnostic imaging in patients with peripheral arterial disease: the DIPAD trial. *AJR Am J Roentgenol.* 2008;190(5):1349-1357.
31. Fotiadis N, Kyriakides C, Bent C, Vorvolakos T, Matson M. 64-section CT angiography in patients with critical limb ischaemia and severe claudication: comparison with digital subtractive angiography. *Clin Radiol.* 2011;66(10):945-952.
32. Jens S, Koelemay MJ, Reekers JA, Bipat S. Diagnostic performance of computed tomography angiography and contrast-enhanced magnetic resonance angiography in patients with critical limb ischaemia and intermittent claudication: systematic review and meta-analysis. *Eur Radiol.* 2013;23(11):3104-3114.
33. Meyer BC, Klein S, Krix M, Aschoff AJ, Wacker FK, Albrecht T. Comparison of a standard and a high-concentration contrast medium protocol for MDCT angiography of the lower limb arteries. *Rofo.* 2012;184(6):527-534.
34. Ouwendijk R, Kock MC, van Dijk LC, van Sambeek MR, Stijnen T, Hunink MG. Vessel wall calcifications at multi-detector row CT angiography in patients with peripheral arterial disease: effect on clinical utility and clinical predictors. *Radiology.* 2006;241(2):603-608.
35. Huang SY, Nelson RC, Miller MJ, et al. Assessment of vascular contrast and depiction of stenoses in abdominopelvic and lower extremity vasculature: comparison of dual-energy MDCT with digital subtraction angiography. *Acad Radiol.* 2012;19(9):1149-1157.
36. Lee IJ, Chung JW, Hong H, et al. Subtraction CT angiography of the lower extremities: single volume subtraction versus multi-segmented volume subtraction. *Acad Radiol.* 2011;18(7):902-909.

37. Sommer WH, Bamberg F, Johnson TR, et al. Diagnostic accuracy of dynamic computed tomographic angiographic of the lower leg in patients with critical limb ischemia. *Invest Radiol.* 2012;47(6):325-331.
38. Swanberg J, Nyman R, Magnusson A, Wanhainen A. Selective intra-arterial dual-energy CT angiography (s-CTA) in lower extremity arterial occlusive disease. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2014;48(3):325-329.
39. Penzkofer T, Slebocki K, Grommes J, et al. High-pitch carbon dioxide contrasted CT angiography: pilot study. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2014;37(2):362-370.
40. Healy DA, Boyle EM, Clarke Moloney M, et al. Contrast-enhanced magnetic resonance angiography in diabetic patients with infra-genicular peripheral arterial disease: systematic review. *Int J Surg.* 2013;11(3):228-232.
41. Li J, Zhao JG, Li MH. Lower limb vascular disease in diabetic patients: a study with calf compression contrast-enhanced magnetic resonance angiography at 3.0 Tesla. *Acad Radiol.* 2011;18(6):755-763.
42. Hadizadeh DR, Marx C, Gieseke J, Schild HH, Willinek WA. High temporal and high spatial resolution MR angiography (4D-MRA). *Rofo.* 2014;186(9):847-859.
43. Kinner S, Quick HH, Maderwald S, Hunold P, Barkhausen J, Vogt FM. Triple-TWIST MRA: high spatial and temporal resolution MR angiography of the entire peripheral vascular system using a time-resolved 4D MRA technique. *Eur Radiol.* 2013;23(1):298-306.
44. Knobloch G, Gielen M, Lauff MT, et al. ECG-gated quiescent-interval single-shot MR angiography of the lower extremities: initial experience at 3 T. *Clin Radiol.* 2014;69(5):485-491.
45. Ko SF, Sheu JJ, Lee CC, et al. TRICKS magnetic resonance angiography at 3-tesla for assessing whole lower extremity vascular tree in patients with high-grade critical limb ischemia: DSA and TASC II guidelines correlations. *ScientificWorldJournal.* 2012;2012:192150.
46. Bertschinger K, Cassina PC, Debatin JF, Ruehm SG. Surveillance of peripheral arterial bypass grafts with three-dimensional MR angiography: comparison with digital subtraction angiography. *AJR Am J Roentgenol.* 2001;176(1):215-220.
47. Hakyemez B, Koroglu M, Yildiz H, Erdogan C, Atasoy S, Yurdaeken K. Table-moving contrast-enhanced magnetic resonance angiography in the evaluation of lower extremity peripheral arterial bypass grafts. *JBR-BTR.* 2006;89(2):67-71.
48. Link J, Steffens JC, Brossmann J, Graessner J, Hackethal S, Heller M. Iliofemoral arterial occlusive disease: contrast-enhanced MR angiography for preinterventional evaluation and follow-up after stent placement. *Radiology.* 1999;212(2):371-377.
49. Suttmeier B, Teichgraber U, Thomas A, et al. Non-invasive ECG-triggered 2D TOF MR angiography of the pelvic and leg arteries in an open 1.0-tesla high-field MRI system in comparison to conventional DSA. *Biomed Tech (Berl).* 2014;59(1):29-37.
50. Ersoy H, Rybicki FJ. Biochemical safety profiles of gadolinium-based extracellular contrast agents and nephrogenic systemic fibrosis. *J Magn Reson Imaging.* 2007;26(5):1190-1197.
51. Liu X, Zhang N, Fan Z, et al. Detection of infragenual arterial disease using non-contrast-enhanced MR angiography in patients with diabetes. *J Magn Reson Imaging.* 2014;40(6):1422-1429.
52. Thierfelder KM, Meimarakis G, Nikolaou K, et al. Non-contrast-enhanced MR angiography at 3 Tesla in patients with advanced peripheral arterial occlusive disease. *PLoS One.* 2014;9(3):e91078.
53. Diop AD, Braidy C, Habouchi A, et al. Unenhanced 3D turbo spin-echo MR angiography of lower limbs in peripheral arterial disease: a comparative study with gadolinium-enhanced MR angiography. *AJR Am J Roentgenol.* 2013;200(5):1145-1150.
54. Atanasova IP, Kim D, Storey P, Rosenkrantz AB, Lim RP, Lee VS. Sagittal fresh blood imaging with interleaved acquisition of systolic and diastolic data for improved robustness to motion. *Magn Reson Med.* 2013;69(2):321-328.
55. Hansmann J, Morelli JN, Michaely HJ, et al. Nonenhanced ECG-gated quiescent-interval single shot MRA: image quality and stenosis assessment at 3 tesla compared with contrast-enhanced MRA and digital subtraction angiography. *J Magn Reson Imaging.* 2014;39(6):1486-1493.
56. Kassamali RH, Hoey ET, Ganeshan A, Littlehales T. A comparative analysis of noncontrast flow-spoiled versus contrast-enhanced magnetic resonance angiography for evaluation of peripheral arterial disease. *Diagn Interv Radiol.* 2013;19(2):119-125.
57. Hodnett PA, Ward EV, Davarpanah AH, et al. Peripheral arterial disease in a symptomatic diabetic population: prospective comparison of rapid unenhanced MR angiography (MRA) with contrast-enhanced MRA. *AJR Am J Roentgenol.* 2011;197(6):1466-1473.

58. Grozinger G, Pohmann R, Schick F, et al. Perfusion measurements of the calf in patients with peripheral arterial occlusive disease before and after percutaneous transluminal angioplasty using MR arterial spin labeling. *J Magn Reson Imaging*. 2014;40(4):980-987.
59. Pollak AW, Meyer CH, Epstein FH, et al. Arterial spin labeling MR imaging reproducibly measures peak-exercise calf muscle perfusion: a study in patients with peripheral arterial disease and healthy volunteers. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2012;5(12):1224-1230.
60. Versluis B, Nelemans PJ, Brans R, et al. Functional MRI in peripheral arterial disease: arterial peak flow versus ankle-brachial index. *PLoS One*. 2014;9(2):e88471.
61. Versluis B, Nelemans PJ, Wildberger JE, Schurink GW, Leiner T, Backes WH. Magnetic resonance imaging-derived arterial peak flow in peripheral arterial disease: towards a standardized measurement. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2014;48(2):185-192.
62. Langham MC, Li C, Englund EK, et al. Vessel-wall imaging and quantification of flow-mediated dilation using water-selective 3D SSFP-echo. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2013;15:100.
63. Koziel K, Attenberger UI, Lederle K, Haneder S, Schoenberg SO, Michaely HJ. Peripheral MRA with continuous table movement: imaging speed and robustness compared to a conventional stepping table technique. *Eur J Radiol*. 2011;80(2):537-542.
64. Egglin TK, O'Moore PV, Feinstein AR, Waltman AC. Complications of peripheral arteriography: a new system to identify patients at increased risk. *J Vasc Surg*. 1995;22(6):787-794.
65. Lin JS, Olson CM, Johnson ES, Whitlock EP. The ankle-brachial index for peripheral artery disease screening and cardiovascular disease prediction among asymptomatic adults: a systematic evidence review for the U.S. Preventive Services Task Force. *Ann Intern Med*. 2013;159(5):333-341.
66. Hartmann A, Gehring A, Vallbracht C, et al. Noninvasive methods in the early detection of restenosis after percutaneous transluminal angioplasty in peripheral arteries. *Cardiology*. 1994;84(1):25-32.
67. Eslahpazir BA, Allemang MT, Lakin RO, et al. Pulse volume recording does not enhance segmental pressure readings for peripheral arterial disease stratification. *Ann Vasc Surg*. 2014;28(1):18-27.
68. Bandyk DF, Cato RF, Towne JB. A low flow velocity predicts failure of femoropopliteal and femorotibial bypass grafts. *Surgery*. 1985;98(4):799-809.
69. Scali ST, Beck AW, Nolan BW, et al. Completion duplex ultrasound predicts early graft thrombosis after crural bypass in patients with critical limb ischemia. *J Vasc Surg*. 2011;54(4):1006-1010.
70. Carter A, Murphy MO, Halka AT, et al. The natural history of stenoses within lower limb arterial bypass grafts using a graft surveillance program. *Ann Vasc Surg*. 2007;21(6):695-703.
71. Calligaro KD, Doerr K, McAfee-Bennett S, Krug R, Raviola CA, Dougherty MJ. Should duplex ultrasonography be performed for surveillance of femoropopliteal and femorotibial arterial prosthetic bypasses? *Ann Vasc Surg*. 2001;15(5):520-524.
72. Weitzel WF, Kim K, Henke PK, Rubin JM. High-resolution ultrasound speckle tracking may detect vascular mechanical wall changes in peripheral artery bypass vein grafts. *Ann Vasc Surg*. 2009;23(2):201-206.
73. Adam DJ, Gillies TE, Kelman J, Allan PL, Chalmers RT. Vascular surgical society of great britain and ireland: duplex surveillance does not enhance infrainguinal prosthetic bypass graft patency. *Br J Surg*. 1999;86(5):705.
74. Davies AH, Hawdon AJ, Sydes MR, Thompson SG. Is duplex surveillance of value after leg vein bypass grafting? Principal results of the Vein Graft Surveillance Randomised Trial (VGST). *Circulation*. 2005;112(13):1985-1991.
75. Hobbs SD, Pinkney T, Sykes TC, Fox AD, Houghton AD. Patency of infra-inguinal vein grafts--effect of intraoperative Doppler assessment and a graft surveillance program. *J Vasc Surg*. 2009;49(6):1452-1458.
76. Ferris BL, Mills JL, Sr., Hughes JD, Durrani T, Knox R. Is early postoperative duplex scan surveillance of leg bypass grafts clinically important? *J Vasc Surg*. 2003;37(3):495-500.
77. Bosma J, Montauban van Swijndregt AD, Vahl AC, Wisselink W. The utility of contrast enhanced MR angiography as a first stage diagnostic modality for treatment planning in lower extremity arterial occlusive disease. *Acta Chir Belg*. 2011;111(2):73-77.
78. Jeon CH, Han SH, Chung NS, Hyun HS. The validity of ankle-brachial index for the differential diagnosis of peripheral arterial disease and lumbar spinal stenosis in patients with atypical claudication. *Eur Spine J*. 2012;21(6):1165-1170.
79. Hodgkiss-Harlow KD, Bandyk DF. Interpretation of arterial duplex testing of lower-extremity arteries and interventions. *Semin Vasc Surg*. 2013;26(2-3):95-104.
80. Iglesias J, Pena C. Computed tomography angiography and magnetic resonance angiography imaging in critical limb ischemia: an overview. *Tech Vasc Interv Radiol*. 2014;17(3):147-154.

81. Rutherford RB. Acute limb ischemia. In: Cronenwett JL, Rutherford RB, eds. *Decision Making in Vascular Surgery*. Philadelphia, PA: WB Saunders; 2001:168-171.
82. Rolston DM, Saul T, Wong T, Lewiss RE. Bedside ultrasound diagnosis of acute embolic femoral artery occlusion. *J Emerg Med*. 2013;45(6):897-900.
83. Normahani P, Standfield NJ, Jaffer U. Sources of Delay in the Acute Limb Ischemia Patient Pathway. *Ann Vasc Surg*. 2017;38:279-285.
84. Rutherford RB. Clinical staging of acute limb ischemia as the basis for choice of revascularization method: when and how to intervene. *Semin Vasc Surg*. 2009;22(1):5-9.
85. Creager MA, Kaufman JA, Conte MS. Clinical practice. Acute limb ischemia. *N Engl J Med*. 2012;366(23):2198-2206.
86. Walker TG. Acute limb ischemia. *Tech Vasc Interv Radiol*. 2009;12(2):117-129.
87. Met R, Bipat S, Legemate DA, Reekers JA, Koelemay MJ. Diagnostic performance of computed tomography angiography in peripheral arterial disease: a systematic review and meta-analysis. *JAMA*. 2009;301(4):415-424.
88. Shue B, Damle RN, Flahive J, et al. The increased use of computed tomography angiography and magnetic resonance angiography as the sole imaging modalities prior to infrainguinal bypass has had no effect on outcomes. *Ann Vasc Surg*. 2015;29(6):1245-1254.
89. American College of Radiology. ACR Appropriateness Criteria® Radiation Dose Assessment Introduction. Available at: <https://edge.sitecorecloud.io/americancoldf5f-acrorgf92a-productioncb02-3650/media/ACR/Files/Clinical/Appropriateness-Criteria/ACR-Appropriateness-Criteria-Radiation-Dose-Assessment-Introduction.pdf>. Accessed December 4, 2017.

El Comité de Criterios de Idoneidad de ACR y sus paneles de expertos han desarrollado criterios para determinar los exámenes de imagen apropiados para el diagnóstico y tratamiento de afecciones médicas específicas. Estos criterios están destinados a guiar a los radiólogos, oncólogos radioterápicos y médicos remitentes en la toma de decisiones con respecto a las imágenes radiológicas y el tratamiento. En general, la complejidad y la gravedad de la condición clínica de un paciente deben dictar la selección de procedimientos o tratamientos de imagen apropiados. Solo se clasifican aquellos exámenes generalmente utilizados para la evaluación de la condición del paciente. Otros estudios de imagen necesarios para evaluar otras enfermedades coexistentes u otras consecuencias médicas de esta afección no se consideran en este documento. La disponibilidad de equipos o personal puede influir en la selección de procedimientos o tratamientos de imagen apropiados. Las técnicas de imagen clasificadas como en investigación por la FDA no se han considerado en el desarrollo de estos criterios; Sin embargo, debe alentarse el estudio de nuevos equipos y aplicaciones. La decisión final con respecto a la idoneidad de cualquier examen o tratamiento radiológico específico debe ser tomada por el médico y radiólogo remitente a la luz de todas las circunstancias presentadas en un examen individual.