

**Colegio Americano de Radiología**  
**Criterios® de idoneidad del ACR**  
**Aneurisma de aorta abdominal: planificación intervencionista y seguimiento**

**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:**

Los aneurismas de aorta abdominal (AAA) son un problema vascular relativamente común que se puede tratar con reparación quirúrgica abierta o reparación endovascular de aneurisma aórtico (EVAR). Ambos enfoques para la reparación del AAA requieren imágenes preoperatorias específicas para minimizar los resultados adversos. Después de la EVAR, las imágenes transversales tienen un papel integral en la confirmación del tratamiento exitoso del AAA y la detección temprana de complicaciones relacionadas con la EVAR. La angiografía por TC es la principal modalidad de diagnóstico por imágenes tanto para la planificación preoperatoria como para el seguimiento después de la reparación.

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); Aneurisma de aorta abdominal; Reparación de aneurisma de aorta endovascular; EVAR

**Escenario 1:** Planificación de la reparación preendovascular (EVAR, por sus siglas en inglés) o reparación abierta del AAA.

Procedimiento	Categoría de idoneidad	Nivel relativo de radiación
CTA de abdomen y pelvis con contraste intravenoso	Usualmente apropiado	⊕⊕⊕⊕
ARM, abdomen y pelvis sin y con contraste intravenoso	Usualmente apropiado	○
ARM, abdomen y pelvis sin contraste intravenoso	Puede ser apropiado	○
Tomografía computarizada de abdomen y pelvis con contraste intravenoso	Puede ser apropiado	⊕⊕⊕
Tomografía computarizada de abdomen y pelvis sin contraste intravenoso	Puede ser apropiado	⊕⊕⊕
Aortografía abdomen	Puede ser apropiado	⊕⊕⊕
TC de abdomen y pelvis sin y con contraste intravenoso	Puede ser apropiado	⊕⊕⊕⊕
Aorta eclesiástica abdomen con Doppler dúplex	Usualmente inapropiado	○
Radiografía de abdomen y pelvis	Usualmente inapropiado	⊕⊕⊕
TC de abdomen y pelvis sin contraste intravenoso y ultrasonido de la aorta abdominal con Doppler dúplex	Usualmente inapropiado	⊕⊕⊕

**Escenario 2:** Seguimiento de la reparación posendovascular (EVAR) o reparación abierta del AAA.

Procedimiento	Categoría de idoneidad	Nivel relativo de radiación
CTA de abdomen y pelvis con contraste intravenoso	Usualmente apropiado	⊕⊕⊕⊕
ARM, abdomen y pelvis sin y con contraste intravenoso	Usualmente apropiado	○
Aortografía abdomen	Puede ser apropiado	⊕⊕⊕
TC de abdomen y pelvis sin y con contraste intravenoso	Puede ser apropiado	⊕⊕⊕⊕
TC de abdomen y pelvis sin contraste intravenoso y aorta ecografía de abdomen con Doppler dúplex	Puede ser apropiado	⊕⊕⊕
ARM, abdomen y pelvis sin contraste intravenoso	Puede ser apropiado	○
Aorta eclesiástica abdomen con Doppler dúplex	Puede ser apropiado	○
Tomografía computarizada de abdomen y pelvis sin contraste intravenoso	Puede ser apropiado	⊕⊕⊕
Tomografía computarizada de abdomen y pelvis con contraste intravenoso	Puede ser apropiado (desacuerdo)	⊕⊕⊕
Radiografía de abdomen y pelvis	Puede ser apropiado	⊕⊕⊕

## ANEURISMA DE AORTA ABDOMINAL: PLANIFICACIÓN Y SEGUIMIENTO DE INTERVENCIONES

Paneles de expertos en imágenes vasculares y radiología intervencionista: Christopher J. Francois, MD<sup>a</sup>; Erik P. Skulborstad, MD, MBA<sup>b</sup>; Bill S. Majdalany, MD<sup>c</sup>; Ankur Chandra, MD<sup>d</sup>; Jeremy D. Collins, MD<sup>e</sup>; Khashayar Farsad, MD, PhD<sup>f</sup>; Marie D. Gerhard-Herman, MD<sup>g</sup>; Heather L. Gornik, MD<sup>h</sup>; A. Tuba Kendi, MD<sup>i</sup>; Minhajuddin S. Khaja, MD, MBA<sup>j</sup>; Margaret H. Lee, MD<sup>k</sup>; Patrick D. Sutphin, MD, PhD<sup>l</sup>; Baljendra S. Kapoor, MD<sup>m</sup>; Sanjeeva P. Kalva, MD.<sup>n</sup>

### Resumen de la revisión de la literatura

#### **Introducción/Antecedentes**

En 1991, Parodi et al [1] reportó el despliegue exitoso de un injerto de stent endoluminal dentro de la aorta abdominal a través de un abordaje transfemoral. Esto transformó permanentemente el panorama del tratamiento y la terapia del aneurisma de aorta abdominal (AAA). Las opciones de tratamiento anteriores se limitaban a un tratamiento expectante que combinaba el control médico de la presión arterial con una estrecha vigilancia por imágenes frente a la reparación quirúrgica abierta tradicional. Dada la importante morbilidad perioperatoria de la reparación abierta, el punto de transición a la intervención quirúrgica varió según el caso. Posteriormente, se establecieron pautas para la detección de AAA para ayudar a la toma de decisiones médicas [2,3]. Estas pautas se desarrollaron en función del estado de salud del paciente, las comorbilidades, el diámetro máximo del aneurisma (>5,5 cm) y la tasa de cambio (>1 cm/año) y otros signos que indicaban una ruptura inminente [2,4]. La llegada de la técnica de reparación de aneurismas endovasculares (EVAR) introdujo nuevas variables en el manejo de los AAA. El desarrollo relativamente reciente de la reparación de aneurismas endovasculares fenestrados (FEVAR) y la reparación percutánea de aneurismas endovasculares (PEVAR) tiene un potencial terapéutico avanzado al tiempo que mantiene una baja morbilidad [5-7].

Múltiples estudios han demostrado una disminución significativa de la duración de la estancia hospitalaria y una disminución de la morbilidad perioperatoria con EVAR [8-11] En comparación con la reparación abierta [12-14]. A pesar de ello, la reparación abierta se sigue realizando en pacientes con una morfología de aneurisma inadecuada para la EVAR y en aquellos con EVAR fallida [15]. En el caso de los pacientes que se presentan de novo para el tratamiento del AAA sin necesidad de imágenes previas, se debe evaluar toda la aorta (incluida la porción torácica) para caracterizar completamente el aneurisma y excluir un aneurisma de aorta torácica concomitante. Las imágenes preoperatorias para la reparación abierta del AAA tienen un objetivo principal: determinar la necesidad de cirugía en función del tamaño, la extensión y la tasa de crecimiento del aneurisma. La información adicional sobre la posible variante anatómica también puede ser útil para guiar el tratamiento adecuado y prevenir complicaciones inesperadas en el momento de la reparación.

EVAR, requiere una evaluación precisa de las imágenes preoperatorias para la selección adecuada del paciente en función de la morfología del aneurisma, el tamaño del vaso de acceso y la permeabilidad [16,17]. Las consideraciones primordiales en la evaluación de un AAA para EVAR radican en la morfología del cuello proximal, que para un AAA infrarenal se define como el segmento de la aorta entre la arteria renal más caudal y el límite proximal del aneurisma. La anatomía desfavorable del cuello, en función de su diámetro, longitud, angulación, morfología y presencia de calcificación, es la causa más frecuente de exclusión de la EVAR [18-20]. Más del 50% de los pacientes con morfología de aneurisma inadecuada para la EVAR convencional [7]. En la EVAR convencional, se requiere un tamaño de cuello de >10 a 15 mm de longitud y <30 mm de diámetro para proporcionar un sellado de injerto proximal adecuado. Aunque no es una contraindicación absoluta para la EVAR, el trombo mural y la calcificación aterosclerótica que cubren más de 90° de la circunferencia del diámetro aórtico en el cuello proximal se asocian con un mayor riesgo de endofuga tipo I y migración del injerto de stent [20]. La zona de

<sup>a</sup>Principal Author, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin. <sup>b</sup>Research Author, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin. <sup>c</sup>Panel Vice-Chair (Vascular), University of Michigan Health System, Ann Arbor, Michigan. <sup>d</sup>Scripps Green Hospital, La Jolla, California; Society for Vascular Surgery. <sup>e</sup>Northwestern Medicine, Chicago, Illinois. <sup>f</sup>Oregon Health & Science University, Portland, Oregon. <sup>g</sup>Brigham & Women's Hospital & Harvard Medical School, Boston, Massachusetts; American College of Cardiology. <sup>h</sup>Cleveland Clinic Heart and Vascular Institute, Cleveland, Ohio; American College of Cardiology. <sup>i</sup>Emory University Hospital, Atlanta, Georgia. <sup>j</sup>University of Michigan Health System, Ann Arbor, Michigan. <sup>k</sup>David Geffen School of Medicine at UCLA, Los Angeles, California. <sup>l</sup>UT Southwestern Medical Center, Dallas, Texas. <sup>m</sup>Panel Chair (Interventional), Cleveland Clinic Foundation, Cleveland, Ohio. <sup>n</sup>Panel Chair (Vascular), UT Southwestern Medical Center, Dallas, Texas.

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](mailto:publications@acr.org)

aterrizaje distal generalmente se encuentra dentro de una o ambas arterias ilíacas comunes. Con los dispositivos de nueva generación, se pueden considerar diámetros comunes de la arteria ilíaca de  $\leq 20$  mm para EVAR [21]. El diámetro intraluminal mínimo de la arteria ilíaca externa debe ser de  $\geq 7$  mm para aceptar de forma segura las vainas de inserción [22].

En los últimos años, se han puesto a disposición nuevos dispositivos para mitigar la anatomía desfavorable del cuello aórtico. Varios diseños presentan una porción proximal descubierta que permite la colocación del stent directamente en el origen de las ramas aórticas, mientras que otros poseen orígenes de vasos listos para su colocación dentro de las arterias renales y mesentéricas [18]. FEVAR es un enfoque alternativo para aquellos con cuellos aórticos de longitud inadecuada. En FEVAR, las fenestraciones dentro del material del injerto permiten la perfusión de las principales arterias viscerales al tiempo que aseguran un sellado proximal adecuado [7]. Una variante de la técnica FEVAR describe la colocación de stents puente a través de estas fenestraciones [23]. Dichos dispositivos pueden ser especialmente favorables en las mujeres, ya que estos pacientes tienen menos probabilidades de tener diámetros de cuello e ilíacos de aneurisma suficientes para la EVAR tradicional [16]. FEVAR evita la necesidad de una exposición femoral abierta y ofrece el beneficio de tiempos de procedimiento más cortos, tasas de complicaciones más bajas y estadías hospitalarias más cortas [5]. FEVAR requiere una anatomía común de la arteria femoral que sea adecuada para el acceso percutáneo y libre de calcificaciones significativas. Los candidatos para FEVAR deben seleccionarse cuidadosamente, ya que la presencia y el grado de calcificación de los vasos es un determinante importante del fracaso técnico [24].

Las ventajas de EVAR tienen un costo de vigilancia por imágenes de por vida. Esto se debe a una tasa más alta de complicaciones que requieren reintervención en comparación con la reparación abierta [11,25]. Las complicaciones de la EVAR incluyen migración del injerto de stent, retorcimiento, infección, trombosis y disfunción renal. La complicación más importante que se debe detectar es la expansión continua del aneurisma que conduce a una eventual ruptura, que puede ocurrir incluso después de una EVAR exitosa [26]. La complicación más común de la EVAR es la formación de endofugas, que puede contribuir al agrandamiento y la ruptura del saco del aneurisma [27]. Las endofugas se clasifican según su etiología, siendo los tipos I y III los que más comúnmente conducen a la ruptura [15,28]. Por lo tanto, la clasificación adecuada es crucial para el manejo posterior y debe aclararse siempre que sea posible. Aunque EVAR es seguro y tiene una baja tasa de mortalidad [29], la posibilidad de complicaciones y la necesidad de reintervención siguen siendo altas [12-14], por lo que requiere un seguimiento de por vida.

El objetivo final de la terapia endovascular es prevenir la ruptura del aneurisma. Las imágenes de seguimiento son la herramienta más útil para evaluar los resultados postoperatorios y controlar las posibles complicaciones. El tratamiento exitoso da como resultado un aneurisma que permanece estable o disminuye de tamaño en los exámenes de imágenes de seguimiento en serie, y se cree que la disminución del tamaño del saco del aneurisma indica un bajo riesgo de ruptura futura [30,31]. A lo largo del tiempo, se ha investigado la eficacia de todas las modalidades de imagen disponibles en el seguimiento posterior a la EVAR. De acuerdo con las directrices de la Sociedad de Radiología Intervencionista, la modalidad de imagen de elección debe permitir al menos (1) la medición del diámetro del aneurisma aórtico, (2) la detección y clasificación de endofugas y (3) la detección de los detalles morfológicos de los injertos de stent [32]. Las modalidades de imagen deben evaluarse por su eficacia para satisfacer estos tres requisitos, así como por sus respectivos perfiles de seguridad y el uso de material de contraste potencialmente nefrotóxico.

## **Descripción general de las modalidades de diagnóstico por imágenes**

### **CT y CTA**

La tomografía computarizada (TC) es una modalidad de imagen transversal que ofrece una excelente resolución espacial, tiempos de adquisición de imágenes rápidos y una amplia disponibilidad. Sin embargo, sin la administración de material de contraste, su capacidad para evaluar las estructuras vasculares es limitada. La evaluación de la luz del vaso se realiza mediante angiografía por tomografía computarizada (ATC), una técnica que utiliza la administración de material de contraste yodado. La adición de técnicas de posprocesamiento volumétrico en 3D permite ver la aorta abdominal y la vasculatura asociada en cualquier oblicuidad y permite cuantificar el diámetro luminal, el área de la sección transversal y el volumen del saco. Una desventaja de la ATC es la posible nefrotoxicidad causada por el material de contraste administrado [33-35].

Con el fin de distinguir entre la TC y la angiografía por TC (angio-TC), los temas de los Criterios de Adecuación ACR utilizan la definición establecida por “[ACR-NASCI-SIR-SPR Practice Parameter for the Performance and Interpretation of Body Computed Tomography Angiography \(CTA\)](#)” [36]:

*"La angio-TC utiliza una adquisición de TC de sección fina que está programada para coincidir con el pico de realce arterial o venosa. El conjunto de datos volumétricos resultante se interpreta utilizando reconstrucciones transversales primarias, así como reconstrucciones multiplanares y representaciones 3D".*

Todos los elementos son esenciales: 1) tiempo, 2) reconstrucciones / reformateos, y 3) representaciones 3D. Las TC estándar con contraste también incluyen problemas de tiempo y reconstrucciones/reformateos. Sin embargo, sólo en ACT es un elemento requerido la representación 3D. Esto corresponde a las definiciones que el CMS ha aplicado a los códigos de terminología procesal actual.

La tomografía computarizada se puede realizar como una fase arterial única, estudio bifásico (sin contraste y fases arteriales o arteriales y diferidas) o como un estudio trifásico (fases sin contraste, arteriales y diferidas). Para reducir la dosis acumulada de radiación a lo largo de la vida de los pacientes sometidos a vigilancia por ATC, varios autores han propuesto eliminar la fase arterial [37] o fase diferida [38,39], aunque un autor ha sugerido eliminar las exploraciones sin contraste de todos los exámenes de vigilancia, con la excepción de un seguimiento inicial de 1 mes [40].

Varios estudios han informado de una reducción significativa de la dosis mediante TC de doble energía con adquisición de imágenes de fase retardada solamente [41,42]. El software que lo acompaña permite el aislamiento de yodo de una región seleccionada y permite la reconstrucción de imágenes virtuales sin contraste. Se puede aplicar una superposición de color a los vóxeles que contienen yodo, lo que hace que la detección de material de contraste dentro del saco del aneurisma externo al injerto de stent sea más visible [41]. La TC de doble fase y energía dual puede reducir potencialmente la dosis de radiación en un 19,5% en comparación con un examen de TC trifásico estándar [34]. Las técnicas adicionales de reducción de dosis incluyen el uso de control automático de la exposición y algoritmos de reconstrucción iterativa [34].

La determinación de la técnica de TC óptima y dosis-eficiente es un trabajo en curso que continuará evolucionando con el aumento de la experiencia y los avances tecnológicos.

### **Aortography**

La aortografía es una modalidad de imagen invasiva que puede evaluar con precisión la permeabilidad de la rama lateral aórtica, cuyo conocimiento es crucial para el despliegue de endoinjertos convencionales y fenestrados con o sin stents puente. Sin embargo, no demuestra la presencia de trombo mural, lo que limita las mediciones de diámetro y la evaluación de la zona de aterrizaje. Aunque es menos sensible que la ATC en la detección de endofugas, la aortografía es capaz de demostrar la dirección del flujo sanguíneo dentro o fuera del saco del aneurisma, lo que la hace más precisa que la ATC en la clasificación de las endofugas [43]. Aunque la aortografía tradicional se basa en material de contraste yodado, estudios recientes sugieren que el dióxido de carbono puede ser una alternativa aceptable para evaluar las endofugas en pacientes con riesgo de nefropatía relacionada con el contraste [44,45].

### **MRA**

La principal ventaja de la angiografía por resonancia magnética (ARM) en relación con la ATC es la mejora de la caracterización de los tejidos blandos. A pesar de la nefrotoxicidad relativamente baja, los medios de contraste a base de gadolinio (GBCM) se han relacionado con la fibrosis sistémica nefrogénica (NSF) [46]. Por lo tanto, se recomienda evaluar la función renal en pacientes de alto riesgo antes de administrar un GBCM. Las desventajas de la ARM incluyen una duración de exploración relativamente larga, claustrofobia del paciente, disminución de la resolución espacial y contraindicación en pacientes con ciertos dispositivos implantables. La ARM también tiene una capacidad limitada para detectar la calcificación de la íntima [33]. Además, el artefacto de susceptibilidad de los intersticios metálicos del injerto de stent presenta un desafío diagnóstico para evaluar la integridad del dispositivo y puede imitar la estenosis del injerto. Aunque la presencia de un marcapasos cardíaco implantado era anteriormente una contraindicación absoluta para la resonancia magnética, varios modelos nuevos están aprobados por la FDA para uso condicional.

La caracterización superior de los tejidos blandos inherente a la ARM puede ayudar a los médicos a diferenciar los aneurismas de crecimiento lento de los aneurismas de crecimiento rápido. Un estudio reciente demostró que los AAA que contienen trombo intraluminal que tienen una alta intensidad de señal ponderada en T1 se asocian con tasas de crecimiento más altas [47].

## **Técnicas convencionales de ultrasonido (US)**

La ecografía dúplex en color (CDUS) es una modalidad de imagen no invasiva que es portátil y segura, lo que evita que los pacientes tengan que administrar material de contraste nefrotóxico. El CDUS es capaz de evaluar la dinámica del flujo sanguíneo en tiempo real y permite cuantificar el diámetro luminal y el área de la sección transversal. La calidad de la imagen en CDUS depende en gran medida de la experiencia del operador, la cooperación del paciente y el habitus corporal del paciente [48,49]. Aunque está bien documentada la excelente correlación entre las mediciones del diámetro del AAA realizadas por TC y CDUS, existe un acuerdo general de que las técnicas convencionales de ultrasonido (US) subestiman sistemáticamente el diámetro del aneurisma en ~2 mm [35,50-52].

El ultrasonido con contraste (CEUS) utiliza la infusión de gas hexafluoruro de sodio estabilizado para visualizar la luz del vaso. A diferencia de los materiales de contraste yodados utilizados en la CTA, este gas no es nefrotóxico y se elimina de forma segura a través del sistema respiratorio. El advenimiento de los CEUS 3D utiliza información de posición para que los emisores de campo magnético ensamblen los reflejos de US recopilados en una imagen 3D de alta resolución, lo que da como resultado una calidad de imagen mejorada en relación con las CDUS [53]. Se ha informado que los CEUS 3-D son más precisos que los métodos 2-D para cuantificar el diámetro máximo del vaso, ya que el primero permite que las mediciones se realicen ortogonales a la línea central del vaso [50].

Para los pacientes con contraindicaciones absolutas para el material de contraste yodado, ya sea debido a una insuficiencia renal grave o a una alergia al contraste potencialmente mortal, la ecografía es un complemento importante para la TC no realizada.

## **Discusión de los procedimientos en las diferentes situaciones.**

### **Escenario 1: Planificación de la reparación preendovascular (EVAR) o reparación abierta del AAA.**

#### **Radiografía**

Las radiografías no pueden visualizar adecuadamente la aorta abdominal, lo que impide la evaluación de la zona de aterrizaje proximal y la cuantificación del diámetro luminal. Por lo tanto, la radiografía no desempeña ningún papel en la evaluación preoperatoria del AAA. Sin embargo, dada la alta resolución espacial de la radiografía, esta modalidad permite una visualización óptima de la geometría del injerto del stent. Cuando se utilizan protocolos de centrado consistentes, esto permite una detección confiable de torceduras y la migración del injerto del stent a una precisión de 2 mm [54].

#### **CT y CTA**

Debido a su resolución espacial superior y a la rápida adquisición de imágenes, la CTA con reconstrucción volumétrica en 3D y análisis de vasos ha ganado una amplia aceptación como el estándar de oro para la evaluación previa a EVAR. La utilización de software de reconstrucción 3D se ha vuelto primordial en la planificación de EVAR, ya que disminuye el impacto de la tortuosidad de los recipientes en las mediciones de diámetro y longitud, además de reducir la variabilidad intraobservador [55]. Un autor descubrió que el análisis rutinario en 3D de las imágenes previas a la EVAR condujo a una reducción significativa de las endofugas de tipo I [56]. Se deben utilizar imágenes de CTA reformateadas en los planos coronal y sagital para aumentar la precisión del diagnóstico. En la mayoría de los casos, una TAC del abdomen y la pelvis es apropiada para garantizar la cobertura de todo el aneurisma y el acceso vascular. La ATC debe incluir el tórax en pacientes con aneurismas de aorta toracoabdominal (AATA).

#### **Aortografía**

Dado que la aortografía y la radiografía no pueden proporcionar con precisión mediciones del diámetro del saco del aneurisma y una evaluación de la zona de aterrizaje, estas modalidades son inadecuadas para la evaluación previa a la EVAR o la reparación abierta. Sin embargo, la aortografía puede ser de utilidad para evaluar la permeabilidad de los vasos ramificados y, por lo general, forma parte de los procedimientos de oclusión de los vasos ramificados antes de la reparación del aneurisma.

#### **MRA**

Con el fin de planificar la EPAR previa, las imágenes de espín-eco ponderadas en T1 y los métodos basados en flujo, como el tiempo de vuelo o el contraste de fase, proporcionan detalles adecuados sobre la morfología del aneurisma y la anatomía vascular relevante. Sin embargo, estas técnicas están limitadas por la baja resolución espacial y la baja relación señal-ruido y, por lo tanto, no son óptimas para evaluar lesiones de vasos pequeños o ramas laterales diminutas [33]. Además, las secuencias basadas en flujo son susceptibles a artefactos de flujo que pueden sobrestimar el grado de estenosis o demostrar falsamente una oclusión [57]. Para superar estas limitaciones, se debe añadir MRA (CE-MRA) con contraste a las secuencias convencionales de espín-eco ponderadas en T1 y

T2. El CE-MRA es mucho menos susceptible a los artefactos de flujo y susceptibilidad y tiene una alta relación señal-ruido para evaluar embarcaciones pequeñas y detalles estructurales finos. Se ha encontrado que la efectividad de la CE-MRA es comparable a la de la CTA en la evaluación de la idoneidad de los aneurismas para la EVAR [58]. En la mayoría de los casos, una resonancia magnética del abdomen y la pelvis es apropiada para garantizar la cobertura de todo el aneurisma y el acceso vascular. La ARM debe incluir el tórax en los pacientes con AATA.

La adquisición de imágenes de precesión libre en estado estacionario sin contraste (bSSFP) puede ser útil en la evaluación preoperatoria de pacientes que toleran mal la GBCM o están en riesgo de FSN. Un estudio encontró que las mediciones de AAA obtenidas por ARM sin contraste no fueron significativamente diferentes de las medidas por CTA [59].

### **Ultrasonido convencional (US)**

Aunque el Grupo de Trabajo de Servicios Preventivos de los Estados Unidos actualmente recomienda una única detección de AAA mediante ultrasonido (US) en hombres de 65 a 75 años que hayan fumado alguna vez [60], no hay evidencia en la literatura médica que respalde el uso de CDUS o CEUS en la evaluación preoperatoria formal de AAA.

### **Escenario 2: Seguimiento de la reparación post-endovascular (EVAR) o reparación abierta del AAA.**

#### **CT y CTA**

La excepcional resolución espacial y las rápidas velocidades de imagen de CTA la han convertido en el estándar de oro de facto para la vigilancia de imágenes post-EVAR y post-reparación abierta. Después de la EVAR, el régimen de vigilancia más utilizado utiliza la TC multifásica con contraste a 1 mes, 12 meses y anualmente a partir de entonces. Si se detecta una anomalía 1 mes después de la EVAR, se realiza una exploración de seguimiento a los 6 meses. En ausencia de resultados adversos en las imágenes de seguimiento de 1 mes, la intensidad y la frecuencia del programa de vigilancia pueden modularse en consecuencia [61-64]. En comparación con la aortografía, la ATC tiene una mayor sensibilidad en la detección de endofugas después de la EVAR. En comparación con la ecografía, la ATC es más capaz de visualizar la torcedura y la migración del stent-injerto y es equivalente en la cuantificación del tamaño del saco del aneurisma [34].

En los estudios iniciales de vigilancia post-EVAR se controló el diámetro máximo del saco del aneurisma como marcador de la respuesta al tratamiento [65]. Se ha demostrado que este método no es fiable debido a la gran variabilidad entre observadores [66]. Desde entonces, el análisis del volumen del saco del aneurisma ha demostrado ser el indicador más fiable de la rotura del aneurisma y/o de la necesidad de una nueva intervención [67-69]. En un esfuerzo por reducir la dosis de radiación y la exposición al material de contraste, varios autores han propuesto el uso del análisis volumétrico en serie de AAA con TC sin contraste como única prueba de cribado para el seguimiento posterior a la EVAR [70-73]. Se ha demostrado que la discrepancia de volumen debida a la variabilidad entre operadores es inferior al 2% cuando el procedimiento es realizado por personal experimentado [72,74]. En los pacientes en los que los materiales de contraste están contraindicados, las mediciones seriadas del volumen del saco de aneurisma no realizado proporcionan información valiosa para guiar el tratamiento [75].

En la mayoría de los casos, una ATC del abdomen y la pelvis es apropiada para asegurar la cobertura del aneurisma tratado y el injerto de stent. La ATC debe incluir el tórax en los pacientes con AATA.

#### **Aortografía**

Debido a la naturaleza relativamente invasiva de la aortografía, no es práctica para la vigilancia rutinaria posterior a la EVAR. Sin embargo, en el contexto de una endofuga conocida, la aortografía puede ser más precisa que la ATC en la clasificación de las endofugas. Un estudio reveló solo un 86% de concordancia en la clasificación de endofugas entre la aortografía y la ATC, en el que la clasificación correcta posterior por aortografía mejoró significativamente el manejo del paciente [43]. Por lo tanto, es lógico pensar que la aortografía puede utilizarse mejor como una modalidad de imagen de segunda línea en pacientes post-EVAR, desempeñando un papel vital en la clasificación de endofugas y la reintervención [35].

#### **MRA**

Al considerar el uso de la ARM para la vigilancia posterior a la EVAR, el material y la orientación del stent son consideraciones importantes. La construcción típica de stents emplea nitinol, elgiloy o acero inoxidable. El nitinol es una aleación de níquel-titanio que causa relativamente pocos artefactos en la ARM, al tiempo que permite una visualización adecuada de la luz del stent y las estructuras adyacentes. Elgiloy es una aleación de cobalto, cromo y níquel que puede oscurecer la luz del stent, pero aún permite la visualización de las estructuras adyacentes. Los

pacientes con stents de nitinol son los candidatos óptimos para la ARM, mientras que aquellos con stents de elgiloy o de acero inoxidable pueden experimentar artefactos significativos que comprometen la visualización de la luz del stent y limitan la resolución morfológica de la pared del stent [76]. Sin embargo, pueden surgir artefactos incluso con stents de nitinol secundarios a la geometría del stent [77]. Debido al artefacto de susceptibilidad severa asociado con los espirales de embolización de acero inoxidable, la ARM es pobre en el seguimiento de los pacientes que se han sometido a una embolización con espiral de la arteria iliaca interna antes de la EVAR [35].

La ARM de la aorta post-EVAR comparte múltiples características con la CTA. Al igual que la CTA, las imágenes ISOFÓPICAS 3D MRA se pueden reformatear en cualquier plano para el análisis de volumen o las mediciones de diámetro ortogonal. En pacientes con stents de nitinol, las mediciones del diámetro aórtico para la ARM han demostrado ser tan fiables como las obtenidas con la ATC [78]. Se ha demostrado que la ARM es más sensible que la CTA para la detección de endofugas [35,79]. En consecuencia, la mayor tasa de detección de endofugas observada por la ARM en los casos con un CTA negativo puede arrojar luz sobre el fenómeno de la endotensión [80]. Más recientemente, la ARM resuelta en el tiempo se ha utilizado en la caracterización de endofugas y puede proporcionar información relevante sobre el contraste y la dinámica de flujo dentro de las endofugas [35]. Como tal, la sustitución de la aortografía como un método eficaz y no invasivo para la caracterización de endofugas es prometedora [81].

En la mayoría de los casos, la ARM del abdomen y la pelvis es apropiada para asegurar la cobertura del aneurisma tratado y el injerto de stent. La ARM debe incluir el tórax en los pacientes con AATA.

Materiales de contraste de la piscina de sangre como el ferumoxitol [82,83] intravasculares durante un tiempo prolongado, lo que permite la generación de imágenes multiplanares en 3D de alta resolución [82,83]. El uso de estos materiales de contraste puede mejorar la detección de endofugas de flujo lento [82,83].

Los pacientes intolerantes a la GBCM o aquellos con riesgo de FSN pueden beneficiarse de la adquisición de imágenes de bSSFP sin contraste en la vigilancia posterior a la EVAR. Un pequeño estudio retrospectivo encontró que las imágenes de bSSFP sin contraste se pueden usar para excluir la endofuga después de la EVAR, con imágenes posteriores al contraste reservadas para la verificación y la caracterización adicional de una sospecha de endofuga [84].

## US

Cada vez se recomiendan más CDUS y CEUS para el seguimiento post-EVAR. Estos son convenientes, no invasivos y tienen un perfil de seguridad favorable. En la evaluación de la endofuga, la CDUS tiene una alta especificidad pero una sensibilidad limitada, que se informó en dos grandes meta-análisis de 91% a 93% y 66% a 69%, respectivamente [85,86]. Las principales limitaciones de la ecografía son la incapacidad de detectar el retorcimiento del stent-injerto, la fractura, la migración o la separación de componentes [87-89]. Por esta razón, se recomienda obtener radiografías adjuntas de cuatro vistas con todos los exámenes de US posteriores a EVAR [49,53,84,87,89,90]. En el caso de los FEVAR que afectan al tronco celíaco, la ecografía es incapaz de visualizar adecuadamente la zona de sellado proximal [89].

No es de extrañar que los resultados publicados sobre la precisión de la CDUS en el seguimiento post-EVAR sean variados [51,85,91-93]. Sin embargo, el ultrasonido convencional ofrece la capacidad de determinar la dirección del flujo de endofuga y, por lo tanto, ayudar a guiar el manejo. Se ha demostrado que el análisis de la forma de onda espectral de la reperusión al saco del aneurisma tiene valor pronóstico, en el que las endofugas de tipo II con flujo bidireccional [94] y bajas velocidades de flujo [95] se han asociado con el cierre espontáneo.

Varios estudios han comparado las CEUS 2-D con las CDUS en el contexto del seguimiento posterior a la EVAR, y un meta-análisis reciente no encontró diferencias clínicamente significativas entre las dos [96]. En el contexto del seguimiento post-FEVAR, se encontró que la CEUS 2-D era equivalente a la CTA en la medición del saco del aneurisma y en la evaluación de la permeabilidad de los vasos viscerales [84,89]. Estudios adicionales han demostrado la superioridad de los CEUS 3D sobre los métodos 2D estándar en la detección de endofugas [53] y medición de sacos [50]. Se ha descubierto que la CEUS tridimensional es equivalente o superior a la CTA en la detección de endofugas [53,88] y la medición de SAC, además de ser altamente reproducible [50,97].

Muchos han abogado por la sustitución de la CTA por la US para la vigilancia posterior a la EVAR debido a su falta de exposición al contraste nefrotóxico [52,90,92]. Específicamente, se ha sugerido que la CDUS se use junto con la TC sin contraste para hacer un seguimiento de los pacientes con insuficiencia renal después de la EVAR [98]. Los protocolos de vigilancia de los Estados Unidos que se están desarrollando actualmente buscan reducir

drásticamente el costo del seguimiento sin comprometer la precisión [34,35,90], con el CTA reservado para una evaluación más detallada de los hallazgos sospechosos.

### Radiografía

Anteriormente, las radiografías se consideraban un complemento útil de la TC para detectar la migración del injerto de stent y el cambio estructural subyacente. Esta modalidad no se puede utilizar como un estudio independiente, ya que no puede evaluar el tamaño del saco del aneurisma ni detectar la endofuga. Por lo tanto, la radiografía por sí sola no cumple con los criterios de las pautas descritas por la Sociedad de Radiología Intervencionista [32] en la vigilancia postoperatoria del AAA. A pesar de sus limitaciones, las radiografías anteriores y laterales han demostrado ser útiles para detectar la migración del stent, el retorcimiento o la separación modular de los componentes del injerto del stent, mientras que las proyecciones oblicuas pueden detectar fracturas de alambre [99]. Las imágenes de ATC reconstruidas en tres dimensiones también proporcionan esta información, además de detectar endofugas y cambios en el tamaño del aneurisma. Como tal, los avances en las herramientas de visualización 3D probablemente harán que las radiografías sean redundantes e innecesarias cuando se usen junto con la TC. Sin embargo, si la ecografía se utiliza como la principal modalidad de imagen en la vigilancia posterior a la EVAR, las radiografías se convierten en un examen complementario vital [49,53,84,87,89,90].

### Resumen de las recomendaciones

- Para la planificación de la reparación preoperatoria del AAA, la ATC abdomen y pelvis y la ARM abdomen y pelvis son procedimientos adecuados.
- Después de la reparación del AAA, la ATC del abdomen y la pelvis y la ARM del abdomen y la pelvis son procedimientos apropiados.

### 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 para 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® [100].

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. Parodi JC, Palmaz JC, Barone HD. Transfemoral intraluminal graft implantation for abdominal aortic aneurysms. *Ann Vasc Surg.* 1991;5(6):491-499.
2. Greco G, Egorova NN, Gelijns AC, et al. Development of a novel scoring tool for the identification of large  $\geq 5$  cm abdominal aortic aneurysms. *Ann Surg.* 2010;252(4):675-682.
3. Schmidt T, Muhlberger N, Chemelli-Steingruber IE, et al. Benefit, risks and cost-effectiveness of screening for abdominal aortic aneurysm. *Rofo.* 2010;182(7):573-580.
4. Brewster DC, Cronenwett JL, Hallett JW, Jr., Johnston KW, Krupski WC, Matsumura JS. Guidelines for the treatment of abdominal aortic aneurysms. Report of a subcommittee of the Joint Council of the American Association for Vascular Surgery and Society for Vascular Surgery. *J Vasc Surg.* 2003;37(5):1106-1117.
5. Nelson PR, Kracjer Z, Kansal N, et al. A multicenter, randomized, controlled trial of totally percutaneous access versus open femoral exposure for endovascular aortic aneurysm repair (the PEVAR trial). *J Vasc Surg.* 2014;59(5):1181-1193.
6. Oderich GS, Greenberg RK, Farber M, et al. Results of the United States multicenter prospective study evaluating the Zenith fenestrated endovascular graft for treatment of juxtarenal abdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg.* 2014;60(6):1420-1428 e1421-1425.
7. Tambyraja AL, Fishwick NG, Bown MJ, Nasim A, McCarthy MJ, Sayers RD. Fenestrated aortic endografts for juxtarenal aortic aneurysm: medium term outcomes. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2011;42(1):54-58.
8. Ahanchi SS, Carroll M, Almaroof B, Panneton JM. Anatomic severity grading score predicts technical difficulty, early outcomes, and hospital resource utilization of endovascular aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg.* 2011;54(5):1266-1272.
9. Dillavou ED, Muluk SC, Makaroun MS. Improving aneurysm-related outcomes: nationwide benefits of endovascular repair. *J Vasc Surg.* 2006;43(3):446-451; discussion 451-442.

10. Lovegrove RE, Javid M, Magee TR, Galland RB. A meta-analysis of 21,178 patients undergoing open or endovascular repair of abdominal aortic aneurysm. *Br J Surg*. 2008;95(6):677-684.
11. Schermerhorn ML, O'Malley AJ, Jhaveri A, Cotterill P, Pomposelli F, Landon BE. Endovascular vs. open repair of abdominal aortic aneurysms in the Medicare population. *N Engl J Med*. 2008;358(5):464-474.
12. De Bruin JL, Baas AF, Buth J, et al. Long-term outcome of open or endovascular repair of abdominal aortic aneurysm. *N Engl J Med*. 2010;362(20):1881-1889.
13. Greenhalgh RM, Brown LC, Powell JT, Thompson SG, Epstein D, Sculpher MJ. Endovascular versus open repair of abdominal aortic aneurysm. *N Engl J Med*. 2010;362(20):1863-1871.
14. Mestres G, Zarka ZA, Garcia-Madrid C, Rimbau V. Early abdominal aortic endografts: a decade follow-up results. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2010;40(6):722-728.
15. Pitoulias GA, Schulte S, Donas KP, Horsch S. Secondary endovascular and conversion procedures for failed endovascular abdominal aortic aneurysm repair: can we still be optimistic? *Vascular*. 2009;17(1):15-22.
16. Sweet MP, Fillinger MF, Morrison TM, Abel D. The influence of gender and aortic aneurysm size on eligibility for endovascular abdominal aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg*. 2011;54(4):931-937.
17. Truijers M, Resch T, Van Den Berg JC, Blankensteijn JD, Lonn L. Endovascular aneurysm repair: state-of-art imaging techniques for preoperative planning and surveillance. *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 2009;50(4):423-438.
18. AbuRahma AF, Campbell J, Stone PA, et al. The correlation of aortic neck length to early and late outcomes in endovascular aneurysm repair patients. *J Vasc Surg*. 2009;50(4):738-748.
19. Arko FR, Filis KA, Seidel SA, et al. How many patients with infrarenal aneurysms are candidates for endovascular repair? The Northern California experience. *J Endovasc Ther*. 2004;11(1):33-40.
20. Yeung JJ, Hernandez-Boussard TM, Song TK, Dalman RL, Lee JT. Preoperative thrombus volume predicts sac regression after endovascular aneurysm repair. *J Endovasc Ther*. 2009;16(3):380-388.
21. Timaran CH, Lipsitz EC, Veith FJ, et al. Endovascular aortic aneurysm repair with the Zenith endograft in patients with ectatic iliac arteries. *Ann Vasc Surg*. 2005;19(2):161-166.
22. Iezzi R, Cotroneo AR. Endovascular repair of abdominal aortic aneurysms: CTA evaluation of contraindications. *Abdom Imaging*. 2006;31(6):722-731.
23. Lee JT, Lee GK, Chandra V, Dalman RL. Comparison of fenestrated endografts and the snorkel/chimney technique. *J Vasc Surg*. 2014;60(4):849-856; discussion 856-847.
24. Manunga JM, Gloviczki P, Oderich GS, et al. Femoral artery calcification as a determinant of success for percutaneous access for endovascular abdominal aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg*. 2013;58(5):1208-1212.
25. Endovascular aneurysm repair versus open repair in patients with abdominal aortic aneurysm (EVAR trial 1): randomised controlled trial. *Lancet*. 2005;365(9478):2179-2186.
26. Schanzer A, Greenberg RK, Hevelone N, et al. Predictors of abdominal aortic aneurysm sac enlargement after endovascular repair. *Circulation*. 2011;123(24):2848-2855.
27. Ronsivalle S, Faresin F, Franz F, Rettore C, Zanchetta M, Olivieri A. Aneurysm sac "thrombization" and stabilization in EVAR: a technique to reduce the risk of type II endoleak. *J Endovasc Ther*. 2010;17(4):517-524.
28. Ilyas S, Shaida N, Thakor AS, Winterbottom A, Cousins C. Endovascular aneurysm repair (EVAR) follow-up imaging: the assessment and treatment of common postoperative complications. *Clin Radiol*. 2015;70(2):183-196.
29. Brewster DC, Jones JE, Chung TK, et al. Long-term outcomes after endovascular abdominal aortic aneurysm repair: the first decade. *Ann Surg*. 2006;244(3):426-438.
30. Bastos Goncalves F, Baderkhan H, Verhagen HJ, et al. Early sac shrinkage predicts a low risk of late complications after endovascular aortic aneurysm repair. *Br J Surg*. 2014;101(7):802-810.
31. Veith FJ, Baum RA, Ohki T, et al. Nature and significance of endoleaks and endotension: summary of opinions expressed at an international conference. *J Vasc Surg*. 2002;35(5):1029-1035.
32. Geller SC. Imaging guidelines for abdominal aortic aneurysm repair with endovascular stent grafts. *J Vasc Interv Radiol*. 2003;14(9 Pt 2):S263-264.
33. Picel AC, Kansal N. Essentials of endovascular abdominal aortic aneurysm repair imaging: preprocedural assessment. *AJR Am J Roentgenol*. 2014;203(4):W347-357.
34. Picel AC, Kansal N. Essentials of endovascular abdominal aortic aneurysm repair imaging: postprocedure surveillance and complications. *AJR Am J Roentgenol*. 2014;203(4):W358-372.

35. Tse DM, Tapping CR, Patel R, et al. Surveillance after endovascular abdominal aortic aneurysm repair. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2014;37(4):875-888.
36. American College of Radiology. ACR–NASCI–SIR–SPR Practice Parameter for the Performance and Interpretation of Body Computed Tomography Angiography (CTA). Available at: [http://www.acr.org/~media/ACR/Documents/PGTS/guidelines/Body\\_CTA.pdf](http://www.acr.org/~media/ACR/Documents/PGTS/guidelines/Body_CTA.pdf). Accessed September 1, 2017.
37. Macari M, Chandarana H, Schmidt B, Lee J, Lamparello P, Babb J. Abdominal aortic aneurysm: can the arterial phase at CT evaluation after endovascular repair be eliminated to reduce radiation dose? *Radiology*. 2006;241(3):908-914.
38. Hong C, Heiken JP, Sicard GA, Pilgram TK, Bae KT. Clinical significance of endoleak detected on follow-up CT after endovascular repair of abdominal aortic aneurysm. *AJR Am J Roentgenol*. 2008;191(3):808-813.
39. Iezzi R, Cotroneo AR, Filippone A, et al. Multidetector CT in abdominal aortic aneurysm treated with endovascular repair: are unenhanced and delayed phase enhanced images effective for endoleak detection? *Radiology*. 2006;241(3):915-921.
40. Stavropoulos SW, Charagundla SR. Imaging techniques for detection and management of endoleaks after endovascular aortic aneurysm repair. *Radiology*. 2007;243(3):641-655.
41. Buffa V, Solazzo A, D'Auria V, et al. Dual-source dual-energy CT: dose reduction after endovascular abdominal aortic aneurysm repair. *Radiol Med*. 2014;119(12):934-941.
42. Stolzmann P, Frauenfelder T, Pfammatter T, et al. Endoleaks after endovascular abdominal aortic aneurysm repair: detection with dual-energy dual-source CT. *Radiology*. 2008;249(2):682-691.
43. Stavropoulos SW, Clark TW, Carpenter JP, et al. Use of CT angiography to classify endoleaks after endovascular repair of abdominal aortic aneurysms. *J Vasc Interv Radiol*. 2005;16(5):663-667.
44. Huang SG, Woo K, Moos JM, et al. A prospective study of carbon dioxide digital subtraction versus standard contrast arteriography in the detection of endoleaks in endovascular abdominal aortic aneurysm repairs. *Ann Vasc Surg*. 2013;27(1):38-44.
45. Sueyoshi E, Nagayama H, Sakamoto I, Uetani M. Carbon dioxide digital subtraction angiography as an option for detection of endoleaks in endovascular abdominal aortic aneurysm repair procedure. *J Vasc Surg*. 2015;61(2):298-303.
46. American College of Radiology. *Manual on Contrast Media*. Available at: <http://www.acr.org/Quality-Safety/Resources/Contrast-Manual>. Accessed September 1, 2017.
47. Nguyen VL, Leiner T, Hellenthal FA, et al. Abdominal aortic aneurysms with high thrombus signal intensity on magnetic resonance imaging are associated with high growth rate. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2014;48(6):676-684.
48. Hoffmann B, Bessman ES, Um P, Ding R, McCarthy ML. Successful sonographic visualisation of the abdominal aorta differs significantly among a diverse group of credentialed emergency department providers. *Emerg Med J*. 2011;28(6):472-476.
49. Millen A, Canavati R, Harrison G, et al. Defining a role for contrast-enhanced ultrasound in endovascular aneurysm repair surveillance. *J Vasc Surg*. 2013;58(1):18-23.
50. Bredahl K, Taudorf M, Long A, et al. Three-dimensional ultrasound improves the accuracy of diameter measurement of the residual sac in EVAR patients. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2013;46(5):525-532.
51. AbuRahma AF, Welch CA, Mullins BB, Dyer B. Computed tomography versus color duplex ultrasound for surveillance of abdominal aortic stent-grafts. *J Endovasc Ther*. 2005;12(5):568-573.
52. Bargellini I, Cioni R, Napoli V, et al. Ultrasonographic surveillance with selective CTA after endovascular repair of abdominal aortic aneurysm. *J Endovasc Ther*. 2009;16(1):93-104.
53. Abbas A, Hansrani V, Sedgwick N, Ghosh J, McCollum CN. 3D contrast enhanced ultrasound for detecting endoleak following endovascular aneurysm repair (EVAR). *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2014;47(5):487-492.
54. Thurnher S, Cejna M. Imaging of aortic stent-grafts and endoleaks. *Radiol Clin North Am*. 2002;40(4):799-833.
55. Corriere MA, Islam A, Craven TE, Conlee TD, Hurie JB, Edwards MS. Influence of computed tomography angiography reconstruction software on anatomic measurements and endograft component selection for endovascular abdominal aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg*. 2014;59(5):1224-1231 e1221-1223.
56. Sobocinski J, Chenorhokian H, Maurel B, et al. The benefits of EVAR planning using a 3D workstation. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2013;46(4):418-423.

57. Tatli S, Lipton MJ, Davison BD, Skorstad RB, Yucel EK. From the RSNA refresher courses: MR imaging of aortic and peripheral vascular disease. *Radiographics*. 2003;23 Spec No:S59-78.
58. Ludman CN, Yusuf SW, Whitaker SC, Gregson RH, Walker S, Hopkinson BR. Feasibility of using dynamic contrast-enhanced magnetic resonance angiography as the sole imaging modality prior to endovascular repair of abdominal aortic aneurysms. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2000;19(5):524-530.
59. Goshima S, Kanematsu M, Kondo H, et al. Preoperative planning for endovascular aortic repair of abdominal aortic aneurysms: feasibility of nonenhanced MR angiography versus contrast-enhanced CT angiography. *Radiology*. 2013;267(3):948-955.
60. Shreibati JB, Baker LC, Hlatky MA, Mell MW. Impact of the Screening Abdominal Aortic Aneurysms Very Efficiently (SAAAVE) Act on abdominal ultrasonography use among Medicare beneficiaries. *Arch Intern Med*. 2012;172(19):1456-1462.
61. Garg T, Baker LC, Mell MW. Adherence to postoperative surveillance guidelines after endovascular aortic aneurysm repair among Medicare beneficiaries. *J Vasc Surg*. 2015;61(1):23-27.
62. Gill HL, Ladowski S, Sudarshan M, et al. Predictive value of negative initial postoperative imaging after endovascular aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg*. 2014;60(2):325-329.
63. Patel MS, Carpenter JP. The value of the initial post-EVAR computed tomography angiography scan in predicting future secondary procedures using the Powerlink stent graft. *J Vasc Surg*. 2010;52(5):1135-1139.
64. Sternbergh WC, 3rd, Greenberg RK, Chuter TA, Tonnessen BH. Redefining postoperative surveillance after endovascular aneurysm repair: recommendations based on 5-year follow-up in the US Zenith multicenter trial. *J Vasc Surg*. 2008;48(2):278-284; discussion 284-275.
65. Farner MC, Carpenter JP, Baum RA, Fairman RM. Early changes in abdominal aortic aneurysm diameter after endovascular repair. *J Vasc Interv Radiol*. 2003;14(2 Pt 1):205-210.
66. Cayne NS, Veith FJ, Lipsitz EC, et al. Variability of maximal aortic aneurysm diameter measurements on CT scan: significance and methods to minimize. *J Vasc Surg*. 2004;39(4):811-815.
67. Bargellini I, Cioni R, Petruzzi P, et al. Endovascular repair of abdominal aortic aneurysms: analysis of aneurysm volumetric changes at mid-term follow-up. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2005;28(4):426-433.
68. Demehri S, Signorelli J, Kumamaru KK, et al. Volumetric quantification of type II endoleaks: an indicator for aneurysm sac growth following endovascular abdominal aortic aneurysm repair. *Radiology*. 2014;271(1):282-290.
69. Prinssen M, Verhoeven EL, Verhagen HJ, Blankensteijn JD. Decision-making in follow-up after endovascular aneurysm repair based on diameter and volume measurements: a blinded comparison. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2003;26(2):184-187.
70. Bley TA, Chase PJ, Reeder SB, et al. Endovascular abdominal aortic aneurysm repair: nonenhanced volumetric CT for follow-up. *Radiology*. 2009;253(1):253-262.
71. Bobadilla JL, Suwanabol PA, Reeder SB, Pozniak MA, Bley TA, Tefera G. Clinical implications of non-contrast-enhanced computed tomography for follow-up after endovascular abdominal aortic aneurysm repair. *Ann Vasc Surg*. 2013;27(8):1042-1048.
72. Cani A, Cotta E, Recaldini C, et al. Volumetric analysis of the aneurysmal sac with computed tomography in the follow-up of abdominal aortic aneurysms after endovascular treatment. *Radiol Med*. 2012;117(1):72-84.
73. Nambi P, Sengupta R, Krajcer Z, Muthupillai R, Strickman N, Cheong BY. Non-contrast computed tomography is comparable to contrast-enhanced computed tomography for aortic volume analysis after endovascular abdominal aortic aneurysm repair. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2011;41(4):460-466.
74. Caldwell DP, Pulfer KA, Jaggi GR, Knuteson HL, Fine JP, Pozniak MA. Aortic aneurysm volume calculation: effect of operator experience. *Abdom Imaging*. 2005;30(3):259-262.
75. Czermak BV, Fraedrich G, Schocke MF, et al. Serial CT volume measurements after endovascular aortic aneurysm repair. *J Endovasc Ther*. 2001;8(4):380-389.
76. Merkle EM, Klein S, Kramer SC, Wisianowsky C. MR angiographic findings in patients with aortic endoprostheses. *AJR Am J Roentgenol*. 2002;178(3):641-648.
77. Klemm T, Duda S, Machann J, et al. MR imaging in the presence of vascular stents: A systematic assessment of artifacts for various stent orientations, sequence types, and field strengths. *J Magn Reson Imaging*. 2000;12(4):606-615.
78. Ayuso JR, de Caralt TM, Pages M, et al. MRA is useful as a follow-up technique after endovascular repair of aortic aneurysms with nitinol endoprostheses. *J Magn Reson Imaging*. 2004;20(5):803-810.

79. Habets J, Zandvoort HJ, Reitsma JB, et al. Magnetic resonance imaging is more sensitive than computed tomography angiography for the detection of endoleaks after endovascular abdominal aortic aneurysm repair: a systematic review. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2013;45(4):340-350.
80. Pitton MB, Schweitzer H, Herber S, et al. MRI versus helical CT for endoleak detection after endovascular aneurysm repair. *AJR Am J Roentgenol.* 2005;185(5):1275-1281.
81. Lookstein RA, Goldman J, Pukin L, Marin ML. Time-resolved magnetic resonance angiography as a noninvasive method to characterize endoleaks: initial results compared with conventional angiography. *J Vasc Surg.* 2004;39(1):27-33.
82. Ersoy H, Jacobs P, Kent CK, Prince MR. Blood pool MR angiography of aortic stent-graft endoleak. *AJR Am J Roentgenol.* 2004;182(5):1181-1186.
83. Ichihashi S, Marugami N, Tanaka T, et al. Preliminary experience with superparamagnetic iron oxide-enhanced dynamic magnetic resonance imaging and comparison with contrast-enhanced computed tomography in endoleak detection after endovascular aneurysm repair. *J Vasc Surg.* 2013;58(1):66-72.
84. Resta EC, Secchi F, Giardino A, et al. Non-contrast MR imaging for detecting endoleak after abdominal endovascular aortic repair. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2013;29(1):229-235.
85. Ashoke R, Brown LC, Rodway A, et al. Color duplex ultrasonography is insensitive for the detection of endoleak after aortic endografting: a systematic review. *J Endovasc Ther.* 2005;12(3):297-305.
86. Sun Z. Diagnostic value of color duplex ultrasonography in the follow-up of endovascular repair of abdominal aortic aneurysm. *J Vasc Interv Radiol.* 2006;17(5):759-764.
87. Gargiulo M, Gallitto E, Serra C, et al. Could four-dimensional contrast-enhanced ultrasound replace computed tomography angiography during follow up of fenestrated endografts? Results of a preliminary experience. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2014;48(5):536-542.
88. Gurtler VM, Sommer WH, Meimarakis G, et al. A comparison between contrast-enhanced ultrasound imaging and multislice computed tomography in detecting and classifying endoleaks in the follow-up after endovascular aneurysm repair. *J Vasc Surg.* 2013;58(2):340-345.
89. Perini P, Sediri I, Midulla M, Delsart P, Gautier C, Haulon S. Contrast-enhanced ultrasound vs. CT angiography in fenestrated EVAR surveillance: a single-center comparison. *J Endovasc Ther.* 2012;19(5):648-655.
90. Gray C, Goodman P, Herron CC, et al. Use of colour duplex ultrasound as a first line surveillance tool following EVAR is associated with a reduction in cost without compromising accuracy. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2012;44(2):145-150.
91. AbuRahma AF. Fate of endoleaks detected by CT angiography and missed by color duplex ultrasound in endovascular grafts for abdominal aortic aneurysms. *J Endovasc Ther.* 2006;13(4):490-495.
92. Collins JT, Boros MJ, Combs K. Ultrasound surveillance of endovascular aneurysm repair: a safe modality versus computed tomography. *Ann Vasc Surg.* 2007;21(6):671-675.
93. Manning BJ, O'Neill SM, Haider SN, Colgan MP, Madhavan P, Moore DJ. Duplex ultrasound in aneurysm surveillance following endovascular aneurysm repair: a comparison with computed tomography aortography. *J Vasc Surg.* 2009;49(1):60-65.
94. Parent FN, Meier GH, Godziachvili V, et al. The incidence and natural history of type I and II endoleak: a 5-year follow-up assessment with color duplex ultrasound scan. *J Vasc Surg.* 2002;35(3):474-481.
95. Arko FR, Filis KA, Siedel SA, et al. Intrasc flow velocities predict sealing of type II endoleaks after endovascular abdominal aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg.* 2003;37(1):8-15.
96. Karthikesalingam A, Al-Jundi W, Jackson D, et al. Systematic review and meta-analysis of duplex ultrasonography, contrast-enhanced ultrasonography or computed tomography for surveillance after endovascular aneurysm repair. *Br J Surg.* 2012;99(11):1514-1523.
97. Causey MW, Jayaraj A, Leotta DF, et al. Three-dimensional ultrasonography measurements after endovascular aneurysm repair. *Ann Vasc Surg.* 2013;27(2):146-153.
98. Chaikof EL, Brewster DC, Dalman RL, et al. SVS practice guidelines for the care of patients with an abdominal aortic aneurysm: executive summary. *J Vasc Surg.* 2009;50(4):880-896.
99. Murphy M, Hodgson R, Harris PL, McWilliams RG, Hartley DE, Lawrence-Brown MM. Plain radiographic surveillance of abdominal aortic stent-grafts: the Liverpool/Perth protocol. *J Endovasc Ther.* 2003;10(5):911-912.
100. American College of Radiology. ACR Appropriateness Criteria® Radiation Dose Assessment Introduction. Available at: <https://edge.sitecorecloud.io/americancoldf5f-acrorgf92a-productioncb02->

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.