Monitorización intraoperatoria y perioperatoria de la aorta y el sector ilíaco

J.A. González-Fajardo, N. Cenizo-Revuelta, E.M. San Norberto-García

Introducción

La valoración intra y perioperatoria de las reconstrucciones arteriales ha sido siempre considerada por los cirujanos vasculares como un medio de detectar imperfecciones técnicas que pueden afectar adversamente a los resultados. De hecho, uno de sus objetivos es la identificación de problemas que necesitan ser revisados para prevenir un fallo inmediato o tardío de la reconstrucción arterial. Con este fin, se han empleado diversos métodos: la inspección directa visual, la palpación de pulsos, el registro Doppler continuo o la medición de presiones arteriales. Estos métodos son rápidos, seguros y fáciles de realizar, pero carentes de sensibilidad e incapaces de localizar los defectos intraluminales. Aunque la angiografía puede detectar estas anormalidades, también conlleva ciertas desventajas de invasividad, exposición a radiaciones, posible daño arterial, riesgo de embolización o de toxicidad inducida por contrastes. En comparación con los estudios radiológicos, la aplicación de los ultrasonidos como un método diagnóstico intraoperatorio es una modalidad relativamente reciente. Podríamos distinguir tres períodos históricos: el primero corresponde a los inicios en la década de los sesenta, con el empleo de imágenes en modo A o en tiempo no real modo B, cuyo uso no fue ampliamente aceptado debido a la dificultad en su interpretación; el segundo corresponde a finales de los setenta e inicio de los ochenta, con el desarrollo y la expansión de los ultrasonidos en tiempo real modo B; finalmente, un tercer período a partir de los años noventa, con la introducción del Doppler color y los ultrasonidos intravasculares (IVUS) y laparoscópicos, con posibilidad de reconstrucción tridimensional [1].

El empleo de esta modalidad diagnóstica se ha extendido tanto quirúrgicamente en los últimos años que, por ejemplo, la cirugía hepatobiliar y pancreática ha cambiado dramáticamente, al ser los ultrasonidos el único medio capaz de delinear y examinar el interior del hígado durante la cirugía. De manera similar, en el campo vascular, el empleo del eco-transesofágico (TEE) se considera hoy día imprescindible como adyuvante en la cirugía endovascular de la aorta torácica. Por tanto, el eco-Doppler (ED) como método de monitorización intra o perioperatorio es un medio seguro, no invasivo, rápido, proporciona información anatómica (escala de grises) y hemodinámica (análisis espectral), con una alta sensibilidad, especificidad y valores pronósticos negativos.

A pesar de los nuevos progresos tecnológicos (imagen tridimensional, ecocontrastes, etc.), el principal obstáculo para un empleo más amplio de esto métodos de monitorización es, como ya señalaron Roth-

Servicio de Angiología y Cirugía Vascular. Hospital Clínico Universitario de Valladolid. Valladolid, España.

Correspondencia: Dr. José A. González Fajardo. Servicio de Angiología y Cirugía Vascular. Hospital Clínico Universitario de Valladolid. Avda. Ramón y Cajal, s/n E-47003 Valladolid. E-mail: jafajardo@jet.es

© 2007, ANGIOLOGÍA

lin y Rothmund [1], los propios cirujanos y su formación. Si la aplicación de esta tecnología se realiza sin suficiente preparación, esta herramienta no proporcionará ningún beneficio. Los programas de formación de los cirujanos vasculares, en este sentido deben emerger como un importante objetivo de las sociedades científicas. El empleo de estas técnicas ultrasónicas debería llegar a ser un adyuvante rutinario para los cirujanos interesados en localizar y definir cambios patológicos y hemodinámicos, asegurar la integridad técnica, detectar defectos intraoperatorios, y pronosticar favorablemente el resultado de las reconstrucciones vasculares.

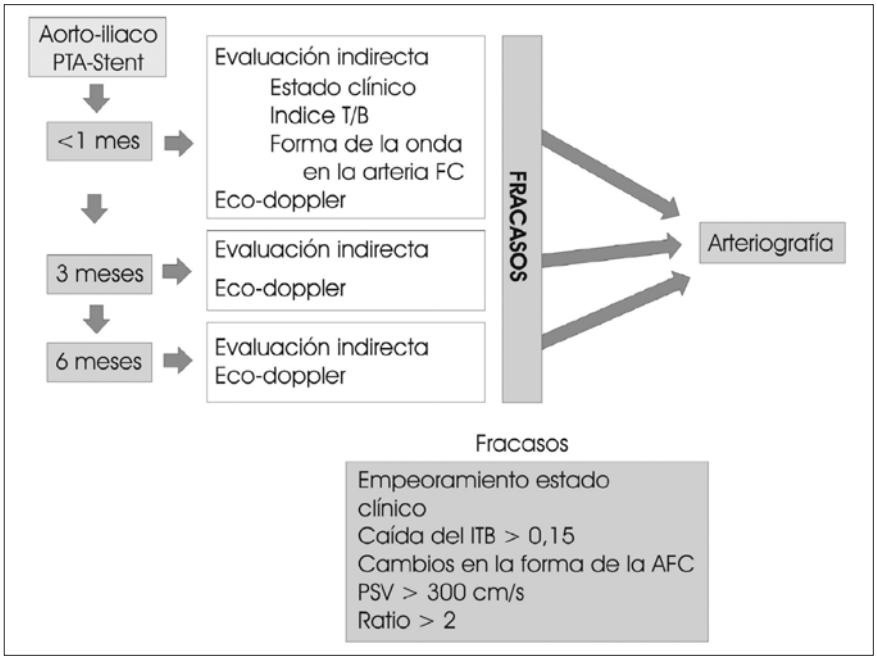


Figura 1. Algoritmo de seguimiento clínico y mediante eco-Doppler de angioplastia/*stent* aortoilíaco. PTA: angioplastia transluminal percutánea; ITB: índice tobillo/brazo; AFC: arteria femoral común; PSV: velocidad sistólica pico (modificado de [6]).

La utilización del eco-doppler intraoperatorio como control de los procedimientos terapeúticos requiere de la implicación del cirujano vascular, y por tanto es preciso una formación adecuada.

El objetivo de este capítulo es evaluar la utilización intra y postoperatoria de los ultrasonidos –ED, TEE y IVUS– en pacientes sometidos a cirugía del sector aórtico e ilíaco, entendiendo que los beneficios de esta monitorización podrían definirse como:

- Adquisición de nueva información útil para la toma de decisiones intraoperatorias.
- Complementar o reemplazar la radiología intraoperatoria.
- Guiar el desarrollo de procedimientos quirúrgicos.
- Confirmar la finalización óptima de la intervención.

No obstante, hemos de tener en cuenta que la disponibilidad, el tiempo necesario para su interpretación, la curva de aprendizaje y el coste son factores determinantes en su empleo.

Eco-Doppler en la monitorización del sector aortoilíaco

Valoración perioperatoria en la enfermedad oclusiva crónica

Aunque existen casos descritos del empleo del ED durante la realización de procedimientos endovasculares con angioplastia o *stent*, éstos son anecdóticos. Desde el año 2000, el único publicado corresponde a un paciente alérgico al contraste, en el que se consiguió la dilatación de una lesión estenooclusiva en la arteria ilíaca, que requirió únicamente un control radiológico simple y la confirmación con imagen dúplex de la reducción de la velocidad de pico sistólico (PSV) [1].

Habitualmente, la mayoría de los protocolos suelen incluir este método no invasivo en el seguimiento

y control de las lesiones arterioscleróticas tratadas con angioplastia y/o *stent*. En estas circunstancias, el ED permite valorar la permeabilidad del procedimiento y la situación hemodinámica real, con unas tasas de sensibilidad y especificidad, según algunos autores, entre el 90 y 100%, en comparación con la arteriografía [3,6]. No obstante, una correcta evaluación clínica asociada a un índice tobillo/brazo y, en su caso, una prueba de esfuerzo pueden ser mejores pronósticos de fracaso. Por esta razón, algunos laboratorios vasculares proponen esquemas de valoración postoperatoria en los que se combinan ambos métodos (exploración indirecta clínica y ultrasónica) (Fig. 1).

Los principales parámetros hemodinámicos estudiados en estos controles son la PSV y su ratio. Ratios de PSV mayores a 2 o 2,5 definen una estenosis angiográfica mayor al 50% [3,4]. Pacientes con una ratio de PSV menor a 2,5 obtienen una evolución clínica mejor que los que presentan una ratio postoperatoria superior a 2,5, ya que ello indica la existencia de una estenosis residual o una lesión recurrente [5]. El hallazgo de ratios superiores a 2,5 en los tres primeros meses tras la angioplastia, representan cambios morfológicos en su ubicación, causada posiblemente por material trombótico o hematomas intramurales. Estos parámetros suelen disminuir en los estudios siguientes, aunque raramente por debajo de 2,5 [5].

Por otra parte, la presencia de una PSV mayor a 300 cm/s y una ratio de velocidad mayor de 2 y/o deterioro hemodinámico o clínico, se considera el fracaso del procedimiento y la indicación de arteriografía [6]. En este sentido, la PSV > 300 cm/s parece ser el mejor pronóstico de fracaso técnico [7].

Los criterios eco-doppler de fracaso tras un procedimiento de revascularización en la enfermedad oclusiva crónica son: PSV > 300 cm/s, ratio > 2, y/o deterioro hemodinámico o clínico.

Valoración postoperatoria del tratamiento endovascular de aneurismas de aorta abdominal

La tomografía axial computarizada (TAC) está considerada el mejor medio de exploración para la evaluación de resultados en la reparación endovascular. Sin embargo, el riguroso seguimiento de estos pacientes conlleva incomodidades, un incremento de gastos para el sistema sanitario, dosis repetidas de radiación y posible nefrotoxicidad por el uso reiterado de contrastes. Frente a ello, el ED se ha sugerido como un método alternativo que potencialmente puede ser útil. Es más barato, ampliamente disponible, fácil de obtener (repetible) y sin riesgos de toxicidad o radiación. Sin embargo, este método es dependiente del operador y de la máquina, y los resultados pueden estar afectados significativamente por la obesidad del paciente, los excesivos gases o incluso la ingesta [8].

El seguimiento tras la reparación endovascular de un aneurisma de aorta abdominal se basa en cuatro pilares:

- Control de la permeabilidad.
- Evaluación del tamaño del saco aneurismático.
- Detección de fugas o *endoleaks.*
- Localización de posibles migraciones o fallos mecánicos del injerto.

Permeabilidad

La oclusión de la endoprótesis se suele sospechar clínicamente en la mayoría de las ocasiones por un deterioro clínico grave y por la ausencia de pulso femoral. El papel del ED puede ser interesante en casos de estenosis causadas por hiperplasia intimal o acodamientos del dispositivo, en los que un explorador experimentado podrá detectar alteraciones de los patrones hemodinámicos (PSV > 300 cm/s, ratio > 2-2,5) [9].

Diámetro

La reducción del diámetro del aneurisma es equivalente a una disminución en el riesgo de rotura, en tanto que el aumento de tamaño suele requerir una reintervención. En este sentido, el examen ED puede teóricamente aportar la misma información que la TAC, ya que todos los estudios indican una buena correla-

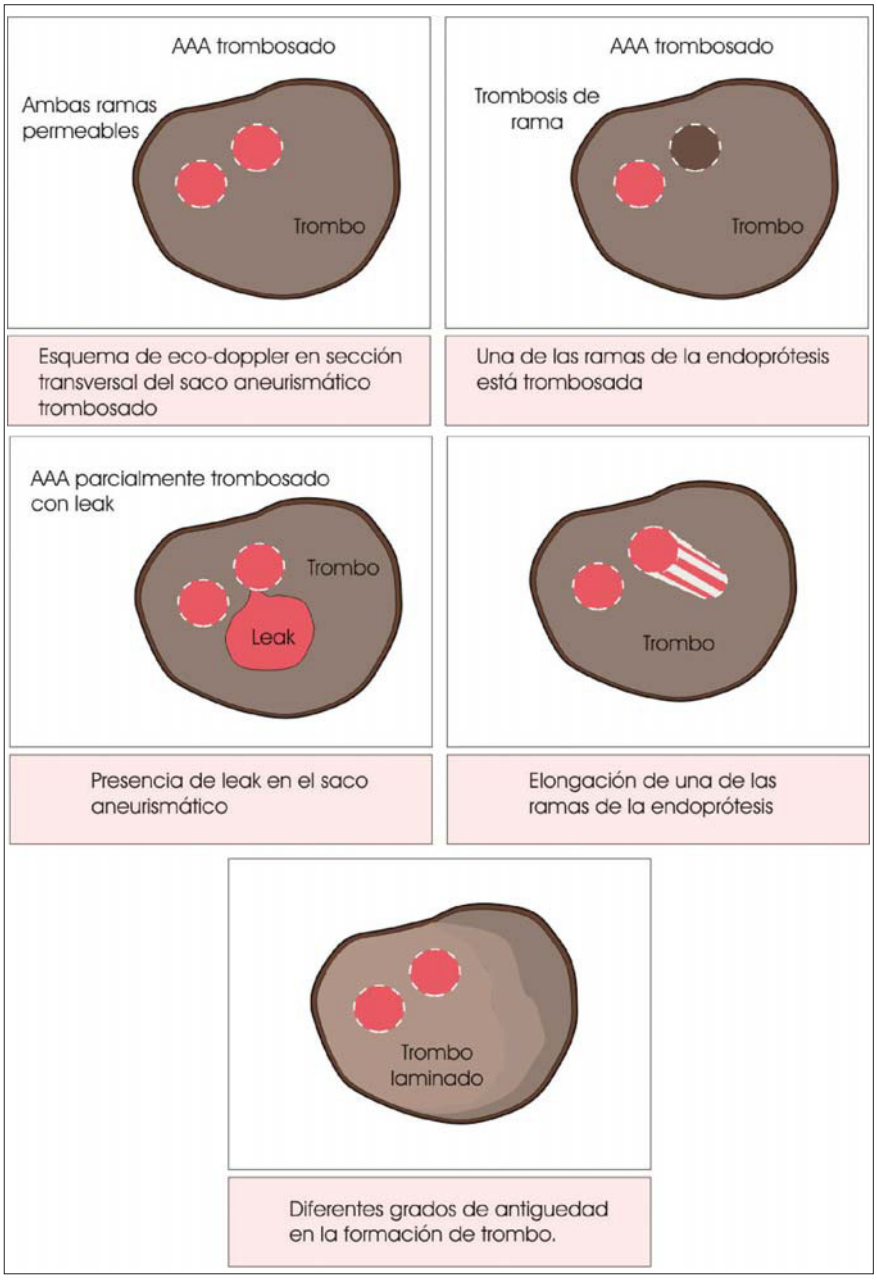
ción entre ambas técnicas (r = 0,93), a pesar de que los ultrasonidos suelen infravalorar el tamaño del aneurisma (diferencias medias ~ 5 mm) y ofrecen una mayor variabilidad interobservador [10,11].

Detección de fugas

Durante los últimos años, numerosos trabajos comparativos entre TAC y ED se han publicado con resultados muy dispares (Tabla). En una revisión reciente del Mount Sinai [8] se identificaron 10 trabajos en los que se evaluaba un total de 804 pacientes. Aunque tres estudios mostraban debilidades metodológicas (series retrospectivas en las que ambas exploraciones no se realizaron en el mismo intervalo de tiempo), la tasa total de fugas fue del 25% (236 fugas). Esta revisión muestra cómo el ED puede detectar la presencia de fugas con una sensibilidad del 93% (intervalo: 77-100), una especificidad del 94% (intervalo: 74-100), un valor pronóstico positivo del 78% (intervalo: 66-100), un valor pronóstico negativo del 98% (intervalo: 90-100) y una precisión diagnóstica total del 93% (intervalo: 82-100).

Tabla.

Autor	Pacientes	S	E	VPP	VPN
Raman KG et al	281	43%	96%	54%	94%
Mount Sinai	804	93% r 77-100	94% r - 74-100	78% r 66-100	98% r 90-100



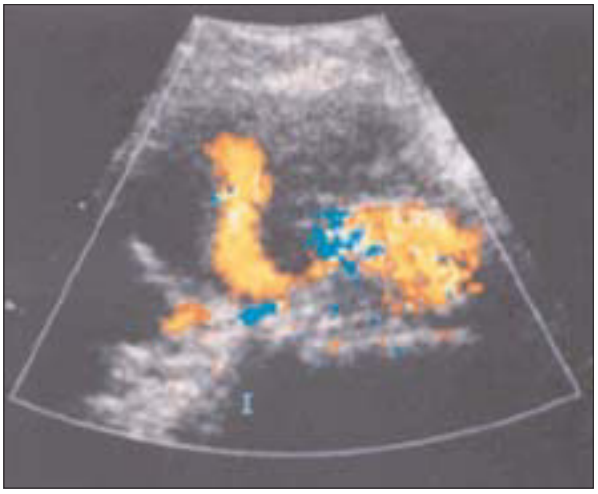


Figura 2. Imagen de eco-Doppler color que demuestra la presencia de una fuga procedente de una rama lumbar en la cara posterior de un aneurisma de aorta abdominal tratado con endoprótesis. El exceso de ganancias puede conllevar resultados falsamente positivos. En estos casos un análisis espectral Doppler nos ayudará a identificar la dirección del flujo y si estamos ante una fuga verdadera o un artefacto.

Sin embargo, recientemente han aparecido otros trabajos que son menos optimistas y que probablemente se ajusten más a la realidad clínica diaria en los laboratorios vasculares. Entre ellos, el estudio de Raman et al [12] destaca por ser una serie institucional de 281 pacientes, en los que la sensibilidad mostrada fue tan sólo del 43%, con un valor pronóstico positivo del 54% y una correlación con la TAC muy modesta ($\kappa = 0{,}427$).

Estos datos muestran la gran diferencia que existe entre distintos centros y cómo las recomendaciones que señalan el ED como método preferido de seguimiento no se pueden generalizar. Para entender estas diferencias, sirva de ejemplo el hecho de que Sato et al [13] publicaron una sensibilidad del 97% y un valor pronóstico negativo del 98% en la detección de fugas en su centro, y cuando este mismo autor revisó 117 grabaciones de video procedentes de 18 hospitales, tan sólo encontró un 19% de los estudios técnicamente adecuados.

Algunos de los factores que pueden afectar a esta variabilidad son el tiempo de exploración, la calidad de las máquinas y la experiencia de los técnicos que realizan la exploración. El examen de las estructuras retroperitoneales, como todos sabemos, requiere el uso de transductores curvos de baja frecuencia. Es recomendable que el paciente esté en ayunas durante un período de al menos 8 horas. Todo el sector aortoilíaco se debe explorar en una posición de decúbito supino, visualizando en modo B el saco aneurismático y la porción proximal y distal de la endoprótesis, y determinando el diámetro máximo del aneurisma.

Posteriormente, se aplica el Doppler color tanto en el eje transverso como longitudinal, evitando el exceso de ganancia (Fig. 2).

Si durante el estudio se aumenta la ganancia, en el intento de incrementar la sensibilidad para flujos lentos, un artefacto aparece en forma de *flash*, correspondiente al movimiento pulsátil de los soportes metálicos de la endoprótesis, lo que puede conllevar un resultado falsamente positivo.

La exploración de posibles leaks de una endoprótesis aórtica exige un minucioso calibre de la ganancia-color y del PRF, para evitar falsos positivos de la exploración.

La presencia de flujo color pulsátil dentro del saco aneurismático, por fuera de la endoprótesis puede ser indicativa de fuga. Si se sospecha una fuga, se debe examinar con especial cuidado la fijación proximal y distal, las conexiones intermedias de ramas, las ramas lumbares y la arteria mesentérica inferior. En estos casos, un análisis espectral Doppler nos ayudará a identificar la dirección del flujo y si estamos ante una fuga verdadera o un artefacto. Aunque las fugas puedan detectarse, la diferenciación entre distintos tipos es especialmente compleja y requiere gran experiencia. Recientemente, algunos autores [14,15] han señalado cómo el empleo de ecocontrastes puede incrementar la señal de imagen de 100 a 1.000 veces, aumentando la sensibilidad de la exploración, pero obteniendo una mayor tasa de falsos positivos.

Migración y fracturas

La integridad de la endoprótesis, su migración o angulación, la rotura o deformación del soporte metálico y la desconexión de los módulos no pueden valorarse de manera segura mediante ED [8]. Conviene recordar, en este sentido, que la radiografía simple de abdomen sigue siendo la prueba de elección para la determinación de posibles migraciones o fracturas.

Conclusiones

En conclusión, estos datos sugieren que los resultados favorables con ED en la detección de fugas no son reproducibles en todos los centros, lo que debe conllevar medidas de precaución y validación individual antes de generalizar su uso y adoptarlo como sustituto frente a la TAC. Ambos métodos, por el contrario, muestran una buena correlación en la determinación del tamaño del saco aneurismático, lo que podría justificar el empleo de cualquier modalidad. No obstante, no debemos olvidar que la posible migración o rotura de *stent* se visualiza mejor con una radiografía simple.

Utilidad de la ecografía transesofágica en el tratamiento endovascular de la aorta torácica

El tratamiento endovascular se ha introducido recientemente como una nueva estrategia terapéutica en aquellos casos seleccionados de pacientes con aneurisma de aorta torácica o síndrome aórtico agudo [16-18]. Aunque esta modalidad terapéutica puede realizarse en unidades de Angiorradiología, se recomienda su empleo en quirófano con condiciones de esterilidad que permitan una rápida conversión a cirugía abierta en caso de complicaciones. No obstante, son diversas las limitaciones técnicas en este marco de trabajo, ya que la angulación ideal y la capacidad de compensar óptimamente el amplio intervalo de densidades torácicas son difíciles de obtener mediante un angiógrafo portátil [19,20]. Debido a estas dificultades, tanto la imagen IVUS [21] como la TEE [22,23] se han recomendado como adyuvantes a la fluoroscopia.

Aunque la angiografía se considera el estudio de elección para el tratamiento endovascular, la TEE intraoperatoria proporciona información muy útil durante el procedimiento, ya que identifica el desgarro de entrada, la extensión circunferencial y longitudinal de la disección aórtica, las características de la pared y su diámetro. Asimismo, verifica la posición correcta de la guía en la luz verdadera y ayuda a monitorizar la liberación de la endoprótesis y su expansión mediante balón de látex, que permite un mejor sellado y adhesión a la pared aórtica. Este método de control es rápido y no necesita de contraste radiológico o exposición a radiaciones sucesivas. Además, la información derivada de la TEE es decisiva para la elección de la zona aórtica en pacientes con *flap* intimales o hematomas intramurales en los que la angiografía intraoperatoria no identifica correctamente el sitio. En nuestra experiencia, estos pacientes pueden ser tratados satisfactoriamente con terapia endoluminal con monitorización exclusivamente ecográfica [19].

El eco-doppler transesofágico es muy útil en el tratamiento endoluminal de la aorta torácica, y ofrece una información cualitativamente diferente de la arteriografía.

La fuga periprotésica u oclusión incompleta de la falsa luz es relativamente común en el postoperatorio inmediato de estos pacientes (11-16%). Aunque muchas de estas fugas suelen desaparecer por trombosis a los 3 meses de seguimiento (2-5%), esta complicación es potencialmente fatal, ya que la oclusión incompleta de la falsa luz no evita el riesgo potencial de rotura [17,19]. En una serie de 63 pacientes con aneurismas de aorta torácica, Sakai et al [24] mostraron un 21% de fugas en la TAC postoperatoria. Estas fugas no se detectaron durante el procedimiento endoluminal con un sistema angiográfico móvil de

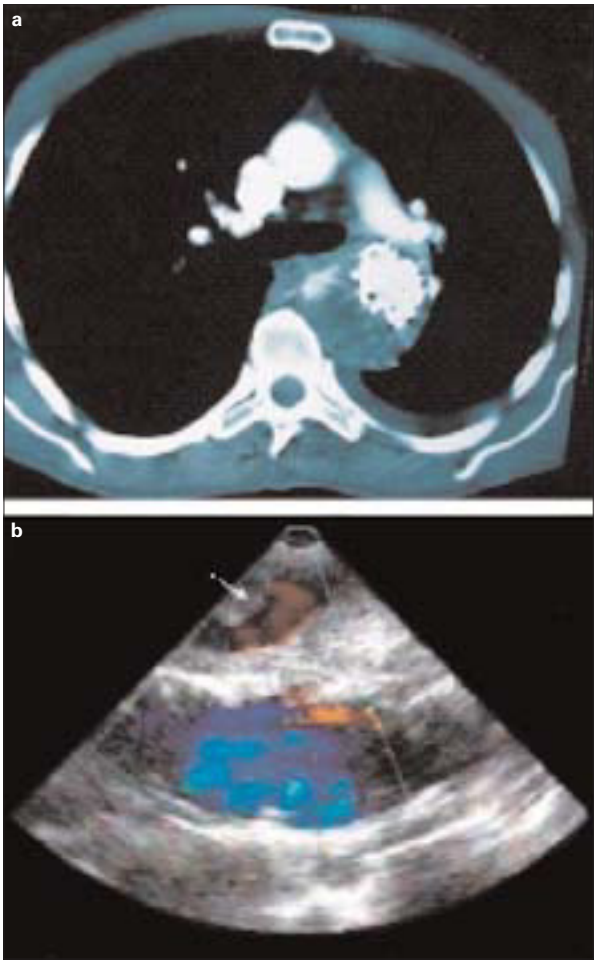


Figura 3. Persistencia de flujo en la falsa luz de un paciente con disección de aorta tipo B. El estudio arteriográfico intraoperatorio no demostró la fuga periprotésica, que fue confirmada mediante la TAC (a), y la ecografía transeofágica (b). La monitorización en tiempo real con ecografía transesofágica es esencial como adyuvante a la angiografía en el tratamiento endovascular de la aorta torácica.

intensificador de imagen. Fattori et al [20] confirmaron estos hallazgos en un estudio en el que 6 de 25 pacientes (24%) mostraron fugas periprotésicas que no se diagnosticaron en quirófano mediante angiografía. Después del procedimiento, un flujo proximal persistente fue diagnosticado con TEE en ocho pacientes, mientras que la angiografía visualizó tan sólo dos casos.

En este sentido, Orihashi et al [25] han publicado una sensibilidad y especificidad del 100% para el diagnóstico de fugas periprotésicas torácicas con TEE. Nuestra experiencia corrobora estos datos, dado que en 3 de 12 pacientes tratados (25%) el flujo residual en la falsa luz o fuga periprotésica no se diagnosticó con la angiografía intraoperatoria, mientras que sí lo fue en todos los casos con la TEE [19] (Fig. 3).

El eco-doppler transtorácico es un método excelente para la detección de fugas periprotésicas en el tratamiento endoluminal de la patología aórtica torácica.

Como ya se ha dicho, la técnica debería realizarse en quirófano y los pacientes preparados para cirugía en caso de que el procedimiento falle. Se recomienda, por tanto, que la vía central venosa (yugular o subclavia), así como la monitorización cruenta de la presión arterial, se realice en el hemicuerpo derecho. El paciente debe estar en decúbito supino, con la extremidad superior izquierda extendida en abducción. La preparación de campos quirúrgicos debe incluir como superficie libre de acceso ambas regiones inguinales, el abdomen, el hemitórax izquierdo, el cuello, el hombro y el brazo izquierdo. A la cabeza del paciente, tras los paños, se coloca el aparato de ecografía y el técnico. A la derecha, el cirujano, y en el lado izquierdo, el ayudante. Habitualmente, el lateral izquierdo de la mesa debe quedar libre para la entrada del arco móvil del angiógrafo portátil, que permite su angulación y giro. Una sonda ecográfica multiplana de 5 MHz nos permitirá la visualización precisa de la aorta torácica mediante imágenes transesofágicas transversales, longitudinales y oblicuas. En comparación con el IVUS, la TEE proporciona una monitorización en tiempo real que no precisa la retirada del sistema para evaluar el procedimiento. Este método adyuvante no interfiere con la liberación de la endoprótesis y, al igual que la arteriografía, puede usarse simultáneamente [19]. Sin embargo, el IVUS es superior a la TEE para demostrar la extensión de la disección y la posible patología aórtica asociada, ya que la TEE está limitada al tórax y no permite un

estudio detallado de la afectación de ramas viscerales o sector aórtico abdominal [26].

Conclusión

En nuestra experiencia, la monitorización intraoperatoria con TEE es esencial como adyuvante a la angiografía para alcanzar resultados óptimos en la cirugía endovascular de la aorta torácica.

Utilidad de los ultrasonidos intravasculares en la enfermedad aortoilíaca

Después de su probada y extendida utilización para el diagnóstico y tratamiento de la patología coronaria, los dispositivos con IVUS comenzaron su evaluación, primero experimental y posteriormente clínica en otros sectores arteriales, y demostraron una apropiada precisión diagnóstica para la visualización de arterias de mediano y gran tamaño [27]. En los últimos años, la proliferación de técnicas endovasculares en el sector aortoilíaco ha contribuido definitivamente a su expansión [28].

Con respecto a otras imágenes ultrasónicas, el IVUS cuenta con ciertas ventajas: la proximidad de la emisión de los ultrasonidos a la arteria enferma y la corta distancia que las ondas deben recorrer hacen que la atenuación por la profundidad sea mínima y, por tanto, se pueda utilizar altas frecuencias que incrementan de forma importante la resolución de la imagen y la discriminación entre las diferentes estructuras [29]. Por el contrario, tiene como principales limitaciones su adiestramiento técnico y el alto coste por procedimiento, ya que las sondas no son reutilizables.

Los ultrasonidos intraarteriales actuales se componen de imágenes ecográficas en modo B, en principio sin posibilidad de color y efecto Doppler. Se trata de un transductor de ultrasonidos único, acoplado a la punta de un catéter giratorio, que debe cebarse con suero fisiológico antes de su empleo (Fig. 4).

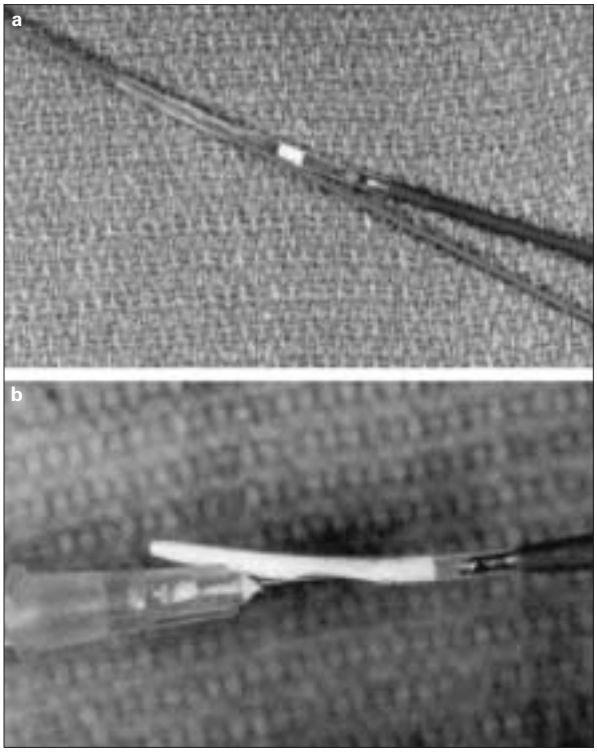


Figura 4. El IVUS actual se compone de imágenes ecográficas en modo B sin posibilidades de color y efecto Doppler. Se trata de un transductor acoplado a la punta de un catéter giratorio que se desplaza por un sistema monorraíl (a), el cual debe ser cebado con suero fisiológico antes de su empleo (b).

El tiempo medio de exploración normalmente es de 10 minutos, y sus eventos adversos relacionados son mínimos o inexistentes [28,30]. El sistema monorraíl de desplazamiento puede ser incómodo y presentar ocasionalmente el problema de plegamiento del catéter en vasos muy tortuosos [31-33]. La resolución de las imágenes se incrementa con la menor velocidad de rotación y con el aumento de la frecuencia de los pulsos de emisión de los ultrasonidos. Los catéteres a los que va acoplado el dispositivo tienen un tamaño de 3 a 9 F. En los primeros dispositivos, la frecuencia de emisión dependía del tamaño del transductor; actualmente, los modernos actúan a diferentes frecuencias [29]. Una de las innovaciones recientes es la reconstrucción arterial tridimensional, que consiste en integrar la información tomada en

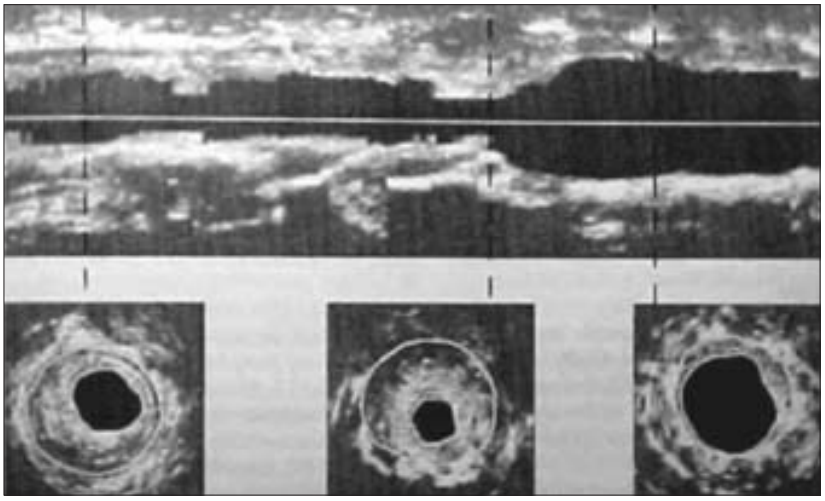


Figura 5. La introducción de la tecnología tridimensional, las sondas endoluminales más pequeñas, flexibles y con mayor banda de frecuencias, contribuirán en un futuro próximo a una expansión de los ultrasonidos intravasculares.

planos simples e interpretarla *a posteriori* mediante un equipo de programa informático en 3D [28-30]. Dichas imágenes pueden manipularse para conseguir diferentes perspectivas (Fig. 5).

Entre las principales utilidades de la monitorización peroperatoria se encuentran su aplicación en la corrección endovascular de aneurismas de aorta, disecciones, lesiones estenooclusivas del sector aortoilíaco y su uso venoso.

Aneurismas de aorta

En el tratamiento de los aneurismas de aorta abdominal, por ejemplo, el IVUS se considera una herramienta útil que permite la medida intraoperatoria de su cuello, longitud y diámetro, y define perfectamente su extensión. Ciertos estudios le otorgan una buena correlación en las medidas e incluso una mayor precisión que la arteriografía y la TAC [30,31,34,35]. De hecho, von Segesser et al [36] comunicaron la reparación endovascular de 80 pacientes consecutivos con aneurisma de aorta abdominal y torácica exclusivamente ecoguiados mediante IVUS y sin necesidad de estudios arteriográficos intraoperatorios. El IVUS, según sus defensores, permite la selección de endoprótesis que mejor se adapta a la anatomía del paciente [30,31]. Otra de sus posibilidades es la localización tanto de arterias renales como de hipogástricas, además de definir las características de la pared arterial, la existencia o no de estenosis significativas o de calcificación, lo que beneficiaría la elección del mejor lugar de fijación del dispositivo [30,35]. Tras su implantación, el IVUS permite confirmar la correcta expansión de la endoprótesis, su fijación a la pared arterial, posibles fallos en la aposición o rotura, e incluso fugas no visualizadas mediante la arteriografía, lo que mejoraría el resultado final del procedimiento [26,29,35].

Lesiones estenooclusivas

Recientes estudios han evaluado la utilidad del IVUS en el tratamiento endovascular de lesiones estenooclusivas del sector aortoilíaco, comparando su utilidad con otros métodos diagnósticos de imagen, principalmente la arteriografía. En sus conclusiones, se detalla que la arteriografía tiende a infravalorar el grado de estenosis y a mostrar únicamente la luz del vaso en un plano.

Sin embargo, el IVUS permite definir la composición de la lesión arteriosclerótica (grado de calcificación), precisar el diámetro del vaso, la existencia de complicaciones como disección y la localización exacta de las ramas. Toda esta información va a determinar tanto el tamaño como el tipo de dispositivo a utilizar según las características de la pared. Además, permitiría detectar expansiones incompletas que no son detectadas en la arteriografía, mejorando de esta manera el resultado en cuanto a permeabilidad [29,32,33].

Disecciones de aorta

En el caso de las disecciones de aorta, el IVUS es especialmente útil para facilitar información sobre la aorta abdominal y los vasos viscerales (terreno imposible de estudiar mediante TEE). Asimismo, permite delimitar su extensión, la existencia o no de trombo en la luz falsa, la localización de *flap* intimales, la puerta de entrada, el origen de la subclavia y, sobre todo, realizar una medición precisa del tamaño del vaso. Su utilidad es mucho más limitada en la aorta ascendente, el arco y la descendente proximal, por su disposición curvada [21,26,27].

IVUS intravenoso

El IVUS intravenoso es otra variedad diagnóstica en estudio experimental con animales; su principal desventaja es que, al aumentar la profundidad que tienen que recorrer los ultrasonidos, empeora la atenuación y es necesario utilizar frecuencias de emisión de ultrasonidos menores. Una maniobra útil es la de comprimir el abdomen para presionar la vena y así acercar el catéter a la arteria estudiada [29]. Su principal ventaja consiste en que no es necesaria su extracción durante la colocación de dispositivos intraarteriales y, por lo tanto, es una herramienta muy útil para su seguimiento y guía a tiempo real; el hecho de perder algo de discriminación en las estructuras no es importante para esta tarea. Otras utilidades exclusivas de la técnica son la posibilidad de documentar estenosis graves u oclusiones que no es posible atravesar con el IA-IVUS y la posibilidad de visualización de estructuras y filtros venosos. La técnica, no obstante, no está exenta de riesgos, como son la trombosis, la rotura o el sangrado venoso [29,37].

Conclusiones

El empleo del IVUS durante los procedimientos endovasculares del sector aortoilíaco permite disminuir el tiempo de exposición radiológica y la cantidad de contraste, y mejorar la eficacia técnica y la durabilidad de la reparación. Las perspectivas de futuro para el IVUS incluyen servir de guía durante la colocación de los dispositivos endovasculares con un mínimo apoyo de la fluoroscopia, la adaptación de nuevos catéteres de diámetros más pequeños, mayor flexibilidad y mayor banda de frecuencias con incorporación de tecnología 3D y Doppler color [29,35,36]. Se trata, por tanto, de una técnica prometedora y en período de evaluación y expansión en el terreno del diagnóstico y tratamiento de las enfermedades vasculares.

Bibliografía

1. Makuuchi M, Torzilli G, Machi J. History of intraoperative ultrasound. Ultrasound Med Biol 1998; 24: 1229-42.
2. Coook C, Rees M. Ultrasound and fluoroscopic-guided angioplasty over the aortic bifurcation in a patient with previous severe reaction to contrast medium. J Endovasc Ther 2001; 8: 648-51.
3. Uberoi R, Sarker B, Colemna J, et al. Duplex follow-up of aorto-iliac stents. Eur J Vasc Endovasc Surg 2002; 23: 331-5.
4. Becquemin JP, Allaire E, Qvarfordt P, et al. Surgical transluminal iliac angioplasty with selective stenting: long-term results assessed by means of duplex scanning. J Vasc Surg 1999; 29: 422-9.
5. Spijkerboer AM, Nass PC, De Valois JC, et al. Iliac artery stenosis after percutaneous angioplasty: follow-up with duplex ultrasonography. J Vasc Surg 1996; 23: 691-7.
6. Back MR, Novotney M, Roth SM, et al. Utility of duplex surveillance following iliac artery angioplasty and primary stenting. J Endovasc Ther 2001; 8: 629-37.
7. Myers KA, Wood SR, Lee V. Vascular ultrasound surveillance after endovascular intervention for occlusive iliac artery disease. Cardiovsc Surg 2001; 9: 448-54.
8. Teodorescu VJ, Morrissey NJ, Olin JW. Duplex ultrasound and its impact on providing endograft surveillance. Mount Sinai J Med 2003; 70: 364-6.
9. D'Audiffret A, Desgranges P, Kobeiter H, et al. Follow-up evaluation of endoluminally treated abdominal aortic aneurysm with duplex ultrasonography: validation with computer tomography. J Vasc Surg 2001; 33: 42-50.
10. Sprouse LR, Meier GH, LeSar CJ, et al. Comparison of adominal aortic aneurysm diameter measurements obtained with ultrasound and computed tomography: is there a difference? J Vasc Surg 2004; 38: 466-72.

11. Elkouri S, Panteon JM, Andrews JC, et al. Computed tomography and ultrasound in follow-up of patients after endovascular repair of abdominal aortic aneurysm. Ann Vasc Surg 2004; 18: 271-9.
12. Raman KG, Missig-Carroll N, Richardson T, et al. Color-flow duplex ultrasound scan versus computed tomographic scan in the surveillance of endovascular aneurysm repair. J Vasc Surg 2003; 38: 645-51.
13. Sato DT, Goff CD, Gregory RT, et al. Endoleak after aortic stent graft repair: diagnosis by colour duplex ultrasound scan versus computed tomography scan. J Vasc Surg 1998; 28: 657-63.
14. McWilliams RG, Martin J, White D, et al. Use of contrast-enhanced ultrasound in follow-up after endovascular aortic aneurysm repair. J Vasc Interv Radiol 1999; 10: 107-14.
15. Bendick PJ, Bove PG, Long GW, et al. Efficacy of ultrasound scan contrast agents in the non-invasive follow-up of aortic stents grafts. J Vasc Surg 2003; 37: 381-5.
16. Nienaber CA, Fattori R, Lund G, et al. Nonsurgical reconstruction of thoracic aortic dissection by stent-graft placement. N Engl J Med 1999; 340: 1539-45.
17. Dake MD, Kato NK, Mitchell RS, et al. Endovascular stent-graft placement for the treatment of acute aortic dissection. N Engl J Med 1999; 340: 1546-52.
18. Kato N, Shimono T, Hirano T, Ishida M, Yada I, Takeda K. Transluminal placement of endovascular stent-grafts for the treatment of type A aortic dissection with an entry tear in the descending thoracic aorta. J Vasc Surg 2001; 34: 1023-8.
19. González-Fajardo JA, Gutiérrez V, San Román A, et al. Utility of intraoperative transesophageal echocardiography during endovascular stent-graft repair of acute thoracic aortic dissection. Ann Vasc Surg 2007 [in press].
20. Fattori R, Caldarera I, Rapezzi C, et al. Primary endoleakage in endovascular treatment of the thoracic aorta: importance of intraoperative transesophageal echocardiography. J Thorac Cardiovasc Surg 2000; 120: 490-5.
21. Weintraub AR, Schwartz SL, Pandian NG et al. Evaluation of acute aortic dissection by intravascular ultrasonography. N Engl J Med 1990; 323: 1566-7.
22. Kyo S, Takamoto S, Omoto R, et al. Intraoperative echocardiography for diagnosis and treatment of aortic dissection. Hertz 1992; 17: 377-89.
23. Moskowitz DM, Kahn RA, Konstadt SN, Mitty H, Hollier LH, Marin ML. Intraoperative transesophageal echocardiography as an adjuvant to fluoroscopy during endovascular thoracic aortic repair. Eur J Vasc Endovasc Surg 1999; 17: 22-7.
24. Sakai T, Dake MD, Semba CP, et al. Descending thoracic aortic aneurysm: thoracic CT findings after endovascular stent-graft placement. Radiology 1999; 212: 169-74.
25. Orihashi K, Matsuura Y, Sueda T, et al. Echocardiography-assisted surgery in transaortic endovascular stent grafting: role of transesophageal echocardiography. J Thorac Cardiovasc Surg 2000; 120: 672-8.
26. Ayala K, Chandrasekaran K, Ross JJ, Khoury P, Quinn V, Parris T. Intravascular ultrasonography in the diagnosis of aortic dissection: comparison to transesophageal echocardiography and aortography. Circulation 1993; 88: 1-99.
27. Yamada E, Matsumura M, Ayos, Omoto R. Usefulness of a prototype intravascular ultrasound imaging in evaluation of aortic dissection and comparison with angiographic study, transesophageal echocardiography, computed tomography and magnetic resonance imaging. Am J Cardiol 1995; 75: 161-5.
28. Van Sambeed M, Gussenhoven EJ, Van Overhagen H, Honkoop J, Van der Lugt A, et al. Intravascular ultrasound in endovascular stent-grafts for peripheral aneurysm: a clinical study. J Endovasc Surg 1998: 5: 106-12.
29. Salles-Cunha SX. Intravascular ultrasound for imaging of diseased arteries. In Ernst, ed. Current therapy in vascular surgery. Philadelphia: Mosby; 2001. p. 527-30.
30. Garret HE Jr, Abdullah AH, Kodgkiss TD, Burgar SR. Intravascular ultrasound aids in the performance of endovascular repair of abdominal aortic aneurysm. J Vasc Surg 2003; 37: 615-8.
31. Tutein-Nolthenius RP, Van den Berg JC, Moll FL. The value of intraoperative intravascular ultrasound for determining stent graft size (excluding abdominal aortic aneurysm) with a modular system. Ann Vasc Surg 2000; 14: 311-7.
32. Arko F, Mettauer M, McCollough R, Patterson D, Manning L, Lee S, et al. Use of intravascular ultrasound improves long-term clinical outcome in endovascular management of atherosclerotic aortoiliac occlusive disease. J Vasc Surg 1998; 27: 614-23.
33. Buckley CJ, Arko F, Lee S, Mettauer M, Little D, Atkins M, et al. Intravascular ultrasound scanning improves long-term patency of iliac lesions treated with balloon angioplasty and primary stenting. J Vasc Surg 2002; 35: 316-23.
34. Van Essen JS, Gussenhoven EJ, Van der Lugt A, Kuijsman PC, Van Muiswinkel JM, et al. Accurate assessment of abdominal aortic aneurysm with intravascular ultrasound scanning: validation with computed tomographic angiography. J Vasc Surg 1999; 29: 631-8.
35. White RA, Donayre C, Kopchock G, Walot I, Wilson E, DeVirgilio C. Intravascular ultrasound: the ultimate tool for abdominal aortic aneurysm assessment and endovascular graft delivery. J Endovasc Surg 1997; 4: 45-55.
36. Von Segesser LK, Marty B, Ruchat P, Wicky S, Bogen M, Gallino A. Endovascular aneurysm repair without angiography. A routine procedure [abstract]. Lucerne (Switzerland): XV Annual Meeting ESVS; 2001.
37. Beebe HG, Assadnia S, Kriegel AV, Salles-Cunha SX. Biplane color flow duplex intravenous intravascular ultrasound for arterial visualization. J Endovasc Surg 1998; 5: 101-5.