

Revisión general

Revascularización endovascular y abierta combinadas

David Paul Slovut y Timothy M. Sullivan, Salem y Boston, Massachusetts y Mineápolis, Minnesota, Estados Unidos

En la última década hemos sido testigos de la transformación del tratamiento de pacientes con vasculopatías. A medida que los cirujanos vasculares han adquirido habilidades cada vez más avanzadas basadas en la manipulación de catéteres, al igual que un mayor abordaje a dispositivos más sofisticados, ha tenido lugar una rápida transición hacia las técnicas mínimamente invasivas. Los pacientes que no son candidatos a una revascularización percutánea, o los considerados en riesgo prohibitivo para la corrección quirúrgica tradicional, pueden beneficiarse de un tratamiento híbrido, una combinación de cirugía abierta y endovascular con una disminución de la morbilidad y la mortalidad. En la presente revisión se examinan las aplicaciones de los procedimientos híbridos para tratar a pacientes con claudicación invalidante e isquemia crítica de la extremidad, patología del cayado aórtico, aneurismas toracoabdominales, estenosis de la carótida extracraneal y coronariopatía.

INTRODUCCIÓN

En la última década hemos sido testigos de una transformación del tratamiento de los pacientes con patología vascular. A medida que los cirujanos vasculares han adquirido habilidades cada vez más avanzadas basadas en la manipulación de catéteres, al igual que un mayor abordaje a dispositivos más sofisticados, ha tenido lugar una rápida transición hacia las técnicas mínimamente invasivas. No obstante, un número sustancial de pacientes no son candidatos a una revascularización endovascular percutánea debido a una anatomía compleja o a una localización subóptima de la lesión. El tratamiento híbrido, una combinación de cirugía abierta y endovascular, permite reducir el riesgo en aquellos pacientes cuyas comorbilidades, de otro modo, les

impedirían someterse a un tratamiento quirúrgico abierto convencional.

En la presente revisión se examinan las aplicaciones de los procedimientos híbridos para tratar a pacientes con claudicación discapacitante e isquemia crítica de la extremidad, patología del cayado aórtico, aneurismas toracoabdominales, estenosis de la carótida extracraneal y coronariopatía.

CLAUDICACIÓN INCAPACITANTE E ISQUEMIA CRÍTICA DE LA EXTREMIDAD

Definida clínicamente como isquemia de la extremidad con dolor en reposo de más de 2 semanas de evolución, úlceras o pérdida de tejido atribuida a vasculopatía oclusiva arterial, la isquemia crítica de la extremidad (ICE) afecta a alrededor de 500-1.000 nuevos pacientes/millón de individuos al año. Las mayores tasas se observan entre los individuos de edad avanzada, fumadores y diabéticos. Su coste, influencia negativa en la calidad de vida y mal pronóstico por lo que respecta al salvamento de la extremidad y supervivencia la han convertido en un problema sumamente importante¹.

La revascularización para restablecer el flujo en el arco plantar representa el tratamiento de elección

DOI of original article: 10.1016/j.avsg.2008.12.001.

North Shore Medical Center, Salem, and Massachusetts General Hospital, Boston, MA, EE. UU. Minneapolis Heart Institute, Minneapolis, MN, EE. UU.

Correspondencia: David Paul Slovut, MD, PhD, North Shore Medical Center, 81 Highland Avenue, Salem, MA 01970, EE. UU. Correo electrónico: david.slovut@mssm.edu

Ann Vasc Surg 2009; 23: 414-424

DOI: 10.1016/j.avsp.2008.12.001

© Annals of Vascular Surgery Inc.

para lograr la resolución del dolor isquémico o la curación de las lesiones¹. La revascularización quirúrgica está justificada para pacientes con lesiones complejas no subsidiarias de una intervención endovascular y para pacientes más jóvenes cuya esperanza de vida es mayor o que requieren una revascularización con garantías de permeabilidad a largo plazo. La estenosis aortoiliaca puede tratarse con un *bypass* anatómico o extraanatómico (p. ej. aortobifemoral, axilobifemoral o femorofemoral). Las tasas de permeabilidad primaria del *bypass* aortobifemoral y femorofemoral a los 5 años son del 93% y 70%, respectivamente. Las tasas de mortalidad perioperatoria son de alrededor del 3,5%¹. El *bypass* para la arteriopatía oclusiva infrainguinal se asocia con tasas de salvamento de la extremidad > 80%, y tasas de mortalidad del 0,97 al 2,0%²⁻⁴.

En la última década, la angioplastia ha suplantado a la cirugía como tratamiento de primera línea para muchos pacientes con ICE⁵⁻¹⁰. La revascularización endovascular es atractiva porque es una técnica mínimamente cruenta y se asocia con una morbilidad y mortalidad reducida, una disminución de los costes hospitalarios y una disminución de la duración de la hospitalización¹¹. A pesar de la permeabilidad superior de la revascularización quirúrgica comparada con la angioplastia y la implantación de un *stent*¹², desde 1996 a 2000, la utilización de estos últimos procedimientos en la arteria ilíaca ha aumentado un 850% mientras que la práctica de *bypass* aortobifemorales¹³ ha disminuido un 15%.

Un número cada vez mayor de pacientes con isquemia que amenaza la extremidad se somete a una combinación de cirugía endovascular y abierta para obtener una revascularización completa con un procedimiento quirúrgico menos extenso, una duración más breve de la intervención y una disminución del riesgo de complicaciones perioperatorias^{7,14,15}.

La parte endovascular y abierta del procedimiento puede efectuarse simultáneamente o de forma secuencial. Antes del advenimiento de las salas quirúrgicas endovasculares modernas, que tienen la capacidad de un quirófano tradicional y fluoroscopia de alta calidad, con frecuencia, los procedimientos se efectuaban de forma secuencial porque las técnicas de imagen en la sala de radiología eran superiores a las obtenidas en el quirófano mediante una unidad radiológica portátil de brazo en C. En la actualidad, numerosos quirófanos están equipados con sistemas de fluoroscopia digital de última generación que incluyen intensificadores de amplias imágenes al igual que programas informáticos para un cartografiado y un análisis cuantitativo.

En un procedimiento híbrido, la parte endovascular puede consistir en flujo aferente¹⁶⁻¹⁸, flujo

eferente¹⁸, una combinación de ambos¹⁹ o una revisión de un injerto de *bypass*²⁰. La revascularización híbrida se asocia con tasas elevadas de resultado técnico, permeabilidad, y salvamento de la extremidad (tabla I).

Tratamiento endovascular para flujo aferente

El uso de un procedimiento endovascular de flujo aferente, con independencia de que sea en el sector aortoiliaco^{16,21-23} o en la arteria femoral superficial AFS¹⁷, confiere una mayor permeabilidad tardía de la revascularización mediante *bypass*. En una de las series a mayor escala efectuada hasta la fecha, 125 pacientes se sometieron a un tratamiento híbrido para la reconstrucción arterial *de novo* o una revisión del injerto de *bypass*¹⁹. En conjunto, la mortalidad perioperatoria fue < 1% y la morbilidad fue del 15,4%. La permeabilidad primaria fue del 39,6%, la permeabilidad primaria asistida del 65,1% y la permeabilidad secundaria del 73,5% durante un seguimiento medio de 27,6 meses. Con un tratamiento híbrido, otros investigadores han descrito excelentes tasas de salvamento de la extremidad^{14,16,18}.

La vena safena interna homolateral sigue siendo el conducto de elección para el *bypass* infrainguinal. No obstante, con una frecuencia cada vez mayor, en pacientes que requieren *bypass* distal no se dispone de vena suficiente o es inadecuada debido a un *stripping* venoso previo o al empleo para un injerto de *bypass* coronario o periférico. Puede usarse un conducto venoso alternativo, incluida la vena safena externa, vena basilica, cefálica o injertos combinados que incluyen vena autóloga o segmentos de material protésico unido a la vena, con tasas de permeabilidad aceptables²⁴⁻²⁷ pero con frecuencia no proporcionan una extensión suficiente para los *bypass* que requieren un origen en la arteria femoral común o profunda. El *bypass* protésico infragenicular y los injertos combinados autólogos proporcionan resultados inferiores^{16,27}.

El tratamiento endovascular de las lesiones de flujo aferente disminuye la extensión de vena necesaria para completar la revascularización sin alterar el resultado a largo plazo. En una serie efectuada en pacientes diabéticos con gangrena de la extremidad inferior, las tasas de permeabilidad primaria y secundaria a los 2 años de seguimiento fueron similares para aquellos con injertos de *bypass* largos que se originaban a partir de la ingle, injertos de *bypass* cortos originados a partir de la arteria poplítea y angioplastia de la arteria femoral superficial combinada con injerto de *bypass* poplíteo¹⁷. El tratamiento endovascular de la AFS puede realizarse por vía

Tabla I. Resultados de los procedimientos híbridos de revascularización de la extremidad inferior

Autores	Año	n	Eficacia tratamiento endovascular (%)	Permeabilidad primaria 1 año (%)	Permeabilidad primaria 3 años (%)	Permeabilidad primaria 5 años (%)	Salvamento extremidad (%)	Comentario
Spoelstra et al ⁸⁴	1989	79	85		80		98	
Weber y Kiss ⁸⁵	1989	78	97			77	NR	
Brewster et al ⁸⁶	1989	75	95			76 88 (2°)	90 (5 años)	
Perler y Williams ⁸⁷	1996	26	100	87	79	79	NR	
Melliere et al ¹⁴	1999	64	100	NR			91 (5 años)	
Aburahma et al ⁸⁸	2001	41	100 (A) 62 (B)	96 (A) 46 (B)	85 (A) 31 (B)		96 (A) 85 (B)	Grupo A estenosis < 5 cm Grupo B estenosis > 5 cm
Timaran et al ⁸⁹	2001	45	97			68	NR	Infrainguinal graft patency: permeabilidad del injerto infrainguinal
Nelson et al ²¹	2002	34	100	84			NR	
Dougherty et al ¹⁹	2003	73 (A) 52 (B)	93 88			65	NR	Grupo A = grupo sometido a <i>bypass</i> Grupo B = revisión previa a la reconstrucción
Miyahara et al ¹⁶	2005	35	97	81 92 (2°)	71 88 (2°)	56 67 (20)	97 (5 años)	
Cotroneo et al ¹⁸	2007	47	100		79 (2 años)		NR	
Schanzer et al ²³	2007	23	100			58	70 (5 años)	

1°: permeabilidad primaria; 2°: permeabilidad secundaria; NR: no referido.

percutánea mediante técnica cruzada a partir de la arteria femoral común contralateral a través de un abordaje sobre la arteria femoral común homolateral o retrógrada a través de la arteria poplítea.

Cirugía para el flujo aferente

La arteria femoral común puede corregirse usando un injerto de interposición o una endarterectomía y angioplastia con parche^{21,22,28}. En ocasiones también es más fácil realizar una endarterectomía femoral y, más tarde, efectuar la punción a través de la angioplastia con parche para proceder a la angioplastia ilíaca, AFS, y/o tibial. En una serie publicada por Kang et al²⁹ se trataron con endarterectomía femoral 65 extremidades de 58 pacientes. Se efectuaron como procedimientos híbridos 37 casos (57%), en los que se procedió a tratamiento endovascular concomitante, incluida una intervención tanto ilíaca como de la AFS. Se obtuvo una eficacia hemodinámica en el 95% de los casos, y no se produjo mortalidad perioperatoria. Las tasas de permeabilidad primaria a 1 y 5 años fueron del 93% y del 91% respectivamente; la permeabilidad primaria asistida fue del 100% en ambos puntos de tiempo.

Los progresos en las habilidades del cirujano vascular y las mejoras del instrumental, como los dispositivos de reentrada, han aumentado el porcentaje de pacientes con ICE cuya anatomía es apropiada para el tratamiento endovascular desde < 50% hasta el 84%^{5,7,9}. Por ejemplo, la angioplastia subintimal ha emergido como un método eficaz para la recanalización de las oclusiones de segmentos largos y se asocia con tasas de salvamento de la extremidad comparables a las logradas con el *bypass*³⁰. Las tasas de resultado técnico son altas pero, con frecuencia, los pacientes requieren la implantación de un *stent*, que, en las arterias infrainguinales, se ha asociado a un fracaso precoz del tratamiento^{30,31}. Una de las principales limitaciones de la angioplastia subintimal es el fracaso de la reentrada en la luz verdadera tras el cruzado subintimal de la oclusión³². Los dispositivos de reentrada, como el catéter Pioneer (Volcano Therapeutics, Rancho Cordova, California) mejoran la capacidad del cirujano vascular para reentrar en la luz verdadera³². Es esencial una supervisión postoperatoria con eco-Doppler para mantener la permeabilidad a largo plazo de las reconstrucciones arteriales híbridas.

ANEURISMAS DEL ARCO AÓRTICO

El tratamiento quirúrgico tradicional de los aneurismas y la disección del arco aórtico requiere paro circulatorio hipotérmico, circulación extracorpórea y perfusión cerebral selectiva. Incluso en hospitales

con grandes volúmenes de pacientes, el tratamiento abierto se asocia con insuficiencia renal en el 0-17%, paraplejía en el 2-16%, y una mortalidad a los 30 días del 5-19%³³. Las reintervenciones del arco aórtico, en particular para indicaciones urgentes, se asocian con tasas incluso más altas de morbilidad y mortalidad³⁴.

La introducción de *stents* endovasculares ha permitido que los pacientes considerados en riesgo alto para el tratamiento abierto tradicional se sometan a técnicas menos cruentas. El tratamiento híbrido de la patología del arco aórtico requiere una desramificación (*debranching*) y la reimplantación de los vasos supraaórticos para aumentar la extensión de la zona de anclaje proximal y conseguir un sellado adecuado. La transposición quirúrgica puede ser extraanatómica o intratorácica. Durante los procedimientos intratorácicos, es posible realizar una técnica de *banding* del segmento distal de la aorta para mejorar la fijación de la endoprótesis³⁵. En la mayoría de los pacientes, si se cubre la arteria subclavia izquierda no se produce claudicación del brazo o la mano. Sin embargo, el *bypass* carótida izquierda a subclavia puede reducir el riesgo de paraplejía al proteger el riego sanguíneo colateral de la médula espinal^{36,37}. Para pacientes en los que no se ha obtenido arteria mamaria interna izquierda como injerto, o que poseen una arteria vertebral izquierda dominante, también debe efectuarse un *bypass* carótida izquierda a subclavia (fig. 1).

Las endoprótesis pueden implantarse a través de un abordaje a través de la arteria femoral común o, para pacientes con arteria ilíaca externa de pequeño calibre (diámetro < 6 mm), un conducto ilíaco. Nunca se insistirá lo suficiente en la utilidad de los conductos ilíacos en pacientes con anatomía ilíaca desfavorable. En una serie de 312 pacientes sometidos a tratamiento endovascular de un aneurisma aórtico, 22 requirieron la implantación de un conducto que consistió en un injerto de Dacrón de 8 o 10 mm anastomosado con la arteria ilíaca común³⁸. De modo no sorprendente, el tiempo operatorio, pérdida hemática, tiempo en la unidad de cuidados intensivos y duración de la estancia hospitalaria fueron mayores en el grupo que requirió el conducto, en particular cuando el procedimiento no se programó. Las complicaciones cardíacas, renales y pulmonares fueron similares cuando se compararon con pacientes que no requirieron conducto. Las generaciones más recientes de *stents* torácicos son más flexibles, pueden colocarse con más facilidad a través de arterias ilíacas tortuosas y se adaptan mejor a los arcos aórticos muy angulados. Puede utilizarse adenosina para enlentecer o detener transitoriamente el corazón con el objetivo de facilitar la colocación y expansión precisa del *stent*.

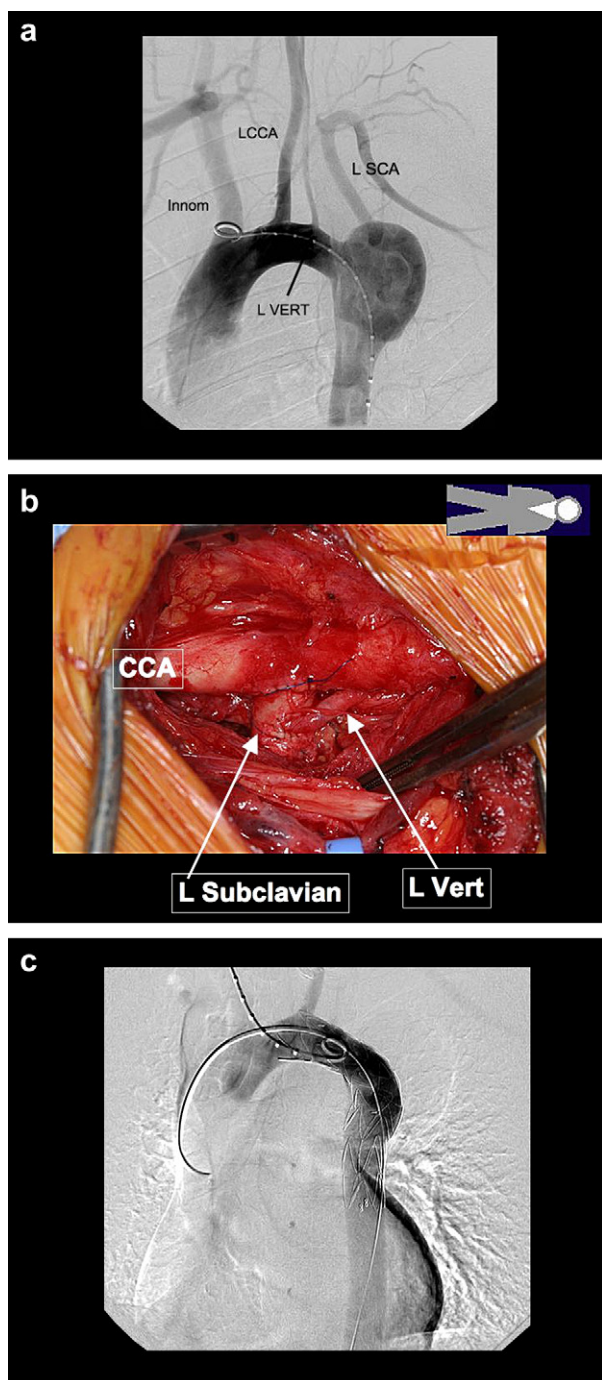


Fig. 1. **a** Pseudoaneurisma de la aorta torácica descendente proximal 20 años después de angioplastia con parche de una coartación aórtica. La arteria subclavia izquierda se origina del aneurisma. La arteria vertebral izquierda se origina como rama separada del arco aórtico. **b** El *debranching* del arco facilita el tratamiento endovascular del aneurisma. Se efectúa la transposición de la arteria subclavia izquierda en la arteria carótida común izquierda y la arteria vertebral izquierda se anastomosa a la subclavia izquierda transpuesta. **c** Después del tratamiento endovascular. En el seguimiento a los 4 años, el aneurisma se

La manipulación del arco aórtico durante la implantación del *stent* puede provocar un ictus. En el estudio principal sobre eficacia clínica de la endoprótesis TAG (Gore, Flagstaff, AZ, EE. UU.), se describió ictus como complicación en el 4% de los pacientes³⁹. Cuatro de los cinco pacientes que experimentaron ictus se sometieron a un *bypass* carotídeo-subclavio debido a enfermedad aneurismática proximal. De los 28 pacientes que se sometieron a *bypass* carotídeo-subclavio, el 14% experimentaron ictus comparado con el 1% que no requirió *debranching* aórtico ($p < 0,001$). Es de destacar que tres de los cinco ictus afectaron a la distribución de la arteria cerebral tanto anterior como posterior, un hallazgo que sugiere que en estos pacientes la etiología del proceso fue una embolia ateromatosa.

El grupo de Heidelberg adoptó los criterios siguientes para efectuar reconstrucciones híbridas del arco aórtico: edad > 70 años, pacientes en riesgo con contraindicación de cirugía abierta, casos urgentes y reoperaciones, aorta ascendente sana con un diámetro suficiente para servir de lugar donante de la reimplantación de un vaso de gran calibre⁴⁰. Antes del procedimiento, se efectuó una técnica de diagnóstico por la imagen, con angiografía por tomografía axial computarizada con reconstrucción multiplanar. En los 25 pacientes sometidos a tratamiento híbrido del arco aórtico la mortalidad perioperatoria fue del 25%. La causa de la muerte incluyó perforación del *stent*, ictus embólico e insuficiencia cardíaca⁴⁰. En la *tabla II* se resumen los resultados de las reconstrucciones híbridas del arco aórtico. El resultado técnico global es del 86-100%, con tasas de ictus a los 30 días de hasta el 20% y una mortalidad del 0-13%.

La relación entre el anclaje proximal de la endoprótesis y los vasos supraaórticos se correlaciona con la eficacia del tratamiento y el resultado del paciente. Ishimaru et al⁴¹ propusieron un sistema de clasificación de las zonas de anclaje proximal: zona 0, proximal a todas las ramas del cayado aórtico; zona 1, proximal a la arteria carótida común izquierda y la arteria subclavia izquierda; zona 2, proximal a la arteria subclavia izquierda, y zona 4, distal a la arteria subclavia izquierda. Las tasas de endofugas son más altas cuando la endoprótesis se coloca proximal a la arteria subclavia izquierda⁴². En una serie que examinó los resultados de 37 pacientes tratados con un dispositivo Talent (Medtronic, Mineápolis, MN),

había resuelto por completo y los vasos transpuestos seguían permeables. CCA: arteria carótida común; Innom: tronco innominado; L SCA/L Subclavian: arteria subclavia izquierda; L VERT/L Vert: arterial vertebral izquierda.

Tabla II. Resultados de los procedimientos híbridos del arco aórtico

Autores	Año	n	Eficacia técnica (%)	Endofuga de tipo I o II (%)	Paraplejía o AVC (%)	Mortalidad a 30 días	Comentario
Schumacher et al ⁹⁰	2003	8	100	0	0	12,5	
Bergeron et al ⁴⁴	2005	29	96,3	0	7,7	7,7	
Greenberg et al ⁵¹	2005	22	100	4,5	13,6	0	Trompa de elefante
Zhou et al ⁴⁶	2006	16	100	NR	0	6,2	
Caronno et al ⁹¹	2006	10	100	0	20	10	Dos endofugas tardías
Saleh e Inglese ³⁵	2006	15	100	0	0	0	
Szeto et al ⁴³	2007	8	100	0	25	12,5	Dos ictus perioperatorios resueltos al alta
Melissano et al ⁴⁵	2007	64	85,9	12,5	6,2	6,3	9/10 endofugas resueltas espontáneamente
Baraki et al ⁴⁹	2007	39	100	NR	12,8	12,8	Trompa de elefante
Chan et al ⁹²	2008	16	100	0	18,7	0	

AVC: accidente vascular cerebral; NR: no referido.

la tasa de endofugas fue del 100% (3/3 pacientes) cuando el injerto se colocó proximal a la arteria carótida común izquierda y de un 0-11% cuando el injerto se colocó distal a esta arteria⁴². En comparación, otros investigadores han tratado satisfactoriamente los aneurismas y disecciones que afectan a la zona O⁴³⁻⁴⁶.

El tratamiento adicional de los aneurismas que afectan a la aorta ascendente, al arco aórtico y a la aorta torácica descendente incluye la reposición abierta de la aorta ascendente y el arco con una extensión “en trompa de elefante” del injerto del arco en la aorta descendente. La trompa de elefante se extiende hasta el nivel deseado en una segunda intervención efectuada a través de una toracotomía lateral. La mortalidad para el primer estadio es del orden del 10%, y para el segundo, del 7%^{47,48}. Algunos pacientes fallecerán de rotura del aneurisma mientras esperan el segundo procedimiento⁴⁷. La reconstrucción híbrida permite que todo el procedimiento se complete en un solo tiempo⁴⁹ o escalonados con un tratamiento abierto del arco aórtico seguido de la implantación endovascular de un *stent* de la aorta torácica descendente⁵⁰. Greenberg et al⁵¹ describen su experiencia en 22 pacientes que requirieron una técnica de “trompa de elefante” junto con tratamiento endovascular. Se obtuvo un resultado técnico del 100%; las tasas de mortalidad a 1, 12 y 24 meses fueron del 4,5%, 15,8% y 15,8%, respectivamente.

TRATAMIENTO DE LOS ANEURISMAS AÓRTICOS TORACOABDOMINALES

El tratamiento abierto de los aneurismas toracoabdominales (AATA) se asocia con isquemia de la

médula espinal (18%), insuficiencia renal (18%), necesidad de diálisis (9%) y una tasa de mortalidad a los 30 días del 8%⁵². Después del tratamiento abierto de estos aneurismas son habituales resultados funcionales insatisfactorios; al año de seguimiento, el 47,6% de los pacientes habían fallecido, habían sido dados de alta a un centro de asistencia crónica y no deambulaban⁵³. Se ha propuesto un tratamiento abierto y endovascular combinado como alternativa a la cirugía abierta convencional. Quinones-Baldrich et al⁵⁴ describieron por primera vez la corrección híbrida de un AATA, efectuada en un paciente de 62 años de edad con un aneurisma de tipo IV y grandes aneurismas en el origen de cada vaso visceral, sometido en dos ocasiones a tratamiento para rotura de aneurisma aórtico abdominal. Los autores efectuaron un *bypass* extraanatómico abierto de las arterias renales, arteria mesentérica superior, y arteria celíaca, seguido de tratamiento endovascular con implantación de injerto *stent* de la aorta. En el seguimiento a los 6 meses, todos los injertos estaban permeables y sin indicios de endofuga⁵⁴.

En la **tabla III** se presentan los resultados de las series descritas de tratamiento híbrido visceral de los AATA.

La creación de una zona de anclaje distal adecuada para el tratamiento híbrido de los AATA requiere *bypass* de la arteria mesentérica y/o renales. Los *bypass* pueden originarse de la aorta supracelíaca, aorta infrarrenal, arteria ilíaca común o ilíaca externa. Una vez se ha restaurado la perfusión, se efectúa ligadura de las arterias viscerales proximalmente para reducir la posibilidad de una endofuga de tipo II. Como alternativa a la cirugía abierta, también puede practicarse un *debranching* laparoscópico asistido o laparoscópico total⁵⁵. El empleo

Tabla III. Resultados de los procedimientos toracoabdominales híbridos

Autores	Año	n	Resultado técnico (%)	Endofuga de tipo I o III (%)	Paraplejía o AVC (%)	Mortalidad a 30 días	Comentario
Resch et al ⁹³	2006	13	100	23	31	23	
Black et al ⁶¹	2006	29	90	13	0	13	
Zhou et al ⁴⁶	2006	15	100	NR	0	0	Trombosis injerto renal 6,4%
Gawenda et al ⁹⁴	2007	6	100	Ninguna	0	0	Sin paraplejía
Donas et al ⁹⁵	2007	8	100	NR	0	12,5	
Chiesa et al ⁹⁶	2007	13	76,9	0	7,7	23	La mortalidad incluye una muerte a 35 días
Melissano et al ⁴⁵	2007	14	100	0	7,1	28,6	
Bockler et al ³³	2008	28	89	8	11	14,3	

AVC: accidente vascular cerebral; NR: no referido.

de injertos de Dacrón a medida proporciona flujo aferente a través de una sola anastomosis, lo que simplifica el *debranching* y permite completar la reconstrucción toracoabdominal en un solo procedimiento⁵⁶ (fig. 2).

Para las reconstrucciones de los AATA, los factores pronóstico de paraplejía y parálisis incluyen el tiempo de clampaje aórtico total, la extensión de aorta reparada, la edad del paciente, rotura aórtica y antecedentes de disfunción renal⁵². El uso de una endoprótesis para excluir el AATA obvia la necesidad de clampaje aórtico pero sigue entrañando un riesgo de isquemia de la médula espinal porque el injerto puede ocluir colaterales decisivas de esta estructura⁵⁷. El riego sanguíneo de la médula espinal deriva de las arterias del canal raquídeo, arterias intercostales y la arteria subclavia e hipogástrica^{37,58}. Los pacientes en riesgo elevado de paraplejía, aquellos sometidos a tratamiento previo de un aneurisma o que requieren cobertura de un extenso segmento aórtico pueden beneficiarse de una monitorización de los potenciales evocados somatosensoriales, aumento de la presión arterial y drenaje del líquido cefalorraquídeo⁵⁹. La reimplantación sistemática de las arterias segmentarias no reduce la incidencia de isquemia de la médula espinal⁶⁰.

Aunque es mucho menos cruenta que la cirugía abierta convencional, una técnica híbrida para el AATA se asocia con una morbilidad y mortalidad sustancial. En una serie, las complicaciones mayores incluyeron necesidad de soporte respiratorio prolongado (34,6%), soporte inotrópico prolongado (15,4%), deterioro renal (15,4%), ictus (3,8%) y endofuga de tipo I (25%). La estancia mediana en la unidad de cuidados intensivos fue de 4 días, la estancia mediana hospitalaria de 27 días y la tasa de mortalidad a los 30 días del 13%⁶¹. En otra serie, la tasa de complicaciones mayores fue del 59%, la tasa de mortalidad a los 30 días del 14,3% y

la de supervivencia global a los 3 años, del 70%³³. Hasta que se determinen los resultados a largo plazo, sus riesgos y la permeabilidad del tratamiento híbrido de los AATA, una estrategia razonable es ofrecer tratamiento abierto convencional a los pacientes más jóvenes y reservar las técnicas híbridas para los de edad más avanzada y mayor riesgo.

La corrección endovascular de un AATA es posible utilizando endoprótesis fenestradas y ramificadas⁶²⁻⁶⁴. Muchos de estos dispositivos se siguen fabricando a medida y requieren sistemas de imagen especializados para que puedan efectuarse con precisión las fenestraciones. Una rotación inadecuada del injerto en el momento de la implantación puede asociarse a una oclusión de la rama lateral⁶². Sigue siendo desconocida la permeabilidad a largo plazo de las ramas laterales renales y viscerales. La tecnología de los injertos fenestrados sigue encontrándose en sus albores y no es viable para todos los pacientes.

REVASCULARIZACIÓN HÍBRIDA DE LA CARÓTIDA EXTRACRANEAL

El tratamiento de pacientes con estenosis severa de la arteria carótida y coronariopatía coexistente sigue siendo controvertido. En una revisión de 97 estudios publicados sobre el seguimiento de 8.972 intervenciones escalonadas o sincrónicas se demostró mayor tasa de mortalidad operatoria (4,6%) cuando la endarterectomía carotídea (EAC) y el *bypass* coronario (BC) se efectuaron simultáneamente, mayor tasa de infarto de miocardio (6,5%) cuando la EAC se efectuó antes del BC y una mayor tasa de ictus (6,3%) cuando el BC se efectuó antes de la EAC⁶⁵. La tasa de acontecimientos para la variable combinada de infarto de miocardio, ictus y mortalidad fue del 10-12%.



Fig. 2. Tratamiento endovascular de un aneurisma toracoabdominal con *debranching* de la arteria mesentérica superior mediante *bypass* desde la arteria iliaca derecha.

Para pacientes en “riesgo elevado”, como alternativa a la EAC ha emergido la colocación de un *stent* en la arteria carótida (SAC) con protección cerebral^{66,67}. En Estados Unidos, alrededor del 3,3% de los pacientes con estenosis carotídea y coronariopatía coexistentes se someten a dicho procedimiento⁶⁸. Tras un ajuste para la edad, sexo, estado sintomático y comorbilidades, en pacientes sometidos a EAC-BC se identificó un aumento del riesgo del 66% de ictus postoperatorio comparado con los sometidos a SAC-BC. La presencia de síntomas neurológicos aumentó sustancialmente el riesgo de ictus postoperatorio. La mortalidad hospitalaria fue similar (5,2% frente al 5,4%) para ambos grupos⁶⁸.

Aunque en la práctica clínica es relativamente infrecuente, los pacientes con arteriopatía oclusiva significativa de la carótida común proximal y de la bifurcación carotídea representan un reto clínico considerable. Antes del advenimiento de la angioplastia y la implantación de *stent*, estos pacientes requerían transposición de carótida a subclavia o *bypass* junto con endarterectomía de la bifurcación. De los 14 procedimientos consecutivos de implantación de un *stent* en la arteria carótida común en la Cleveland Clinic, en uno se produjo conversión a transposición carótida-subclavia tras la

disección yatrógena y otros dos procedimientos dieron lugar a un ictus secundario a trombosis de la arteria carótida interna⁶⁹. En ambos casos, que se efectuaron junto con endarterectomías repetidas de la bifurcación, la carótida común era permeable en el momento de la nueva exploración quirúrgica y de la trombectomía de la carótida interna. Aunque la implantación de un *stent* en la carótida probablemente no fue responsable, se requiere precaución cuando se efectúan estos procedimientos de forma combinada. Otros investigadores han documentado la ausencia de riesgos y la permeabilidad de la EAC junto con la angioplastia e implantación de un *stent* de la arteria carótida común izquierda y el tronco innominado^{70,71}.

Revascularización híbrida de la arteria coronaria

El *bypass* coronario sigue siendo el tratamiento óptimo para pacientes con estenosis de la arteria coronaria principal izquierda y de múltiples vasos⁷². La intervención percutánea (ICP) de múltiples vasos se asocia con una mayor incidencia de reestenosis en el lugar de implantación del *stent* y procedimientos repetidos de revascularización⁷². La revascularización coronaria híbrida mediante injerto de arteria mamaria interna (AMI) a arteria descendente anterior izquierda (LAD) e ICP de la arteria circunfleja y/o coronaria derecha se ha recomendado como un medio mínimamente cruento de obtener una revascularización coronaria en pacientes seleccionados. El injerto de AMI confiere un beneficio para la supervivencia^{73,74}. La permeabilidad de los *stents* en la arteria circunfleja y coronaria derecha rivaliza con la del injerto de *bypass* de vena safena. En muchos centros, la revascularización de la LAD se consigue usando un *bypass* coronario directo mínimamente cruento (BCDMC), en el cual se obtiene la AMI a través de una minitoracotomía anterior izquierda y se sutura a corazón latente sin *bypass* cardiopulmonar. A los 5 años después de BCDMC para revascularizar la LAD, la supervivencia fue del 95,8%, la supervivencia libre de acontecimientos cardíacos del 90,8% y la evitación de revascularización repetida de la LAD fue del 91,6%⁷⁵. Los sistemas de manipulación robótica mejoran la facilidad de obtención de la AMI⁷⁶. Las mejoras en la tecnología y en la técnica quirúrgica han permitido que algunos centros realicen *bypass* de AMI a LAD completamente endoscópico, asistido con robot⁷⁶. Cuando la anastomosis de la AMI se efectúa “sin circulación extracorpórea” la aorta no se manipula, lo que reduce el riesgo de ictus perioperatorio^{75,77}. En la *tabla IV* se presentan los resultados de diversas series de

Tabla IV. Resultados de los procedimientos coronarios híbridos: resultados de 30 días y a largo plazo

Autores	Año	N	Procedimiento quirúrgico	Secuencia de revascularización	Repetición revascularización (%)	IM (%)	Mortalidad (%)	Meses de seguimiento (media \pm DE, límites)	Repetición revascularización (%)	IM (%)	Mortalidad (%)	Comentarios
Wittwer et al ⁹⁷	2000	35	BCDMC	Primero cirugía	0	0	0	NR	NR	NR	NR	
Presbitero et al ⁹⁸	2001	42	BCDMC	Primero cirugía en 64%	7,1	NR	2,4	17,5	NR	NR	2,4	
Stahl et al ⁹⁹	2002	54	BCDMC asistida robot	Variable	0	0	0	11,6 (1-23)	1,8	0	0	
Riess et al ¹⁰⁰	2002	57	BCDMC	Primero cirugía	1,7	0	0	25,2 \pm 9,5 (0,75-52)	12,7	0	1,8	
Davidavicius et al ⁸³	2005	20	BCDMC asistido robot	Primero ICP en 30%	0	0	0	19 \pm 10 (12-33)	0	0	0	
Katz et al ⁷⁶	2006	27	BCDMC asistido robot	Variable	0	3,7	0	NR	29,6	0	0	Sistema robótico DaVinci
Gilard et al ¹⁰¹	2007	70	CBC abierta	CBC en un plazo de 16 h de ICP	2,8	0	1,4	33 (2-70)	0	0	0	CB mismo día 92% de los casos con circulación extracorpórea
Kon et al ⁸¹	2008	15	BCSCE	Simultánea	0	0	0	NR	6,7	0	0	1 año de seguimiento en todos los pacientes
Reicher et al ⁸²	2008	13	BCSCE	Simultánea	0	NR	0	6	0	0	0	Tasa de fracaso inicial del 15,8%
Kiaii et al ⁷⁹	2008	58	BCDMC asistido robot	Simultánea	0	1,7	0	20,2 (1,1-40,8)	3,4	0	0	Permeabilidad del injerto del 91% en el seguimiento angiográfico

BCDMC: *bypass* coronario directo mínimamente cruento; BCSCE: *bypass* coronario sin circulación; CBC: cirugía de *bypass* coronario; DE: desviación estándar; extracorpórea; ICP: intervención coronaria percutánea; IM: infarto de miocardio.

revascularización coronaria híbrida. Otro ejemplo de esta técnica incluye la práctica de una ICP junto con reposición de la válvula aórtica o mitral como alternativa a la CBC y valvuloplastia convencional^{78,79}.

El *bypass* puede efectuarse antes, al mismo tiempo o después de la ICP. Las ventajas de una estrategia quirúrgica en primer lugar incluyen la "protección" de la pared anterior y la capacidad para evaluar la calidad del *bypass* de la AMI durante la angiografía posterior⁸⁰. La ICP puede efectuarse utilizando inhibidores de la glucoproteína plaquetaria IIb-IIIa y clopidogrel sin la preocupación de incrementar el riesgo de hemorragia perioperatoria. Las ventajas de la ICP previa incluyen la garantía de que la implantación del *stent* fue satisfactoria (es decir, sin la necesidad de un *bypass* de múltiples vasos en lugar de CBC de un solo vaso). Los procedimientos simultáneos logran una revascularización completa en un procedimiento individual, lo que es más conveniente para el paciente. Estos procedimientos requieren una unidad endovascular que sirve tanto como quirófano como de unidad intervencionista, al igual que la colaboración estrecha entre el cirujano cardiotorácico y los cardiólogos intervencionistas.

En dos series prospectivas, a pequeña escala, de casos-contrroles que compararon los resultados de la revascularización híbrida simultánea con CBC sin circulación extracorpórea (CBSEC) frente a CBC convencional, se encontró que los pacientes del grupo híbrido se caracterizaron por una estancia más breve en la unidad de cuidados intensivos y en el hospital, una extubación más rápida después de la revascularización, una reanudación más rápida de la actividad laboral, y una mayor satisfacción con el procedimiento^{81,82}. A pesar del tratamiento antiagregante plaquetario con aspirina y clopidogrel, la hemorragia no aumentó en comparación con pacientes sometidos a CBC convencional⁸². Otra estrategia para pacientes con coronariopatía de múltiples vasos es efectuar CBCDMC asistida con robot y una ICP provisional de la arteria circunfleja izquierda o coronaria derecha si la reserva de flujo fraccional (RFF) es $< 0,80$ ⁸³. La RFF ofrece un medio ampliamente aceptado de determinar si una estenosis es sustancial desde un punto de vista hemodinámico. En un grupo de 20 pacientes tratados de acuerdo con este protocolo, no se produjeron mortalidad, infartos de miocardio, o revascularizaciones repetidas después de un seguimiento medio de 19 meses⁸³.

La revascularización coronaria híbrida sigue siendo un procedimiento experimental. La exposición anterior necesaria para la CBCDMC limita el procedimiento a los pacientes con estenosis aislada de la LAD o de la arteria diagonal. La curva de

aprendizaje para efectuar el procedimiento es excesiva. A pesar del desarrollo de dispositivos que estabilizan el campo operatorio, la anastomosis de la LAD puede ser difícil de efectuar, en particular si es de pequeño calibre, está muy calcificada o es intramiocárdica. Estos factores contribuyen a tasas iniciales de fracaso del injerto del 7,7%⁷⁵. Los dispositivos robóticos para obtener la AMI siguen siendo demasiado costosos.

CONCLUSIONES

Los procedimientos quirúrgicos/endovasculares híbridos pueden ofrecer a los pacientes la oportunidad de una revascularización menos cruenta, con una disminución de la morbilidad y la mortalidad, en particular los considerados en riesgo prohibitivo para una reconstrucción quirúrgica convencional. Para aquellos con arteriopatía oclusiva de las extremidades inferiores la corrección endovascular aortoiliaca con frecuencia se combina con el tratamiento quirúrgico abierto de los vasos infrainguinales. Para pacientes con enfermedad aneurismática, en general, el tratamiento endovascular se combina con la reconstrucción quirúrgica de los troncos supraaórticos, las arterias mesentéricas o la construcción de un conducto iliaco de abordaje. El conocimiento exhaustivo de todas las opciones potenciales permitirá al cirujano vascular determinar la mejor opción de revascularización (endovascular, quirúrgica abierta o híbrida) para cada paciente individual. La disponibilidad de un quirófano o sala endovascular específica facilita enormemente los procedimientos híbridos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA, Nehler MR, Harris KA, Fowkes FG. Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II). *J Vasc Surg* 2007;45(Suppl S):S5-S67.
2. Johnson WC, Lee KK. A comparative evaluation of polytetrafluoroethylene, umbilical vein, and saphenous vein bypass grafts for femoral-popliteal above-knee revascularization: a prospective randomized Department of Veterans Affairs cooperative study. *J Vasc Surg* 2000;32:268-277.
3. Pereira CE, Albers M, Romiti M, Brochado-Neto FC, Pereira CA. Meta-analysis of femoropopliteal bypass grafts for lower extremity arterial insufficiency. *J Vasc Surg* 2006;44:510-517.
4. Pomposelli FB, Kansal N, Hamdan AD, et al. A decade of experience with dorsalis pedis artery bypass: analysis of outcome in more than 1000 cases. *J Vasc Surg* 2003;37:307-315.
5. Arty K, Nydahl S, Nasim A, Bolia A, Bell PR, London JM. Results of surgery and angioplasty for the treatment of chronic severe lower limb ischaemia. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1998;16:159-163.

6. Haider SN, Kavanagh EG, Forlee M, et al. Two-year outcome with preferential use of infrainguinal angioplasty for critical ischemia. *J Vasc Surg* 2006;43:504-512.
7. Dosluoglu HH, O'Brien-Irr MS, Lukan J, Harris LM, Dryjski ML, Cherr GS. Does preferential use of endovascular interventions by vascular surgeons improve limb salvage, control of symptoms, and survival of patients with critical limb ischemia? *Am J Surg* 2006;192:572-576.
8. Kudo T, Chandra FA, Ahn SS. The effectiveness of percutaneous transluminal angioplasty for the treatment of critical limb ischemia: a 10-year experience. *J Vasc Surg* 2005;41:423-435.
9. Kudo T, Chandra FA, Kwun WH, Haas BT, Ahn SS. Changing pattern of surgical revascularization for critical limb ischemia over 12 years: endovascular vs. open bypass surgery. *J Vasc Surg* 2006;44:304-313.
10. Tefera G, Hoch J, Turnipseed WD. Limb-salvage angioplasty in vascular surgery practice. *J Vasc Surg* 2005;41:988-993.
11. Adam DJ, Beard JD, Cleveland T, et al. Bypass versus Angioplasty in Severe Ischaemia of the Leg (BASIL): multicentre, randomised controlled trial. *Lancet* 2005;366:1925-1934.
12. Timaran CH, Prault TL, Stevens SL, Freeman MB, Goldman MH. Iliac artery stenting versus surgical reconstruction for TASC (TransAtlantic Inter-Society Consensus) type B and type C iliac lesions. *J Vasc Surg* 2003;38:272-278.
13. Upchurch GR, Dimick JB, Wainess RM, et al. Diffusion of new technology in health care: the case of aorto-iliac occlusive disease. *Surgery* 2004;136:812-818.
14. Melliere D, Cron J, Allaire E, Desgranges P, Becquemin JP. Indications and benefits of simultaneous endoluminal balloon angioplasty and open surgery during elective lower limb revascularization. *Cardiovasc Surg* 1999;7:242-246.
15. Clement C, Costa-Foru B, Vernon P, Nicaise H. Transluminal angioplasty performed by the surgeon in lower limb arterial occlusive disease: one hundred fifty cases. *Ann Vasc Surg* 1990;4:519-527.
16. Miyahara T, Miyata T, Shigematsu H, et al. Long-term results of combined iliac endovascular intervention and infrainguinal surgical revascularization for treatment of multilevel arterial occlusive disease. *Int Angiol* 2005;24:340-348.
17. Schneider PA, Caps MT, Ogawa DY, Hayman ES. Intraoperative superficial femoral artery balloon angioplasty and popliteal to distal bypass graft: an option for combined open and endovascular treatment of diabetic gangrene. *J Vasc Surg* 2001;33:955-962.
18. Cotroneo AR, Iezzi R, Marano G, Fonio P, Nessi F, Gandini G. Hybrid therapy in patients with complex peripheral multifocal steno-obstructive vascular disease: two-year results. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2007;30:355-361.
19. Dougherty MJ, Young LP, Calligaro KD. One hundred twenty-five concomitant endovascular and open procedures for lower extremity arterial disease. *J Vasc Surg* 2003;37:316-322.
20. Nasr MK, McCarthy RJ, Budd JS, Horrocks M. Infrainguinal bypass graft patency and limb salvage rates in critical limb ischemia: influence of the mode of presentation. *Ann Vasc Surg* 2003;17:192-197.
21. Nelson PR, Powell RJ, Schermerhorn ML, et al. Early results of external iliac artery stenting combined with common femoral artery endarterectomy. *J Vasc Surg* 2002;35:1107-1113.
22. Leville CD, Kashyap VS, Clair DG, et al. Endovascular management of iliac artery occlusions: extending treatment to TransAtlantic Inter-Society Consensus class C and D patients. *J Vasc Surg* 2006;43:32-39.
23. Schanzer A, Owens CD, Conte MS, Belkin M. Superficial femoral artery percutaneous intervention is an effective strategy to optimize inflow for distal origin bypass grafts. *J Vasc Surg* 2007;45:740-743.
24. Curi MA, Skelly CL, Woo DH, et al. Long-term results of infrageniculate bypass grafting using all-autogenous composite vein. *Ann Vasc Surg* 2002;16:618-623.
25. Alexander J, Gutierrez C, Katz S. Non-greater saphenous vein grafting for infrageniculate bypass. *Am Surg* 2002;68:611-614.
26. Gentile AT, Lee RW, Moneta GL, Taylor LM, Edwards JM, Porter JM. Results of bypass to the popliteal and tibial arteries with alternative sources of autogenous vein. *J Vasc Surg* 1996;23:272-280.
27. Chew DK, Conte MS, Donaldson MC, Whittemore AD, Mannick JA, Belkin M. Autogenous composite vein bypass graft for infrainguinal arterial reconstruction. *J Vasc Surg* 2001;33:259-264.
28. Kashyap VS, Pavkov ML, Bena JF, et al. The management of severe aortoiliac occlusive disease: endovascular therapy rivals open reconstruction. *J Vasc Surg* 2008;48:1451-1457.
29. Kang JL, Patel VI, Conrad MF, Lamuraglia GM, Chung TK, Cambria RP. Common femoral artery occlusive disease: contemporary results following surgical endarterectomy. *J Vasc Surg* 2008;48:872-877.
30. Hynes N, Mahendran B, Manning B, Andrews E, Courtney D, Sultan S. The influence of subintimal angioplasty on level of amputation and limb salvage rates in lower limb critical ischaemia: a 15-year experience. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2005;30:291-299.
31. Myers SI, Myers DJ, Ahmend A, Ramakrishnan V. Preliminary results of subintimal angioplasty for limb salvage in lower extremities with severe chronic ischemia and limb-threatening ischemia. *J Vasc Surg* 2006;44:1239-1246.
32. Jacobs DL, Motaganahalli RL, Cox DE, Wittgen CM, Peterson GJ. True lumen re-entry devices facilitate subintimal angioplasty and stenting of total chronic occlusions: initial report. *J Vasc Surg* 2006;43:1291-1296.
33. Bockler D, Kotelis D, Geisbusch P, et al. Hybrid procedures for thoracoabdominal aortic aneurysms and chronic aortic dissections—a single center experience in 28 patients. *J Vasc Surg* 2008;47:724-732.
34. Luciani GB, Casali G, Faggian G, Mazzucco A. Predicting outcome after reoperative procedures on the aortic root and ascending aorta. *Eur J Cardiothorac Surg* 2000;17:602-607.
35. Saleh HM, Inglese L. Combined surgical and endovascular treatment of aortic arch aneurysms. *J Vasc Surg* 2006;44:460-466.
36. Peterson BG, Eskandari MK, Gleason TG, Morasch MD. Utility of left subclavian artery revascularization in association with endoluminal repair of acute and chronic thoracic aortic pathology. *J Vasc Surg* 2006;43:433-439.
37. Buth J, Harris PL, Hobo R, et al. Neurologic complications associated with endovascular repair of thoracic aortic pathology: incidence and risk factors. A study from the European Collaborators on Stent/Graft Techniques for Aortic Aneurysm Repair (EUROSTAR) registry. *J Vasc Surg* 2007;46:1103-1110.
38. Abu-Ghaida AM, Clair DG, Greenberg RK, Srivastava S, O'Hara PJ, Ouriel K. Broadening the applicability of

- endovascular aneurysm repair: the use of iliac conduits. *J Vasc Surg* 2002;36:111-117.
39. Makaroun MS, Dillavou ED, Kee ST, et al. Endovascular treatment of thoracic aortic aneurysms: results of the phase II multicenter trial of the GORE TAG thoracic endoprosthesis. *J Vasc Surg* 2005;41:1-9.
 40. Schumacher H, Von Tengg-Kobligh H, Ostovic M, et al. Hybrid aortic procedures for endoluminal arch replacement in thoracic aneurysms and type B dissections. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 2006;47:509-517.
 41. Mitchell RS, Ishimaru S, Ehrlich MP, et al. First International Summit on Thoracic Aortic Endografting: roundtable on thoracic aortic dissection as an indication for endografting. *J Endovasc Ther* 2002;9(Suppl 2):II98-II105.
 42. Tse LW, MacKenzie KS, Montreuil B, Obrand DI, Steinmetz OK. The proximal landing zone in endovascular repair of the thoracic aorta. *Ann Vasc Surg* 2004;18:178-185.
 43. Szeto WY, Bavaria JE, Bowen FW, Woo EY, Fairman RM, Pochettino A. The hybrid total arch repair: brachiocephalic bypass and concomitant endovascular aortic arch stent graft placement. *J Card Surg* 2007;22:97-104.
 44. Bergeron P, Coulon P, De Chaumaray T, et al. Great vessels transposition and aortic arch exclusion. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 2005;46:141-147.
 45. Melissano G, Bertoglio L, Civilini E, et al. Results of thoracic endovascular grafting in different aortic segments. *J Endovasc Ther* 2007;14:150-157.
 46. Zhou W, Reardon M, Peden EK, Lin PH, Lumsden AB. Hybrid approach to complex thoracic aortic aneurysms in high-risk patients: surgical challenges and clinical outcomes. *J Vasc Surg* 2006;44:688-693.
 47. Estrera AL, Miller CC, 3rd, Porat EE, Huynh TT, Winklerkvist A, Safi HJ. Staged repair of extensive aortic aneurysms. *Ann Thorac Surg* 2002;74:S1803-S1805, S1825-S1832.
 48. Schepens MA, Dossche KM, Morshuis WJ, van den Barselaar PJ, Heijmen RH, Vermeulen FE. The elephant trunk technique: operative results in 100 consecutive patients. *Eur J Cardiothorac Surg* 2002;21:276-281.
 49. Baraki H, Hagl C, Khaladj N, et al. The frozen elephant trunk technique for treatment of thoracic aortic aneurysms. *Ann Thorac Surg* 2007;83:S819-S831.
 50. Carroccio A, Spielvogel D, Ellozy SH, et al. Aortic arch and descending thoracic aortic aneurysms: experience with stent grafting for second-stage "elephant trunk" repair. *Vascular* 2005;13:5-10.
 51. Greenberg RK, Haddad F, Svensson L, et al. Hybrid approaches to thoracic aortic aneurysms: the role of endovascular elephant trunk completion. *Circulation* 2005;112:2619-2626.
 52. Svensson LG, Crawford ES, Hess KR, Coselli JS, Safi HJ. Experience with 1509 patients undergoing thoracoabdominal aortic operations. *J Vasc Surg* 1993;17:357-370.
 53. Rectenwald JE, Huber TS, Martin TD, Ozaki CK, Devidas M, Welborn MB, Seeger JM. Functional outcome after thoracoabdominal aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg* 2002;35:640-647.
 54. Quinones-Baldrich WJ, Panetta TF, Vescera CL, Kashyap VS. Repair of type IV thoracoabdominal aneurysm with a combined endovascular and surgical approach. *J Vasc Surg* 1999;30:555-560.
 55. Bakoyiannis C, Cagiannos C, Wasilljew S, Puerschel A, Pinter L, Kolvenbach R. Laparoscopic hybrid techniques for ectopic or accessory renal arteries debranching in complex endovascular aneurysm repair. *J Cardiovasc Surg(Torino)* 2008;49:67-71.
 56. Hughes GC, Nienaber JJ, Bush EL, Daneshmand MA, McCann RL. Use of custom Dacron branch grafts for "hybrid" aortic debranching during endovascular repair of thoracic and thoracoabdominal aortic aneurysms. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2008;136:21-28.
 57. Amabile P, Grisoli D, Giorgi R, Bartoli JM, Piquet P. Incidence and determinants of spinal cord ischaemia in stent-graft repair of the thoracic aorta. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2008;35:455-461.
 58. Griep RB, Griep EB. Spinal cord perfusion and protection during descending thoracic and thoracoabdominal aortic surgery: the collateral network concept. *Ann Thorac Surg* 2007;83:S865-S869.
 59. Cheung AT, Pochettino A, McGarvey ML, et al. Strategies to manage paraplegia risk after endovascular stent repair of descending thoracic aortic aneurysms. *Ann Thorac Surg* 2005;80:1280-1289.
 60. Etz CD, Halstead JC, Spielvogel D, et al. Thoracic and thoracoabdominal aneurysm repair: is reimplantation of spinal cord arteries a waste of time? *Ann Thorac Surg* 2006;82:1670-1677.
 61. Black SA, Wolfe JH, Clark M, Hamady M, Cheshire NJ, Jenkins MP. Complex thoracoabdominal aortic aneurysms: endovascular exclusion with visceral revascularization. *J Vasc Surg* 2006;43:1081-1089.
 62. Anderson JL, Adam DJ, Berce M, Hartley DE. Repair of thoracoabdominal aortic aneurysms with fenestrated and branched endovascular stent grafts. *J Vasc Surg* 2005;42:600-607.
 63. Chuter TA, Gordon RL, Reilly LM, Goodman JD, Messina LM. An endovascular system for thoracoabdominal aortic aneurysm repair. *J Endovasc Ther* 2001;8:25-33.
 64. Gilling-Smith GL, McWilliams RG, Scurr JR, et al. Wholly endovascular repair of thoracoabdominal aneurysm. *Br J Surg* 2008;95:703-708.
 65. Naylor AR, Cuffe RL, Rothwell PM, Bell PR. A systematic review of outcomes following staged and synchronous carotid endarterectomy and coronary artery bypass. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2003;25:380-389.
 66. Kovacic JC, Roy PR, Baron DW, Muller DW. Staged carotid artery stenting and coronary artery bypass graft surgery: initial results from a single center. *Catheter Cardiovasc Interv* 2006;67:142-148.
 67. Versaci F, Del Giudice C, Scafuri A, et al. Sequential hybrid carotid and coronary artery revascularization: immediate and mid-term results. *Ann Thorac Surg* 2007;84:1508-1513.
 68. Timaran CH, Rosero EB, Smith ST, Valentine RJ, Modrall JG, Clagett GP. Trends and outcomes of concurrent carotid revascularization and coronary bypass. *J Vasc Surg* 2008;48:355-360.
 69. Sullivan TM, Gray BH, Bacharach JM, et al. Angioplasty and primary stenting of the subclavian, innominate, and common carotid arteries in 83 patients. *J Vasc Surg* 1998;28:1059-1065.
 70. Grego F, Frigatti P, Lepidi S, Bonvini S, Amista P, Deriu GP. Synchronous carotid endarterectomy and retrograde endovascular treatment of brachiocephalic or common carotid artery stenosis. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2003;26:392-395.
 71. Allie DE, Hebert CJ, Lirtzman MD, et al. Intraoperative innominate and common carotid intervention combined with carotid endarterectomy: a "true" endovascular surgical approach. *J Endovasc Ther* 2004;11:258-262.

72. Eagle KA, Guyton RA, Davidoff R, et al. ACC/AHA 2004 guideline update for coronary artery bypass graft surgery: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1999 Guidelines for Coronary Artery Bypass Graft Surgery). *Circulation* 2004;110:e340-e437.
73. Loop FD, Lytle BW, Cosgrove DM, et al. Influence of the internal-mammary-artery graft on 10-year survival and other cardiac events. *N Engl J Med* 1986;314:1-6.
74. Boylan MJ, Lytle BW, Loop FD, et al. Surgical treatment of isolated left anterior descending coronary stenosis. Comparison of left internal mammary artery and venous autograft at 18 to 20 years of follow-up. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1994;107:657-662.
75. Pompilio G, Alamanni F, Tartara PM, et al. Determinants of late outcome after minimally invasive direct coronary artery bypass. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 2007;48:207-214.
76. Katz MR, Van Praet F, de Canniere D, et al. Integrated coronary revascularization: percutaneous coronary intervention plus robotic totally endoscopic coronary artery bypass. *Circulation* 2006;114(Suppl 1):I473-I476.
77. Lev-Ran O, Loberman D, Matsa M, et al. Reduced strokes in the elderly: the benefits of untouched aorta off-pump coronary surgery. *Ann Thorac Surg* 2004;77:102-107.
78. Byrne JG, Leacche M, Unic D, et al. Staged initial percutaneous coronary intervention followed by valve surgery ("hybrid approach") for patients with complex coronary and valve disease. *J Am Coll Cardiol* 2005;45:14-18.
79. Kiaii B, McClure RS, Stewart P, et al. Simultaneous integrated coronary artery revascularization with long-term angiographic follow-up. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2008;136:702-708.
80. Friedrich GJ, Bonatti J. Hybrid coronary artery revascularization—review and update 2007. *Heart Surg Forum* 2007;10:E292-E296.
81. Kon ZN, Brown EN, Tran R, et al. Simultaneous hybrid coronary revascularization reduces postoperative morbidity compared with results from conventional off-pump coronary artery bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2008;135:367-375.
82. Reicher B, Poston RS, Mehra MR, et al. Simultaneous "hybrid" percutaneous coronary intervention and minimally invasive surgical bypass grafting: feasibility, safety, and clinical outcomes. *Am Heart J* 2008;155:661-667.
83. Davidavicius G, Van Praet F, Mansour S, et al. Hybrid revascularization strategy: a pilot study on the association of robotically enhanced minimally invasive direct coronary artery bypass surgery and fractional-flow-reserve-guided percutaneous coronary intervention. *Circulation* 2005;112(Suppl 9):I317-I322.
84. Spoelstra H, Nevelsteen A, Wilms G, Suy R. Balloon angioplasty combined with vascular surgery. *Eur J Vasc Surg* 1989;3:381-388.
85. Weber G, Kiss T. Intraoperative balloon angioplasty. *Eur J Vasc Surg* 1989;3:153-157.
86. Brewster DC, Cambria RP, Darling RC, et al. Long-term results of combined iliac balloon angioplasty and distal surgical revascularization. *Ann Surg* 1989;210:324-331.
87. Perler BA, Williams GM. Does donor iliac artery percutaneous transluminal angioplasty or stent placement influence the results of femorofemoral bypass? Analysis of 70 consecutive cases with long-term follow-up. *J Vasc Surg* 1996;24:363-370.
88. Aburahma AF, Robinson PA, Cook CC, Hopkins ES. Selecting patients for combined femorofemoral bypass grafting and iliac balloon angioplasty and stenting for bilateral iliac disease. *J Vasc Surg* 2001;33(Suppl 2):S93-S99.
89. Timaran CH, Stevens SL, Freeman MB, Goldman MH. Infrainguinal arterial reconstructions in patients with aortoiliac occlusive disease: the influence of iliac stenting. *J Vasc Surg* 2001;34:971-978.
90. Schumacher H, Bockler D, Bardenheuer H, Hansmann J, Allenberg JR. Endovascular aortic arch reconstruction with supra-aortic transposition for symptomatic contained rupture and dissection: early experience in 8 high-risk patients. *J Endovasc Ther* 2003;10:1066-1074.
91. Caronno R, Piffaretti G, Tozzi M, et al. Endovascular repair for thoracic aortic arch aneurysms. *Int Angiol* 2006;25:249-255.
92. Chan YC, Cheng SW, Ting AC, Ho P. Supra-aortic hybrid endovascular procedures for complex thoracic aortic disease: single center early to midterm results. *J Vasc Surg* 2008;48:571-579.
93. Resch TA, Greenberg RK, Lyden SP, et al. Combined staged procedures for the treatment of thoracoabdominal aneurysms. *J Endovasc Ther* 2006;13:481-489.
94. Gawenda M, Aleksic M, Heckenkamp J, Reichert V, Gossmann A, Brunkwall J. Hybrid procedures for the treatment of thoracoabdominal aortic aneurysms and dissections. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2007;33:71-77.
95. Donas KP, Schulte S, Krause E, Horsch S. Combined endovascular stent-graft repair and adjunctive visceral vessel reconstruction for complex thoracoabdominal aortic aneurysms. *Int Angiol* 2007;26:213-218.
96. Chiesa R, Tshomba Y, Melissano G, et al. Hybrid approach to thoracoabdominal aortic aneurysms in patients with prior aortic surgery. *J Vasc Surg* 2007;45:1128-1135.
97. Wittwer T, Cremer J, Boonstra P, et al. Myocardial "hybrid" revascularisation with minimally invasive direct coronary artery bypass grafting combined with coronary angioplasty: preliminary results of a multicentre study. *Heart* 2000;83:58-63.
98. Presbitero P, Nicolini F, Maiello L, et al. "Hybrid" percutaneous and surgical coronary revascularization: selection criteria from a single-center experience. *Ital Heart J* 2001;2:363-368.
99. Stahl KD, Boyd WD, Vassiliades TA, Karamanoukian HL. Hybrid robotic coronary artery surgery and angioplasty in multivessel coronary artery disease. *Ann Thorac Surg* 2002;74:S1358-S1362.
100. Riess FC, Bader R, Kremer P, et al. Coronary hybrid revascularization from January 1997 to January 2001: a clinical follow-up. *Ann Thorac Surg* 2002;73:1849-1855.
101. Gilard M, Bezon E, Cornily JC, et al. Same-day combined percutaneous coronary intervention and coronary artery surgery. *Cardiology* 2007;108:363-367.