

Revascularización miocárdica (IX)

Los injertos arteriales en cirugía coronaria: ¿una terapia universal?

José M. González Santos, Javier López Rodríguez y María J. Dalmau Sorlí

Servicio de Cirugía Cardíaca. Hospital Universitario de Salamanca. Salamanca. España.

Los conductos arteriales son, hoy día, elementos fundamentales de la cirugía coronaria. Las indiscutibles ventajas de la revascularización de la descendente anterior con la arteria mamaria izquierda han impulsado la utilización de otras arterias en territorios diferentes. La arteria mamaria derecha y la arteria radial se disputan el papel de segundo conducto. Además, la arteria gastroepiploica derecha y la epigástrica inferior, aunque menos populares, permiten conseguir una revascularización completa utilizando exclusivamente injertos arteriales en la mayoría de los pacientes.

La mayoría de las publicaciones al respecto avalan el uso extensivo de los conductos arteriales. Sin embargo, gran parte de esta información está basada en estudios observacionales y los datos angiográficos se refieren fundamentalmente a pacientes sintomáticos, por lo que las indicaciones de las diferentes técnicas no están estandarizadas. Por otra parte, la permeabilidad de los injertos de vena safena en nuestros días ha mejorado con respecto a la de épocas anteriores.

En este artículo se describen las características anatómicas e histológicas de los conductos arteriales. Se comentan las diferentes opciones técnicas con sus indicaciones, ventajas e inconvenientes. También se analizan los resultados, tanto clínicos como angiográficos, y el papel de los injertos arteriales en los distintos escenarios anatómicos y clínicos. Por último, se discuten las perspectivas futuras de este tipo de cirugía.

Palabras clave: *Cardiopatía isquémica. Cirugía coronaria. Conductos arteriales.*

Arterial Grafts in Coronary Surgery. Treatment for Everyone?

At present, arterial conduits are the key elements of coronary bypass surgery. The clear benefits of using the left internal mammary artery for revascularization of the left anterior descending coronary artery have encouraged the use of other arteries in different areas. The right internal mammary artery and the radial artery are competing for the role as the second most useful conduit. Moreover, use of the right gastroepiploic artery or the inferior epigastric artery, although both are less popular, enables complete revascularization to be carried out using only arterial grafts in most patients. The majority of publications on the subject endorse the extensive use of arterial conduits. However, most findings are based on observational and angiographic data that are derived essentially from studies on symptomatic patients. Consequently, indications for the different techniques have not been standardized. On the other hand, the patency of saphenous vein grafts has improved recently. This article describes the anatomical and histologic characteristics of arterial conduits. The indications for, and advantages and limitations of, the different techniques available are reviewed. In addition, the clinical and angiographic results achieved are considered, as is the role of arterial conduits in different anatomical and clinical settings. Finally, the future application of this type of surgery is discussed.

Key words: *Coronary disease. Coronary bypass surgery. Arterial conduits.*

Full English text available at: www.revespcardiol.org

Sección patrocinada por el Laboratorio Dr. Esteve

Correspondencia: Dr. J.M. González Santos.
Servicio de Cirugía Cardíaca. Hospital Universitario de Salamanca.
P.º San Vicente, s/n. 37007 Salamanca. España.
Correo electrónico: jmsg@usal.es

INTRODUCCIÓN

Durante más de 4 décadas, la revascularización quirúrgica del miocardio ha demostrado ser una de las terapias más eficaces y duraderas en el tratamiento de la cardiopatía isquémica (CI), en especial en las formas anatómicas más complejas. Este procedimiento, que inicialmente se basó en la derivación aortocoronaria (DAC) con injertos de vena safena (VS), mejoró de manera espectacular los resultados clínicos cuando se comenzó a utilizar la arteria mamaria interna (AMI), o torácica interna, para revascularizar la arteria descen-

ABREVIATURAS

ACD: arteria coronaria derecha.
ACX: arteria circunfleja.
ADA: arteria descendente anterior.
AEI: arteria epigástrica inferior.
AGE: arteria gastroepiploica.
AMI: arteria/s mamaria/s interna/s.
AR: arteria radial.
CEC: circulación extracorpórea.
CI: cardiopatía isquémica.
DAC: derivación aortocoronaria.
IVP: arteria interventricular posterior.
SCA: síndrome coronario agudo.
TCI: tronco común izquierdo.
VS: vena safena.

dente anterior (ADA). Este beneficio se sustenta en la excelente permeabilidad a largo plazo de la AMI como consecuencia de su resistencia a los cambios histológicos que comprometen la permeabilidad de los injertos venosos a corto y medio plazo: la hiperplasia fibrosa de la íntima y la aterosclerosis.

Estos resultados animaron a los cirujanos a utilizar esta arteria en territorios distintos de la ADA, a recurrir también a la AMI derecha y a emplear otros conductos arteriales. A pesar de la experiencia acumulada durante más de 3 décadas, sólo la utilización de la AMI izquierda para revascularizar la ADA sigue siendo un elemento indiscutible en cualquier intervención de DAC. Sin embargo, la utilización de la AMI en otras arterias, las ventajas de utilizar la segunda AMI y los resultados e indicaciones de otros tipos de injertos arteriales siguen siendo todavía objeto de amplio debate.

En este artículo se comentan, a la vista de las publicaciones más recientes, las características de los distintos tipos de conductos arteriales, las diferentes opciones técnicas y sus resultados clínicos y angiográficos. Además, se analizan las ventajas y los inconvenientes de la revascularización mediante conductos arteriales en diferentes escenarios anatómicos y clínicos de la CI.

DESARROLLO HISTÓRICO

Los primeros esfuerzos para revascularizar el miocardio mediante arterias ajenas al corazón se remontan a la década de los cuarenta, mucho antes de que se consolidara la DAC como una estrategia terapéutica en la CI. Un cirujano canadiense, Arthur Vineberg¹, desarrolló diferentes técnicas experimentales para perfundir el miocardio con la AMI y en 1958 publicaba los primeros resultados clínicos de la tunelización intramiocárdica de dicha arteria. Años más tarde, Effler et al² demostrarían que este tipo de implante podía per-

manecer permeable durante años, creando conexiones con las arteriolas coronarias y contribuyendo a mejorar la perfusión del miocardio. Estos resultados estimularon a otros grupos a desarrollar técnicas que permitiesen incrementar el riego coronario mediante la conexión directa de la AMI con la circulación coronaria. En 1964, Spencer et al³ publicaban los primeros resultados de la anastomosis mamario-coronaria bajo circulación extracorpórea (CEC) y Kolesov⁴, pocos años más tarde, comunicaba su experiencia inicial con la anastomosis mamario-coronaria a corazón latiendo.

Sin embargo, la mayor dificultad de las anastomosis con la AMI hizo que su uso quedase relativamente restringido hasta mediados de la década de los ochenta en favor de los injertos de VS, más versátiles y fáciles de manejar. Sólo el trabajo continuado de algunos pioneros permitió demostrar la mayor permeabilidad a largo plazo de los injertos de AMI y las ventajas clínicas que este hecho condicionaba. Merece especial mención el esfuerzo de George Green⁵, uno de los pocos cirujanos que siguió utilizando la AMI en la década de los setenta y cuyos excelentes resultados a 15 años se publicaron en 1986. Animado por estos resultados, Kay et al⁶ comenzaron a utilizar las dos AMI y Loop et al⁷ introdujeron el injerto libre, desconectando la AMI de la arteria subclavia y anastomosándola proximalmente a la aorta ascendente, para revascularizar coronarias a las que no llegaba la AMI *in situ*. En esta misma línea, Tector et al⁸ introdujeron los injertos secuenciales de AMI, realizando una o más anastomosis latero-laterales para revascularizar más de una rama coronaria con el mismo injerto.

Paralelamente a la generalización del uso de la AMI se fueron introduciendo otros conductos arteriales, bien como alternativa a ésta o como un complemento que permitiese revascularizar con arterias territorios distintos de la ADA. En 1973, Carpentier et al⁹ comenzaron a utilizar la arteria radial (AR) como un injerto que, por su mayor calibre y grosor parietal, parecía más fácil de utilizar como conducto libre, y Edwards et al¹⁰ hicieron lo propio con la arteria esplénica para revascularizar la cara inferior del corazón. No obstante, ambos tipos de injerto fueron pronto abandonados a causa de los pobres resultados angiográficos. Años más tarde, Pym et al¹¹ describieron la técnica para utilizar la arteria gastroepiploica (AGE) derecha para la misma finalidad con mejores resultados.

Otras arterias, como la epigástrica inferior, la cubital y la subescapular, entre otras, también se han utilizado en un intento por conseguir una revascularización completa con injertos arteriales.

TIPOS DE INJERTOS ARTERIALES

Clasificación

Los segmentos arteriales que se utilizan como conductos aortocoronarios son arterias de conducción y,

TABLA 1. Clasificación funcional de los injertos arteriales

	Tipo I	Tipo II	Tipo III
Localización	Pared de cavidades	Cavidad abdominal	Miembros
Características	Arterias somáticas	Arterias esplácnicas	Arterias de los miembros
Arteria	Mamaria interna	Gastroepiloica	Radial
	Epigástrica inferior	Esplénica	Cubital
	Subescapular	Mesentérica inferior	Circunfleja lateral femoral

como tales, comparten determinadas características histológicas e histoquímicas que los diferencian claramente de la VS. Sin embargo, sus propiedades biológicas no son uniformes; tienen diferentes origen embriológico, estructura anatómica y reactividad, tanto espontánea como inducida por diversos agentes farmacológicos. Estas diferencias pueden repercutir en el comportamiento perioperatorio y en la permeabilidad a largo plazo. Basándose en el origen embriológico, la estructura histológica y la reactividad, He y Yang¹² propusieron una clasificación de los conductos arteriales que ha sido ampliamente aceptada (tabla 1).

Características anatómicas e histológicas

La AMI es la primera rama descendente de la arteria subclavia y tiene un trayecto paralelo al esternón, localización que la hace fácilmente accesible por esternotomía media. Tiene un calibre muy similar al de las arterias coronarias, en torno a 2 mm. La capa íntima es fina en la mayor parte de su trayecto y está separada de la media por una lámina elástica interna muy bien definida y con escasas fenestraciones. La pared tiene un grosor de unas 350 μm y está constituida fundamentalmente por láminas elásticas, componente que alterna con fibras musculares lisas en sus extremos proximal y distal¹³.

La AR tiene un calibre algo superior que la AMI y una longitud que prácticamente permite alcanzar cualquier arteria coronaria. A diferencia de esta última, su capa media es bastante más gruesa, cercana a 500 μm , y está básicamente constituida por fibras musculares lisas¹³. Además, su membrana elástica interna tiene múltiples fenestraciones y presenta invariablemente hiperplasia intimal ligera o moderada.

La AGE derecha es una rama de la arteria gastroduodenal que discurre por la curvatura mayor del estómago para terminar anastomosándose con la AGE izquierda, rama de la arteria esplénica. En la práctica sólo son utilizables los primeros 20 cm aproximadamente de la arteria. La AGE tiene un calibre y una longitud similares a los de la AR, > 2,5 mm en el origen y en torno a 1,8 mm a 15 cm de éste. Su capa media también es fundamentalmente muscular, aunque algo menos gruesa que la de la AR. Al igual que ésta, presenta numerosas fenestraciones en la lámina elástica interna, aunque suele tener menor grado de hiperplasia intimal¹⁴.

La arteria epigástrica inferior (AEI) es una rama ascendente de la arteria ilíaca externa, fácilmente abordable por detrás de la porción inferior del músculo recto anterior del abdomen. Tiene una longitud y un grosor variables, aunque en la mayoría de los pacientes se puede obtener un segmento útil de entre 10 y 12 cm. Su calibre es inferior al de otros injertos arteriales, especialmente a medida que se aleja de su origen. Su estructura histológica es muy similar a la de AR, si bien el grosor de la capa media es también menor y oscila entre 160 y 300 μm ¹⁴. También presenta una capa íntima moderadamente hiperplásica.

En todas estas arterias, los *vasa vasorum* no pasan de la capa adventicial y se nutren sobre todo mediante difusión desde la luz arterial, por lo que su viabilidad no se ve comprometida cuando se desconectan de la arteria de la que se originan y se utilizan como injertos libres.

Función endotelial y tono muscular

Además de actuar como un elemento fundamental para prevenir la agregación plaquetaria y el desarrollo de lesiones ateroscleróticas, el endotelio arterial desempeña un papel determinante en la modulación del tono vascular mediante la liberación de sustancias vasoactivas. Esta interacción entre el endotelio y las fibras musculares lisas es fundamental en la capacidad de los injertos arteriales para adaptar el flujo a la demanda del miocardio y es una de las razones de su excelente permeabilidad a largo plazo. Aunque la capacidad de las distintas arterias para liberar agentes vasodilatadores no es uniforme, las diferencias suelen ser poco marcadas y en todas ellas es muy superior a la de la VS¹⁵. Tampoco se han encontrado diferencias notables en la capacidad de relajación no dependiente del endotelio. Por otra parte, el endotelio también genera sustancias vasoconstrictoras, como el tromboxano A_2 y la endotelina, y en la capa muscular de las arterias hay receptores para diferentes agentes vasoconstrictores. También la respuesta vasoconstrictora de cada arteria a los diferentes agentes es diferente en sensibilidad y magnitud. En general, las arterias tipo II y III, con una capa muscular más desarrollada, tienen una respuesta vasoconstrictora más intensa ante cualquier estímulo *in vitro*¹⁶, circunstancia que coincide plenamente con su comportamiento *in vivo*. La AR, en

concreto, posee una capacidad de contracción superior a la AMI e incluso a la AGE¹⁷.

ARTERIA MAMARIA INTERNA

La localización, el calibre, la privilegiada estructura histológica y la superior función endotelial han convertido a la AMI en el injerto de elección para la DAC.

Opciones técnicas

Cualquiera de las dos AMI puede utilizarse conservando su origen en la arteria subclavia (injerto *in situ*) o desconectada de ésta y anastomosada a la aorta o al cuerpo de otro injerto arterial o venoso (injerto libre). Por otra parte, como sucede con cualquier otro tipo de injerto, la AMI puede utilizarse para revascularizar un único vaso o varias ramas coronarias mediante la realización de una o más anastomosis latero-laterales (injertos secuenciales). De esta forma disminuye la necesidad de utilizar injertos venosos y se reduce o evita por completo la manipulación de la aorta. En otro orden de cosas, la AMI se puede diseccionar junto con sus venas satélite, la parte adjunta de los músculos intercostales y la fascia intratorácica (injerto pediculado) o sin ningún tipo de tejido acompañante (injerto esquelizado). La esquelización permite obtener un conducto de mayor longitud y favorece la dilatación de la arteria como consecuencia de la denervación, lo que facilita la realización de las anastomosis latero-laterales¹⁸. El flujo inicial de la AMI esquelizada es también mayor que cuando se disecciona con todo su pedículo¹⁹. Esta técnica, además, es menos lesiva para la pared torácica y disminuye la posibilidad de apertura accidental de la pleura²⁰. Pero, sobre todo, la esquelización preserva mejor la vascularización del esternón, al mantener la conexión entre las ramas internas, que irrigan el esternón, y las arterias intercostales anteriores que, a su vez, conectan con las intercostales posteriores procedentes de la aorta torácica²¹. Sin embargo, la esquelización es técnicamente más exigente, implica mayor posibilidad de lesión de la arteria durante la disección y priva a ésta de los *vasa vasorum* y de su drenaje venoso y linfático. Aunque no se ha demostrado que la esquelización *per se* altere la integridad estructural, la función endotelial y la reactividad de la AMI, sus efectos sobre la permeabilidad a largo plazo son todavía desconocidos²².

La AMI izquierda *in situ* se utiliza preferentemente para revascularizar la ADA y/o sus ramas diagonales, ya sea en forma de injerto simple o secuencial. En los raros pacientes quirúrgicos en los que no es necesario revascularizar la ADA, la AMI izquierda suele destinarse a la coronaria más importante, generalmente alguna rama de la arteria circunfleja (ACX), bien *in situ* o como injerto libre. La AMI izquierda se utiliza como injerto libre cuando hay una estenosis en el origen de

la arteria subclavia o, con menor frecuencia, para aprovechar arterias que se han lesionado en la disección de su porción proximal o para revascularizar ramas coronarias inalcanzables en la disposición *in situ*²³.

La AMI derecha *in situ* también puede emplearse para revascularizar ramas de la coronaria izquierda, bien alcanzando la ADA por delante del corazón o alguna rama de la ACX por detrás de los grandes vasos. En el primer caso, la AMI cruza la línea media sobre la aorta, lo que supone un serio inconveniente en el caso de que se necesite una nueva intervención. Cuando se la hace pasar por el seno transversal resulta difícil llegar a las ramas más distales de la ACX. Por otro lado, en gran parte de este trayecto la arteria queda inaccesible a efectos de hemostasia y verificación de la orientación y resulta vulnerable durante la disección de la aorta en una eventual reintervención²⁴. Por ello, la práctica más habitual es destinar la AMI derecha *in situ* a la arteria coronaria derecha (ACD) media o distal o, si su longitud es suficiente, a la arteria interventricular posterior (IVP) (fig. 1). La primera suele ser un vaso de mayor calibre y pared más gruesa que la AMI, condiciones que dificultan la anastomosis. Además, es frecuente que la enfermedad coronaria progrese en el segmento comprendido entre el margen agudo y la *crus cordis*, comprometiendo el resultado de los injertos emplazados antes de este segmento²⁵. Por otra parte, cuando la AMI se utiliza para revascularizar la IVP es a menudo necesario aprovechar su segmento

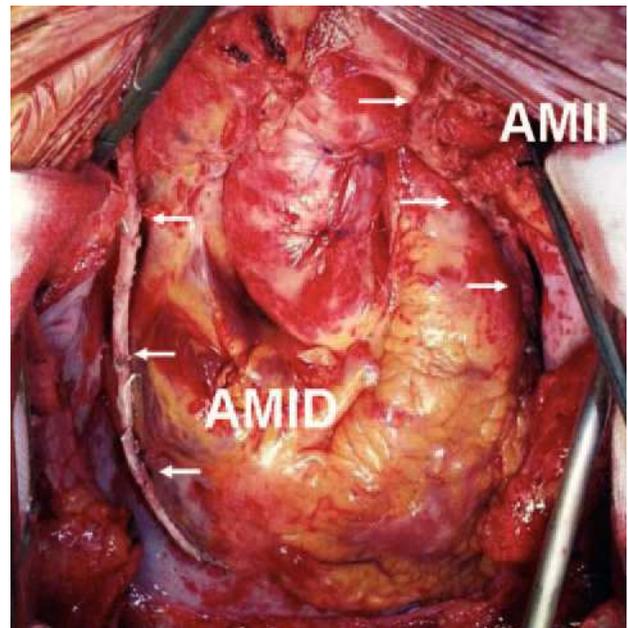


Fig. 1. Revascularización con ambas arterias mamarias *in situ*, con la utilización de la arteria mamaria izquierda pedicuada para la descendente anterior y la arteria mamaria derecha esquelizada para la coronaria derecha distal.

AMII: arteria mamaria interna izquierda; AMID: arteria mamaria interna derecha.

más distal, de menor calibre y con mayor tendencia al espasmo.

La utilización de la AMI derecha como injerto libre permite alcanzar vasos coronarios más alejados y obviar algunos de los inconvenientes señalados con la mamaria *in situ* (fig. 2). Sin embargo, la anastomosis entre la aorta y la AMI es técnicamente compleja por el pequeño calibre de ésta y el diferente grosor de ambos vasos. Como alternativa se puede anastomosar la AMI al origen de un injerto venoso o al cuerpo de un injerto de AMI izquierda²⁶ (fig. 3). Con esta disposición en «T» o en «Y» invertida y realizando, cuando es necesario, una o más anastomosis secuenciales se puede conseguir una revascularización completa con la utilización exclusiva las dos AMI en muchos pacientes.

Permeabilidad

La permeabilidad de la AMI depende de la arteria a la que se destina, de la severidad de la estenosis y de la calidad de su lecho distal. La permeabilidad de la AMI izquierda *in situ* anastomosada a la ADA es > 95% al cabo de 1 año y las oclusiones posteriores son excepcionales, de modo que a los 20 años más del 90% se mantienen permeables²⁷. La permeabilidad es algo menor cuando se destina a otras arterias. En un estudio de Tatoulis et al²⁸, en el que se analiza la permeabilidad a los 15 años de más de 2.000 injertos de AMI, ésta disminuyó desde el 97% en los injertos destinados a la ADA al 91 y 84% en los destinados a la ACX y la ACD, respectivamente.

Aunque se ha especulado sobre la menor permeabilidad a largo plazo de la AMI derecha, estudios recientes han demostrado que, cuando se tiene en consideración el vaso revascularizado, ésta es equivalente a la de la AMI izquierda. En el estudio antes mencionado, la permeabilidad a los 15 años de la AMI izquierda y derecha *in situ* utilizadas para la ADA fue del 97 y del 95%, respectivamente²⁸. Como sucede con otros conductos arteriales, la permeabilidad de la AMI derecha *in situ* también es menor cuando se destina a la ACD²⁹.

Los datos publicados sobre la permeabilidad de la AMI libre se refieren fundamentalmente a la AMI derecha. Esta disposición supone sólo una ligera reducción de la permeabilidad, justificable por el distinto tipo de arteria diana. Así, en una serie de 1.454 pacientes con doble AMI en los que la AMI derecha se utilizó como injerto libre para el territorio izquierdo en el 70% de los casos, la permeabilidad a los 5 años fue ligera, pero no significativamente inferior a la AMI izquierda *in situ* (el 89 frente al 96%)³⁰.

La información disponible sobre la permeabilidad de la AMI esqueletizada es escasa. En un estudio en el que se comparan los resultados clínicos y angiográficos de este tipo de injerto con los de la AMI pediculada, Calafiore et al³¹ encontraron que la permeabilidad

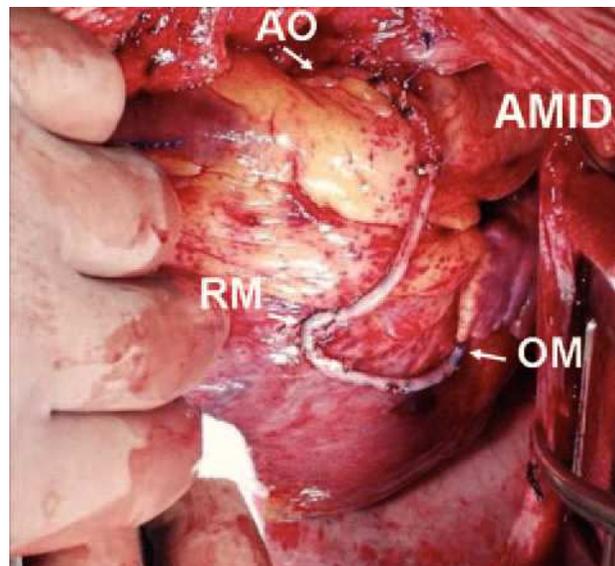


Fig. 2. Injerto secuencial de arteria mamaria derecha libre esqueletizada a una rama bisectriz y a la obtusa marginal. AMID: arteria mamaria interna derecha; AO: anastomosis a la aorta ascendente; RM: anastomosis latero-lateral al ramo mediano; OM: anastomosis término-lateral a la obtusa marginal.

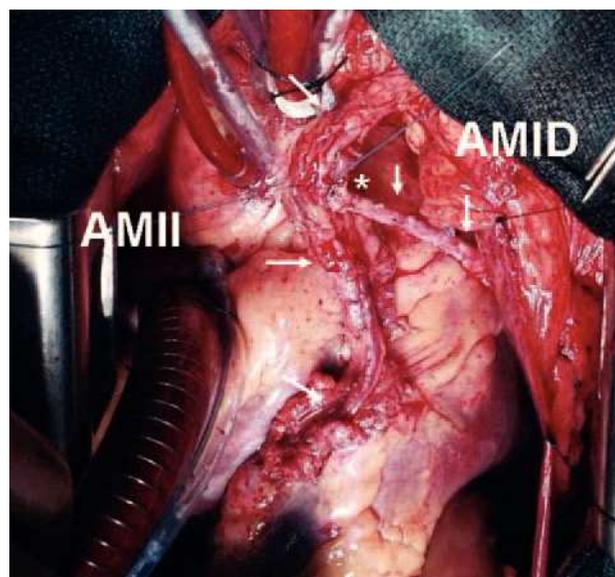


Fig. 3. Injerto compuesto en «Y» con la arteria mamaria izquierda pediculada *in situ* a la descendente anterior y la arteria mamaria derecha libre esqueletizada a una rama marginal. AMII: arteria mamaria interna izquierda; AMID: arteria mamaria interna derecha.
*Anastomosis término-lateral entre ambas arterias mamarias

a corto y medio plazo era similar, aunque solamente se realizó angiografía de control en el 19% de los pacientes. Hirose et al³² han obtenido resultados similares en un número importante de pacientes diabéticos revascularizados con ambas técnicas.

Las anastomosis latero-laterales de los injertos secuenciales, aunque técnicamente más exigentes, tienen

una excelente permeabilidad en manos experimentadas. Controles angiográficos realizados en los primeros meses han demostrado que la permeabilidad de estas anastomosis se encuentra por encima del 95%³³.

Por otro lado, también se ha objetivado que la permeabilidad a largo plazo de la AMI es mejor cuando el grado de estenosis de la arteria diana es > 60%, especialmente en el caso de la AMI derecha (el 65% con lesiones < 60% y el 97% con estenosis superiores)²⁸. Sin embargo, investigadores de la Cleveland Clinic, en un reciente estudio realizado en más de 2.000 pacientes, han encontrado que la permeabilidad de la AMI disminuye sólo ligeramente cuando lo hace el grado de estenosis de la arteria coronaria y que no parece haber ningún grado crítico de estenosis por debajo del cual la permeabilidad se reduzca de manera importante³⁴.

Resultados clínicos

Como cabría esperar, la magnífica permeabilidad a largo plazo de la AMI se traduce en beneficios clínicos evidentes. Aunque no sustentadas en estudios aleatorizados, las ventajas de revascularizar la ADA con la AMI son indiscutibles y esta estrategia es considerada como un elemento fundamental de la cirugía coronaria. Hace casi dos décadas, Loop et al³⁵, en un estudio que incluía a más de 5.900 pacientes, demostraron que la utilización de la AMI sobre la ADA mejora la supervivencia y reduce la incidencia de nuevos infartos, la necesidad de nuevas hospitalizaciones y de la cirugía iterativa a los 10 años. Cameron et al^{36,37} confirmaron que los beneficios de esta estrategia persisten al cabo de 15 y 20 años.

Estos resultados permitían intuir que la utilización adicional de la AMI derecha debería mejorar los resultados clínicos de la DAC. Sin embargo, la comprobación de este pretendido beneficio no está resultando fácil. La importancia pronóstica de la enfermedad de la descendente anterior es superior a la del resto de los vasos y su revascularización con la AMI izquierda asegura el beneficio clínico durante más de una década. Para demostrar las ventajas de utilizar la segunda AMI serían necesarios estudios prospectivos con un seguimiento muy prolongado en los que se comparasen las dos estrategias de revascularización en un gran número de pacientes. Hasta ahora, estos estudios no se han realizado, de manera que la información de que disponemos está basada en investigaciones retrospectivas en las que la selección de pacientes, el tipo de injerto (pediculado o libre) y la elección de la coronaria a la que se destina la segunda AMI han podido influir de manera determinante en los resultados.

En estudios con un seguimiento superior a 10 años es prácticamente constante encontrar una reducción significativa en la recidiva de nuevos eventos isquémicos cuando se ha utilizado la segunda AMI. Fiore et

al³⁸, en un estudio de casos y controles encontraron que la utilización de la segunda mamaria para la ACD reduce significativamente la recurrencia de angina, infarto de miocardio y en la incidencia global de accidentes isquémicos a los 15 años. Pick et al³⁹, en una investigación similar encontraron que cuando la segunda mamaria se utiliza para ramas de la coronaria izquierda, la recurrencia de la angina a los 10 años se reduce a la mitad (el 33 frente al 63%). También la incidencia de nuevos infartos y la valoración conjunta de todo tipo de accidentes isquémicos fueron inferiores en los pacientes que recibieron dos mamarías. Buxton et al⁴⁰, en un modelo de riesgo ajustado, también han confirmado que la presencia de nuevos infartos y la necesidad de cirugía iterativa son menores en los pacientes en los que se utilizaron las dos mamarías al cabo de 12 años. Por el contrario, Sergeant et al⁴¹ concluyen que, aunque la recurrencia de la angina es menor en los pacientes en los que se utilizan las dos AMI, la diferencia es únicamente del 5% a los 10 años. En nuestro medio, López Rodríguez et al⁴² también han identificado la utilización de las dos mamarías como un factor protector independiente para la recurrencia de angina, la necesidad de nuevos procedimientos de revascularización y la valoración conjunta de cualquier complicación cardiológica a los 15 años. Más recientemente, Stevens et al⁴³, en un estudio retrospectivo realizado en 4.382 pacientes con enfermedad multivascular, han confirmado que la incidencia de infartos y de nuevos eventos isquémicos es significativamente menor cuando se utilizan las dos AMI.

Por lo que respecta a la supervivencia, los beneficios de utilizar ambas AMI son menos evidentes. Únicamente Lytle et al⁴⁴, en la serie más amplia y con un seguimiento más prolongado publicada hasta ahora, han encontrado una mejor supervivencia a los 10 y 20 años en los pacientes que reciben dos mamarías, y que los pacientes con un perfil de mayor riesgo son los más beneficiados. Para Pick et al³⁹, la mortalidad de causa cardíaca a los 10 años es menor en los pacientes con dos mamarías, aunque la supervivencia global es similar. En el estudio de Stevens et al⁴³ también se encontró que la supervivencia a los 10 años era un 5% superior en los pacientes que recibieron las dos AMI, aunque su perfil clínico era también más favorable. En un metaanálisis realizado sobre más de 11.000 pacientes ajustados por edad, sexo, función ventricular y presencia o no de diabetes, Taggart et al⁴⁵ confirmaron el beneficio en la supervivencia que supone la utilización de las dos arterias mamarías. Sin embargo, cuando la segunda mamaria se destina a la ACD o a sus ramas, los beneficios en la supervivencia son menos evidentes^{44,46}.

No obstante, hay que tener en cuenta que los beneficios clínicos encontrados con la utilización de ambas AMI sólo se han demostrado en pacientes en los que estas arterias se utilizaron mayoritariamente *in situ*,

pediculadas y destinadas a las ramas de la coronaria izquierda. Habría que confirmar que otras variantes técnicas, como la utilización de injertos libres o la esqueletización de la AMI, consiguen estos mismos resultados.

Limitaciones e inconvenientes

La utilización de la AMI *in situ* está contraindicada en pacientes con estenosis del tronco braquiocefálico o de la arteria subclavia ipsilateral, si bien en estos casos todavía puede utilizarse como injerto libre. Tampoco se puede utilizar cuando la propia AMI presenta alguna enfermedad intrínseca, como sucede en los pacientes con coartación de aorta o antecedentes de radiación torácica. Una contraindicación relativa, especialmente para utilizar ambas AMI, es la necesidad de asegurar un flujo coronario elevado de manera inmediata, como sucede en pacientes con síndrome coronario agudo (SCA), hipertrofia ventricular importante y en las reintervenciones en las que la AMI sustituye un injerto venoso enfermo permeable a la ADA, aspectos que se comentan más adelante.

Los inconvenientes se relacionan casi exclusivamente con la utilización de las dos AMI. Esta estrategia aumenta la duración de las intervenciones y de la morbilidad relacionada con el procedimiento, en especial la incidencia de complicaciones esternales. Investigadores de la Cleveland Clinic han demostrado que la utilización de ambas AMI prácticamente duplica la incidencia de dehiscencia esternal y/o mediastinitis, en especial en los diabéticos^{44,47}. También se ha relacionado el empleo de ambas AMI con una mayor necesidad de transfusiones, reintervenciones por sangrado y complicaciones respiratorias, lo que condujo a reservar esta estrategia para pacientes jóvenes, sin diabetes, obesidad o broncopatía crónica. Muchas de estas contraindicaciones relativas han dejado de serlo con la mayor experiencia de los cirujanos. Sin embargo, es innegable que la movilización de una o, sobre todo, las dos AMI reduce la vascularización esternal, especialmente cuando se disecciona en forma pediculada²¹. Como ya se ha comentado, la esqueletización de una o, preferiblemente, las dos AMI permite preservar la vascularización esternal en la mayoría de los pacientes.

ARTERIA RADIAL

Durante los últimos años, la AR ha ganado popularidad como conducto arterial alternativo debido a las múltiples ventajas que comporta su utilización. Su disección es menos exigente que la de la AMI y son infrecuentes las complicaciones que ocasiona. Tiene suficiente longitud para alcanzar ramas coronarias distales y permite la realización de múltiples anastomosis secuenciales. Tanto por su calibre como por el grosor de su pared es relativamente cómoda de mani-

pular y es más fácil de anastomosar a la aorta que la AMI derecha. Como resultado de esta versatilidad técnica, muchos grupos quirúrgicos la consideran en la actualidad el segundo injerto de elección después de la AMI^{48,49}.

Opciones técnicas

Normalmente se utiliza la AR del antebrazo izquierdo, en general el no dominante, ya que su extracción no interfiere con la de la AMI izquierda. Sin embargo, se puede extraer la AR del antebrazo derecho e incluso utilizar ambas radiales. La AR debe utilizarse necesariamente como injerto libre, realizando la anastomosis proximal a la aorta o a otro injerto.

La indicación más aceptada para utilizar la AR es la revascularización de la segunda arteria coronaria más importante en los pacientes en los que está contraindicada la utilización de ambas AMI. En consecuencia, este conducto se destina habitualmente a las ramas de la ACX o la ACD. Con menor frecuencia, la AR se emplea sobre ramas diagonales y tan sólo en el caso de que no se pueda utilizar alguna de las AMI, la AR se emplea para revascularizar la ADA. Cuando la longitud de la AR lo permite, ésta puede dividirse en dos segmentos con el objeto de obtener injertos independientes⁵⁰, o bien puede utilizarse como injerto secuencial para realizar múltiples anastomosis distales⁵¹.

La mejor localización de la anastomosis proximal de la AR es controvertida. Muchos cirujanos prefieren realizarla directamente a la aorta ascendente⁵². Sin embargo, diferentes grosor y calibre de ambos vasos y la frecuente presencia de placas de ateroma en la aorta pueden comprometer la permeabilidad de esta anastomosis. Para obviar estos inconvenientes se ha recomendado la anastomosis al origen de un injerto de VS (fig. 4) o a un parche de pericardio previamente suturado a la aorta⁵³. Otros grupos, por el contrario, defienden la anastomosis proximal en «T» o «Y» invertida a un injerto de AMI⁵⁴ (fig. 5), método que permite alcanzar coronarias más alejadas y disminuye la necesidad de manipular la aorta.

Permeabilidad

La permeabilidad a corto plazo de la AR es, en general, excelente; la mayoría de los estudios la sitúan entre el 90 y el 95% al cabo de 1 o 2 años^{26,48,55-57}. No obstante, esta información debe ser interpretada con cautela, ya que la mayoría de los estudios son retrospectivos y sólo incluyen una pequeña proporción de los pacientes en los que se utilizó este tipo de injerto. Como sucede con otro tipo de conductos, la permeabilidad de la AR es mayor cuando se estudia de manera prospectiva que cuando se condiciona a la reaparición de los síntomas. En un estudio prospectivo actualmente en desarrollo, la permeabilidad global de la AR al

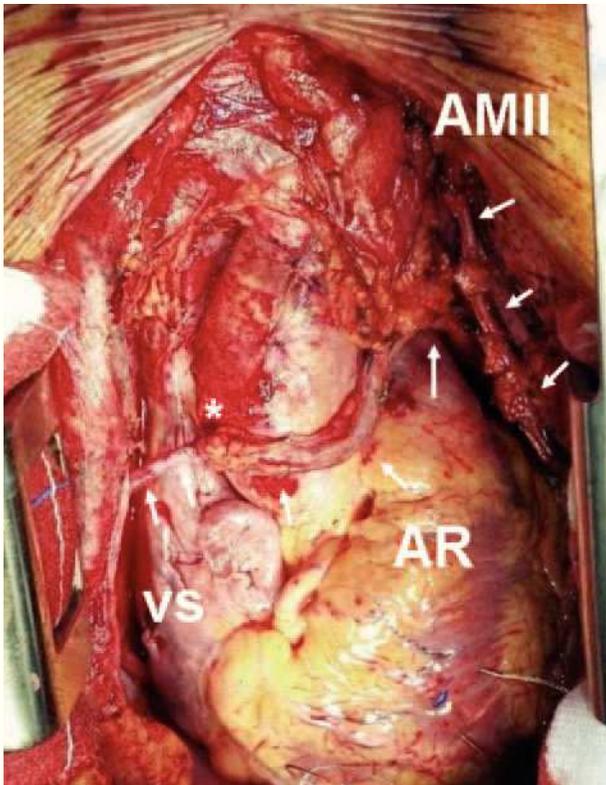


Fig. 4. Injerto de arteria radial anastomosado proximalmente al origen de un injerto de vena safena destinado a la coronaria derecha. AMII: arteria mamaria interna izquierda; AR: arteria radial; VS: vena safena. *Anastomosis término-lateral entre la arteria mamaria izquierda y la arteria radial.

año fue del 93%, mientras que la de los pacientes sintomáticos era del 86%²⁷. En el RAPS (Radial Artery Patency Study), la AR se utilizó como alternativa a la VS y se asignó de manera aleatoria su arteria destino (ACX o ACD) para evitar la influencia del tipo de coronaria diana⁵⁸. El porcentaje de injertos obstruidos al cabo de 1 año fue significativamente mayor en el caso de la VS (el 13,6 frente al 8,2%). Sin embargo, al analizar la incidencia conjunta de injertos ocluidos o con reducción difusa del calibre, el porcentaje de conductos no funcionales fue similar con ambos injertos (el 15,2 frente al 14,4%). Además, más del 20% de los pacientes con injertos de AR permeables presentaba algún grado de estenosis en la anastomosis proximal. De los diferentes estudios prospectivos y aleatorizados sólo se han publicado hasta el momento los resultados a medio plazo del RAPCO (Radial Artery Patency and Clinical Outcomes)⁵⁹. En este estudio, además de la AMI izquierda a la ADA, los pacientes recibieron en el segundo vaso más importante la AMI derecha si tenían < 70 años o la AR si tenían más. En este último grupo, la diferencia en la permeabilidad de la AR y la VS a los 5 años no tuvo significación estadística (el 87 y el 94%, respectivamente). Incluso, en algunos estudios observacionales se ha encontrado una mayor tasa

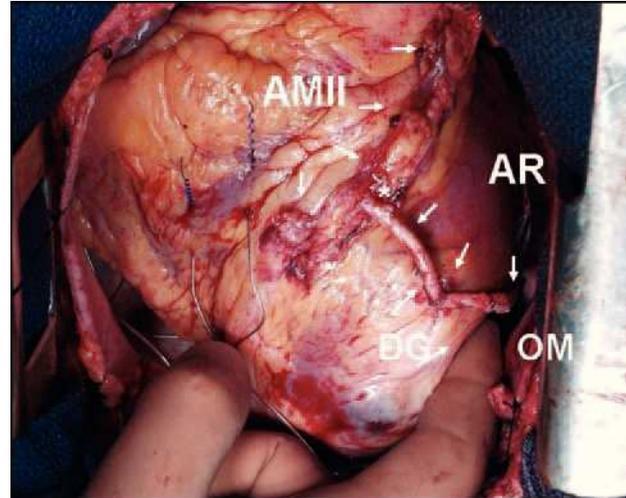


Fig. 5. Injerto compuesto en «T» con la arteria mamaria izquierda pediculada *in situ* a la descendente anterior y la arteria radial esquelizada a una diagonal y a la obtusa marginal. AMII: arteria mamaria interna izquierda; AR: arteria radial; DG: rama diagonal; OM: obtusa marginal.

de oclusión y/o estenosis a medio plazo con la AR que con la VS⁶⁰. Por el contrario, en otro estudio observacional a más largo plazo, la permeabilidad a los 9 años de la AR fue del 88% que, aunque inferior al 96% de la AMI, era significativamente superior al 53% de los injertos de VS en los mismos pacientes⁶¹.

En estudios retrospectivos en los que se ha comparado la permeabilidad de la AR y la AMI derecha se han ofrecido resultados angiográficos muy variables, con permeabilidades que oscilan entre el 53 y el 95% para la AR y entre el 79 y el 100% para la AMI derecha^{28,60}. En los pacientes < 70 años incluidos en el RAPCO, la permeabilidad a medio plazo de la AMI derecha fue similar a la de la AR (el 95 y el 100%, respectivamente)⁵⁹.

La oclusión precoz de la AR obedece, en general, a motivos técnicos y las estenosis localizadas se deben al traumatismo de la arteria durante la disección. El espasmo aparece en los primeros días o semanas, es localizado y se resuelve con vasodilatadores sistémicos o intraarteriales. Sin embargo, el mecanismo más frecuente de fracaso de los injertos de AR es una reducción difusa de su calibre, un fenómeno denominado por su apariencia angiográfica «signo de la cuerda» (fig. 6). Este fenómeno se produce sobre todo en circunstancias de bajo flujo a través del injerto, como sucede cuando hay un flujo dominante por la arteria coronaria nativa o al revascularizar coronarias de pobre *run-off* y representa una adaptación de la AR a estas condiciones hemodinámicas²⁸. La evolución natural de los injertos que presentan esta anomalía angiográfica es desconocida. Aunque se ha sugerido que pueden recuperar un aspecto angiográfico normal al progresar la estenosis de la arteria coronaria, no hay evidencia de

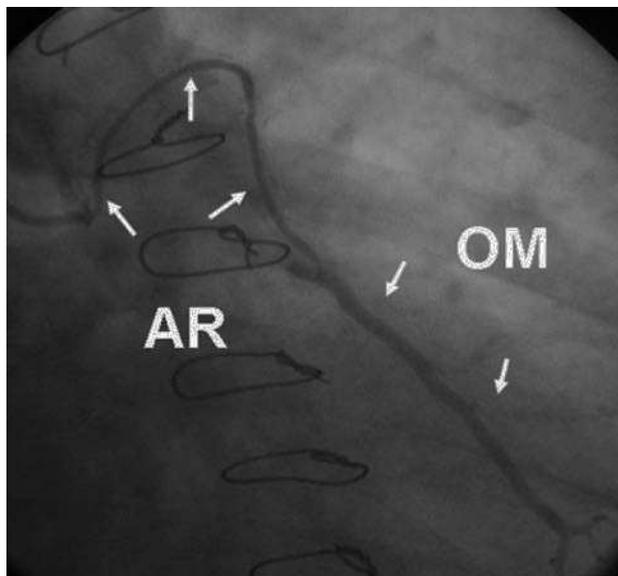


Fig. 6. Aspecto angiográfico (*signo de la cuerda*) a los 6 meses de la intervención de un injerto de arteria radial destinado a una rama marginal de gran calibre con estenosis no crítica. AR: arteria radial; OM: obtusa marginal.

que éste vaya a ser el comportamiento en todos los casos.

Tanto el grado de estenosis de la arteria coronaria como la demanda de flujo del territorio revascularizado son factores que condicionan de manera independiente la permeabilidad de los injertos de AR. La permeabilidad de la AR es excelente cuando se destina a arterias ocluidas o con estenosis muy importantes, mientras que decrece significativamente cuando la estenosis es $< 80\%$ ⁶². Otros autores han encontrado que si la estenosis coronaria es $< 90\%$, el riesgo de oclusión de la AR es 3 veces mayor que cuando no lo es⁵⁸. En el estudio RAPS, la oclusión precoz de la AR fue del 5,9% en arterias con estenosis $\geq 90\%$ y del 11,8% cuando ésta era del 70-89%⁶⁰. Por otra parte, en el territorio de la ADA, la permeabilidad de la AR es muy similar a la que se consigue con la AMI, decreciendo en el de la ACX y, especialmente, cuando la AR se destina a la ACD o sus ramas terminales^{28,62,63}. Por tanto, sería recomendable reservar el uso de la AR para arterias con alto grado de estenosis y en las que sea predecible un *run-off* elevado.

Aunque se han invocado otros factores como determinantes de la permeabilidad de la AR, su influencia no ha sido claramente demostrada. Las diferentes formas de realizar la anastomosis proximal, ya sea a la aorta o a algún otro injerto, no parecen influir en la permeabilidad de la AR^{56,64,65}. Tampoco el calibre de la arteria coronaria receptora ni la calidad de su pared parecen afectar a la permeabilidad de la AR⁶³. En otro orden, tampoco se ha demostrado que el mantenimiento prolongado del tratamiento con antagonistas del calcio mejore la permeabilidad a largo plazo de la AR^{61,63}.

Resultados clínicos

Los resultados clínicos de la revascularización miocárdica con la utilización de la AR como segundo injerto arterial son comparables e incluso mejores que los obtenidos con la AMI e injertos de safena. En algunas de las series con mayor número de pacientes publicadas hasta el momento, el empleo de la AR no sólo no se asoció con un aumento de la morbimortalidad precoz, sino que incluso ésta fue inferior a la de la cirugía convencional^{48,66}. Hay estudios en los que la utilización de la AR se asoció con una menor morbimortalidad perioperatoria y una menor incidencia de complicaciones derivadas de la obtención del injerto^{49,66}.

Por lo que respecta a los resultados a medio y largo plazo, diferentes estudios observacionales han comunicado un comportamiento muy favorable con la utilización de la AR^{48,67,68}. Cuando se ha comparado la evolución clínica de pacientes en los que se utilizó la AR como segundo injerto con la de aquellos en los que se hizo lo propio con la AMI derecha no se han encontrado diferencias significativas, con una muy baja incidencia de recidiva de eventos isquémicos con ambas estrategias^{69,70}. En el estudio RAPCO⁵⁹, el porcentaje de pacientes libres de complicaciones isquémicas a los 4 años fue similar cuando se comparó la utilización de la AR (84%) con la de la VS (89%) o cuando se hizo lo propio entre la AR (91%) y la AMI derecha (82%). Por el contrario, Caputo et al⁴⁹, en un estudio observacional prospectivo encontraron que la supervivencia sin eventos isquémicos a los 18 meses era significativamente mejor cuando se utilizó como segundo injerto arterial la AR (98%) que cuando se hizo lo propio con la AMI derecha (92%), a pesar del perfil de mayor riesgo de los pacientes del primer grupo. En nuestro país, Dalmau et al⁷¹ han encontrado idénticos resultados en un estudio similar.

Limitaciones e inconvenientes

Como ya se ha comentado, la principal limitación para la utilización de la AR es la anatomía coronaria; la arteria receptora debe tener una estenosis severa, $> 80\%$, e irrigar un territorio en el que se pueda anticipar un débito elevado. Esto excluye las arterias con enfermedad difusa o que irrigen territorios poco extensos o con escaso miocardio viable. Además, no se puede utilizar la AR cuando la arteria cubital es insuficiente para asegurar por sí sola la irrigación de la mano. Esta posibilidad debe descartarse antes de la intervención en todos los pacientes mediante el test de Allen o alguna de sus modificaciones.

Otra contraindicación es la calcificación importante de la pared de la arteria, circunstancia más frecuente en enfermos mayores o diabéticos. Tampoco puede utilizarse la AR en pacientes con enfermedad de Raynaud, enfermedad de Dupuytren o esclerodermia, así

como en los que tienen antecedentes de traumatismo o cirugía previa en la extremidad superior, o con alguna enfermedad conocida en las arterias subclavia y humeral. También está contraindicada su utilización en pacientes con insuficiencia renal grave por la eventual necesidad de utilizarla para una fístula arteriovenosa.

El principal inconveniente de la AR es la tendencia al espasmo, que obliga a utilizar alguna estrategia farmacológica para prevenirlo, especialmente durante las primeras semanas. En diferentes estudios se han encontrado ventajas con la administración de determinados agentes farmacológicos, ya sea de manera tópica durante la preparación del injerto, por vía intravenosa durante las horas siguientes a la cirugía o por vía oral una vez reanudada la ingesta. Durante la preparación del injerto se han utilizado la papaverina, la fenoxibenzamina y soluciones con una mezcla de verapamilo y nitroglicerina. Algunos investigadores recomiendan la nitroglicerina por su mayor eficacia contra el espasmo, sus menores efectos secundarios y su menor coste^{72,73}. Sin embargo, recientemente, Mussa et al⁷⁴ han descubierto que la fenoxibenzamina tiene un efecto protector más prolongado que la nitroglicerina y preserva mejor la función endotelial que la papaverina.

La mayoría de los autores recomienda introducir los antagonistas del calcio una vez restablecida la ingesta y mantenerlos durante un período variable, nunca < 6 meses^{28,61,68}. Entre los fármacos utilizados como terapia de mantenimiento, las dihidropiridinas y los nitratos parecen ser más efectivos que el diltiazem y el verapamilo en la prevención y el tratamiento del espasmo⁷⁵. No obstante, hasta el momento no se ha demostrado cuáles son el tipo y la dosis del fármaco ideal, cuál el tiempo de administración y ni siquiera si esta terapia es imprescindible. En un estudio reciente, Gaudino et al⁷⁶ analizan la incidencia de eventos isquémicos, la perfusión miocárdica cuantificada mediante gammagrafía con isótopos radiactivos, el aspecto angiográfico y la respuesta vasomotriz *in vivo* a la administración de serotonina. Al cabo de 1 año no encontraron ninguna ventaja con la administración de la dosis de 120 mg de diltiazem habitualmente recomendada.

Las manifestaciones de insuficiencia arterial tras la extracción de la AR son excepcionales cuando se ha hecho una valoración preoperatoria adecuada. Las alteraciones neurológicas, en su mayor parte sensitivas, son algo más frecuentes, aunque resultan poco incapacitantes. Su incidencia es siempre < 10% y en la mayoría de los casos desaparecen completamente en días o semanas⁷⁷. Tanto la infección de la herida quirúrgica como los hematomas son excepcionales^{51,52}.

ARTERIA GASTROEPIPLOICA

Opciones técnicas

La AGE se utiliza habitualmente como un injerto *in situ* para revascularizar la cara inferior del corazón. En

general se destina a la ACD distal, la IVP o, más raramente, a las ramas marginales de la ACX o incluso a la ADA distal. En la mayoría de los pacientes en los que se utiliza se hace en conjunción con la AMI izquierda o la AR, en un intento de conseguir una revascularización completa con injertos arteriales. Sin embargo, puede utilizarse de manera aislada en los pocos pacientes en los que sólo se necesita revascularizar la arteria ACD o sus ramas distales. Esta circunstancia se presenta con mayor frecuencia en pacientes ya intervenidos y que tienen un injerto de AMI permeable a la cara anterior del corazón. En esta situación se puede revascularizar la ACD a través de una pequeña incisión en el epigastrio, evitando el riesgo de una nueva esternotomía y la manipulación de los injertos venosos permeables⁷⁸.

Menos habitual es la utilización de la AGE como injerto libre, anastomosando el extremo de mayor calibre a la aorta ascendente, o como componente de un injerto arterial compuesto, anastomosado proximalmente a un injerto de AMI o de AR. Siempre que el calibre de la AGE lo permita, puede revascularizarse con ella más de una arteria mediante una o más anastomosis latero-laterales.

Permeabilidad

La permeabilidad a corto plazo de la AGE es comparable a la de la AMI. A largo plazo, la tasa de permeabilidad es inferior a la de esta arteria y es ligeramente superior al 80% a los 5 años y al 60% al cabo de 10 años^{79,80}. En el estudio de Suma et al⁸⁰, la permeabilidad de la AGE a los 10 años (63%) fue significativamente inferior a la de la AMI (94%) y muy similar a la de la VS (68%). De manera más reciente, Hirose et al⁸¹ analizaron los resultados angiográficos de 1.000 pacientes con injertos de AGE destinados sobre todo a la ACD y encontraron que la permeabilidad de la AGE y de la AMI izquierda era del 98 y el 99% al cabo de un año y del 84 y el 97% a los 3 años, respectivamente. No obstante, hay que tener en cuenta que la mayoría de los estudios angiográficos se realizaron en pacientes con angina recidivante, lo que podría subestimar la permeabilidad real y que, generalmente, la AGE se utiliza para revascularizar ramas de la ACD, un territorio en el que cualquier tipo de injerto tiene menor permeabilidad a medio y largo plazo. Al igual que sucede con la AR, el principal mecanismo de fracaso de la AGE es la reducción difusa de la luz del injerto o su oclusión cuando se utiliza para revascularizar arterias con estenosis no graves o con pobre *run-off*.

Resultados clínicos

En manos de cirujanos experimentados, la utilización de la AGE no incrementa la morbimortalidad operatoria^{82,83} y no se han descrito complicaciones de-

rivadas de la privación de parte del riego arterial del estómago. Los resultados clínicos a largo plazo de la utilización de la AGE, generalmente asociada a uno o más injertos arteriales, son excelentes, con una supervivencia libre de nuevos eventos isquémicos > 80% a los 10 años^{79,82}.

Limitaciones e inconvenientes

La necesidad de prolongar la incisión para acceder a la cavidad abdominal es un inconveniente menor una vez que el cirujano se ha familiarizado con la técnica. Por el contrario, sí lo es el antecedente de una intervención abdominal, al igual que supone un inconveniente el que se haya utilizado este tipo de injerto y sea necesario realizar una laparotomía en el futuro. Otras posibles limitaciones son la dificultad para descartar la posible estenosis del tronco celíaco, especialmente frecuente en los pacientes con enfermedad vascular periférica importante, y las dificultades para realizar el control angiográfico postoperatorio.

OTROS INJERTOS ARTERIALES

Con mucha menor frecuencia se utilizan otras arterias en la revascularización miocárdica. Se suele recurrir a ellas cuando, por alguna circunstancia excepcional, no se puede disponer de otros conductos para conseguir una revascularización completa con injertos arteriales. La más utilizada de ellas es la arteria epigástrica inferior. La forma más habitual es utilizarla como injerto libre y destinada a vasos de la cara anterior del corazón. También puede utilizarse como extensión de otro injerto arterial, en general la AMI o, más raramente, la AR. Anastomosándola a la aorta, técnica no siempre fácil, Buche et al⁸⁴ encontraron una permeabilidad precoz del 86%, mientras que anastomosándola a otro injerto arterial Calafiore et al⁸⁵ han comunicado una permeabilidad del 93% a los 12 meses. Sin embargo, la variabilidad en la longitud de arteria aprovechable, a menudo insuficiente para alcanzar arterias distales, y la dificultad de la anastomosis proximal han impedido la generalización de su utilización.

INJERTOS ARTERIALES COMPUESTOS

Durante la última década se han desarrollado múltiples variantes técnicas de lo que se ha denominado revascularización arterial compleja, consistente en la conexión de diferentes tipos de injertos arteriales con un doble objetivo: *a*) prolongar la longitud de los injertos de AMI o AR para alcanzar territorios a los que no llegan la AMI *in situ* o la AR anastomosada a la aorta y poder así revascularizar el mayor número posible de vasos coronarios con conductos arteriales, y *b*) evitar

completamente la manipulación de la aorta ascendente en pacientes con sospecha o evidencia de ateromatosis importante, con el fin de disminuir el riesgo de complicaciones neurológicas perioperatorias.

Opciones técnicas

La variante técnica más utilizada es la anastomosis en «Y» invertida o en «T» de la AMI derecha o la AR libres al cuerpo de la AMI izquierda *in situ* para poder revascularizar todas las ramas de la coronaria izquierda. Esta estrategia, combinada con la utilización de la AMI derecha o la AGE sobre la ACD, permite conseguir una revascularización completa con conductos arteriales en muchos pacientes con enfermedad multivaso. La otra forma de construir un injerto arterial compuesto es prolongar una de las AMI con la otra o con otro tipo de conducto arterial, generalmente la AR, y realizar múltiples anastomosis latero-laterales con este largo injerto. No obstante, se han descrito múltiples variantes técnicas en las que se modifican tanto el tipo de arteria utilizada como la forma de conectarlas, ya sea prolongando una a la otra o anastomosándolas lateralmente en «Y» invertida, «T», «U» o «K». Por ejemplo, se puede conseguir una revascularización arterial extensa en la cara inferoposterior y lateral del corazón mediante el injerto compuesto en «U» de AGE y AR; el extremo distal de la AGE se anastomosa de forma término-lateral al cuerpo de la AR, revascularizando con ésta cuantas ramas de la ACD y ACX sean necesarias⁸⁶.

Permeabilidad

De acuerdo con los resultados de uno de los grupos con mayor experiencia, cuando se utiliza alguna AMI como injerto compuesto, la permeabilidad a largo plazo es similar a la de los injertos *in situ*⁸⁷. Incluso se ha sugerido que la AR podría funcionar mejor cuando se anastomosa proximalmente a la AMI que cuando se hace a la aorta (Buxton BF, comunicación personal). Por el contrario, otros autores han encontrado que la permeabilidad precoz de la AMI derecha es inferior que cuando se utiliza *in situ*^{26,88}. En un estudio aleatorizado en el que se comparó la permeabilidad de la AR y la AGE anastomosadas a la AMI en «Y» y destinadas a revascularizar ramas de la coronaria izquierda, Santos et al⁸⁹ observaron que la permeabilidad precoz era significativamente mejor en la AR (89,6%) que en la AGE (68,9%).

Resultados clínicos

Ante las ventajas que parecen derivarse de la revascularización con las dos AMI parecería lógico asumir que una revascularización exclusiva con injertos arte-

riales debería optimizar el resultado clínico de la DAC. La combinación de ambas AMI con la AGE o la AR, ya sea como injertos independientes o compuestos, permite conseguir este objetivo en una elevada proporción de pacientes. Utilizando las dos AMI y la AGE, Bergsma et al⁹⁰ encontraron un supervivencia actuarial del 91% a los 7 años, con un 85% de los pacientes libres de angina. Recientemente se han publicado resultados de otros dos estudios observacionales con seguimiento a largo plazo. En ambos, un porcentaje muy elevado de pacientes (el 69 y el 77%, respectivamente) se encontraban vivos y sin manifestaciones clínicas de isquemia miocárdica a los 10 años, y ningún paciente precisó una nueva intervención^{91,92}. A pesar de los excelentes resultados clínicos, esta estrategia debe ser contemplada con reserva ya que, en general, ha sido utilizada en pacientes seleccionados y no se dispone de estudios prospectivos rigurosos que demuestren sus beneficios en la población general.

Limitaciones/inconvenientes

La confección de los injertos arteriales compuestos es técnicamente exigente y no es infrecuente que prolongue la duración de la intervención y se asocie con una mayor morbilidad precoz⁹³. Sin embargo, una vez superada la curva de aprendizaje, se pueden realizar con el mismo riesgo que una revascularización convencional.

La principal inquietud con esta estrategia de revascularización es la capacidad de la AMI izquierda, de la que queda dependiente la perfusión de todo el árbol coronario izquierdo, para asumir la demanda de flujo, sobre todo en circunstancias en las que se puede anticipar que ésta va a ser especialmente alta. La medición intraoperatoria del flujo en las ramas de los injertos compuestos mediante dispositivos ultrasónicos ha demostrado valores comparables a los de los conductos individuales en ausencia de errores técnicos⁹⁴. Afleck et al⁹⁵ midieron el flujo libre de los injertos compuestos de AMI y AR y el registrado al finalizar la CEC, una vez anastomosados al lecho coronario, y argumentaron que la reserva de flujo era casi dos veces superior a esta última determinación. Sin embargo, en un contexto más clínico, Sakaguchi et al⁹⁶ compararon la perfusión miocárdica cuantificada mediante tomografía por emisión de positrones entre dos grupos de pacientes revascularizados con injertos arteriales independientes o en «Y», tanto en reposo como en ejercicio. La reserva de flujo valorada en 4 áreas ventriculares fue significativamente inferior en todas ellas en los pacientes revascularizados mediante injertos compuestos, lo que sugería una menor capacidad de esta variante técnica de abastecer el miocardio en condiciones de estrés.

UTILIZACIÓN DE LOS INJERTOS ARTERIALES EN SITUACIONES ESPECIALES

Diabéticos

La enfermedad coronaria en los diabéticos es a menudo difusa, lo que significa una afectación multivasa, multilesión y una mala calidad de los lechos distales, sobre todo en los pacientes que son dependientes de la insulina. En este contexto anatómico, la permeabilidad a largo plazo de los injertos de VS se ve especialmente comprometida. La utilización de la AMI en los diabéticos se ha traducido en una mejor situación funcional y en menos recidiva de la angina, especialmente en el subgrupo de pacientes con una función ventricular deprimida⁹⁷. El beneficio clínico de revascularizar la ADA con la AMI ha sido evidente en estudios prospectivos y retrospectivos con un seguimiento prolongado, en los que la supervivencia de los diabéticos ha sido similar a la de los no diabéticos^{98,99}. La utilización extensiva de injertos arteriales se ha contemplado como una manera de mejorar los resultados de la cirugía convencional. En consonancia con ello, Endo et al¹⁰⁰ han demostrado que la utilización de ambas AMI reduce significativamente la necesidad de nuevas intervenciones y la incidencia de nuevos infartos en los diabéticos, aunque no aumenta la supervivencia. En resumen, en este momento no disponemos todavía de información que demuestre de manera incuestionable que la utilización de ambas AMI o la suplementación de la AMI izquierda con cualquier otro tipo de injerto arterial o incluso de la revascularización completa con injertos arteriales sea capaz de neutralizar el efecto deletéreo a medio y largo plazo de la diabetes.

Pero, por otra parte, los diabéticos presentan a menudo una enfermedad arterial intrínseca que limita el número de conductos disponibles. Además, la diabetes es un factor claramente relacionado con las complicaciones de la esternotomía, en especial cuando se utilizan las dos AMI. Diversos estudios han demostrado que la esqueletización permite utilizar las dos mamarias en los diabéticos con un riesgo de complicaciones esternales muy similar al de los no diabéticos¹⁰¹⁻¹⁰³. Sin embargo, es necesario utilizar estrategias alternativas al empleo de las dos AMI para los diabéticos en los que concurren varios factores de riesgo para la dehiscencia esternal, como son la obesidad y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica. Matsa et al¹⁰² han comunicado una incidencia de complicaciones esternales de hasta el 15% en mujeres diabéticas obesas.

Ancianos

La población de ancianos remitidos para cirugía coronaria es cada vez mayor. Durante años se ha argumentado que la limitada expectativa de vida de los ancianos no justificaría la utilización de injertos arteria-

les por la mayor morbilidad que podría comportar en este grupo de pacientes. Por otra parte, en los ancianos, la VS es a menudo de mala calidad y la aorta presenta ateromatosis grave, problemas que pueden evitarse utilizando sólo conductos arteriales. Ya en la década pasada, Gardner et al¹⁰⁴ y Azariades et al¹⁰⁵ demostraron que la utilización sistemática de una AMI en pacientes > 70 años no se asociaba con mayor incidencia de complicaciones precoces. Por el contrario, esta estrategia disminuía la mortalidad hospitalaria y mejoraba un 10% la supervivencia a 5 años. De acuerdo con la experiencia de Galbut et al¹⁰⁶, en estos pacientes puede conseguirse un beneficio aún mayor, a expensas de un riesgo operatorio similar, cuando se utilizan ambas AMI. No obstante, a la hora de valorar los resultados de estos estudios retrospectivos no hay que desechar la posibilidad de un sesgo en la selección de los candidatos para una u otra técnica. Recientemente, Muneretto et al¹⁰⁷, en un estudio prospectivo realizado con pacientes > 70 años, han confirmado que la revascularización exclusiva con injertos arteriales no comporta una mayor morbimortalidad y proporciona mejores resultados angiográficos y clínicos que la cirugía convencional, incluso a medio plazo.

Enfermedad del tronco común izquierdo

La posibilidad de que los injertos arteriales, sean únicos o múltiples, no proporcionen una perfusión coronaria suficiente ha sido uno de los temores que ha limitado su utilización en los pacientes con estenosis severa del tronco común izquierdo (TCI). Barner et al¹⁰⁸ demostraron que utilizar ambas AMI para revascularizar las dos ramas del TCI es una técnica segura, que no implica mayor morbimortalidad que la utilización de injertos de VS. Por otra parte, al analizar los resultados clínicos a largo plazo, Galbut et al¹⁰⁹ encontraron una supervivencia del 82% a 5 años en 276 pacientes con enfermedad del TCI revascularizados con las dos AMI. Además, el test de esfuerzo resultó negativo en la gran mayoría, el 92%, de los pacientes. Estos datos, unidos a la ya demostrada capacidad de la AMI para aumentar su calibre en respuesta a la demanda de flujo, avalan la suficiencia de las dos AMI para cubrir la demanda de la circulación coronaria izquierda.

Reintervenciones

Los pacientes en los que es necesaria una reintervención presentan a menudo una enfermedad coronaria difusa, circunstancia en la que la permeabilidad a medio y largo plazo de los injertos venosos es pobre. Estos pacientes pueden beneficiarse de la utilización de una o las dos AMI y cuantos injertos arteriales no empleados en la intervención anterior se considere oportuno, sin que ello implique un riesgo añadido. En la experiencia del grupo de la Cleveland Clinic, la uti-

lización de al menos una AMI en este grupo de pacientes mejoró significativamente la supervivencia a 10 años¹¹⁰. También se pueden utilizar las dos AMI en las reintervenciones, si bien a expensas de una mayor incidencia de complicaciones miocárdicas y respiratorias¹¹¹. Aunque técnicamente factible, esta última estrategia debería evitarse en pacientes obesos, diabéticos o en los que tienen una función ventricular severamente deprimida.

Por otra parte, la progresión de la enfermedad en las arterias coronarias nativas hace que gran parte del miocardio de los pacientes que necesitan una segunda intervención dependa de los injertos realizados en la primera. Alguno de ellos puede estar permeable pero lo suficientemente enfermo como para justificar su sustitución en el momento de la reintervención. La sustitución de injertos venosos funcionantes por un injerto arterial puede comprometer la perfusión miocárdica de manera inmediata. Cuando se sustituye un injerto venoso enfermo del que depende una gran cantidad de miocardio, la incidencia de hipoperfusión es elevada, hasta del 19%, y la mortalidad operatoria que acarrea esta complicación también lo es¹¹². Para evitar esta complicación sin renunciar a las ventajas que proporciona la AMI, el grupo de la Cleveland Clinic recomienda anastomosar la AMI distalmente al injerto venoso sin ocluir éste, asumiendo un pequeño riesgo de ateroembolia por la manipulación de la VS enferma^{113,114}.

Procedimientos urgentes

Otra situación especial es la necesidad de realizar una revascularización urgente en el contexto de un SCA o tras una complicación del intervencionismo coronario. En estas circunstancias concurren determinados hechos que pueden contraindicar la utilización de injertos arteriales, al menos en sus variantes más complejas. Por una parte, hay una premura en la revascularización y, por tanto, en la obtención de los conductos, la cual resulta más laboriosa en el caso de las arterias. Por otra, en estas circunstancias suele ser imprescindible asegurar una perfusión coronaria suficiente de manera inmediata, algo que no siempre pueden garantizar los conductos arteriales. Por estas razones muchos cirujanos prefieren no utilizar injertos arteriales, especialmente para revascularizar la lesión causante del SCA. Otros, por el contrario, defienden la utilización de la AMI, preparándola una vez que se ha iniciado la CEC o incluso después de haber detenido el corazón y mientras se administra cardioplejía por vía retrógrada. Entre estos últimos, Zapolansky et al¹¹⁴ han utilizado la AMI izquierda o derecha para revascularizar la lesión causante del SCA sin encontrar una mayor incidencia de complicaciones isquémicas perioperatorias. Sin embargo, en la experiencia de otros autores esta práctica ha obligado a suplementar la AMI con un in-

jerto de VS al mismo vaso hasta en un 40% de los pacientes¹¹⁵. En este contexto parece razonable limitar la utilización de injertos arteriales y especialmente su uso extensivo a los pacientes en condiciones hemodinámicas estables, sin isquemia en evolución y que no presentan otras contraindicaciones para ello.

PERSPECTIVAS FUTURAS

El futuro de la DAC conduce, sin duda, a una mayor utilización de los conductos arteriales en un intento de prolongar la duración de los beneficios clínicos. Pero además, la necesidad de competir con la cardiología intervencionista está empujando a los cirujanos a buscar métodos menos agresivos para llevar a cabo la revascularización.

La forma en que se obtienen los conductos es un aspecto fundamental para su óptimo funcionamiento. La utilización de técnicas endoscópicas y de nuevos instrumentos, como el bisturí de ultrasonidos, pueden minimizar el traumatismo tisular y disminuir la incidencia de infecciones de la herida, así como el daño neurológico¹¹⁶. Reducir el tiempo de isquemia de los conductos y utilizar fármacos que permitan preservar mejor su fisiología son también aspectos que pueden evitar las disfunciones precoces y los cambios histológicos a medio y largo plazo¹¹⁷.

La minimización de los circuitos de CEC y la revascularización a corazón latiendo son formas de reducir la agresión quirúrgica utilizadas desde hace años, pero cuyas indicaciones no están aún totalmente aclaradas. La cirugía miniinvasiva, videoasistida o incluso la cirugía robótica y la realización de las anastomosis mediante conectores automáticos son campos en exploración que pueden llegar a desempeñar un cierto papel si los resultados clínicos lo avalan. Todas estas estrategias serán desarrolladas ampliamente en otro de los capítulos de esta serie.

BIBLIOGRAFÍA

- Vineberg AM. Coronary vascular anastomoses by internal mammary artery implantation. *Can Med J*. 1958;78:871-9.
- Effler DB, Sone FM, Groves LK, Suárez E. Myocardial revascularization by Vinneberg's internal mammary artery implant: evaluation of postoperative results. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1965;50:527-33.
- Spencer FC, Young NK, Prachusbmoh K. Internal mammary-coronary artery anastomosis performed during cardiopulmonary bypass. *J Cardiovasc Surg*. 1964;5:292-7.
- Kolesov VI. Mammary artery-coronary artery anastomosis as method of treatment for angina pectoris. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1967;54:535-44.
- Cameron A, Kemp Hg, Green GE. Bypass surgery with the internal mammary artery graft: 15 year follow-up. *Circulation*. 1986;74 Supl III:30-6.
- Kay EB, Naraghipour H, Ber RA, Demaney M, Tambe A, Zimmerman HA. Internal mammary artery bypass graft. Long-term patency rate and follow-up. *Ann Thorac Surg*. 1974;18:269-79.
- Loop FD, Spampinato N, Cheanvechai C, Effler DB. The free internal mammary artery bypass graft. Use of the IMA in the aorta-to-coronary artery position. *Ann Thorac Surg*. 1975;70:278-1.
- Tector AJ, Schmahl TM, Canino VR, Kallies JR, Sanfilippo D. The role of sequential internal mammary artery grafts in coronary surgery. *Circulation*. 1984;70:222-5.
- Carpentier A, Guermontprez JL, Deloche A, Frechete C, Dubost C. The aorta-to-coronary radial artery bypass grafts. *Ann Thorac Surg*. 1973;16:111-21.
- Edwards WS, Lewis CE, Blakey WR. Coronary artery bypass with the internal mammary and splenic artery grafts. *Ann Thorac Surg*. 1973;15:35-40.
- Pym J, Brown PM, Charette EJ. Gastroepiploic coronary anastomosis. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1987;94:256-9.
- He GW, Yang CQ. Comparison among arterial grafts and coronary artery. An attempt at a functional classification. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1995;109:707-15.
- Van Son JAM, Smedts F, Vicent JG, Van Lier HJ, Kubak K. Comparative anatomic studies of various arterial conduits for myocardial revascularization. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1990;99:703-7.
- Van Son JAM, Smedts F, Yag CQ, Mravunal M, Falk V, Mohr FW, et al. Morphometric study of the right gastroepiploic and inferior epigastric arteries. *Ann Thorac Surg*. 1997;63:709-15.
- He GW, Acuff TE, Ryan WH, Yang CQ, Mack MJ. Functional comparison between the human inferior epigastric artery and internal mammary artery: similarities and differences. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1995;109:13-20.
- He GW, Yang CQ, Starr A. An overview of the nature of vasoconstriction in arterial grafts for coronary surgery. *Ann Thorac Surg*. 1995;59:676-83.
- Chardigny C, Jebara VA, Acar C, Descorres S, Verbeuren TJ, Carpentier A, et al. Vasoreactivity of the radial artery. Comparison with the internal mammary and gastroepiploic arteries with implications for coronary artery surgery. *Circulation*. 1993;88:115-27.
- Deja MA, Wos S, Golba K, Zurek P, Domaradzki W, Bachowski R, et al. Intraoperative and laboratory evaluation of skeletonized versus pedicled internal thoracic artery. *Ann Thorac Surg*. 1999;68:2164-8.
- Takami Y, Ina H. Effects of skeletonization on intraoperative flow and anastomosis diameter of internal thoracic arteries in coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg*. 2002;73:1441-5.
- Matsumoto M, Konishi Y, Miwa S, Minakata K. Effect of different methods of internal thoracic artery harvest on pulmonary function. *Ann Thorac Surg*. 1997;63:653-5.
- Lorberboym M, Medalion B, Bder O, Lockman J, Cohen N, Schachner A, et al. 99Mtc-MDP bone SPECT for the evaluation of sternal ischaemia following internal mammary artery dissection. *Nucl Med Commun*. 2002;23:47-52.
- Raja SG, Dreyfus GD. Internal thoracic artery: to skeletonize or not to skeletonize? *Ann Thorac Surg*. 2005;79:1805-11.
- Verhelst R, Etienne PY, El Khoury G, Noirhomme P, Rubay J, Dion R. Free internal mammary artery graft in myocardial revascularization. *Cardiovasc Surg*. 1996;4:212-6.
- Accola K, Jones E, Craver J, Weintraub W, Guyton R. Bilateral mammary artery grafting: avoidance of complications with analysis. *Ann Thorac Surg*. 1993;56:872-9.
- Barner HB. The continuing evolution of arterial conduits. *Ann Thorac Surg*. 1999;68:1-8.
- Tector AJ, Amundsen S, Schmahl TM, Kress DC, Peter M. Total revascularization with T grafts. *Ann Thorac Surg*. 1994;57:33-9.
- Sah PJ, Durairaj M, Gordon I, Fuller J, Seevanayagam S, Tatoulis J, et al. Factors affecting patency of internal thoracic artery

- graft: clinical and angiographic study in 1.434 symptomatic patients operated between 1982-2002. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2004;26:118-24.
28. Tatoulis J, Buxton BF, Fuller J. Patencies of 2,127 arterial to coronary conduits over 15 years. *Ann Thorac Surg.* 2004;77:93-101.
 29. Buxton BF, Ruengsakulrach P, Fuller J, Rosalior A, Reid CM, Tataoulis J, et al. The right internal thoracic artery graft. Benefits of grafting the left coronary system and native vessels with a high-grade stenosis. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2000;18:255-61.
 30. Tatoulis J, Buxton BF, Fuller JA. Results of 1,454 free internal thoracic artery-to-coronary artery grafts. *Ann Thorac Surg.* 1997;64:1263-8.
 31. Calafiore AM, Vitolla G, Iaco A, Fino C, Di Giammarco G, Marchesani F, et al. Bilateral internal mammary artery grafting: midterm results of pedicled versus skeletonized conduits. *Ann Thorac Surg.* 1999;67:1637-42.
 32. Hirose H, Amano A, Takanashi S, Takanashi A. Skeletonized bilateral internal mammary artery grafting for patients with diabetes. *Interactive Cardiovasc Thorac Surg.* 2003;2:287-92.
 33. Dion R, Glineur D, Derouck D, Verheist R, Noirhomme P, El Khoury G, et al. Long-term clinical and angiographic follow-up of sequential internal thoracic artery grafting. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2000;17:407-14.
 34. Sabik J, Lytle B, Blackstone E, Khan M, Houghtaling P, Cosgrove D. Does competitive flow reduce internal thoracic artery graft patency? *Ann Thorac Surg.* 2003;76:1490-7.
 35. Loop FD, Bruce MD, Cosgrove D, Stewart RW, Goormastic M, Williams GW, 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.
 36. Cameron A, Davis K, Green G, Schaff H. Coronary bypass surgery with internal thoracic artery grafts. Effects on survival over a 15 year period. *N Engl J Med.* 1996;334:216-9.
 37. Cameron A, Green G, Brogno D, Thornton J. Internal thoracic artery grafts: 20-year clinical follow-up. *J Am Coll Cardiol.* 1995;25:188-92.
 38. Fiore A, Naunheim K, Dean P, Kaiser G, Pennigton G, Willman V, et al. Results of internal thoracic artery grafting over 15 years: single versus double grafts. *Ann Thorac Surg.* 1990;49:202-9.
 39. Pick AW, Orszulak T, Anderson BJ, Schaff HV. Single versus bilateral internal mammary artery grafts: 10 year outcome analysis. *Ann Thorac Surg.* 1997;64:599-605.
 40. Buxton B, Komeda M, Fuller J, Gordon I. Bilateral internal thoracic artery grafting may improve outcome of coronary artery surgery (risk-adjusted survival). *Circulation.* 1998;98 Suppl 2:1-6.
 41. Sergeant P, Blackstone E, Meyns B. Is return of angina after coronary artery bypass grafting immutable, can it be delayed, and is it important? *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1998;116:440-53.
 42. López Rodríguez FJ, Voces R, Lima P, Reyes G, Silva J, Ruiz M, et al. Resultados clínicos de la revascularización miocárdica con doble arteria mamaria frente a única: 15 años de seguimiento. *Rev Esp Cardiol.* 2001;54:868-79.
 43. Stevens LM, Carrier M, Perrault LP, Hebert Y, Cartier R, Baouchar D, et al. Single versus bilateral internal thoracic artery grafts with concomitant saphenous vein grafts for multivessel coronary artery bypass grafting: effects on mortality and event-free survival. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2004;127:1408-15.
 44. Lytle BE, Blackstone EH, Loop DD, Houghtaling PL, Arnold JH, Akhrass R, et al. Two internal thoracic mammary grafts are better than one. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1999;117:855-72.
 45. Taggart D, D'Amico R, Altman D. Effect of arterial revascularization on survival: a systematic review of studies comparing bilateral and single internal mammary arteries. *Lancet.* 2001;358:870-5.
 46. Schmidt S, Jones J, Thornby J, Miller III C, Beall A. Improved survival with multiple left-side bilateral internal thoracic artery grafts. *Ann Thorac Surg.* 1997;64:9-15.
 47. Loop FD, Lytle BW, Cosgrove DM, Mahfood S, McHenry ML, Goormastic M, et al. Esternal wound complications after isolated coronary artery bypass grafting: early and late mortality, morbidity and cost care. *Ann Thorac Surg.* 1990;49:179-86.
 48. Tatoulis J, Royse A, Buxton BF, Fuller JA, Skillington PD, Goldblatt JC, et al. The radial artery in coronary surgery: a 5-year experience-clinical and angiographic results. *Ann Thorac Surg.* 2002;73:143-8.
 49. Caputo M, Reeves B, Marchetto G, Mahesh B, Lim K, Angelini GD. Radial versus right internal thoracic artery as a second arterial conduit for coronary surgery: early and midterm outcomes. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2003;126:39-47.
 50. Barner HB. Defining the role of the radial artery. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 1996;8:3-9.
 51. Weinschelbaum EE, Gabe ED, Macchia A, Smimmo R, Suarez LD. Total myocardial revascularization with arterial conduits: radial artery combined with internal thoracic arteries. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1997;114:911-6.
 52. Tatoulis J, Buxton BF, Fuller JA. Bilateral radial artery grafts in coronary reconstruction. Technique and early results in 261 patients. *Ann Thorac Surg.* 1998;66:714-20.
 53. Dietl CA, Benoit CH. Radial artery graft for coronary revascularization: technical considerations. *Ann Thorac Surg.* 1995;60:102-10.
 54. Calafiore AM, Di Giammarco G, Teodori G, D'Annunzio E, Vitolla G, Fino C, et al. Radial artery and inferior epigastric artery in composite grafts: improved midterm angiographic results. *Ann Thorac Surg.* 1995;60:517-23.
 55. Acar C, Ramsheyl A, Pagny JY, Jebara V, Barrier P, Fabiani JN, et al. The radial artery for coronary artery bypass grafting: clinical and angiographic results at five years. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1998;116:981-9.
 56. Maniar HS, Barner HB, Bailey MS, Prasad SM, Moon MR, Pasque MK, et al. Radial artery patency: are aortocoronary conduits superior to composite grafting? *Ann Thorac Surg.* 2003;76:1498-504.
 57. Iaco AL, Teodori G, Di Giammarco G, Di Mauro M, Storto L, Mazzei V, et al. Radial artery for myocardial revascularization: Long-term clinical and angiographic results. *Ann Thorac Surg.* 2001;72:464-9.
 58. Desai ND, Cohen EA, Naylor CD, Phil D, Fremes S. A randomized comparison of radial-artery and saphenous-vein coronary bypass grafts. *N Engl J Med.* 2004;351:2302-9.
 59. Buxton B, Raman JS, Ruengsakulrach P, Gordon I, Rosalior A, Bellomo R, et al. Radial artery patency and clinical outcomes: five-year interim results of randomized trial. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2003;125:1363-71.
 60. Khot UN, Friedman DT, Petterson G, Smedira NG, Li J, Ellis SG. Radial artery bypass grafts have an increased occurrence of angiographically severe stenosis and occlusion compared with left internal mammary arteries and saphenous vein grafts. *Circulation.* 2004;109:2086-91.
 61. Possati GF, Gaudino M, Prati F, Alessandrini F, Trani C, Gliaca F, et al. Long-term results of the radial artery used for myocardial revascularization. *Circulation.* 2003;108:1350-4.
 62. Moran SV, Baeza R, Guarda E, Zalaquett R, Irrarazaval MJ, Marchant E, et al. Predictors of radial artery patency for coronary bypass operations. *Ann Thorac Surg.* 2001;72:1552-6.
 63. Maniar HS, Sundt TM, Barner HB, Prasad SM, Peterson L, Absi T, et al. Effect of target stenosis and location on radial artery graft patency. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2002;123:45-52.
 64. Gaudino M, Alessandrini F, Pragliola C, Cellini C, Gliaca F, Luciani N, et al. Effect of target artery location and severity of stenosis on mid-term patency of aorta-anastomosed vs. internal thoracic artery-anastomosed radial artery grafts. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2004;25:424-8.
 65. Lemma M, Mangini A, Gelpi G, Innorta A, Spina A, Antona C. Is it better to use the radial artery as a composite graft? Clinical and angiographic results of aorto-coronary versus Y-graft. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2004;26:110-7.

66. Borger MA, Cohen G, Buth KJ, Rao V, Bozinovski J, Liaghati-Nasser N, et al. Multiple arterial grafts. Radial versus right internal thoracic arteries. *Circulation*. 1998;98 Suppl II:7-14.
67. Zacharias A, Habib RH, Schwann TA, Durham SJ, Shah A. Improved survival with radial artery versus vein conduits in coronary bypass surgery with left internal thoracic artery to left anterior descending artery grafting. *Circulation*. 2004;109:1489-96.
68. Cameron J, Trivedi S, Stafford G, Bett JHN. Five-year angiographic patency of radial artery bypass grafts. *Circulation*. 2004;110 Suppl II:23-6.
69. Calafiore AM, Di Mauro M, D'Alessandro S, Teodori G, Vitolla G, Contini M, et al. Revascularization of the lateral wall: long-term angiographic and clinical results of radial artery versus right internal thoracic artery grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2002;123:225-31.
70. Lemma M, Gelpi G, Mangini A, Vanelli P, Carro C, Condemi A, et al. Myocardial revascularization with multiple arterial grafts: comparison between the radial artery and the right internal thoracic artery. *Ann Thorac Surg*. 2001;71:1969-73.
71. Dalmau MJ, Hornero F, Cánovas S, Bueno M, Buendía J, Rodríguez I, et al. ¿Cuál es el segundo injerto arterial de elección en cirugía coronaria? Comparación entre la arteria radial y la mamaria derecha. *Cir Cardiovascular*. 2004;11:179-85.
72. Zabeeda D, Medalion B, Jakobshvilli S, Ezra S, Schachner A, Cohen AJ. Comparison of systemic vasodilators: effects on flow in internal mammary and radial arteries. *Ann Thorac Surg*. 2001;71:138-41.
73. Shapira OM, Alkon JD, Macron DSF, Keaney JF, Vita JA, Aldea GS, et al. Nitroglycerin is preferable to diltiazem for prevention of coronary bypass conduit spasm. *Ann Thorac Surg*. 2000;70:883-9.
74. Mussa S, Guzik TK, Black E, Dipp MA, Channon KM, Taggart DP. Comparative efficacy and duration of action of phenoxibenzamine, verapamil/nitroglycerine and papaverine as topical antispasmodic for radial artery coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2003;126:798-805.
75. He G-W, Yang C-Q. Comparative study on calcium channel antagonists in the human radial artery: clinical implications. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2000;119:94-100.
76. Gaudino M, Luciani N, Nasso G, Salica A, Canosa C, Possati G. Is postoperative calcium channel blocker therapy hended in patients with radial artery grafts? *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2005;129:532-5.
77. Parolari A, Rubini P, Alamanni F, Cannata A, Xin W, Gherli T, et al. The radial artery: Which place in coronary operation? *Ann Thorac Surg*. 2000;69:1288-94.
78. Grandjean JG, Mariani MA, Ebels T. Coronary re-operation via small laparotomy using the right gastro-epiploic artery without cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg*. 1996;61:1853-5.
79. Voutilainen S, Varkkala K, Jarvinen A, Keto P. Angiographic 5-year follow-up study of right gastro-epiploic artery grafts. *Ann Thorac Surg*. 1996;62:501-5.
80. Suma H, Isomura T, Horii T, Sato T. Late angiographic results of using the right gastro-epiploic artery as a graft. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2000;120:496-8.
81. Hirose H, Amano A, Takanashi S, Takanashi A. Coronary artery bypass grafting using the gastroepiploic artery in 1,000 patients. *Ann Thorac Surg*. 2002;73:1366-7.
82. Suma H, Wanibuchi Y, Furuta S, Takeuchi A. Does the gastro-epiploic artery graft increase surgical risk? *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1991;101:121-5.
83. Pym J, Brown PM, Pearson M, Parker JO. Right gastro-epiploic to coronary artery bypass grafts: the first decade of use. *Circulation*. 1995;92 Suppl II:45-9.
84. Buche M, Schroeder E, Gurné O, Chenu P, Paquay JL, Marchandise B, et al. Coronary artery bypass grafting with the inferior epigastric artery: mid-term clinical and angiographic results. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1995;109:553-60.
85. Calafiore AM, Di Giammarco G, Teodori G, D'Annunzio E, Vitolla G, Fino C, et al. Radial artery and inferior epigastric artery in composite grafts: improved mid-term angiographic results. *Ann Thorac Surg*. 1995;60:517-24.
86. Sato T, Isomura T, Suma H, Horii T, Kikuchi N. Coronary artery bypass grafting with gastro-epiploic artery composite graft. *Ann Thorac Surg*. 2000;69:65-9.
87. Calafiore AM, Contini M, Vitolla G, Di Mauro M, Mazzei V, Teodori G, et al. Bilateral internal thoracic artery grafting: long-term clinical and angiographic results of in situ versus Y-grafts. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2000;120:990-6.
88. Barra JA, Bezon E, Mansourati J, Rukbi I, Mondine P, Youssef Y. Reimplantation of the right internal thoracic artery as a free graft into the left in situ internal thoracic artery (Y procedure). One-year angiographic results. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1995;109:1042-8.
89. Santos GG, Stof NA, Moreira LF, Haddad VL, Simoes RM, Carvalho SR, et al. Randomized comparative study of radial artery and right gastroepiploic artery in composite arterial graft for CABG. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2002;21:1009-14.
90. Bergsma TM, Granjean JG, Voors AA, Boonstra PV, Den Heeder F, Edels T, et al. Low recurrence of angina pectoris after coronary artery bypass graft surgery with bilateral internal thoracic and right gastroepiploic arteries. *Circulation*. 1998;92:2402-5.
91. Tavilla G, Kappetein AP, Braun J, Gopie J, Tjien AT, Dion RA. Long-term follow-up of coronary artery bypass grafting in three-vessel disease using exclusively pedicled bilateral internal thoracic and right gastroepiploic arteries. *Ann Thorac Surg*. 2004;77:794-9.
92. Formica F, Ferro O, Greco P, Martino A, Gastaldi D, Paolini G. Long-term follow-up of total arterial myocardial revascularization using exclusively pedicle bilateral internal thoracic and right gastroepiploic artery. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2004;26: 1141-8.
93. Legare JF, Buth KJ, Sullivan JA, Hirsch GM. Composite arterial grafts versus conventional grafting for coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2004;127:160-6.
94. Speziale G, Ruvolo G, Coppola R, Marino B. Intraoperative flow measurement in composite Y arterial grafts. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2000;17:505-8.
95. Affleck DG, Barner HB, Bailey MS, Perry LA, Maniar H, Prasad SM, et al. Flow dynamics of the internal thoracic and radial artery T-graft. *Ann Thorac Surg*. 2004;78:1290-4.
96. Sakaguchi G, Tadamura E, Ohnaka M, Tambara K, Nishimura K, Komeda M. Composite arterial Y graft has less coronary flow reserve than independent grafts. *Ann Thorac Surg*. 2002;74:493-6.
97. Hirokami T, Kameda T, Kumamoto T, Shirota S, Yamano M. Effects of coronary artery bypass grafting using internal mammary arteries for diabetic patients. *J Am Coll Cardiol*. 1999;34:532-8.
98. Yamamoto T, Hosoda Y, Takazawa K, Hayashi I, Miyagawa H, Sasaguri S. Is diabetes mellitus a major risk factor in coronary artery bypass grafting? The influence of internal thoracic artery grafting on late survival in diabetics patients. *Jpn J Thorac Cardiovasc Surg*. 2000;48:344-52.
99. The BARI investigators. Seven-year outcome in the Bypass Angioplasty Revascularization Investigation (BARI) by treatment and diabetic status. *J Am Coll Cardiol*. 2000;35:1122-9.
100. Endo M, Nishida H, Tomizawa Y, Kasanuki H. Benefit of bilateral over single internal mammary artery grafts for multiple coronary artery bypass grafting. *Circulation*. 2001;104:2164-70.
101. Peterson MD, Borger MA, Peniston CM, Feindel CM. Skeletalization of bilateral internal thoracic artery grafts lowers the risk of sternal infection in patients with diabetes. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2003;126:1314-9.
102. Matsa M, Paz Y, Gurevitch J, Shapira I, Kramer A, Pevny D, et al. Bilateral skeletonized internal thoracic artery grafts in patients with diabetes. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2001;121:668-74.
103. Bical OM, Khoury W, Fromes Y, Fischer M, Soussa M, Boccarra G, et al. Routine use of bilateral skeletonized internal thoracic artery grafts in middle-aged diabetic patients. *Ann Thorac Surg*. 2004;78:2050-3.

104. Gardner TJ, Greene PS, Rykiel MF, Baumgarther WD, Cameron De, Casale DE, et al. Routine use of the internal mammary artery graft in the elderly. *Ann Thorac Surg.* 1990;49:188-94.
105. Azariades M, Fessler CL, Floten HS, Starr A. Five-year results of coronary bypass grafting for patients older than 70 years: role of internal mammary artery. *Ann Thorac Surg.* 1990;50:940-5.
106. Galbut DL, Traad EA, Dorman MJ, De Witt PL, Lasen PB, Kurlansky PA, et al. Coronary bypass grafting in the elderly. Single versus bilateral internal mammary artery grafts. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1993;106:128-36.
107. Muneretto C, Bisleri G, Negri A, Manfredi J, Metra M, Nodari S, et al. Total arterial myocardial revascularization with composite grafts improves results of coronary surgery in the elderly: a prospective randomized comparison with conventional coronary artery bypass surgery. *Circulation.* 2003;108 Suppl I:29-33.
108. Barner HB, Naunheim KS, Willman VL, Fiore AC. Revascularization with bilateral internal thoracic artery grafts in patients with left main coronary stenosis. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1992; 6:66-71.
109. Galbut DL, Traad EA, Dorman MJ, De Witt PL, Lasen PB, Kurlansky PA, et al. Bilateral internal mammary artery grafts in patients with left main coronary artery disease. *J Cardiac Surg.* 1993;18:18-24.
110. Loop FD, Lytle BW, Cosgrove DM, Woods EL, Stewart RW, Golding G, et al. Reoperation for coronary atherosclerosis: changing practice in 2.509 consecutive patients. *Ann Surg.* 1990;212:378-86.
111. Galbut DL, Traad EA, Dorman MJ, De Witt PL, Lasen PB, Kurlansky PA, et al. Bilateral internal mammary artery grafts in reoperative and primary coronary bypass surgery. *Ann Thorac Surg.* 1991;52:20-8.
112. Navia D, Cosgrove DM III, Lytle BW, Taylor PC, McCarthy PM, Stewart RW, et al. Is the internal thoracic artery the conduit of choice to replace a stenotic vein graft? *Ann Thorac Surg.* 1994;57:40-4.
113. Turner FE, Lytle BW, Navia D, Loop FD, Taylor PC, McCarthy PM, et al. Coronary reoperation: results of adding an internal mammary artery graft to a stenotic vein graft. *Ann Thorac Surg.* 1994;58:1353-5.
114. Zapolansky A, Roseblum J, Myler RK, Shaw RE, Stertz SH, Millhouse FG, et al. Emergency coronary artery bypass surgery following failed balloon angioplasty: role of internal mammary artery graft. *J Cardiac Surg.* 1991;6:439-48.
115. Caes FL, Van Noote GJ. Use of the internal mammary artery for emergency grafting after failed coronary angioplasty. *Ann Thorac Surg.* 1994;57:1295-9.
116. Locker C, Ben-Gal Y, Paz Y, Lev-Ran O, Neshet H, Mohr R, et al. Technical aspects of harvesting the radial artery with the harmonic scalpel. *Heart Surg Forum.* 2003;6:345-7.
117. Emir M, Gol MK, Ozisik K, Bakuy V, Sargon MF, Yavas S, et al. Harvesting techniques affect the integrity of the radial artery electron microscopic evaluation. *Ann Thorac Surg.* 2004;78: 1319-25.