

Manejo de variantes anatómicas complejas del acceso radial en la realización de procedimientos coronarios

Management of complex anatomic variants presenting during coronary interventions from the radial approach

Santiago F. Coroleu^{1,2}, Francesco Burzotta², Carlo Trani², Maria Rosario De Vita^{2,3}

Resumen

La utilización de la arteria radial como acceso vascular para realizar cateterismos cardíacos, tanto diagnósticos como terapéuticos, ha aumentado en forma exponencial en los últimos años, especialmente debido a la demostrada disminución en las complicaciones vasculares relacionadas con el acceso arterial. La necesidad de una dedicada curva de aprendizaje y la menor tasa de éxito del procedimiento en comparación con el acceso femoral (relacionada principalmente con la aparición de espasmo y las variantes anatómicas a lo largo del trayecto arterial) son dos de las principales justificaciones por las cuales el acceso radial no se utiliza en forma sistemática en un mayor número de laboratorios de Cardiología Intervencionista. En este artículo revisamos las variantes anatómicas que pueden encontrarse en los diferentes pasos del cateterismo realizado por vía radial y discutimos las posibles formas de manejo ante cada una de estas situaciones.

Palabras clave: acceso radial, variantes anatómicas, procedimientos coronarios.

INTRODUCCIÓN

La utilización del acceso radial para la realización de cateterismos cardíacos ha aumentado progresivamente en los últimos años debido a la disminución significativa de las complicaciones vasculares, la reducción de costos hospitalarios, la deambulación precoz y el mayor confort del paciente en comparación con el acceso femoral (AF).^{1,2} Estudios observacionales recientes sugieren además que el acceso radial podría devenir en mejores resultados clínicos.³⁻⁵ Sin embargo, uno de los limitantes para el uso sistemático de este acceso en un mayor número de laboratorios es la inferior tasa de éxito del procedimiento en comparación con el AF,^{1,2} con una tasa de fracaso informada que va del 1 al 5%.^{6,7} Entre las principales causas de fallo se encuentran la marcada tendencia de la arteria a desarrollar espasmo y la presencia de variantes anatómicas a lo largo del eje arterial radial-braquial-axilar-subclavia-tronco braquiocefálico. El reconocimiento temprano de éstas permitirá realizar un abordaje correcto, aumentando de esta forma la tasa de éxito de los procedimientos a través de la arteria radial (AR).

ESPASMO DE LA ARTERIA RADIAL

El espasmo de la AR puede ocurrir durante la punción (en la mayoría de los casos), a lo largo del procedimiento o al finalizarlo, y si bien pocas veces se relaciona con complicaciones graves,^{8,9} es una importante causa de molestias para el paciente y de fracaso en el procedimiento. Su aparición aumenta ante la presencia de pequeño calibre, tortuosidad y/o variantes anatómicas de la AR,

1. Servicio de Hemodinámica, Hospital Universitario Mutua Terrassa, Barcelona, España.

2. Instituto de Cardiología, Università Cattolica del Sacro Cuore, Roma, Italia.

3. Departamento de Cardiología, Hospital Morgagni-Pierantoni, Forlì, Italia.

✉ Correspondencia: Dr. Santiago Federico Coroleu, *Indipendencia 44 - 1º 1º, (08225) Terrassa, España. Tel: +34 931817397 | sfcoroleu@mutuaterrassa.com*

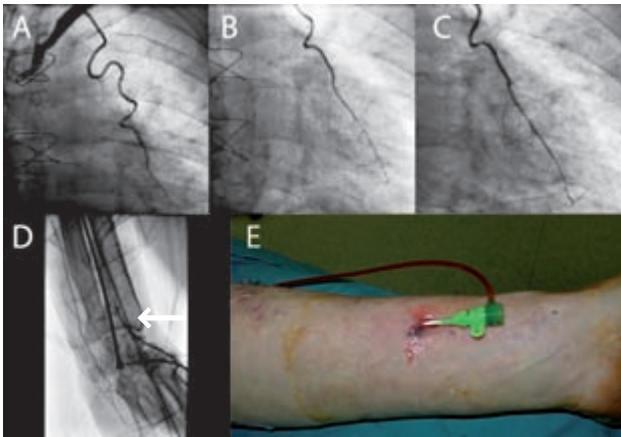


Figura 1. Angioplastia coronaria realizada sobre arteria descendente anterior distal a través de mamaria interna izquierda (paneles A, B y C) vía AR izquierda en paciente con radial distal ocluida (panel D, flecha). Nótese el posicionamiento del introductor a nivel del tercio medio de la AR (panel E).

relación diámetro de la arteria/diámetro del introductor < 1, paciente de sexo femenino, procedimientos que requieran múltiples intercambios de catéteres e inexperiencia del operador.^{10,11} Algunas maniobras pueden ayudar a disminuir la incidencia espasmo radial:

Utilización de kits introductores radiales específicos

Existen actualmente introductores de diversos tipos y longitudes, pero todos comparten el concepto de la utilización de guías de diámetro inferior a 0,035" (la mayoría vienen provistos de guías 0,025" rectas de punta blanda, que facilitan el avance intraarterial minimizando la ocurrencia de espasmo). La punción puede realizarse con aguja metálica (usualmente provistas con guías metálicas) o con agujas tipo *abbocath* (provistas con guías plásticas hidrofílicas), permitiendo al operador seleccionar la técnica de punción con la cual se sienta más familiarizado (*open-needle vs. plastic-cannula technique*). Aunque esta última técnica requiere una curva de aprendizaje mayor, de acuerdo con nuestra experiencia garantiza menor incidencia de espasmo radial posterior a punciones inapropiadas y facilita el avance en arterias radiales tortuosas.

De acuerdo con la longitud, los introductores se pueden dividir en tres grupos: *cortos* (± 11 cm), *intermedios* (± 16 cm) y *largos* (± 25 cm). Si bien cualquiera de los tres permiten la realización de procedimientos por vía transradial, aconsejamos la utilización de introductores largos (cuyo extremo proximal llega hasta la porción distal de la arteria braquial) ya que, una vez posicionados, evitan el contacto directo del catéter con la AR lo cual disminuye notablemente la ocurrencia de espasmo. En nuestro centro la utilización de introductores largos con cubierta hidrofílica permite realizar rutinariamente cateterismos vía AR sin el agregado de fármacos vasodilatadores.

Disminuir las posibilidades de espasmo relacionado con la punción

Los elementos más apropiados para disminuir la incidencia de espasmo radial relacionado con la punción son:

TABLA 1. Diámetro externo de los diferentes introductores arteriales y catéteres Sheathless.

	Diámetro externo
Introductor arterial 4 French	2,00 mm
Catéter Sheathless 6.5 French	2,16 mm
Introductor arterial 5 French	2,29 mm
Catéter Sheathless 7.5 French	2,49 mm
Introductor arterial 6 French	2,62 mm

1. Aumentar la canulación de la AR en el primer intento (*"first shot is always the best"*).
2. Evitar la punción de la pared posterior de la AR con la técnica *"open-needle"*.
3. Evitar avanzar la guía en caso de punción con flujo retrógrado subóptimo. En estas situaciones es preferible realizar una nueva punción, ya que el contacto de la guía con la pared arterial suele inducir espasmo más potente y difuso.

Producido el espasmo, si es focal con pulsatilidad conservada a nivel proximal o distal, alguna de esas zonas puede ser utilizada para una nueva punción. Nosotros hemos canulado exitosamente la AR a diferentes niveles de su trayecto, incluso en su porción más proximal (cerca a la articulación del codo) y aun en casos de oclusión distal, sin complicaciones mayores (Figura 1). Sin embargo, en estos casos es aconsejable prestar especial atención a la compresión posprocedimiento, ya que el riesgo de sangrado aumenta significativamente.

Una vez presente el espasmo a nivel de la AR, la siguiente posibilidad es tratar de revertirlo. Esto se puede realizar de dos maneras: con la administración de vasodilatadores exógenos (sistémicos ó locales)^{12,13} o a través de la compresión manual sostenida (por unos minutos) de la arteria cubital, lo que estimula la producción y liberación de vasodilatadores endógenos.

Una medida adecuada ante la presencia de espasmo radial es la utilización rutinaria de catéteres de bajo calibre. Normalmente el uso de catéteres 5 French (Fr) (tanto diagnósticos como guías) permite finalizar el procedimiento sin mayores complicaciones, aunque en casos determinados pueden ser necesarios catéteres 4 Fr. Una nueva opción en procedimientos terapéuticos, frente a AR de pequeño diámetro con importante tendencia a la aparición de espasmo, son los catéteres *Sheathless* (Asahi Intecc Co, Japón), diseñados para ser insertados sin introductor arterial, lo que permite disminuir considerablemente el calibre del material utilizado (Tabla 1).¹⁴

ANATOMÍA DEL EJE ARTERIAL RADIAL-BRAQUIAL

En estudios realizados en autopsias con ecografía vascular y angiografía¹⁵⁻²¹ se describe un amplio espectro de variantes anatómicas en las arterias radial y braquial. Recientemente, nuestro grupo de estudio desarrolló una nueva clasificación de las anomalías del eje radial-braquial, sobre la base de aquellas que pue-

Variante angiográfica	Incidencia
Ausencia de pulso radial	<0,03% (4%-13%*)
Enfermedad aterosclerótica de la arteria radial	0,4%-1,7%
Tortuosidad de las arterias radial y/o braquial	2%-6,1%
Loops de la arteria radial	1%-3,2%
Loops de la arteria braquial	<0,1%
Origen alto de la arteria radial (arteria radial <i>remnant</i>)	3,2%-8,3%

* Incidencia de oclusión radial posterior a cateterización cardíaca.

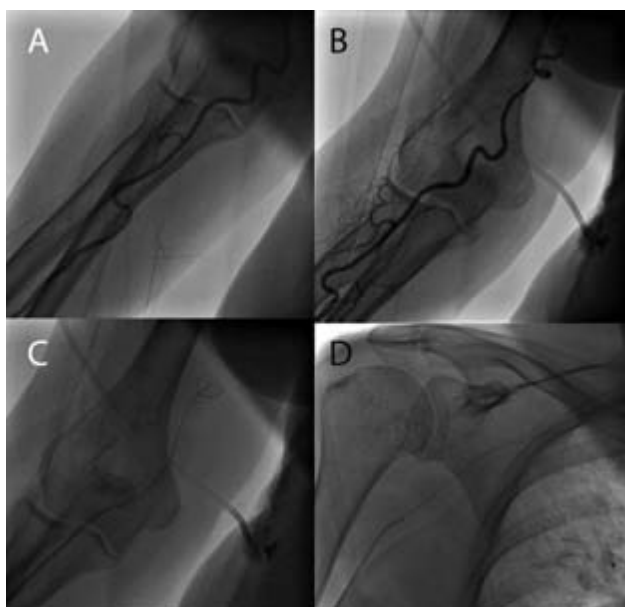


Figura 2. Angiografía radial retrógrada realizada a través del introductor que evidencia origen de la AR a nivel de la arteria axilar, con trayecto extremadamente tortuoso (paneles A y B). El avance de la guía hidrofílica es posible gracias al soporte de un catéter diagnóstico JR4 4 Fr (paneles C y D).

den ser diagnosticadas angiográficamente y que pueden ser relevantes en la realización de procedimientos por este acceso.²²

Tipos de variantes anatómicas del eje radial-braquial (Tabla 2)

A. Origen alto y anormal de la arteria radial

Es la anomalía radial más frecuente, con una frecuencia reportada en estudios angiográficos de entre 3,2% y 8,3%. Se define como el origen de la AR a nivel de la arteria axilar o de la porción proximal/media de la arteria braquial (siempre proximal a la línea intercondílea del húmero). Generalmente estos vasos se caracterizan por tener un diámetro pequeño e importantes tortuosidades, con una marcada tendencia a desarrollar espasmo (Figura 2).

B. Tortuosidad radial y/o braquial severa

Se define tortuosidad a la presencia de una curva de más de 45° en el trayecto de un vaso. A nivel de la AR presenta una incidencia de entre el 2% y el 6%,¹⁷⁻²⁰ mientras que la tortuosidad de la arteria braquial es una variante anatómica mucho menos frecuente y generalmente más simple de superar dado el mayor calibre de esta arteria.

C. Loops a nivel de las arterias radial y/o braquial

Un *loop* arterial se define como la presencia de una tortuosidad de 360° en el trayecto del vaso. Su frecuencia a nivel de la AR ronda entre 0,8% y 2,3% y se describen como la principal causa de fallo en los procedimientos por vía transradial.¹⁸⁻²⁰ La posibilidad de superar el *loop* será menor cuanto más grande sea éste y menor sea el calibre de la arteria. La presencia de este tipo de variante a nivel de la arteria braquial es mucho menos frecuente.

D. Aterosclerosis-Calcificación de la arteria radial.

La frecuencia de enfermedad aterosclerótica y calcificación de la AR se encuentra entre el 1% y el 1,7% y generalmente no suele ser una limitación importante para la realización de cateterismos por vía transradial, pero ha sido descrita como la causa más frecuente de dificultad y/o complicaciones en el posicionamiento del introductor dentro de la arteria.^{17,19-20}

Consideraciones técnicas para variantes del eje radial-braquial

Frente a la dificultad en el avance de la guía 0,025", la primera acción con el fin de determinar la causa es la angiografía del miembro superior. Ésta puede realizarse con el posicionamiento de pocos centímetros del introductor dentro de la AR; normalmente pocos milímetros de contraste diluido en solución salina son suficientes para obtener una angiografía radial con mínimas molestias para el paciente. La proyección anteroposterior con extrarrotación del brazo suele ser suficiente para obtener una buena separación de los huesos del antebrazo que permita visualizar correctamente el trayecto arterial.

Una vez aclarada la anatomía de la AR, se puede seleccionar la mejor estrategia para superar los diferentes tipos de obstáculos. El espasmo radial suele resolverse con la administración de nitroglicerina intraarterial. La asociación de espasmo con tortuosidad generalmente requiere, además, el uso de guías hidrofílicas 0,035", que facilitan la navegación a nivel de la tortuosidad con menor inducción de espasmo. En caso de angulaciones múltiples y/o severas a nivel de la AR, suele ser aconsejable el empleo de un catéter que brinde y facilite la maniobrabilidad de la guía (p. ej., catéter diagnóstico JR4 4 Fr); además este catéter permitirá realizar una nueva angiografía cada vez que sea necesaria. Un consejo útil cuando el control angiográfico evidencia variantes anatómicas de la AR es realizar el avance de la guía bajo control con *road-mapping* o al menos con la ayuda de la angiografía previa fija en el monitor de referencia, para simplificar el procedimiento y minimizar la cantidad de contraste a utilizar.

En casos particulares, en los que no es posible avanzar la guía 0,035" pese al soporte de un catéter (en general por la asociación de AR de fino calibre, angulaciones severas y espasmo importante), el uso de guías coronarias 0,014" puede ser útil. Una guía hidrofílica extra-support (ES) (p. ej., *Choice PT extra-support*, Boston Scientific™) puede ser una buena opción, porque provee el doble beneficio de navegar fácilmente dentro de las tortuosidades gracias a su extremo hidrofílico y

TABLA 3. Clasificación angiográfica. Eje axilar-subclavia-tronco braquiocefálico

Variante angiográfica	Incidencia
Tortuosidad severa	1,7-10%
Enfermedad aterosclerótica	0,6%*

* La prevalencia de enfermedad aterosclerótica global (estenosis significativas y no significativas) en el eje axilar-subclavio-tronco anónimo en pacientes con enfermedad coronaria es del 17-23%.

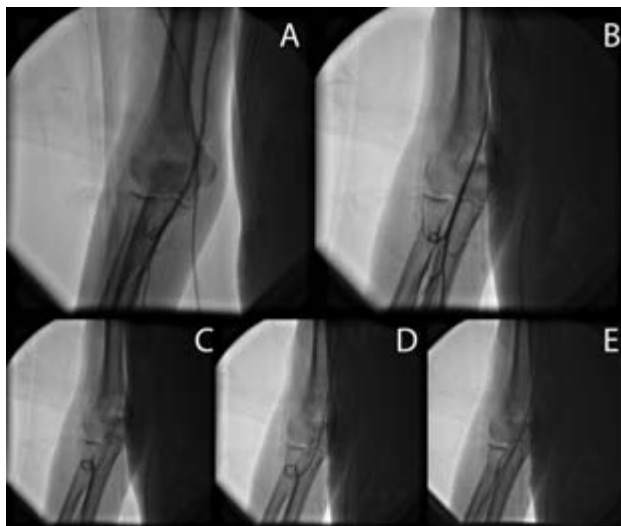


Figura 3. Angiografía radial retrógrada que evidencia loop radial en la porción media del vaso (**paneles A y B**). El loop es superado con guía hidrofílica 0,035" (**panel C**) sin rectificación del mismo, por lo que se avanza catéter diagnóstico JR4 4Fr hasta posicionarlo distalmente a la curvatura (**panel D**). Posteriormente tirando suavemente hacia atrás el complejo «guía-catéter» se consigue la rectificación del mismo (**panel E**), permitiendo completar el procedimiento sin complicaciones.

de brindar un buen soporte para el avance del catéter por su *shaft* rígido. Una vez que la guía coronaria ha atravesado las tortuosidades, un catéter 4 Fr puede ser lentamente avanzado hasta la arteria braquial permitiendo intercambiar la guía 0,014" por una 0,035" y continuar de esta forma con el cateterismo en el modo habitual. En casos seleccionados en los cuales una guía 0,014" ES no ofrece suficiente soporte para el avance del catéter, la utilización de una segunda guía 0,014" (*buddy wire technique*) puede ayudar a resolver el problema. Tal vez la mayor complejidad que se puede encontrar a nivel de las arterias radial y braquial es la presencia de *loops* (giro de 360°); en estos casos, la probabilidad de completar el procedimiento por vía transradial se relaciona con la posibilidad de atravesar y rectificar el *loop* (**Figura 3**). El primer paso en general se logra con el simple pasaje de una guía hidrofílica 0,035" (en pocos casos puede requerirse una guía 0,014"); si no es posible avanzar la guía (sea 0,035" o 0,014"), el soporte de un catéter recto (como se describió previamente) puede ser de gran ayuda. La rectificación del *loop* ocurre espontáneamente en la mayoría de los casos luego de avanzar la porción rígida de la guía distal al *loop*; si esto no sucede, la segunda opción es avanzar el catéter distal al *loop* y posteriormente, rotar y tirar hacia atrás suavemente el complejo *catéter-guía*. Cuando no es posible rectificar el *loop* o cuando la rectificación se acompaña de dolor intolerable por parte del paciente, el *cross-over* a otro acceso no puede evitarse (**Figura 4**).

TABLA 4. Clasificación angiográfica. Arco Aórtico

Variante angiográfica	Incidencia
Arteria subclavia derecha retroesofágica (RORSA o arteria lusoria)	0,1%-0,4%
Elongación del arco aórtico	0,1%
Otras variantes anatómicas	0,3%

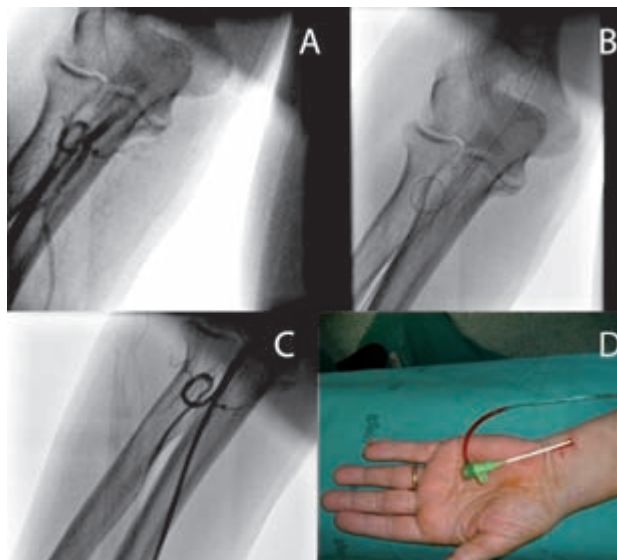


Figura 4. Utilización de la arteria cubital como alternativa al acceso radial en paciente con loop no rectificable en AR ante la necesidad de nuevo cateterismo. **Panel A:** loop de 360° a nivel de tercio medio de AR. **Panel B:** a pesar de posicionamiento de guía y catéter distal al loop no se consigue rectificar la curvatura. **Paneles C y D:** posterior a constatar la permeabilidad de la AR, realización del procedimiento por vía cubital sin complicaciones.

La presencia de giros de 360° a nivel de la arteria braquial es mucho menos frecuente. Dado que la arteria braquial posee un calibre mayor que la radial y tiene menos tendencia a desarrollar espasmo, los *loops* generalmente se cruzan y rectifican simplemente con una guía 0,035" teflonada (con el soporte de un catéter recto 4 Fr si fuera necesario).

ANATOMÍA DEL EJE AXILAR-SUBCLAVIA-TRONCO BRAQUIOCEFÁLICO (Tabla 3)

A. Tortuosidad severa

La presencia de tortuosidad severa y *loops* a nivel de la arteria subclavia y del tronco braquiocefálico, ya sean congénitos o adquiridos, pueden resultar un impedimento para completar un procedimiento por la vía transradial. Su incidencia es del 10%, con una tasa comunicada de conversión a otro acceso vascular del 29%.^{23,24} Estas anomalías son más frecuentemente encontradas en ancianos, pacientes obesos e hipertensos (**Figura 5**).²³

B. Enfermedad aterosclerótica

La presencia de una estenosis u oclusión ateromatosa a nivel de la subclavia o del tronco braquiocefálico no es infrecuente en pacientes sometidos a procedimientos coronarios.²⁵ Su presencia debe ser sospechada y reconocida con el fin de limitar las potenciales complicaciones de gravedad durante el avance y manipulación de los catéteres.

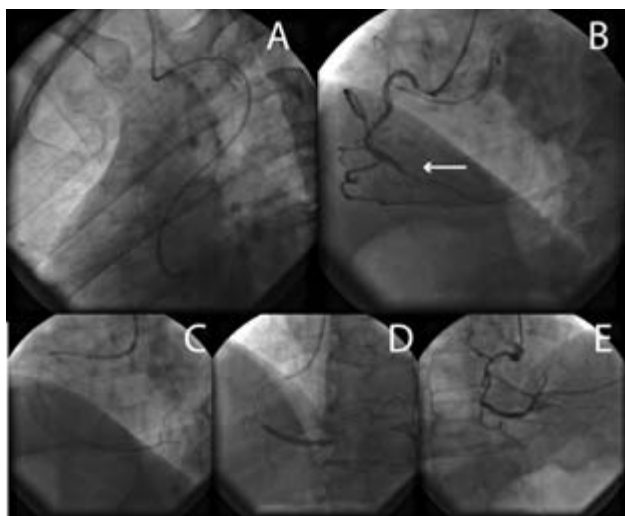


Figura 5. Severa tortuosidad del eje subclavia-tronco braquiocefálico (**panel A**). Posterior a canulación selectiva de coronaria derecha (CD) con catéter diagnóstico JR4 5Fr (realizado con guía 0,035" en su interior) se evidencia estenosis suboclusiva larga de CD severamente tortuosa en su tercio distal (**panel B**). Con el fin de aumentar soporte se posicionan dos guías extra-support (buddy wire technique) y se realiza «deep intubation» con catéter guía JR4 6 Fr (**panel C**), permitiendo el implante de un stent de 38 mm de longitud (**panel D**). Resultado final del procedimiento (**panel E**).

Consideraciones técnicas para variantes del eje axilar, subclavia y tronco braquiocefálico

En la gran mayoría de los casos, ni las tortuosidades ni las irregularidades parietales a este nivel ofrecen un obstáculo mayor para el avance de la guía y/o catéter hacia la aorta ascendente. Sin embargo, cuando el avance de la guía es dificultoso, recomendamos realizar control angiográfico con el fin de minimizar el riesgo de producir lesiones arteriales. Si el obstáculo es causado por una tortuosidad severa, nuevamente la mejor estrategia consiste en utilizar una guía hidrofílica 0,035" con el soporte de un catéter diagnóstico, lo cual permitirá, en la mayoría de los casos, superar la curvatura y rectificar el vaso. La tortuosidad a nivel de la subclavia/tronco braquiocefálico determina frecuentemente que la guía se dirija reiteradamente hacia la aorta descendente. En estos casos, el retirar suavemente la guía y reavanzarla bajo inspiración profunda del paciente usualmente permite acceder a aorta ascendente; si esta maniobra no tiene éxito, el avance de un catéter diagnóstico hasta el arco aórtico con posterior rotación de su extremo distal para redireccionar la guía suele permitir el acceso a aorta ascendente. Estas maniobras son también útiles para alcanzar la aorta ascendente en pacientes con variantes anatómicas del arco aórtico.

En situaciones como las descritas anteriormente, es muy importante no perder el posicionamiento de la guía en la aorta ascendente una vez que se haya logrado alcanzar la raíz aórtica. La utilización de guías angiográficas de 260 cm de largo permiten realizar intercambio de catéteres sin perder la posición de la guía; en el caso de encontrarse realizando el procedimiento con una guía de 190 cm de largo, la realización de *jet exchange* puede ser recomendable.

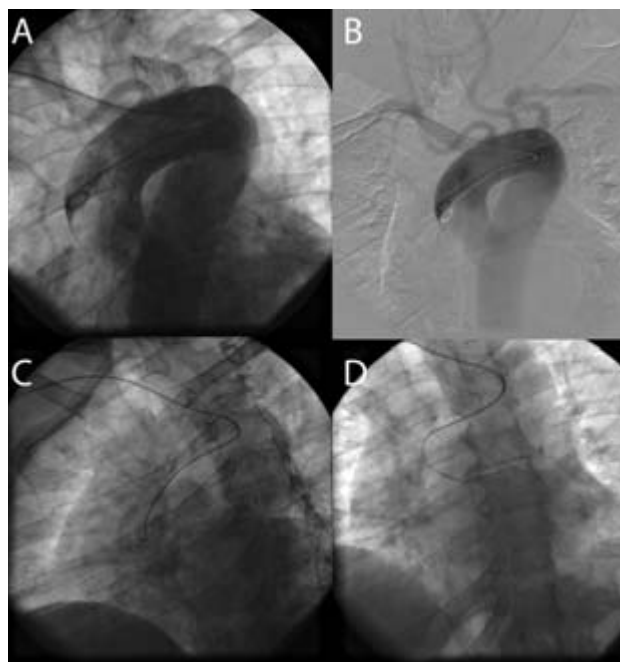


Figura 6. Aortografía con y sin sustracción digital realizada a través de acceso radial derecho en paciente con arteria subclavia derecha retro-esofágica (RORSA o arteria subclavia lusoria, **paneles A y B**). Evidencia de la tortuosidad severa descrita por catéteres tanto izquierdos como derechos (JR y JL en este caso) para la canulación coronaria selectiva en esta variante anatómica (**panel C y D**).

ANATOMÍA COMPLEJA A NIVEL DEL ARCO AÓRTICO (Tabla 4)

El arco aórtico se caracteriza por un amplio rango de variables anatómicas. Sin embargo, pocas situaciones son relevantes a la hora de realizar procedimientos a través del acceso radial.

A. Arteria subclavia retroesofágica (arteria lusoria)

La arteria subclavia retroesofágica es la anomalía congénita del arco aórtico más frecuente, con una prevalencia informada del 0,1 al 0,4%.^{19,21} Esta anomalía anatómica se caracteriza por el origen de la arteria subclavia derecha distal al origen de la subclavia izquierda (cuarto vaso del cuello), a nivel de la unión del arco aórtico con la aorta descendente y, menos frecuentemente, en la porción proximal de la aorta descendente (**Figura 6**). Su presencia complica notablemente el cateterismo realizado a través de la AR derecha, debido principalmente a la dificultad para alcanzar la aorta ascendente y realizar la canulación selectiva de las arterias coronarias.

B. Elongación del arco aórtico

Se presenta usualmente en pacientes de edad avanzada e hipertensión arterial severa mal controlada. Su presencia aumenta el ángulo existente entre la aorta y el tronco braquiocefálico, pudiendo transformar el cateterismo en un procedimiento complejo en los casos en los cuales el catéter proviene desde el brazo derecho.

CONSIDERACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA EL MANEJO DE LAS DISTINTAS VARIABLES ANATÓMICAS

La presencia de anomalías anatómicas, a cualquier nivel del trayecto radial-aorta ascendente, puede hacer dificultosa la canulación coronaria selectiva, debido fundamentalmente a la escasa maniobrabilidad de los catéteres utilizados. Una maniobra útil en estos casos es mantener la guía 0,035" posicionada dentro del catéter hasta la canulación coronaria efectiva, ya que su presencia permite aumentar el soporte y mejorar su manipulación y rotación. Dado que no es posible inyectar contraste a través de un catéter diagnóstico con la guía 0,035" montada en su interior, ante situaciones anatómicas extremadamente complejas nosotros recomendamos intercambiar el catéter diagnóstico por un catéter guía (unido a un conector en Y) manteniendo la guía en su interior; de esta manera es posible realizar angiografía con la guía en el interior del catéter.

En el caso de realizar angioplastia coronaria en pacientes con variantes anatómicas de esta complejidad, una vez lograda la canulación coronaria selectiva, es recomendable avanzar una guía 0,014" (en muchos casos será útil posicionar dos guías 0,014", a modo de *buddy wire*) hacia la porción distal del vaso a tratar antes de remover la guía angiográfica 0,035".

CONCLUSIONES

El progresivo aumento en la tasa de éxito durante la fase de aprendizaje del acceso transradial no se encuentra solamente relacionado con la mejoría de la técnica de punción de la AR, sino también con el conocimiento de las posibles dificultades anatómicas y las técnicas apropiadas para superarlas. En el presente artículo describimos, basándonos en la angiografía arterial, las principales variantes anatómicas que dificultan los procedimientos por vía transradial y proponemos una serie de maniobras escalonadas útiles para superar dichos obstáculos anatómicos.

Conflicto de intereses. Los autores no poseen conflictos de interés que declarar.

ABSTRACT

Management of complex anatomic variants presenting during coronary interventions from the radial approach. The use of the radial artery as a vascular access to perform diagnostic and interventional coronary procedures is progressively gaining acceptance, specially related with reduction of access-site complications. However, two major drawback of transradial access, limiting its widespread adoption, are the necessity of a

dedicated learning curve and the reported lower success rate (specially related with spasm occurrence and anatomic variants encountered in the upper limbs) compared to transfemoral approach.

In the present paper, we review the anatomic variants which may be encountered by radial approach and discuss how to diagnose and manage the possible obstacles occurring at the different steps of transradial procedures.

Key words: radial artery access, anatomic variants, coronary procedures.

BIBLIOGRAFÍA

1. Agostoni P, Biondi-Zoccai GG, de Benedictis ML et al. Radial versus femoral approach for percutaneous coronary diagnostic and interventional procedures; Systematic overview and meta-analysis of randomized trials. *J Am Coll Cardiol* 2004;44:349-56.
2. Jolly SS, Amlani S, Hamon M, Yusuf S, Mehta SR. Radial versus femoral access for coronary angiography or intervention and the impact on major bleeding and ischemic events: a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Am Heart J*. 2009; 157:132-40.
3. Chase AJ, Fretz EB, Warburton WP, Klinke WP, Carere RG, Pi D, Berry B, Hilton JD. Association of the arterial access site at angioplasty with transfusion and mortality: the M.O.R.T.A.L study (Mortality benefit Of Reduced Transfusion after percutaneous coronary intervention via the Arm or Leg). *Heart* 2008;94:1019-25.
4. Rao SV, Ou FS, Wang TY, Roe MT, Brindis R, Rumsfeld JS, Peterson ED. Trends in the prevalence and outcomes of radial and femoral approaches to percutaneous coronary intervention: a report from the National Cardiovascular Data Registry. *JACC Cardiovasc Interv*. 2008;1:379-86.
5. Sciahbasi A, Pristipino C, Ambrosio G et al. Arterial access-site-related outcomes of patients undergoing invasive coronary procedures for acute coronary syndromes (from the ComPaRison of Early Invasive and Conservative Treatment in Patients With Non-ST-Elevation Acute Coronary Syndromes [PRESTO-ACS] Vascular Substudy). *Am J Cardiol*. 2009;103:796-800.
6. Kiemeneij F, Laarman GJ, Odekerken D, Slagboom T, van der Wieken R. A randomized comparison of percutaneous transluminal coronary angioplasty by the radial, brachial and femoral approaches: the access study. *J Am Coll Cardiol*. 1997;29:1269-75.
7. Ludman PF, Stephens NG, Harcombe A, Lowe MD, Shapiro LM, Schofield PM, Petch MC. Radial versus femoral approach for diagnostic coronary angiography in stable angina pectoris. *Am J Cardiol*. 1997;79:1239-41.
8. Tizón-Marcos H, Barbeau GR. Incidence of compartment syndrome of the arm in a large series of transradial approach for coronary procedures. *J Interv Cardiol*. 2008;21:380-4.
9. Dieter RS, Akef A, Wolff M. Eversion endarterectomy complicating radial artery access for left heart catheterization. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2003;58:478-80.
10. Ruiz-Salmerón RJ, Mora R, Vélez-Gimón M, Ortiz J, Fernández C, Vidal B, Masotti M, Betriu A. Radial artery spasm in transradial cardiac catheterization. Assessment of factors related to its occurrence, and of its consequences during follow-up. *Rev Esp Cardiol*. 2005;58:504-11.
11. Louvard Y, Pezzano M, Scheers L, Koukoui F, Marien C, Benaim R, Goy P, Lardoux H. Coronary angiography by a radial artery approach: feasibility, learning curve. One operator's experience. *Arch Mal Coeur Vaiss* 1998;91:209-15.
12. Kiemeneij F, Vajifdar BU, Eccleshall SC, Laarman G, Slagboom T, van der Wieken R. Evaluation of a spasmolytic cocktail to prevent radial artery spasm during coronary procedures. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2003;58:281-4.
13. Quadhour A, Sideris G, Smida W, Logeart D, Stratiev V, Henry P. Usefulness of subcutaneous nitrate for radial access. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2008;72:343-6.

14. Mamas M, D'Souza S, Hendry C et al. Use of the sheathless guide catheter during routine transradial percutaneous coronary intervention: A feasibility study. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2009 [Epub ahead of print].
15. Mc Cormack LJ, Cauldwell EW, Anson BJ. Brachial and antebrachial arterial patterns; a study of 750 extremities. *Surg Gynecol Obstet.* 1953;96:43-54.
16. Rodríguez-Niedenführ M, Vázquez T, Nearn L, Ferreira B, Parkin I, Sañudo JR. Variations of the arterial pattern in the upper limb revisited: a morphological and statistical study, with a review of the literature. *J Anat.* 2001;199:547-66.
17. Yokoyama N, Takeshita S, Ochiai M, Koyama Y, Hoshino S, Isshiki T, Sato T. Anatomic variations of the radial artery in patients undergoing transradial coronary intervention. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2000;49:357-62.
18. Yoo BS, Yoon J, Ko JY, Kim JY, Lee SH, et al. Anatomical consideration of the radial artery for transradial coronary procedures: arterial diameter, branching anomaly and vessel tortuosity. *Int J Cardiol.* 2005;101:421-7.
19. Valsecchi O, Vassileva A, Musumeci G et al. Failure of transradial approach during coronary interventions: anatomic considerations. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2006;67:870-8.
20. Lo TS, Nolan J, Fountzopoulos E et al. Radial artery anomaly and its influence on transradial coronary procedural outcome. *Heart.* 2009;95:410-5.
21. Nie B, Zhou YJ, Li GZ, Shi DM, Wang JL. Clinical study of arterial anatomic variations for transradial coronary procedure in Chinese population. *Chin Med J* 2009;122:2097-102.
22. Burzotta F, Trani C, De Vita M, Crea F. A new operative classification of both anatomic vascular variants and physiopathologic conditions affecting transradial cardiovascular procedures. *Int J Cardiol.* 2009 [Epub ahead of print].
23. Louvard Y, Lefèvre T. Loops and transradial approach in coronary diagnosis and intervention. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2000;51:250-2.
24. Cha KS, Kim MH, Kim HJ. Prevalence and clinical predictors of severe tortuosity of right subclavian artery in patients undergoing transradial coronary angiography. *Am J Cardiol.* 2003;92:1220-2.
25. Rigatelli G, Rigatelli G. Screening angiography of supraaortic vessels performed by invasive cardiologists at the time of cardiac catheterization: indications and results. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2005;21:179-83.