

# Flujo trifásico como predictor del éxito en el acceso radial para angioplastia coronaria: estudio prospectivo con ecografía Doppler

## Triphasic flow as a predictor of success in radial access for coronary angioplasty: a prospective study with Doppler ultrasound

Giovanni Martínez<sup>1</sup>, Fabián Villarruel<sup>1</sup>, Marcelo Montero<sup>2</sup>, Luis Andramuño<sup>1</sup>, Luiza Dedavid<sup>1</sup>

### RESUMEN

**Antecedentes.** Las enfermedades cardiovasculares, lideradas por el síndrome coronario agudo (SCA), siguen siendo la principal causa de muerte a nivel mundial. Las intervenciones coronarias percutáneas (ICP) mediante acceso radial han demostrado múltiples beneficios frente al acceso femoral, incluyendo reducciones en mortalidad y complicaciones. La ecografía Doppler radial desempeña un papel crucial en la evaluación preprocedimiento de la viabilidad del acceso; en este estudio profundizamos en esta área, investigando cómo diversas características ecográficas contribuyen al éxito del procedimiento.

**Métodos.** Estudio prospectivo transversal en 108 pacientes con SCA. Se evaluaron características ecográficas de la arteria radial como diámetro, calcificación, tortuosidad, velocidades y tipos de onda de flujo, antes de la ICP.

**Resultados.** El éxito del acceso radial, observado en el 79.6% de los procedimientos, se asoció significativamente con la presencia de flujo trifásico, encontrado en el 71.3% de los casos exitosos ( $p < 0.001$ ). Las características ecográficas detalladas ayudaron a predecir con mayor precisión el éxito del procedimiento, sugiriendo que la integración de estos parámetros podría ser crucial para mejorar la planificación y ejecución de las ICP.

**Conclusiones.** Dentro de las características ecográficas de la arteria radial se destaca al flujo trifásico como un predictor significativo del éxito en el acceso para ICP, recomendándose la ecografía Doppler radial como evaluación preprocedimiento para optimizar la selección del sitio de acceso.

**Palabras clave:** síndrome coronario agudo, acceso radial, ecografía Doppler radial, intervención coronaria percutánea.

### ABSTRACT

**Background.** Cardiovascular diseases, led by Acute Coronary Syndrome (ACS), continue to be the leading cause of death globally. Percutaneous Coronary Interventions (PCI) via radial access have demonstrated multiple advantages over femoral access, including reductions in mortality and complications. Radial Doppler ultrasound plays a crucial role in the pre-procedural assessment of access viability, and this study delves deeper into how various echographic characteristics contribute to the success of the procedure.

**Methods.** A cross-sectional prospective study was conducted on 108 patients with ACS. Echographic characteristics of the radial artery, such as diameter, calcification, tortuosity, flow velocities, and wave types, were evaluated prior to PCI.

**Results.** Successful radial access, observed in 79.6% of the procedures, was significantly associated with the presence of triphasic flow, found in 71.3% of successful cases ( $p < 0.001$ ). Detailed echographic characteristics helped to predict procedural success more accurately, suggesting that the integration of these parameters could be crucial for improving the planning and execution of PCIs.

**Conclusions.** Among the echographic characteristics of the radial artery, triphasic flow stands out as a significant predictor of successful access for PCI. Radial Doppler ultrasound is recommended as a pre-procedural assessment to optimize access site selection.

**Key words:** acute coronary syndrome, radial access, radial Doppler ultrasound, percutaneous coronary intervention.

Revista Argentina de Cardioangiología Intervencionista 2024;15(4):188-191. <https://doi.org/10.30567/RACI/202404/0188-0191>

## INTRODUCCIÓN

El acceso radial se ha asociado a numerosos beneficios en angioplastia coronaria en comparación con el acceso femoral, al presentar menor mortalidad a 30 días y a 1 año, que podría estar relacionada con menor número de complicaciones vasculares<sup>1</sup> y menor riesgo de hematoma comparado con el acceso femoral del 3.7% vs 1.4%<sup>2,3</sup>. Las complicaciones asociadas con las técnicas de acceso arterial incluyen espasmo arterial, sangrado, hematoma, pseudoaneurisma, disección arterial, trombosis arterial, embolia y perforación<sup>4</sup>.

En 1996, Fernando Kiemeneij fue el pionero en el abordaje radial, que aumenta la tasa de éxito, mejora la comorbilidad del paciente y proporciona un método para una mejor hemostasia<sup>5</sup>. En la actualidad, la técnica ecoguiada para el ac-

ceso de la arteria radial en comparación con la palpación reduce las complicaciones hemorrágicas, las venopunciones incidentales y mejora las tasas de éxito en la primera punción. Las vistas ecográficas más utilizadas fueron el eje corto (visualización de la anatomía) y eje largo (visualización de la punta de la aguja) con posicionamiento dinámico de la punta de aguja<sup>6</sup>.

El uso de la ecografía Doppler para guiar el acceso radial se ha establecido como una técnica crucial para minimizar intentos fallidos y facilitar el acceso en pacientes con condiciones complicadas, como obesidad, edema, arterias de pequeño diámetro, o hipotensión<sup>6-8</sup>. La eficacia de este método para mejorar los accesos radiales y reducir las complicaciones asociadas está bien documentada<sup>6,8</sup>. En nuestro estudio, profundizamos en esta área investigando cómo diversas características ecográficas de la arteria radial, incluyendo el diámetro, la tortuosidad y los patrones de flujo, contribuyen al éxito del procedimiento. Esto nos permite proponer estrategias más efectivas para la selección de pacientes, optimizando así los resultados clínicos. Con este propósito, se diseñó la presente cohorte para identificar las características ecográficas que predicen tanto el éxito como las complicaciones potenciales en las intervenciones.

1. Clínica Santa Clara de Quilmes, Buenos Aires

2. Clínica Modelo de Morón, Buenos Aires

✉ Correspondencia: Giovanni Martínez. Tel.: 1150515291. [giovannimartinez@intramed.net](mailto:giovannimartinez@intramed.net). ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4818-9889>

Los autores no declaran conflictos de intereses

Recibido: 02/05/2024 | Aceptado: 05/02/2025

## MATERIALES Y MÉTODOS

Estudio prospectivo de corte transversal. Se incluyeron pacientes del período junio/2022 hasta diciembre/2023; mediante ecografía Doppler de la arteria radial derecha se realizaron mediciones del diámetro, características anatómicas (calcificación y tortuosidad), velocidades y tipos de la onda de flujo. La participación al estudio se realizó previa firma del consentimiento informado.

El acceso vascular para la ICP se realizó mediante la técnica de Seldinger por médicos hemodinamistas con formación completa y *fellowship* en cardiología intervencionista. En todos los casos se utilizó un introductor 6 Fr. La exploración ecográfica Doppler fue realizada por ecografistas periféricos con experiencia, médicos en formación y residentes de cardiología, bajo supervisión directa de especialistas capacitados. Las imágenes fueron obtenidas utilizando un ecógrafo Sonoscape X3, disponible en la Unidad Coronaria de la Clínica Santa Clara de Quilmes. No se utilizó financiación externa para la realización del presente estudio.

El tamaño muestral se determinó por conveniencia, incluyendo pacientes consecutivos tratados durante el periodo del estudio. Este enfoque permitió capturar datos representativos de la práctica clínica diaria, aunque se reconoce como una limitación para la generalización de los resultados.

**Variable dependiente.** Éxito del acceso radial para las ICP. Se definió como la realización completa del procedimiento sin complicaciones asociadas al acceso radial, que incluyen la ausencia de espasmo arterial, hematoma, pseudoaneurisma, disección arterial, trombosis, embolia y perforación resultante del procedimiento. Esto permitió dividir a la muestra en dos grupos (*Exitoso* y *No exitoso*) para ser comparados con las variables citadas a continuación.

**Variables independientes.** Características ecográficas de la arteria radial: incluyen diámetro, calcificación, tortuosidad, velocidades y tipos de onda de flujo. Cada una de estas características fue evaluada utilizando un transductor lineal de 5-10 MHz en modo B, color y espectral.

**Diámetro de la arteria radial.** Medido en centímetros en el pliegue auricular proximal de la muñeca. El diámetro transversal normal de la arteria radial medido por eco-Doppler es de 0,24 cm (0,22-0,28) y la velocidad de flujo pico sistólica (VPS) de 48 cm/s (39-75 cm/s)<sup>9</sup>.

**Tortuosidad.** Definida como la presencia de una curvatura de más de 45° en el trayecto de la arteria. A nivel de la arteria radial presenta una incidencia de entre el 2% y el 6%.

**Calcificación parietal.** Identificada por la presencia de áreas ecogénicas en las paredes anterior o posterior de la arteria<sup>10</sup>.

**Tipo de onda de flujo.** Clasificado como trifásico, bifásico, monofásico. A nivel de las extremidades superiores, el patrón de flujo pulsátil normal es trifásico<sup>11</sup>.

La **Figura 1** expone estos hallazgos ecográficos encontrados en los sujetos del presente estudio, mostrando la medición ecográfica del diámetro, la representación de la tortuosidad arterial, así como la caracterización de la calcificación. En la **Figura 2** se detalla el tipo de onda de flujo.

**Población.** Pacientes de 18 años o más, diagnosticados con SCA y sometidos a ICP en la Unidad Coronaria de la Clínica Santa Clara de Quilmes, que acudieron a consulta espontánea o derivados de instituciones colegas y que aceptaron participar en el estudio.

**Objetivo.** Evaluar la asociación entre las características ecográficas de la arteria radial, incluyendo diámetro, velocidad

de flujo, patrón de la onda de flujo, calcificación y tortuosidad, y el éxito de la ICP en pacientes con SCA. El estudio pretende identificar parámetros ecográficos que sirvan como predictores de un acceso radial exitoso, con el fin de optimizar la selección de pacientes para este abordaje y mejorar los resultados clínicos.

### Criterios de inclusión:

Edad: participantes de 18 años o más.

Diagnóstico: SCA.

Localización: ingresados en la Clínica Santa Clara de Quilmes.

Tratamiento: requerimiento de ICP durante la internación o de urgencia.

Consentimiento: acuerdo explícito para participar en el estudio.

### Criterios de exclusión:

Antecedentes médicos: se excluyeron del estudio pacientes con historial de cirugía de revascularización miocárdica (CRM) por dos razones principales: la posible utilización de la arteria radial como injerto, y la falta de información o documentación detallada sobre los puentes coronarios realizados, generando incertidumbre sobre la anatomía vascular.

Imposibilidad por cualquier causa de punzar arteria radial.

Estado clínico: post paro cardíaco.

Pacientes con hemodiálisis a través de fístula arteriovenosa en el lado del acceso propuesto.

## Estadística

Los datos se analizaron con estadística descriptiva e inferencial. Se utilizaron medidas de tendencia central y dispersión para las variables cuantitativas, y frecuencias y porcentajes para las variables cualitativas. Se compararon las características ecográficas de la arteria radial entre los pacientes con éxito y fracaso del acceso radial para la ICP mediante pruebas t de Student y Chi cuadrado, según la distribución de las variables. Se realizaron análisis de regresión logística para identificar los factores predictores del éxito del acceso radial. Los datos estadísticos así como los gráficos fueron analizados y realizados con el programa SPSS Statistic v25.

## RESULTADOS

En total, se incluyeron 108 pacientes en el estudio, de los cuales el 66,7% eran hombres. La edad media de los participantes fue de 71,69 años. Las comorbilidades más frecuentes incluyeron hipertensión arterial (81,5%), diabetes mellitus (30,6%), dislipidemia (41,7%) y enfermedad renal crónica (11,1%). Los pacientes acudieron principalmente por SCA sin elevación del ST (64,8%) e infarto agudo de miocardio con elevación del ST (35,2%) (**Tabla 1**).

En lo relativo a las complicaciones locales posteriores al procedimiento se observó que la mayoría de los procedimientos no presentaron complicaciones (81,48%). Se registraron casos de espasmo arterial en un 11,11% de los pacientes y además, se reportaron dificultades en la canalización o falla en el acceso radial y la formación de hematomas, cada uno en un 3,70% de los casos. (**Figura 3**). No se observaron diferencias estadísticamente significativas en el diámetro promedio de la arteria radial entre los procedimientos exitosos (0,29±0,40) y aquellos no exitosos (0,27±0,34), con un valor p de 0,501. Este hallazgo indica que el diámetro arterial, por sí solo, podría no ser un predictor determinante del éxito del acceso radial. La presencia de tortuosidad y calcifica-

ción arterial no mostró diferencias estadísticas importantes en relación con los resultados de los procedimientos.

Con respecto a las características ecográficas de la arteria radial se observó que en comparación con el diámetro medio de la arteria radial, los hombres mostraron un diámetro mayor ( $0,30 \pm 0,03$ ) en comparación con las mujeres ( $0,27 \pm 0,04$ ). La VPS promedio no presentó diferencias significativas entre hombres ( $33,35 \pm 15,14$  cm/s) y mujeres ( $35,42 \pm 13,9$  cm/s). La tortuosidad se observó en el 7,4% de los casos, más frecuente en mujeres (8,3%) que en hombres (6,9%). La calcificación se presentó en el 6,5% de los individuos. En cuanto a la onda de flujo arterial, la mayoría de los sujetos presentaron un patrón trifásico (71,3%), siendo este patrón ligeramente más común en hombres (72,2%) que en mujeres (69,4%). El patrón bifásico se observó en el 24,1% de los participantes, con porcentajes similares entre hombres (25,0%) y mujeres (22,2%). El patrón monofásico fue el menos común (4,6%), con una presencia más notable en mujeres (8,3%) en comparación con hombres (2,8%) (**Tabla 2**).

En la **Tabla 3**, se presentan las características ecográficas de la arteria radial. Se observó que el diámetro promedio de la arteria no difirió significativamente entre los procedimientos exitosos ( $29,05 \pm 4,07$  mm) y los que no tuvieron éxito ( $27,27 \pm 3,47$  mm), con un valor *p* de 0,501. Las incidencias de tortuosidad y calcificación no mostraron diferencias estadísticas significativas en relación con los resultados de los procedimientos (valores *p* de 0,345 y 0,975, respectivamente). Sin embargo, se identificó una correlación estadísticamente significativa entre el éxito del procedimiento y la presencia de una onda de flujo trifásica, encontrada en el 79,6% de los casos exitosos en comparación con el 20% de los no exitosos, con un tamaño del efecto sustancial de 0,596 y un intervalo de confianza del 95% para casos exitosos de 71,4% a 87,8% ( $p < 0,001$ ) (**Figura 4**). Este hallazgo destaca el patrón de onda de flujo trifásico como un posible predictor de éxito en los procedimientos relacionados con la punción radial.

## DISCUSIÓN Y LIMITACIONES

Este estudio profundiza en el entendimiento de cómo las características ecográficas de la arteria radial pueden afectar el éxito de las ICP en pacientes con SCA. Anteriores investigaciones han destacado el acceso radial sobre el femoral debido a menores tasas de complicaciones y mortalidad<sup>12-14</sup>; sin embargo, el conocimiento es limitado sobre qué características específicas de la arteria radial predisponen al éxito o al fracaso. La evaluación detallada de la anatomía de la arteria radial mediante ultrasonografía antes de las intervenciones permitió identificar pacientes con alto riesgo de complicaciones o fallo de acceso (tortuosidad, estenosis, hipoplasia, bucles radioulnares), mejorando así los resultados clínicos y reduciendo los riesgos asociados con la ICP<sup>15</sup>.

Aunque nuestro estudio no encontró una asociación significativa entre el diámetro de la arteria radial y el éxito del acceso ( $p = 0,501$ ), estudios previos como el metaanálisis de Moussa Pacha et al.<sup>6</sup> sugieren que un menor diámetro puede dificultar el acceso, especialmente en ausencia de guía ecográfica. Sin embargo, la utilización rutinaria de ecografía Doppler en nuestra cohorte pudo haber mitigado estas dificultades, favoreciendo tasas de éxito incluso en arterias de menor calibre. Además, investigaciones como las de Yokoyama et al.<sup>15</sup> destacan que otros factores anatómicos, como tortuosidades o bucles, podrían tener un impacto mayor en el

éxito del acceso. Estos hallazgos subrayan la importancia de una evaluación ecográfica integral más allá de la medición del diámetro.

Nuestro estudio identificó que un patrón de flujo trifásico en la arteria radial es un predictor significativo del éxito del acceso, lo que proporciona una base para un abordaje más personalizado en la selección del sitio de acceso.

Los resultados de este estudio tienen implicaciones importantes para la práctica clínica. La ecografía Doppler de la arteria radial puede ser una herramienta útil para identificar a los pacientes con mayor probabilidad de éxito del acceso radial para la ICP. Esta información puede ayudar a los médicos a seleccionar el acceso vascular más adecuado para cada paciente.

La ecografía Doppler permite identificar de forma no invasiva las características favorables de la arteria radial para mejorar los resultados en el acceso. Nuestros hallazgos sugieren que la implementación de protocolos de imagen antes del procedimiento podría ser una estrategia efectiva para mejorar la seguridad y eficacia del procedimiento.

Se recomienda la realización de estudios multicéntricos y ensayos controlados aleatorizados para validar y expandir nuestros resultados. La investigación futura debe centrarse en el impacto del flujo arterial trifásico y otras características ecográficas en una gama más amplia de procedimientos endovasculares, así como en el desarrollo de protocolos de acceso basados en características individuales.

La destreza en la punción y en el uso del ecógrafo son competencias esenciales para realizar un acceso radial exitoso. La formación y certificación en estas habilidades debe ser parte de los programas de formación para los operadores.

## Limitaciones

El diseño observacional de este estudio y su realización en un solo centro restringen la capacidad de generalizar estos resultados. Además, aunque se identificó una correlación significativa entre ciertas características ecográficas y el éxito del acceso radial, no se establece causalidad. Es crucial abordar estas limitaciones mediante estudios con una muestra más representativa y un diseño que permita inferencias causales. La dependencia de tecnología específica de ecografía Doppler, no universalmente accesible, puede limitar la aplicabilidad de esta técnica.

## CONCLUSIONES

Los resultados mostraron que entre las características ecográficas de la arteria radial, específicamente la presencia de flujo trifásico se asoció de manera significativa con el éxito del acceso radial para ICP. Este hallazgo fundamenta la integración de esta técnica como evaluación pre-ICP, facilitando una mejor selección del sitio de acceso. Investigaciones futuras son necesarias para confirmar estos resultados en diversos entornos clínicos y así perfeccionar los protocolos de acceso en ICP.

Este estudio respalda el uso rutinario de la ecografía Doppler radial en la evaluación preprocedimiento para ICP, especialmente en pacientes con anatomía compleja. La creciente disponibilidad de equipos Doppler en unidades de hemodinamia y otras áreas de atención cardiovascular facilita su implementación, por lo que se recomienda su integración en la práctica clínica y su inclusión en la formación de cardiólogos clínicos e intervencionistas para optimizar los resultados.

## RESUMEN DE PUNTOS SALIENTES

**Conocimiento actual.** La efectividad del acceso radial en intervenciones coronarias es conocida, pero la influencia de las características ecográficas de la arteria radial sobre el éxito del procedimiento aún es incierta.

**Hallazgos clave.** Este estudio confirma que el flujo trifásico en la arteria radial, evaluado por ecografía Doppler, predice significativamente el éxito de las intervenciones coronarias percutáneas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Chase AJ, Fretz EB, Warburton WP, et al. 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 Aug;94(8):1019-25. doi: 10.1136/hrt.2007.136390. Epub 2008 Mar 10. PMID: 18332059.
2. Jolly SS, Yusuf S, Cairns J, et al. Radial versus femoral access for coronary angiography and intervention in patients with acute coronary syndromes (RIVAL): a randomised, parallel group, multicentre trial. *Lancet*. 2011 Apr 23;377(9775):1409-20. doi: 10.1016/S0140-6736(11)60404-2. Epub 2011 Apr 4. Erratum in: *Lancet*. 2011 Apr 23;377(9775):1408. Erratum in: *Lancet*. 2011 Jul 2;378(9785):30. PMID: 21470671.
3. Vranckx P, Frigoli E, Rothenbühler M, et al. Radial versus femoral access in patients with acute coronary syndromes with or without ST-segment elevation. *Eur Heart J*. 2017 Apr 7;38(14):1069-1080. doi: 10.1093/eurheartj/ehx048. PMID: 28329389.
4. Rao SV, Cohen MG, Kandzari DE, et al. The Transradial Approach to Percutaneous Coronary Intervention. *J Am Coll Cardiol*. 2010;55(20):2187-2195. doi:10.1016/j.jacc.2010.01.039.
5. Kiemeneij F, Laarman GJ. Percutaneous transradial artery approach for coronary Palmaz-Schatz stent implantation. *Am Heart J*. 1994;128(1):167-174. doi:10.1016/0002-8703(94)90023-x.
6. Moussa Pacha H, Alahdab F, Al-Khadra Y, et al. Ultrasound-guided versus palpation-guided radial artery catheterization in adult population: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am Heart J*. 2018 Oct;204:1-8. doi: 10.1016/j.ahj.2018.06.007. Epub 2018 Jun 19. PMID: 30077047.
7. Aragoncillo I, Caldés Ruisánchez S. Ecografía Doppler en el Acceso Vascular. *Nefrología al día*. Disponible en: <https://www.nefrologiaaldia.org/291>.
8. Miller AG, Cappiello JL, Gentile MA, et al. Analysis of radial artery catheter placement by respiratory therapists using ultrasound guidance. *Respir Care*. 2014 Dec;59(12):1813-6. doi: 10.4187/respcare.02905. Epub 2014 Jul 15. PMID: 25233385.
9. Coderech Carretero J, Corella Montoya F, Grande Barez M, et al. Descripción y análisis del patrón de flujo dinámico y morfológico de las arterias principales de la muñeca y mano en población sana española. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2020;64(3):167-176. doi:10.1016/j.recot.2019.12.004.
10. Coroleu SF, Burzotta F, Trani C, et al. Manejo de variantes anatómicas complejas del acceso radial en la realización de procedimientos coronarios. *Rev Esp Cardiol*. 2021;74(5):27-31.
11. Titievsky LC, Mosso GF, García Mallea G, et al. Guías de práctica de Eco Doppler Vascular 2022. *Rev Fed Arg Cardiol*. 2022;51(Suplemento 4):7-62.
12. Elizaga Corrales J. Acceso por vía radial: ¿debería ser más utilizado? *Rev Esp Cardiol*. 2003;56(2):124-7.
13. García-Rueda KA, Cediell-Barrera CH, Plaza-Tenorio M, et al. Incidencia, impacto funcional y factores predictores para la presentación de complicaciones asociadas al acceso radial para Coronariografía evaluadas por medio de ultrasonografía, cohorte hospitalaria. *Arch Cardiol Mex*. 2022;92(2):230-241.
14. Sandoval Y, Bell MR, Gulati R. Transradial artery access complications. *Circ Cardiovasc Interv*. 2019;12:e007386. doi: 10.1161/circinterventions.119.007386.
15. Yokoyama N, Takeshita S, Ochiai M, et al. Anatomic variations of the radial artery in patients undergoing transradial coronary intervention. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2000;49(3):357-362.