

Validación de cuatro reglas de predicción clínica de la nefropatía inducida por contraste en pacientes llevados a intervención coronaria percutánea

Validation of Four Clinical Risk Scores for Predicting Contrast-Induced Nephropathy in Patients Undergoing Percutaneous Coronary Intervention

JOHN J. SPROCKEL¹, CARLOS S. RIVADENEIRA¹, NELSON D. BUITRAGO¹, SERGIO A. FUENTES¹, NELSON W. OSORIO²

RESUMEN

Introducción: La nefropatía inducida por contraste (NIC) es el empeoramiento agudo de la función renal tras administrarse medio de contraste endovenoso, y conlleva una importante carga de morbilidad y mortalidad. Actualmente se cuenta con múltiples reglas clínicas para predecir su desarrollo. El objetivo del presente trabajo es validar cuatro reglas para la predicción de la nefropatía inducida por contraste en pacientes llevados a procedimiento intervencionista coronario percutáneo (ICP).

Material y métodos: Estudio de cohorte retrospectiva unicéntrico, que incluyó adultos llevados a ICP entre enero de 2014 y diciembre de 2018. Se excluyeron pacientes en diálisis, los que murieron durante el procedimiento o aquellos de los que no se dispusiera de los datos necesarios para el análisis. Se aplicaron las cuatro reglas de predicción, se obtuvo la puntuación de cada una para cada uno de los pacientes y se calculó el área bajo la curva ROC para el desarrollo de NIC.

Resultados: En 785 pacientes se pudo calcular las cuatro reglas; 109 (13,8%) desarrollaron NIC y 14 (1,7%) requirieron diálisis. La media de edad fue 65 años y el 36,1% fueron mujeres. La media de tasa de filtración glomerular fue 69,1 mL/min. La regla de Mehran obtuvo un área bajo la curva de 0,574 para NIC y 0,881 para diálisis; Gao, 0,487 para NIC y 0,831 para diálisis; Lin, 0,572 para NIC y 0,854 para diálisis; y Bartholomew, 0,506 para NIC y 0,754 para diálisis.

Conclusiones: La aplicación de las reglas de predicción clínica de Mehran, Gao, Lin y Bartholomew en pacientes llevados a ICP mostró una pobre capacidad de discriminación para la NIC aunque su desempeño fue excelente para predecir la necesidad de diálisis.

Palabras clave: Intervención coronaria percutánea - Infarto del miocardio - Lesión renal aguda - Medios de contraste - Factores de riesgo - Pronóstico

ABSTRACT

Background: Contrast-induced nephropathy (CIN) is the acute deterioration of kidney function after the administration of intravenous contrast media and is associated with significant morbidity and mortality. Several clinical risk scores to predict CIN are currently available. The aim of the present study is to validate four risk scores for predicting CIN in patients undergoing percutaneous coronary intervention (PCI).

Methods: We conducted a retrospective single-center cohort study including adult patients undergoing PCI between January 2014 and December 2018. Patients on dialysis, those who died during the procedure or lack of necessary data for the analysis were excluded. The four risk scores were estimated for each patient and the area under the ROC curve for the development of CIN was calculated.

Results: The four risk scores were calculated in 785 patients; 109 (13.8%) developed CIN and 14 (1.7%) required dialysis. Mean age was 65 years and 36.1% were women. Mean glomerular filtration rate was 69.1 mL/min. The areas under the curve for each risk score to predict CIN and dialysis were: Mehran 0.574 and 0.881, respectively; Gao, 0.487 and 0.831; Lin, 0.572 and 0.854; and Bartholomew, 0.506 and 0.754.

Conclusions: The use of the Mehran, Gao, Lin, and Bartholomew risk scores in patients undergoing PCI showed poor discriminatory ability for CIN, although their performance was excellent for predicting the need for dialysis.

Key words: Percutaneous coronary intervention - Myocardial infarction - Acute kidney injury - Contrast Media - Risk factors - Prognosis

REV ARGENT CARDIOL 2021;89:513-518. <http://dx.doi.org/10.7775/rac.es.v89.i6.20454>

Recibido: 09/08/2021 - Aceptado: 08/10/2021

Dirección para separatas: John Jaime Sprockel Díaz - Dirección: Calle 10 No. 18-75 Hospital de San José - Email: jjsprockel@fucsulud.edu.co - Teléfono: 003184009973

Fuentes de Apoyo y Financiación: No se recibió financiación para la conducción del presente trabajo.

¹ Facultad de Medicina de la Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud - Servicio de Medicina Interna - Hospital de San José de Bogotá

² Servicio de Hemodinamia - Hospital de San José de Bogotá

Abreviaturas

AUC	Áreas bajo la curva	LR	Razones de verosimilitud
IC	Intervalos de confianza	MRS	Mehran Risk Score
ICP	Intervencionismo coronario percutáneo	NIC	Nefropatía inducida por contraste
LOESS	<i>Locally estimated scatterplot smoothing</i>	SCA	Síndrome coronario agudo
LRA	Lesión renal aguda		

INTRODUCCIÓN

La nefropatía inducida por contraste (NIC) se define como la elevación de las cifras basales de creatinina mayor de 0,5 mg/dL o aumento superior al 25% del nivel basal, evaluado tras 24-72 h de la exposición a un medio de contraste. (1, 2) Se estima que es la tercera causa de lesión renal aguda (LRA) adquirida en el hospital y es la mayor complicación relacionada con la administración de medio de contraste en pacientes sometidos a procedimientos intervencionistas de cardiología. (3)

Su incidencia es variable y dependiente de la definición utilizada, población de referencia y los factores de riesgo presentes en la población. Puede llegar a constituir el 30% de todas las LRA intrahospitalarias (4, 5) y, en pacientes llevados a procedimiento de intervencionismo coronario percutáneo (ICP) por síndrome coronario agudo (SCA), su incidencia puede llegar a alcanzar un 10%. (3, 6-9) En Colombia, un estudio realizado por Fuentes y cols. documentó una incidencia del 13,1% y encontró como factores asociados para su desarrollo la creatinina superior a 1,5 mg/dL y la coexistencia de diabetes y enfermedad renal crónica; en este grupo la mortalidad fue del 9,5% y requerimiento de hemodiálisis del 2,5%. (10)

Con el fin de identificar a los pacientes con un riesgo elevado de NIC e instaurar estrategias de intervención, se han desarrollado múltiples reglas de predicción clínica, entre ellas, la desarrollada por el grupo de Mehran en el 2004 es una de las más ampliamente usadas (denominada *Mehran Risk Score*, MRS). Fue desarrollada a partir de una cohorte de 5571 pacientes llevados a ICP y evalúa 8 variables: sexo, edad, hematocrito, volumen de contraste, diabetes, hipotensión, uso de balón de contrapulsación intraaórtico (BCIAo), insuficiencia cardíaca y la tasa de filtración glomerular. (11) Con el mismo fin, se han desarrollado otras reglas de predicción entre las que se encuentran las de los grupos de Gao, que considera la edad >60 años, hipertensión, infarto agudo de miocardio, insuficiencia cardíaca, uso de BCIAo, disminución de la tasa de filtración glomerular y volumen de contraste >100 mL (12); Lin, que toma en cuenta la edad >75 años, creatinina sérica basal >1,5 mg/dL, hipotensión y uso de BCIAo (13), y Bartholomew, que incluye filtrado glomerular estimado <60 mL/min, ICP urgente, uso de BCIAo, diabetes, insuficiencia cardíaca, hipertensión, enfermedad vascular periférica y volumen de contraste >260 mL (14)

Ante la necesidad de identificar estrategias para la predicción y el manejo de esta condición el objetivo del presente trabajo fue evaluar el desempeño de las reglas citadas en pacientes llevados a ICP.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un estudio observacional de cohorte retrospectiva, en el que se incluyeron pacientes mayores de 18 años en los que se llevó a cabo ICP por el servicio de hemodinamia del Hospital San José de Bogotá durante el período comprendido entre el 1 de enero de 2014 y 31 de diciembre de 2018. Se excluyeron pacientes con enfermedad renal terminal en diálisis crónica, exposición al contraste dentro de una semana o menos del procedimiento índice, o aquellos de los que no se tuviera reporte de la historia clínica o la evolución de laboratorio (creatinina) luego del procedimiento.

Se revisaron los registros del servicio de hemodinamia de los procedimientos, a partir de ello se revisaron las historias clínicas, incluidas las de aquellos pacientes en los que se disponía de mediciones de creatinina a las 48-72 h del procedimiento. Se definió como desenlace el desarrollo de NIC (aumento en la creatinina de al menos 0,5 mg/dL mayor del 25% en mg/dL a las 48-72 h), así como el requerimiento de soporte dialítico tras el procedimiento. Con los datos recolectados, se calcularon las puntuaciones de las reglas de predicción clínica MRS, Gao, Lin y Bartholomew.

Análisis estadístico

Se reportan las frecuencias absolutas y relativas para las variables categóricas. Para las variables cuantitativas, se reportan medidas de tendencia central y de dispersión teniendo en cuenta su distribución. Se construyeron curvas ROC de acuerdo con los diferentes valores obtenidos por las reglas de predicción considerando la sensibilidad y la especificidad para el desarrollo de los desenlaces; se calcularon las respectivas áreas bajo la curva (AUC) con sus intervalos de confianza (IC) del 95%. Para la regla que mostró la mejor capacidad de discriminación, se calculó el punto de mejor discriminación para cada desenlace mediante el índice de Youden, con lo que se construyeron las tablas de contingencia y se calcularon las características operativas (sensibilidad, especificidad, exactitud, valores predictivos positivo y negativo, razones de verosimilitud [LR] positiva y negativa).

Se calibró cada regla y se trazaron las puntuaciones obtenidas (eje *x*) contra la proporción de eventos observados (eje *y*) mediante curvas LOESS (*locally estimated scatterplot smoothing*) y mediante el cálculo de la puntuación de Brier. Los análisis se llevaron a cabo en el programa estadístico R versión 4.0.2 (R Foundation, Vienna, Austria) usando los paquetes pROC, ROCit y Cutpoint. El trabajo fue aprobado por el comité de ética e investigaciones del Hospital San José de Bogotá y por su carácter retrospectivo no requirió diligenciamiento de un consentimiento informado. No se recibió financiación por ninguna fuente.

RESULTADOS

Se consideraron 1758 pacientes que fueron llevados a ICP durante el período de evaluación, y al final se incluyeron 785 pacientes, de los que se pudo reunir los datos para el cálculo de las reglas de predicción. Las

características de los pacientes se encuentran resumidas en la Tabla 1. La media de la edad fue de 65 años, con una desviación estándar de 11 años; 36,1% fueron mujeres. La NIC se desarrolló en 109 (13,9%) pacientes; 14 (1,7%) requirieron diálisis y 18 (2,3%), fallecieron. Presentaban insuficiencia cardíaca avanzada 216 pacientes (27,5%); antecedente de infarto agudo de miocardio (IAM) 135 (17,1%); diabetes 194 (24,7%); enfermedad renal crónica, 155 (19,7%). En promedio se requirió de 87 ± 58 mL de medio de contraste durante la realización del procedimiento.

La Tabla 2 y la Figura 1 exponen las curvas ROC y sus respectivas áreas; es evidente que ninguna de las ecuaciones fue capaz de predecir adecuadamente el desarrollo de NIC (AUC entre 0,49 y 0,57) aunque sí se obtuvo un excelente resultado en la capacidad de predecir el requerimiento de diálisis (AUC entre 0,75 y 0,88). Para este último desenlace, la que obtuvo el mejor desempeño fue el MRS, con un AUC de 0,881 (IC 95% 0,796-0,967) aunque hubo amplia superposición entre los diferentes IC95%.

Para el MRS se obtuvo el punto de mejor discriminación con el índice de Youden de 7,67 para la predicción de NIC y de 9,14 para el requerimiento de diálisis. En la Tabla 3, se exponen las características operativas para diversos puntos de corte para ambos desenlaces. Con un resultado ≥9 se obtuvo la mayor exactitud para la predicción de NIC, 71,5%, especificidad del 77,5% y sensibilidad de apenas el 33,9%. Para el requerimiento de diálisis con un MRS ≥10, se obtuvo la mayor exactitud, con 81,8%, especificidad del 85,7% y sensibilidad 81,7%; el valor predictivo positivo fue solo del 7,8%.

Las curvas de calibración demuestran un resultado adecuado para las reglas MRS y Lin para los dos desenlaces que mejora a medida que se eleva la puntuación. Para el caso de Gao y Bartholomew, la calibración fue mala para el desarrollo de NIC. La puntuación de Brier obtenida para la MRS fue de 0,285 y 0,225 para los desenlaces NIC y requerimiento de diálisis, respectivamente, lo que confirma una buena calibración.

Tabla 1. Características de los pacientes

Característica	Población Total (n = 785)	Pacientes con NIC (n = 109)	Pacientes que requirieron diálisis (n = 14)
Edad, media (DE)	65 (11)	64 (14)	66 (11,4)
Sexo Femenino, n (%)	284 (36,1)	43 (39,4)	3 (21,4)
Comorbilidades			
Insuficiencia cardíaca	216 (27,5)	37 (33,9)	4 (28,5)
Infarto agudo	135 (17,1)	15 (13,7)	3 (21,4)
Diabetes mellitus	194 (24,7)	33 (30,2)	10 (71,4)
Enfermedad renal crónica	155 (19,7)	22 (20,1)	10 (71,4)
Laboratorios, media (DE)			
Tasa de filtración glomerular (mL/min)	69,21 (25,1)	71 (32,1)	28,6 (30,6)
Creatinina (mg/dL)	1,07 (0,7)	1,32 (1,4)	3,35 (2,2)
Hemoglobina (gr/dL)	13,8 (2,6)	13,4 (3,7)	9,94 (2,5)
Uso de nefroprotección, n (%)	208 (26,4)	31 (28,4)	5 (35,7)
Volumen de contraste (mL), media (DE)	87 (58)	81,3 (50)	96,4 (55)
Shock, n (%)	34 (4,3)	7 (6,4)	4 (28,5)
Uso de BCIAo, n (%)	3 (0,38)	0 (0)	0 (0)
Muertes, n (%)	18 (2,2)	9 (8,2)	3 (21,4)

NIC: Nefropatía inducida por contraste; DE Desviación estándar; BCIAo: Balón de Contrapulsación Intraaórtico

Tabla 2. Resultados de las áreas bajo la curva ROC con sus respectivos intervalos de confianza del 95% de cada regla de predicción clínica para la predicción de cada uno de los desenlaces evaluados

Regla de predicción clínica	Nefropatía inducida por contraste		Requerimiento de diálisis	
	AUC	IC 95 %	AUC	IC 95 %
Mehran (11)	0,5744	0,515-0,6338	0,8812	0,7957-0,9667
Gao (12)	0,4873	0,4258-0,5489	0,8316	0,7022-0,961
Lin (13)	0,5720	0,5214-0,6225	0,8537	0,7689-0,9384
Bartholomew (14)	0,5064	0,451-0,5619	0,7536	0,6505-0,8567

AUC: Área bajo la curva

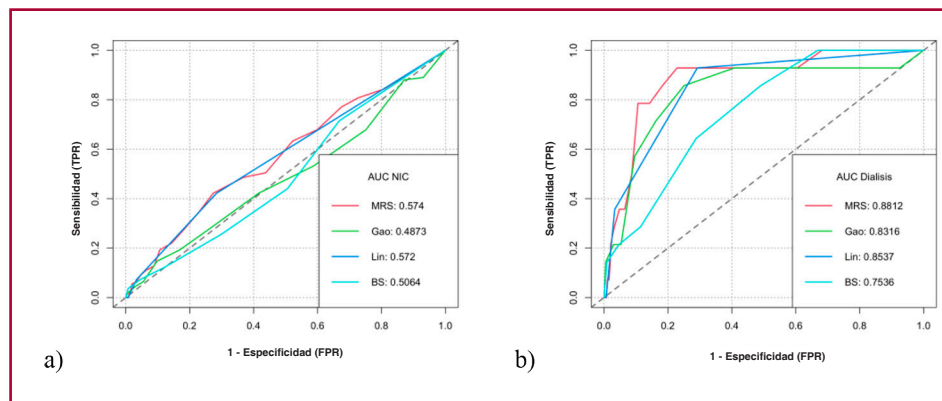


Fig. 1. Curvas ROC de cada regla de predicción clínica para la predicción de cada uno de los desenlaces evaluados: a) nefropatía inducida por contraste (NIC), b) necesidad de diálisis.

Punto de corte	Nefropatía inducida por contraste			Necesidad de diálisis		
	≥7	≥8	≥9	≥8	≥9	≥10
Verdaderos positivos	53	46	37	13	13	12
Verdaderos negativos	427	491	524	553	595	630
Falsos positivos	249	185	152	218	176	141
Falsos negativos	56	63	72	1	1	2
Total	785	785	785	785	785	785
Exactitud (%):	61,1	68,4	71,5	72,1	77,5	81,8
Sensibilidad (%):	48,6	42,2	33,9	92,9	92,9	85,7
Especificidad (%):	63,2	72,6	77,5	71,7	77,2	81,7
VPP (%):	17,5	19,9	19,6	5,6	6,9	7,8
VPN (%):	88,4	88,6	87,9	99,8	99,8	99,7
LR +:	1,320	1,542	1,510	3,284	4,068	4,687
LR -:	0,813	0,796	0,852	0,100	0,093	0,175

VPP: Valor predictivo positivo; VPN: Valor predictivo negativo; LR: Cociente de verosimilitud

Tabla 3. Características operativas para los puntos de corte evaluados con el Mehran Risk Score

DISCUSIÓN

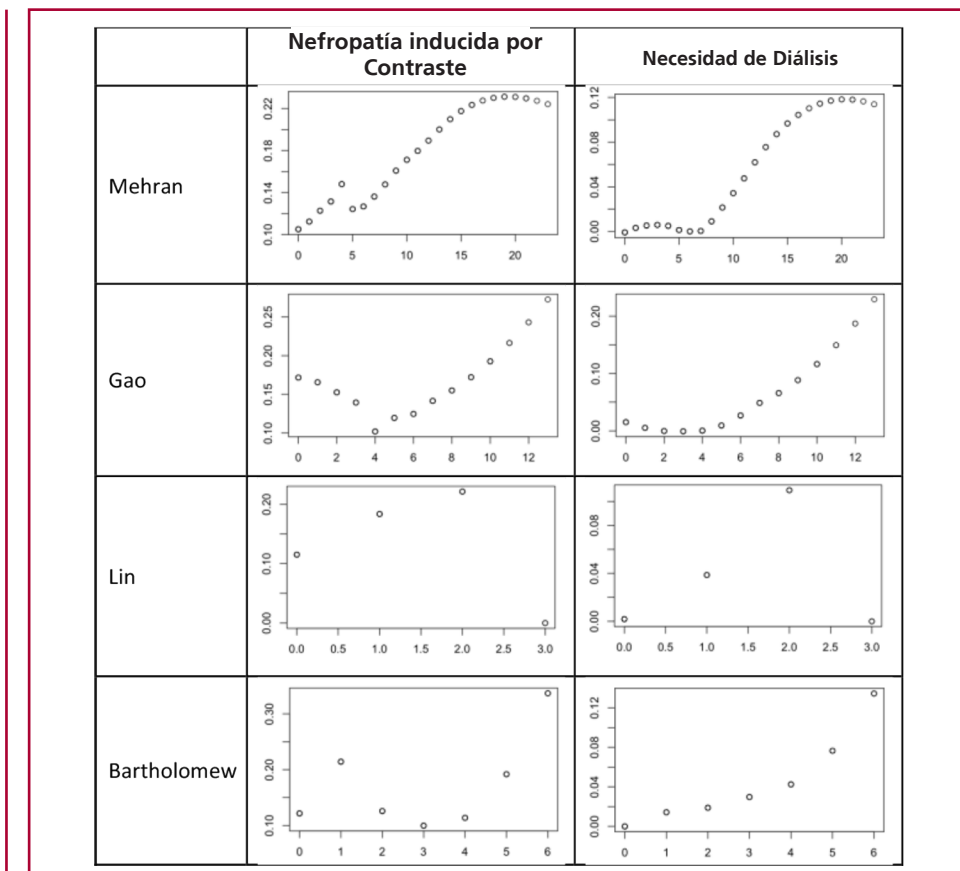
La NIC es una condición iatrogénica que conlleva una alta carga de morbimortalidad, relacionada con una tasa alta de eventos adversos renales y cardiovasculares, (15, 16) así como de muerte. (17) Con la excepción de la hidratación peri procedimiento y el uso de bajos volúmenes de medios de contraste de baja osmolalidad, pocas medidas han demostrado ser efectivas para la prevención de la NIC; (18) de tal forma que la identificación de aquellos pacientes que tienen un mayor riesgo facilitará un monitoreo más cercano y una intervención rápida. (19) Los resultados del presente trabajo no avalan ninguna de las escalas evaluadas para la predicción del desarrollo de NIC; la mayor AUC obtenida fue 0,57 por el MRS. La situación fue muy diferente para la predicción de la necesidad de diálisis, ya que se obtuvo un rango de AUC entre 0,75 y 0,88, que resultó ser más alta con el MRS, aunque con superposición de los intervalos de confianza.

Una revisión sistemática llevada a cabo en 2017 encontró 74 modelos para la predicción de la NIC; 10

para la predicción de NIC y diálisis; y uno solo, para la predicción de diálisis; documentó que la media ponderada de AUC de estos modelos fue de 0,89 (IC 95% 0,87-0,90) (20); pese a este amplio número de estudios no logramos identificar la aplicación de alguno de ellos en una población latinoamericana.

El MRS fue, desarrollado en una cohorte de 5571 pacientes llevados a ICP, alcanzó en esta población un AUC de 0,67 para la predicción de NIC. (11) Ha sido hasta el momento la regla de predicción sometida a validación con mayor frecuencia. Logramos identificar ocho reglas, estudiadas en pacientes llevados a ICP. Cuatro de ellos, en pacientes con infarto, con elevación del segmento ST (IAMCEST), (19, 21-23) uno en ICP electivo (24) y tres más en población mixta. (25-27) El trabajo de Andò y cols. en 2013 reportó una serie de 507 pacientes con IAMCEST en Messina (Italia), en la que se encontró un 5,2% de NIC, se documentó un AUC de 0,80 (IC 95% de 0,77-0,84). (21) El grupo de Liu en 2014 reportó un AUC de 0,84 entre 251 pacientes con IAMCEST en Guangdong (China). (19) Ivanec y cols. en 2014 en 322 pacientes de Tours (Francia)

Fig. 2.– Curva de calibración mediante LOESS



con IAMCEST encontraron un AUC de 0,590. (22) El mismo grupo de Liu en 2016 entre 422 pacientes con IAMCEST encontró un AUC de 0,643 (IC 95% 0,57-0,71). (23)

La validación realizada por Liu y cols. entre 2248 pacientes llevados a ICP electivo reportó un AUC de 0,773. (24) El grupo de Abellás-Sequeiros en 2016 analizó 1520 pacientes de Santiago de Compostela (España) con síndromes coronarios agudos llevados a ICP encontró AUC de 0,82 (0,78-0,86). (25) Un estudio de Araujo y cols. en 2016 que incluyó 5540 pacientes de Boston (Estados Unidos) llevados a ICP entre los que el 68% fueron urgentes documentó un valor de 0,80. (26) El trabajo de Chatterjee y cols. en 2017 reportó un AUC de 0,78 entre 11 454 pacientes procedentes del National Inpatient Sample de Estados Unidos llevados a ICP para intervenciones de múltiples vasos. (27)

Se identificó una sola validación para la regla de predicción clínica desarrollada por Gao y cols. en la que se obtuvo un AUC de 0,617 (IC 95% 0,54-0,69) entre 422 pacientes con IAMCEST de Guangdong (China) en 2016, (23). En el trabajo original se documentó un AUC de 0,76 y 0,71 en las cohortes de desarrollo y de validación de 3945 pacientes. (12) La regla de predicción del grupo de Lin obtuvo un AUC de 0,853 para la predicción

de NIC sobre 692 pacientes en el trabajo en el que se desarrolló, (13) y obtuvo un AUC de 0,555 (IC 95% 0,48-0,63) en la validación ya descrita del grupo de Liu. (23) La regla de Bartholomew no reportó en el estudio original un resultado para el AUC de la predicción de NIC; (14) fue validada en el trabajo de Tziakas y cols. en 2013 sobre 488 pacientes llevados a ICP electiva o de emergencias de Alexandroupolis (Grecia) en el que se obtuvo un AUC de 0,584 (IC 95% 0,54-0,63). (28)

Como vemos, la mayor parte de las validaciones de las reglas de predicción evaluadas, mostraron un buen desempeño o al menos moderado para la predicción de la NIC. Pero hubo, como en nuestro caso, excepciones.

El presente trabajo tiene como limitación su carácter retrospectivo, que puede inducir un sesgo de selección o mala clasificación, aunque los factores evaluados son en general objetivos; además, el carácter unicéntrico impide la extrapolación de los resultados a otras poblaciones. Se cuenta con la fortaleza de haber incluido a un número amplio de pacientes y de desenlaces que permiten servir para la validación de las escalas en cuestión. Por otro lado, no encontramos en la bibliografía explorada estudios que consideraran como desenlace la predicción de la necesidad de diálisis, un desenlace central en la evolución de la NIC.

CONCLUSIONES

La aplicación de las reglas de predicción clínica de Mehran, Gao, Lin y Bartholomew en pacientes llevados a intervención coronaria percutánea mostró pobre capacidad de discriminación para la NIC, aunque su desempeño fue excelente para predecir la necesidad de diálisis.

Declaración de conflicto de interés

Los investigadores dejamos constancia de que no tenemos ningún conflicto de intereses alrededor de la ejecución del presente trabajo de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Lindsay J, Canos DA, Apple S, Pinnow E, Aggrey GK, Pichard AD. Causes of acute renal dysfunction after percutaneous coronary intervention and comparison of late mortality rates with postprocedure rise of creatine kinase-MB versus rise of serum creatinine. *Am J Cardiol* 2004;94:786-9. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2004.06.007>
- Khawaja A. KDIGO clinical practice guidelines for acute kidney injury. *Nephron Clin Pract* 2012;120:c179-184. <https://doi.org/10.1159/000339789>
- Bouzas-Mosquera A, Vázquez-Rodríguez JM, Calviño-Santos R, Peteiro-Vázquez J, Flores-Ríos X, Marzoa-Rivas R, et al. Contrast-induced nephropathy and acute renal failure following emergent cardiac catheterization: incidence, risk factors and prognosis. *Rev Esp Cardiol* 2007;60:1026-34. <https://doi.org/10.1157/13111234>
- Rudnick M, Feldman H. Contrast-induced nephropathy: what are the true clinical consequences? *Clin J Am Soc Nephrol* 2008;3:263-72. <https://doi.org/10.2215/CJN.03690907>
- Nash K, Hafeez A, Hou S. Hospital-acquired renal insufficiency. *Am J Kidney Dis* 2002;39:930-6. <https://doi.org/10.1053/ajkd.2002.32766>
- Mehran R, Nikolsky E. Contrast-induced nephropathy: definition, epidemiology, and patients at risk. *Kidney Int Suppl* 2006;100:S11-5. <https://doi.org/10.1038/sj.ki.5000368>
- Weisbord SD, Hartwig KC, Sonel AF, Fine MJ, Palevsky P. The incidence of clinically significant contrast-induced nephropathy following non-emergent coronary angiography. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2008;71:879-85. <https://doi.org/10.1002/ccd.21565>
- van der Molen AJ, Reimer P, Dekkers IA, Bongartz G, Bellin M-F, Bertolotto M, et al. Post-contrast acute kidney injury - Part 1: Definition, clinical features, incidence, role of contrast medium and risk factors: Recommendations for updated ESUR Contrast Medium Safety Committee guidelines. *Eur Radiol* 2018;28:2845-55. <https://doi.org/10.1007/s00330-017-5246-5>
- Madyoon H, Croushore L, Weaver D, Mathur V. Use of fenoldopam to prevent radiocontrast nephropathy in high-risk patients. *Catheter Cardiovasc Interv* 2001;53:341-5. <https://doi.org/10.1002/ccd.1178>
- Garnica PG, Fuentes S, Sanabria M, Espinosa C, Rosselli C, Osorio N. Incidencia y factores de riesgo asociados con nefropatía inducida por medios de contraste en procedimientos intervencionistas de cardiología. *Repert Med Cir* 2019;28:171-7. <https://doi.org/10.31260/RepertMedCir.v28.n3.2019.958>
- Mehran R, Aymong ED, Nikolsky E, Lasic Z, Iakovou I, Fahy M, et al. A simple risk score for prediction of contrast-induced nephropathy after percutaneous coronary intervention: development and initial validation. *J Am Coll Cardiol* 2004;44:1393-9. [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(04\)01445-7](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(04)01445-7)
- Gao Y, Li D, Cheng H, Chen Y. Derivation and validation of a risk score for contrast-induced nephropathy after cardiac catheterization in Chinese patients. *Clin Exp Nephrol* 2014;18:892-8. <https://doi.org/10.1007/s10157-014-0942-9>
- Lin K-Y, Zheng W-P, Bei W-J, Chen S-Q, Islam SMS, Liu Y, et al. A novel risk score model for prediction of contrast-induced nephropathy after emergent percutaneous coronary intervention. *Int J Cardiol* 2017;230:402-12. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2016.12.095>
- Bartholomew BA, Harjai KJ, Dukkkipati S, Boura JA, Yerkey MW, Glazier S, et al. Impact of nephropathy after percutaneous coronary intervention and a method for risk stratification. *Am J Cardiol* 2004;93:1515-9. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2004.03.008>
- Wi J, Ko Y-G, Kim J-S, Kim B-K, Choi D, Ha J-W, et al. Impact of contrast-induced acute kidney injury with transient or persistent renal dysfunction on long-term outcomes of patients with acute myocardial infarction undergoing percutaneous coronary intervention. *Heart* 2011;97:1753-7. <https://doi.org/10.1136/hrt.2010.218677>
- Kume K, Yasuoka Y, Adachi H, Noda Y, Hattori S, Araki R, et al. Impact of contrast-induced acute kidney injury on outcomes in patients with ST-segment elevation myocardial infarction undergoing primary percutaneous coronary intervention. *Cardiovasc Revasc Med* 2013;14:253-7. <https://doi.org/10.1016/j.carrev.2013.07.009>
- Yang Y, George KC, Luo R, Cheng Y, Shang W, Ge S, et al. Contrast-induced acute kidney injury and adverse clinical outcomes risk in acute coronary syndrome patients undergoing percutaneous coronary intervention: a meta-analysis. *BMC Nephrol* 2018;19:374. <https://doi.org/10.1186/s12882-018-1161-5>
- Busch SVE, Jensen SE, Rosenberg J, Gögenur I. Prevention of contrast-induced nephropathy in STEMI patients undergoing primary percutaneous coronary intervention: a systematic review. *J Interv Cardiol* 2013;26:97-105.
- Liu YH, Liu Y, Tan N, Chen J-Y, Chen J, Chen S-H, et al. Predictive value of GRACE risk scores for contrast-induced acute kidney injury in patients with ST-segment elevation myocardial infarction before undergoing primary percutaneous coronary intervention. *Int Urol Nephrol* 2014;46:417-26. <https://doi.org/10.1007/s11255-013-0598-5>
- Allen DW, Ma B, Leung KC, Graham MM, Pannu N, Traboulsi M, et al. Risk Prediction Models for Contrast-Induced Acute Kidney Injury Accompanying Cardiac Catheterization: Systematic Review and Meta-analysis. *Can J Cardiol*. 2017;33:724-36. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2017.01.018>
- Andò G, Morabito G, de Gregorio C, Trio O, Saporito F, Oretto G. Age, glomerular filtration rate, ejection fraction, and the AGEF score predict contrast-induced nephropathy in patients with acute myocardial infarction undergoing primary percutaneous coronary intervention. *Catheter Cardiovasc Interv* 2013;82:878-85. <https://doi.org/10.1002/ccd.25023>
- Ivanov F, Isorni M-A, Halimi J-M, Fauchier L, Saint Etienne C, Babuty D, et al. Predictive factors of contrast-induced nephropathy in patients undergoing primary coronary angioplasty. *Arch Cardiovasc Dis* 2014;107:424-32. <https://doi.org/10.1016/j.acvd.2014.05.008>
- Liu Y-H, Liu Y, Zhou Y-L, He P-C, Yu D-Q, Li L-W, et al. Comparison of Different Risk Scores for Predicting Contrast Induced Nephropathy and Outcomes After Primary Percutaneous Coronary Intervention in Patients With ST Elevation Myocardial Infarction. *Am J Cardiol* 2016;117:1896-903. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2016.03.033>
- Liu Y, He Y, Tan N, Chen J, Liu Y, Yang D, et al. Preprocedural N-terminal pro-brain natriuretic peptide (NT-proBNP) is similar to the Mehran contrast-induced nephropathy (CIN) score in predicting CIN following elective coronary angiography. *J Am Heart Assoc* 2015;4:e001410. <https://doi.org/10.1161/JAHA.114.001410>
- Abellás-Sequeiros RA, Raposeiras-Roubín S, Abu-Assi E, González-Salvado V, Iglesias-Álvarez D, Redondo-Díez A, et al. Mehran contrast nephropathy risk score: Is it still useful 10 years later? *J Cardiol* 2016;67:262-7. <https://doi.org/10.1016/j.jjcc.2015.05.007>
- Araujo GN, Wainstein MV, McCabe JM, Huang P-H, Govindarajulu US, Resnic FS. Comparison of Two Risk Models in Predicting the Incidence of Contrast-Induced Nephropathy after Percutaneous Coronary Intervention. *J Interv Cardiol* 2016;29:447-53. <https://doi.org/10.1111/joic.12315>
- Chatterjee S, Kundu A, Mukherjee D, Sardar P, Mehran R, Bashir R, et al. Risk of contrast-induced acute kidney injury in ST-elevation myocardial infarction patients undergoing multi-vessel intervention-meta-analysis of randomized trials and risk prediction modeling study using observational data. *Catheter Cardiovasc Interv* 2017;90:205-12. <https://doi.org/10.1002/ccd.26928>
- Tziakas D, Chalikias G, Stakos D, Apostolakis S, Adina T, Kikas P, et al. Development of an easily applicable risk score model for contrast-induced nephropathy prediction after percutaneous coronary intervention: a novel approach tailored to current practice. *Int J Cardiol* 2013;163:46-55. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2011.05.079>