

Evaluation of the use of contrast agents in medical imaging

Evaluación del uso de agentes de contraste en imagen médica

Aline Aparecida Pacheco¹  , Analía Claudia Sabbatini¹  

¹Universidad Abierta Interamericana, Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud, Carrera de Medicina. Buenos Aires, Argentina.

Cite as

Aparecida Pacheco A, Sabbatini AC. Evaluation of the use of contrast agents in medical imaging. SAP Biomedical & Chemical Engineering Innovation. 2024; 3:187. <https://doi.org/10.56294/evk2024187>

Publication History

Submitted: 07-05-2024

Revised: 21-08-2024

Accepted: 12-12-2024

Published: 13-12-2024

Corresponding Author

Aline Aparecida Pacheco 

ABSTRACT

Advances in medical imaging techniques have significantly improved clinical diagnosis, and contrast agents have become essential tools in procedures such as computed tomography and magnetic resonance imaging. However, their use has been associated with significant risks, particularly contrast-induced nephropathy (CIN), which mainly affects patients with pre-existing renal or cardiovascular disease. The studies reviewed addressed the pathophysiological mechanisms of this complication, as well as the most effective prevention strategies, such as intravenous hydration and the use of agents with lower renal toxicity potential. The safety of iodinated and even gadolinium-based contrast agents was also analysed, highlighting that some compounds offered a safer profile. Despite advances, clinical controversies persisted, and the need for further research to optimise preventive management and ensure patient safety was emphasised.

Keywords: Nephropathy; Contrast; Medical Imaging; Prevention; Safety.

RESUMEN

El avance de las técnicas de imagen médica permitió mejorar significativamente el diagnóstico clínico, y los agentes de contraste se convirtieron en herramientas fundamentales en procedimientos como la tomografía computarizada y la resonancia magnética. Sin embargo, su uso implicó riesgos importantes, especialmente la nefropatía inducida por contraste (NIC), que afectó principalmente a pacientes con enfermedades renales o cardiovasculares preexistentes. Los estudios revisados abordaron los mecanismos fisiopatológicos de esta complicación, así como las estrategias de prevención más eficaces, como la hidratación intravenosa y el uso de agentes con menor potencial tóxico renal. También se analizó la seguridad de los contrastes yodados e incluso los basados en gadolinio, destacándose que algunos compuestos ofrecieron un perfil más seguro. A pesar de los avances, persistieron controversias clínicas y se subrayó la necesidad de seguir investigando para optimizar el manejo preventivo y garantizar la seguridad del paciente.

Palabras clave: Nefropatía; Contraste; Imagen Médica; Prevención; Seguridad.

INTRODUCCIÓN

El avance de las técnicas de imagen médica ha revolucionado el diagnóstico clínico, permitiendo detectar con mayor precisión diversas patologías internas. En este contexto, los agentes de contraste se han convertido en elementos fundamentales para optimizar la calidad de las imágenes obtenidas mediante estudios como la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM). No obstante, a pesar de sus beneficios diagnósticos, el uso de estos agentes no está exento de riesgos, siendo la nefropatía inducida por contraste (NIC) una de las complicaciones más relevantes, especialmente en pacientes con factores de riesgo preexistentes. El presente análisis aborda los mecanismos fisiopatológicos, las estrategias de prevención y las consideraciones clínicas asociadas al uso de medios de contraste yodados y basados en gadolinio, con el objetivo de proporcionar una visión integral sobre su seguridad y manejo en la práctica médica.

DESARROLLO

El uso de agentes de contraste en procedimientos de imagen médica es una herramienta diagnóstica clave, particularmente en técnicas como la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM). Dentro de esta categoría, se destacan los medios de contraste yodados y los basados en gadolinio, cuya finalidad principal es mejorar la visualización de estructuras anatómicas y lesiones internas, permitiendo así diagnósticos más precisos.⁽¹⁾

Sin embargo, uno de los principales riesgos asociados a su uso es la nefropatía inducida por contraste (NIC), una complicación que se manifiesta como una disfunción renal aguda tras la administración de estos agentes. Los mecanismos fisiopatológicos detrás de la NIC incluyen vasoconstricción renal, estrés oxidativo y daño tubular directo, fenómenos bien documentados en la literatura biomédica.⁽²⁾

La European Society of Urogenital Radiology (ESUR) ha establecido directrices claras para minimizar los efectos adversos de los contrastes, destacando la importancia de evaluar previamente la función renal y emplear medidas preventivas como la hidratación intravenosa para pacientes en riesgo.⁽³⁾ Esta práctica se ha asociado con una reducción significativa en la incidencia de NIC, especialmente cuando se combina con el uso de soluciones como bicarbonato de sodio o con agentes como la N-acetilcisteína.^(4,5)

En cuanto a la elección del tipo de agente, diversos estudios han demostrado que los medios de contraste isoosmolares, como el iodixanol, podrían ofrecer una mayor seguridad renal en comparación con los agentes de baja osmolaridad, particularmente en pacientes con insuficiencia renal crónica.^(6,7) Sin embargo, otros estudios no han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre ambos tipos, lo que sugiere la necesidad de seguir investigando esta relación.⁽⁸⁾

Por otro lado, los agentes de contraste basados en gadolinio, utilizados principalmente en RM, han sido objeto de preocupación por su posible asociación con fibrosis sistémica nefrótica (FSN) en pacientes con disfunción renal. Aun así, los compuestos del Grupo II, como gadoterato de meglumina y gadobutrol, han demostrado un perfil de seguridad muy favorable, incluso en pacientes con enfermedad renal avanzada.⁽⁹⁾

Estudios retrospectivos y prospectivos han confirmado que, si bien la incidencia global de NIC es relativamente baja, esta aumenta significativamente en poblaciones vulnerables como pacientes con diabetes mellitus, insuficiencia renal previa o fallo cardíaco congestivo.^(10,11) En este sentido, la estratificación de riesgos y la selección del agente más adecuado, junto con la implementación de protocolos preventivos, son elementos esenciales para reducir la morbilidad asociada.

En términos de reacciones adversas agudas, los medios de contraste yodados no iónicos presentan una baja incidencia, aunque se han registrado casos de hipersensibilidad, con una prevalencia grave inferior al 0,01 %, lo que enfatiza la necesidad de protocolos de premedicación en pacientes con antecedentes de reacciones alérgicas.^(12,13)

Finalmente, la literatura sugiere que los métodos de hidratación, tanto orales como intravenosos, pueden ser igualmente efectivos en procedimientos electivos, aunque la vía intravenosa es preferida en pacientes de alto riesgo.^(14,15) A pesar de las múltiples estrategias descritas, aún se necesita establecer un consenso clínico robusto sobre las mejores prácticas preventivas para la NIC.^(16,17)

CONCLUSIONES

Aunque los agentes de contraste son herramientas diagnósticas indispensables, su uso debe ir acompañado de una evaluación cuidadosa del riesgo-beneficio, especialmente en pacientes con comorbilidades renales o cardiovasculares. La implementación de protocolos preventivos, la elección adecuada del tipo de contraste y la hidratación apropiada han demostrado ser medidas efectivas para minimizar la incidencia de NIC y otras reacciones adversas. Sin embargo, la variabilidad en los hallazgos de los estudios clínicos pone de manifiesto la necesidad de seguir investigando para establecer guías más precisas y personalizadas. Garantizar la seguridad del paciente sin comprometer la calidad diagnóstica sigue siendo el principal desafío en el uso clínico de los medios de contraste.

FINANCIACIÓN

Ninguna.

CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Aline Aparecida Pacheco, Analía Claudia Sabattini.

Curación de datos: Aline Aparecida Pacheco, Analía Claudia Sabattini.

Análisis formal: Aline Aparecida Pacheco, Analía Claudia Sabattini.

Investigación: Aline Aparecida Pacheco, Analía Claudia Sabattini.

Metodología: Aline Aparecida Pacheco, Analía Claudia Sabattini.

Administración del proyecto: Aline Aparecida Pacheco, Analía Claudia Sabattini.

Recursos: Aline Aparecida Pacheco, Analía Claudia Sabattini.

Software: Aline Aparecida Pacheco, Analía Claudia Sabattini.

Supervisión: Aline Aparecida Pacheco, Analía Claudia Sabattini.

Validación: Aline Aparecida Pacheco, Analía Claudia Sabattini.

Visualización: Aline Aparecida Pacheco, Analía Claudia Sabattini.

Redacción – borrador original: Aline Aparecida Pacheco, Analía Claudia Sabattini.

Redacción – revisión y edición: Aline Aparecida Pacheco, Analía Claudia Sabattini.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Shams E, Mayrovitz HN. Contrast-Induced Nephropathy: A Review of Mechanisms and Risks. *Cureus*. 2021 May 4. Available from: <https://www.cureus.com/articles/58401-contrast-induced-nephropathy-a-review-of-mechanisms-and-risks>
2. Mamoulakis C, Tsarouhas K, Fragkiadoulaki I, Heretis I, Wilks MF, Spandidos DA, et al. Contrast-induced nephropathy: Basic concepts, pathophysiological implications and prevention strategies. *Pharmacol Ther*. 2017 Dec;180:99-112.
3. Contrast Media Safety Committee. ESUR Guidelines on Contrast Agents, version 10.0. European Society of Urogenital Radiology; 2018.
4. Weisbord SD, Palevsky PM, Kaufman JS, Wu H, Androsenko M, Ferguson RE, et al. Contrast-associated acute kidney injury and serious adverse outcomes following angiography. *J Am Coll Cardiol*. 2020 Mar;75(11):1311-20.
5. Sun Z, Fu Q, Cao L, Jin W, Cheng L, Li Z. Intravenous N-acetylcysteine for prevention of contrast-induced nephropathy: A meta-analysis of randomized, controlled trials. *PLoS One*. 2013 Jan 30;8(1):e55124.
6. Lee T, Kim WK, Kim AJ, Ro H, Chang JH, Lee HH, et al. Low-osmolar vs. iso-osmolar contrast media on the risk of contrast-induced acute kidney injury: A propensity score matched study. *Front Med*. 2022 Apr 29;9:862023.
7. Gomi T, Nagamoto M, Hasegawa M, Katoh A, Sugiyama M, Murata N, et al. Are there any differences in acute adverse reactions among five low-osmolar non-ionic iodinated contrast media? *Eur Radiol*. 2010 Jul;20(7):1631-5.
8. Van Der Molen AJ, Dekkers IA, Bedioun I, Darmon-Kern E. A systematic review of the incidence of hypersensitivity reactions and post-contrast acute kidney injury after ioversol in more than 57,000 patients: part 1-intravenous administration. *Eur Radiol*. 2022 Mar 21;32(8):5532-45.
9. Weinreb JC, Rodby RA, Yee J, Wang CL, Fine D, McDonald RJ, et al. Use of intravenous gadolinium-based contrast media in patients with kidney disease: Consensus statements from the American College of Radiology and the National Kidney Foundation. *Radiology*. 2021 Jan;298(1):28-35.
10. Qian G, Liu C, Guo J, Dong W, Wang J, Chen Y. Prevention of contrast-induced nephropathy by adequate hydration combined with isosorbide dinitrate for patients with renal insufficiency and congestive heart failure. *Clin Cardiol*. 2019 Jan;42(1):21-5.
11. Everson M, Sukcharoen K, Milner Q. Contrast-associated acute kidney injury. *BJA Educ*. 2020 Dec;20(12):417-23.
12. Honda T, Kuriyama K, Kiso K, Kishimoto K, Tsuboyama T, Inoue A, et al. Incidence rate of severe adverse drug reactions to nonionic contrast media at the National Hospital Organization Osaka National Hospital. *Allergo J Int*. 2020 Nov;29(7):240-4.
13. Cha MJ, Kang DY, Lee W, Yoon SH, Choi YH, Byun JS, et al. Hypersensitivity reactions to iodinated contrast media: A multicenter study of 196,081 patients. *Radiology*. 2019 Oct;293(1):117-24.
14. Cheungpasitporn W, Thongprayoon C, Brabec B, Edmonds P, O'Corragain O, Erickson S. Oral hydration for prevention of contrast-induced acute kidney injury in elective radiological procedures: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *N Am J Med Sci*. 2014;6(12):618.
15. McDonald RJ, McDonald JS, Bida JP, Carter RE, Fleming CJ, Misra S, et al. Intravenous contrast material-induced nephropathy. *Contrast Media*. 2013;267(1).

16. Gorelik Y, Yaseen H, Heyman SN, Khamaisi M. Negligible risk of acute renal failure among hospitalized patients after contrast-enhanced imaging with iodinated versus gadolinium-based agents. *Invest Radiol*. 2019 May;54(5):312-8.
17. Ehrmann S, Quartin A, Hobbs BP, Robert-Edan V, Cely C, Bell C, et al. Contrast-associated acute kidney injury in the critically ill: systematic review and Bayesian meta-analysis. *Intensive Care Med*. 2017 Jun;43(6):785-94.