

¹ Hospital da Santa Casa de Misericórdia de Vitória, Vitória, ES, Brasil.

² Escola Superior de Ciências da Santa Casa de Misericórdia de Vitória, Vitória, ES, Brasil.

Comparação entre dois modelos de risco na predição de nefropatia induzida por contraste após angiotomografia coronariana e intervenção coronária percutânea

Comparison of two risk models in predicting contrast-induced nephropathy after coronary computed tomography angiography and percutaneous coronary intervention

Valentin Trevizani Neto^{1ID}, Layla Pasolini Lott^{1ID}, Davi Muzi Rios^{1ID}, Priscila Cabral Gomes Coelho Lima^{1ID}, Mário Bazzarella^{2ID}, Izabela Bernardes Muniz^{2ID}, Sabrina Paiva Tavares Pereira^{2ID}, Vitor Martinelli Batista Rolim^{1ID}, Renato Giestas Serpa^{1ID}, Osmar Araujo Calil^{1ID}, Luiz Fernando Machado Barbosa^{1ID}, Roberto Ramos Barbosa^{1ID}

DOI: 10.31160/JOTCI202331A20230011

RESUMO - Introdução: A nefropatia induzida por contraste é uma das principais causas de insuficiência renal aguda adquirida em ambiente hospitalar. O escore de risco de Mehran e a relação entre volume de meio de contraste utilizado e *clearance* de creatinina podem ajudar a identificar pacientes com maior risco de desenvolver nefropatia induzida por contraste. Este estudo teve como objetivo comparar esses dois escores. **Métodos:** Estudo observacional retrospectivo unicêntrico que incluiu pacientes hospitalizados com creatinina basal >1,3mg/dL, sob observação por pelo menos 48 horas após angiotomografia coronariana e/ou intervenção coronária percutânea. O escore de risco de Mehran e a relação entre volume de meio de contraste utilizado e *clearance* de creatinina foram calculados para todos os pacientes, e a incidência de nefropatia induzida por contraste foi analisada de acordo com diferentes pontos de corte de ambos os escores. As curvas Característica de Operação do Receptor foram plotadas para determinar a precisão dos métodos na predição de nefropatia induzida por contraste. A efetividade dos dois métodos foi analisada por meio do teste de correlação de Pearson. **Resultados:** Incluímos 102 pacientes, e a incidência de nefropatia induzida por contraste foi de 27,4%. O desfecho ocorreu em 24,7% dos pacientes quando escore de risco de Mehran ≥6, em 32,7% quando escore de risco de Mehran ≥10, e em 57,8% quando escore de risco de Mehran ≥15; em 28,7% dos pacientes com relação entre volume de meio de contraste utilizado e *clearance* de creatinina ≥2; em 29,8% com relação entre volume de meio de contraste utilizado e *clearance* de creatinina ≥3 e em 34,3% com relação entre volume de meio de contraste utilizado e *clearance* de creatinina ≥5. As curvas Característica de Operação do Receptor demonstraram que a área sob a curva tinha capacidade preditiva moderada para o escore de risco de Mehran (0,7) e reduzida/limitrofe para a relação entre volume de meio de contraste utilizado e *clearance* de creatinina (0,6). A correlação entre os dois escores foi moderada. **Conclusão:** O escore de risco de Mehran demonstrou maior acurácia em prever a nefropatia induzida por contraste quando comparado à relação entre volume de meio de contraste utilizado e *clearance* de creatinina, porém ambos apresentaram valores semelhantes. Os pontos de corte com incidência mais próxima entre os dois escores foram ≥10 para o escore de risco de Mehran (32,7%) e ≥5 para a relação entre volume de meio de contraste utilizado e *clearance* de creatinina (34,3%).

Descritores: Infúria renal aguda; Meios de contraste/efeitos adversos; Nefropatias/induzido quimicamente; Cateterismo cardíaco; Intervenção coronária percutânea; Medição de risco

ABSTRACT - Background: Contrast-induced nephropathy is one of the main causes of hospital-acquired acute renal failure. The Mehran risk score and the contrast medium volume used/creatinine clearance ratio could help identifying patients at higher risk of developing contrast-induced nephropathy. This study aimed to compare these two scores. **Methods:** A retrospective, single-center observational study including hospitalized patients with baseline creatinine >1.3mg/dL, under observation for at least 48 hours after coronary computed tomography angiography and/or

Como citar este artigo:

Trevizani Neto V, Lott LP, Rios DM, Lima PC, Bazzarella M, Muniz IB, et al. Comparação entre dois modelos de risco na predição de nefropatia induzida por contraste após angiotomografia coronariana e intervenção coronária percutânea. J Transcat Intervent. 2023;31:eA20230011. <https://doi.org/10.31160/JOTCI202331A20230011>

Autor correspondente:

Roberto Ramos Barbosa
Avenida Nossa Sra. da Penha, 2.190 –
Bela Vista
CEP: 29027-502 – Vitória, ES, Brasil
E-mail: roberto.cardio@gmail.com

Recebido em:

26/6/2023

Aceito em:

1/11/2023



Esta obra está licenciada sob uma Licença
Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

percutaneous coronary intervention. Mehran risk score and contrast medium volume used/creatinine clearance ratio were calculated for all patients, and the incidence of contrast-induced nephropathy was analyzed according to different cutoff points of both scores. Receiver Operating Characteristic curves were plotted to determine the accuracy of the methods in predicting contrast-induced nephropathy. The effectiveness of both methods was analyzed using Pearson's correlation test. **Results:** We included 102 patients and the incidence of contrast-induced nephropathy was 27.4%. The outcome occurred in 24.7% of patients when Mehran risk score ≥ 6 , in 32.7% when Mehran risk score ≥ 10 , and in 57.8% when Mehran risk score ≥ 15 , in 28.7% of patients with contrast medium volume used/creatinine clearance ratio ≥ 2 , 29.8% with contrast medium volume used/creatinine clearance ratio ≥ 3 , and 34.3% with contrast medium volume used/creatinine clearance ratio ≥ 5 . Receiver Operating Characteristic curves demonstrated area under the curve with moderate predictive capacity for Mehran risk score (0.7), and reduced/borderline for contrast medium volume used/creatinine clearance ratio (0.6). The correlation between the two scores was moderate. **Conclusion:** Mehran risk score demonstrated greater accuracy in predicting contrast-induced nephropathy when compared to contrast medium volume used/creatinine clearance ratio, however both presented similar values. The cutoff points with the closest incidence between the two scores were ≥ 10 for Mehran risk score (32.7%) and ≥ 5 for volume used/creatinine clearance ratio (34.3%).

Keywords: Acute renal injury; Contrast media/adverse effects; Kidney diseases/chemically induced; Cardiac catheterization; Percutaneous coronary intervention; Risk assessment

INTRODUÇÃO

A nefropatia induzida por contraste (NIC) é definida como um aumento nos níveis de creatinina sérica de, pelo menos, 0,3mg/dL ou superior a 50% do valor basal, nas primeiras 48 horas após um procedimento com contraste.¹ A incidência dessa complicação varia de 3 a 14% em pacientes submetidos à intervenção coronária percutânea (ICP).² Atualmente, a ocorrência de NIC pode se tornar mais prevalente devido ao número crescente de procedimentos cardíacos diagnósticos e intervencionistas que requerem contraste iodado.¹

Tendo em vista que o tratamento da NIC é limitado, as ações clínicas visam essencialmente prevenir sua ocorrência, identificar os indivíduos mais suscetíveis e instituir medidas profiláticas, quando indicadas.² O escore de risco de Mehran (ERM), criado em 2004, é capaz de identificar o risco individual de pacientes desenvolverem NIC após ICP.³ No entanto, o ERM é antigo e não recomendado rotineiramente. Seu uso pode ter falhas em algumas situações ou populações.

Da mesma forma, a relação entre volume de meio de contraste utilizado e *clearance* de creatinina (V/ClCr) pode ajudar a prever o risco em pacientes expostos a contraste iodado, bem como avaliar o prognóstico 1 ano após a ICP.⁴ Essa ferramenta é simples, útil e fácil de aplicar, mas carece de mais evidências. Dada a importância de identificar e

prevenir a ocorrência de NIC e a falta de uma ferramenta ideal para a estratificação de risco, este estudo teve como objetivo analisar e comparar o ERM e o V/ClCr na predição de NIC após cateterismo cardíaco.

MÉTODOS

Desenho do estudo e população

Estudo observacional retrospectivo unicêntrico, baseado em dados coletados de prontuários de pacientes internados em um hospital-escola de cuidados terciários, referência regional em doenças cardiovasculares no Sistema Único de Saúde (SUS).

A amostra foi composta de pacientes que realizaram angiotomografia coronariana e/ou ICP no período de janeiro de 2019 a março de 2021. Foram incluídos pacientes admitidos com creatinina sérica $\geq 1,3$ mg/dL antes do procedimento e permaneceram internados por, pelo menos, 48 horas após o procedimento. Foram excluídos pacientes em terapia dialítica no momento do procedimento e pacientes sem controle da função renal 48 horas antes e 72 horas após o procedimento.

Variáveis analisadas

As variáveis analisadas foram sexo; idade; história de hipertensão arterial; diabetes melito; dislipidemia; tabagismo (atual ou não); doença arterial obstrutiva periférica; insuficiência cardíaca; doença arterial coronariana prévia; ICP anterior; cirurgia de revascularização miocárdica prévia; hematócrito; creatinina sérica prévia (até 48 horas antes do procedimento) e após exposição ao contraste (24 a 72 horas após o procedimento); *clearance* de creatinina pré e pós-procedimento usando a fórmula de Cockcroft-Gault; e volume de contraste utilizado. O ERM e os escores de V/ClCr foram calculados para todos os pacientes incluídos.

Desfechos

A ocorrência de NIC de 24 a 72 horas após o procedimento foi considerada o desfecho primário do estudo. A NIC foi definida como aumento de, pelo menos, 0,3mg/dL ou 50% nos níveis de creatinina sérica após o procedimento, em comparação com os valores iniciais.

Análise estatística

A incidência de NIC na amostra foi analisada tendo como referência os dois escores de risco. Caso o ERM se mostrasse superior em prever o desfecho, seria identificado o melhor ponto de corte para o V/ClCr em relação ao ERM, de acordo com a semelhança na incidência de NIC entre ambos nos pontos de corte analisados. Foram usados os escores 6, 10 e 15 para o ERM e pontos de corte 2, 3 e 5 para o V/ClCr. Foram plotadas curvas Característica de Operação do Receptor (COR) para determinar a precisão de ambas as ferramentas na previsão de NIC. Foram calculadas a sensibilidade e a especificidade para cada ponto de corte de ambos os escores.

Foi utilizado o programa *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), versão 23.0, para análise estatística. As variáveis categóricas foram descritas como frequência absoluta e porcentagem. As variáveis contínuas foram descritas como média e desvio-padrão, ou mediana e intervalo interquartil, caso apresentassem distribuição anormal. Foram usadas curvas COR para comparar a capacidade preditiva de ERM e V/ClCr. Para análise da capacidade preditiva, área sob a curva $>0,7$ foi considerada alta, 0,5 a 0,69 moderada e $<0,5$ baixa. O teste de correlação de Pearson foi empregado para comparação direta da capacidade preditiva das duas ferramentas avaliadas.

Aspectos éticos

O estudo seguiu as recomendações da Resolução 466 de 2012 do Conselho Nacional de Saúde (CNS) e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da instituição, sob parecer 3.669.280.

RESULTADOS

Foram submetidos à angiotomografia coronariana e/ou ICP no período 708 pacientes, e 166 preencheram os critérios de inclusão no estudo. Destes, 64 pacientes foram excluídos por não terem realizado testes de função renal nas 48 horas anteriores e 72 horas após o procedimento. Assim, a amostra final do estudo foi composta de 102 pacientes. A média de creatinina sérica antes do procedimento foi 2,0mg/dL, e a mediana foi 1,6mg/dL. Após o procedimento, a média de creatinina sérica foi 2,2mg/dL e a mediana, 1,6 mg/dL. O ERM mediano na amostra foi 11, e o V/ClCr foi 3,4. A média de *clearance* de creatinina pré-procedimento foi de $38 \pm 14,1$ mL/minuto e pós-procedimento de $41 \pm 19,5$ mL/minuto. As características clínicas dos pacientes incluídos são apresentadas na tabela 1.

A incidência de NIC na amostra foi de 27,4%. De acordo com o risco avaliado pelo ERM, o desfecho ocorreu em 24,7% (24/97) dos pacientes quando ERM ≥ 6 , em 32,7% (20/61) quando ERM ≥ 10 e em 57,8% (11/19) quando ERM ≥ 15 . Ao analisar a incidência nos pontos de corte definidos para V/ClCr, o desfecho ocorreu em 28,7% (23/80) dos pacientes com V/ClCr ≥ 2 , em 29,8% (17/57) com V/ClCr ≥ 3 e em 34,3% (11/32) com V/ClCr ≥ 5 . A sensibilidade e a especificidade desses pontos de corte estão descritos na tabela 2.

A incidência do desfecho numericamente mais próximo entre as duas variáveis, ao comparar os pontos de corte definidos para cada escore, foi ERM ≥ 10 e V/ClCr ≥ 5 , de modo que a incidência de NIC foi, respectivamente, 32,7% e 34,3%. Na análise das curvas COR, o ERM apresentou maior área sob a curva em relação ao V/ClCr (Figura 1). Entretanto, ambos apresentaram capacidade preditiva leve a moderada, com área sob a curva de 0,7 para o ERM e 0,6 para V/ClCr. O teste de correlação de Pearson foi de 0,55 entre os métodos, determinando correlação moderada entre eles na predição do evento.

Tabela 1. Características clínicas da amostra

Características clínicas	
Idade, anos	70,8 $\pm$ 10,6
Sexo	
Masculino	35/102 (34,4)
Feminino	67/102 (65,6)
Comorbidades	
Hipertensão arterial sistêmica	95/102 (93,1)
Diabetes melito	46/102 (45)
Dislipidemia	69/102 (67,6)
Tabagismo	8/102 (7,8)
Ex-fumante	20/102 (19,6)
Doença arterial periférica	8/102 (7,8)
Doença arterial coronariana prévia	36/102 (35,2)
ICP prévia	25/102 (24,5)
Cirurgia de revascularização miocárdica prévia	14/102 (13,7)
Insuficiência cardíaca	31/102 (30,3)
Hematócrito	34,02 $\pm$ 6,7
Volume de meio de contraste	148,3 $\pm$ 91,5
Local de acesso	
Femoral	41/102 (40,1)
Radial	44/102 (43,1)
Radial na tabaqueira anatômica	14/102 (13,7)
Procedimento realizado	
Cateterismo cardíaco isolado	40/102 (39,2)
ICP isolada	36/102 (35,2)
Cateterismo cardíaco seguido de ICP	26/102 (25,4)
Choque cardiogênico	1/102 (0,9)
Escore de risco de Mehran	
≤ 5	5/102 (0,5)
≥ 6 e <10	36/102 (35,2)
≥ 10 e <15	42/102 (41,1)
≥ 15	19/102 (18,6)
Relação entre volume de meio de contraste/ <i>clearance</i> de creatinina	
<2	22/102 (21,6)
≥ 2 e <3	23/102 (22,5)
≥ 3 e <5	25/102 (24,5)
≥ 5	32/102 (31,4)

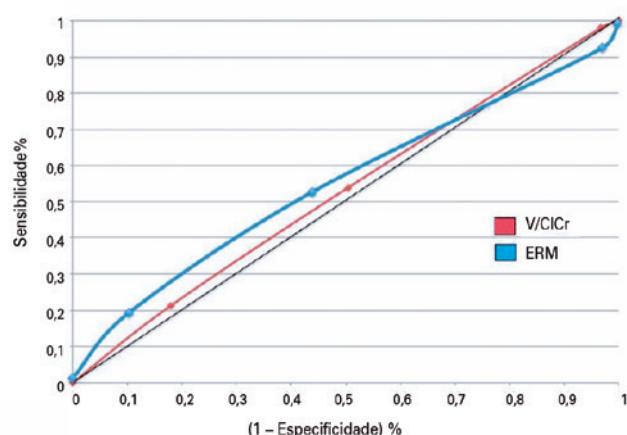
Resultados expressos em média $\pm$ desvio padrão ou n/total (%).

ICP: intervenção coronariana percutânea.

Tabela 2. Sensibilidade e especificidade de acordo com o escore de risco de Mehran e relação entre volume de meio de contraste e *clearance* de creatinina

Características clínicas	Sensibilidade	Especificidade
Escore de risco de Mehran		
≥ 6 e <10	85,7	1,4
≥ 10 e <15	71,6	44,6
≥ 15	39,2	89,2
Relação entre volume de meio de contraste e <i>clearance</i> de creatinina		
≥ 2 e <3	82,1	22,9
≥ 3 e <5	60,7	45,9
≥ 5	39,3	71,6

Resultados expressos por %.



V/ClCr: relação entre volume de meio de contraste e *clearance* de creatinina; ERM: escore de risco de Mehran.

Figura 1. Precisão das curvas Característica de Operação do Receptor para predição de nefropatia induzida por contraste.

DISCUSSÃO

A NIC ocorreu em aproximadamente um quarto dos pacientes de maior risco após procedimento coronariano com contraste, o que é comparável a dados de estudos anteriores.⁵⁻⁷ No entanto, quando comparado aos procedimentos radiológicos com contraste em geral, nosso estudo apresentou maior incidência de NIC.⁸ Esse fato pode ser atribuído ao complexo perfil dos pacientes da instituição e, principalmente, ao quadro clínico (pacientes internados), determinando um maior número de pacientes com fatores de risco envolvidos. Além disso, a própria administração intra-arterial de meio de contraste contribui para maior incidência de NIC.⁹

A análise do V/ClCr como possível preditor de risco de NIC partiu da hipótese de que o risco de disfunção renal está diretamente relacionado ao volume de contraste infundido e inversamente relacionado ao *clearance* de creatinina inicial. Embora não houvesse relação tão linear entre aumento do V/ClCr e incidência de NIC – como ocorreu com o ERM –, foi demonstrado que V/ClCr ≥ 2 infere risco maior desse desfecho. Nosso estudo mostrou maior risco de NIC quando V/ClCr era ≥ 5 , com ponto de corte comparável ao de ERM ≥ 10 . A maioria dos estudos observou V/ClCr próximo a 2 como ponto de corte,¹⁰⁻¹³ embora pontos de corte mais altos tenham sido descritos.¹⁴

A área sob a curva COR das duas ferramentas mostra que a precisão dos dois métodos para prever o resultado foi semelhante, embora ambos fossem imprecisos. Esse resultado concorda com os de estudos realizados em outras populações, mostrando valores semelhantes para a predição de NIC.^{11,12} Ainda assim, o ERM mostrou-se mais acurado para prever NIC em relação ao V/ClCr, com aumento da incidência diretamente proporcional. Vale ressaltar que, apesar de ter maior acurácia e comportamento mais linear

na predição de risco, o ERM apresenta limitações em sua aplicabilidade, principalmente em relação a pacientes que tiveram infarto agudo do miocárdio e necessidade de ICP urgente, que não foram analisados na elaboração do escore.¹¹

É importante ressaltar que, uma vez instalada a NIC, não há, até o momento, tratamento específico disponível.¹⁵ A prevenção de sua ocorrência é a principal estratégia para evitar essa complicação. A terapia dialítica é necessária em apenas 1% dos pacientes que desenvolvem NIC, cuja ocorrência pode ser identificada até 5 dias após a exposição ao contraste.¹⁶ Por esse motivo, não foi possível correlacionar adequadamente a ocorrência de terapia renal substitutiva com o valor do ERM e do V/ClCr durante o período de 72 horas após a exposição ao contraste. Embora esse dado seja de inegável interesse clínico, não foi objeto deste estudo.

Um dos fatores de risco independentes para o desenvolvimento de NIC é a idade ≥ 65 anos. Além disso, o sexo feminino pode influenciar a taxa de filtração glomerular e levar a maior risco de desenvolvimento de NIC.¹⁷ Ambos os fatores podem ter contribuído para o aumento da incidência de NIC em nosso estudo. Além da maior prevalência de comorbidades e maior declínio da função renal em pacientes idosos,¹⁸⁻²⁰ nossa amostra foi composta de pacientes que estiveram internados e necessitaram de angiogramografia coronariana ou ICP. Esse fato pode conferir maior gravidade e risco, não mensurados de forma adequada nesta análise, mas que podem interferir negativamente no prognóstico e aumentar complicações, como a NIC.

Um maior volume de contraste usado é um fator de risco para o desenvolvimento da NIC, sendo reconhecido como um preditor independente desse desfecho.²¹ A recomendação clássica de fazer o máximo para que o volume total utilizado não exceda o dobro do valor do *clearance* de creatinina é corroborada no presente estudo (V/ClCr < 2).²²⁻²⁴ Além disso, V/ClCr < 2 teve sensibilidade de 82%, mostrando-se capaz de prever a não ocorrência de NIC de forma semelhante a um baixo ERM (< 5). Quanto à predição da ocorrência desse desfecho, V/ClCr parece ser útil e aplicável, mas com grandes lacunas em sua interpretação na prática clínica. O ERM, apesar de mais complexo e também imperfeito, apresentou desempenho superior na predição da NIC.

CONCLUSÃO

O escore de risco de Mehran demonstrou maior acurácia em prever nefropatia induzida por contraste quando comparado à relação entre volume de meio contraste utilizado e *clearance* de creatinina, embora ambos tenham limitações. Os valores mais próximos entre os dois modelos na incidência de nefropatia induzida por contraste foram escore de risco de Mehran ≥ 10 e relação entre volume de meio de contraste utilizado e *clearance* de creatinina ≥ 5 . A relação entre volume de meio de contraste e *clearance* de creatinina pode ser um modelo mais prático e simples para uso de rotina e tem bom poder para identificar um baixo risco de nefropatia induzida por contraste, usando valor de corte < 2 .

FONTE DE FINANCIAMENTO

Não há.

DECLARAÇÃO DE CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram que não há conflitos de interesse.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Concepção e desenho do estudo: LFMB e RRB; coleta dos dados: MB, IBM, SPTP e VMBR; interpretação dos dados: VTN, RGS, OAC, LFMB e RRB; composição do texto: VTN, LPL, DMR, PCGCL, MB, IBM, SPTP e RRB; aprovação da versão final a ser publicada: VTN, LPL, DMR, PCGCL, MB, IBM, SPTP, VMBR, RGS, OAC, LFMB e RRB.

REFERÊNCIAS

- Ronco F, Tarantini G, McCullough PA. Contrast induced acute kidney injury in interventional cardiology: an update and key guidance for clinicians. *Rev Cardiovasc Med*. 2020;21(1):9-23. <https://doi.org/10.31083/j.rcm.2020.01.44>
- Araujo GN, Wainstein MV, McCabe JM, Huang PH, 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(5):447-53. <https://doi.org/10.1111/joic.12315>
- 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(7):1393-9. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2004.06.068>
- Tan N, Liu Y, Chen JY, Zhou YL, Li X, Li LW, et al. Use of the contrast volume or grams of iodine-to-creatinine clearance ratio to predict mortality after percutaneous coronary intervention. *Am Heart J*. 2013;165(4):600-8. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2012.12.017>
- Lasser EC, Lyon SG, Berry CC. Reports on contrast media reactions: analysis of data from reports to the U.S. Food and Drug Administration. *Radiology*. 1997;203(3):60510. <https://doi.org/10.1148/radiology.203.3.9169676>
- Valette X, Parienti JJ, Plaud B, Lehoux P, Samba D, Hanouz JL. Incidence, morbidity, and mortality of contrast-induced acute kidney injury in a surgical intensive care unit: a prospective cohort study. *J Crit Care*. 2012;27(3):322.e1-5. <https://doi.org/10.5935/0101-2800.20150070>
- Santos PR, Carneiro Neto JD, Arcanjo FP, Carneiro JK, Carneiro RC, do Amaral CL. Contrast-induced nephropathy after primary angioplasty for acute myocardial infarction. *J Bras Nefrol*. 2015;37(4):439-45. <https://doi.org/10.1016/j.jcnc.2011.08.005>
- Nash K, Hafeez A, Hou S. Hospital-acquired renal insufficiency. *Am J Kidney Dis*. 2002;39(5):930-6. <https://doi.org/10.1053/ajkd.2002.32766>
- Katzberg RW, Barrett BJ. Risk of iodinated contrast material-induced nephropathy with intravenous administration. *Radiology*. 2007;243(3):622-8. <https://doi.org/10.1148/radiol.2433061411>
- Altmann DB, Zwass D, Spatz A, Bergman G, Spokojny A, Riva S, et al. Use of the contrast volume to estimated creatinine clearance ratio to predict renal failure after angiography. *J Interv Cardiol*. 1997;10(2):113-9. <https://doi.org/10.1177/2047487315614493>
- Kumar R, Ahmed Khan K, Rai L, Ahmed Solangi B, Ammar A, Nauman Khan M, et al. Comparative analysis of four established risk scores for predicting contrast induced acute kidney injury after primary percutaneous coronary interventions. *Int J Cardiol Heart Vasc*. 2021;37:100905. <https://doi.org/10.1016/j.ijcha.2021.100905>
- Narula A, Mehran R, Weisz G, Dangas GD, Yu J, Généreux P, et al. Contrast-induced acute kidney injury after primary percutaneous coronary intervention: results from the HORIZONS-AMI substudy. *Eur Heart J*. 2014;35(23):1533-40. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehu063>
- Laskey WK, Jenkins C, Selzer F, Marroquin OC, Wilensky RL, Glaser R, et al. NHLBI Dynamic Registry Investigators. Volume-to-creatinine clearance ratio: a pharmacokinetically based risk factor for prediction of early creatinine increase after percutaneous coronary intervention. *J Am Coll Cardiol*. 2007;50(7):584-90. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2007.03.058>
- Barbieri L, Verdoia M, Marino P, Suryapranata H, De Luca G; Novara Atherosclerosis Study Group. Contrast volume to creatinine clearance ratio for the prediction of contrast-induced nephropathy in patients undergoing coronary angiography or percutaneous intervention. *Eur J Prev Cardiol*. 2016;23(9):931-7. <https://doi.org/10.1177/2047487315614493>
- Legnazzi M, Agnello F, Capodanno D. Prevention of contrast-induced acute kidney injury in patients undergoing percutaneous coronary intervention. *Kardiol Pol*. 2020;78(10):967-73. <https://doi.org/10.33963/KP.15537>
- Araujo GN, Lech M, Wainstein RV, Wainstein MV. Contrast-induced acute kidney injury. *J Transcat Intervent*. 2018;26(1):eA0006. [https://doi.org/10.31160/JOTCI2018;26\(1\)A0006](https://doi.org/10.31160/JOTCI2018;26(1)A0006)
- Wang J, Zhang C, Liu Z, Bai Y. Risk factors of contrast-induced nephropathy after percutaneous coronary intervention: a retrospective analysis. *J Int Med Res*. 2021;49(4):3000605211005972. <https://doi.org/10.1177/03000605211005972>
- Palli E, Makris D, Papanikolaou J, Garoufalos G, Zakyntinos E. Contrast-induced nephropathy in aged critically ill patients. *Oxid Med Cell Longev*. 2014;2014:756469. <https://doi.org/10.1155/2014/756469>
- Nijssen EC, Rennenberg RJ, Nelemans PJ, Essers BA, Janssen MM, Vermeeren MA, et al. Prophylactic hydration to protect renal function from intravascular iodinated contrast material in patients at high risk of contrast-induced nephropathy (AMACING): a prospective, randomised, phase 3, controlled, open-label, non-inferiority trial. *Lancet*. 2017;389(10076):1312-22. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30057-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30057-0)
- Luk L, Steinman J, Newhouse JH. Intravenous Contrast-Induced Nephropathy-The Rise and Fall of a Threatening Idea. *Adv Chronic Kidney Dis*. 2017;24(3):169-175. <https://doi.org/10.1053/j.ackd.2017.03.001>
- McCullough PA. Contrast-induced acute kidney injury. *J Am Coll Cardiol*. 2008;51(15):1419-28. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2007.12.035>. Erratum in: *J Am Coll Cardiol*. 2008;51(22):2197.
- McCullough PA, Wolyn R, Rocher LL, Levin RN, O'Neill WW. Acute renal failure after coronary intervention: incidence, risk factors, and relationship to mortality. *Am J Med*. 1997;103(5):368-75. [https://doi.org/10.1016/s0002-9343\(97\)00150-2](https://doi.org/10.1016/s0002-9343(97)00150-2)
- Lindsay J, Apple S, Pinnow EE, Gevorkian N, Gruberg L, Satler LF, et al. Percutaneous coronary intervention-associated nephropathy foreshadows increased risk of late adverse events in patients with normal baseline serum creatinine. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2003;59(3):338-43. <https://doi.org/10.1002/ccd.10534>
- Freeman RV, O'Donnell M, Share D, Meengs WL, Kline-Rogers E, Clark VL, et al. Blue Cross-Blue Shield of Michigan Cardiovascular Consortium (BMC2). Nephropathy requiring dialysis after percutaneous coronary intervention and the critical role of an adjusted contrast dose. *Am J Cardiol*. 2002;90(10):1068-73. [https://doi.org/10.1016/s0002-9149\(02\)02771-6](https://doi.org/10.1016/s0002-9149(02)02771-6)