

ESTUDO CLÍNICO

Incidência de lesão renal aguda pós-cirurgia cardíaca: uma comparação dos critérios AKIN e KDIGO

Tiago Furquim da Silva^{a,*}, Kelly Regina da Cruz Silva^b, Crissiane Melo Nepomuceno^b,
Cora Salles Maruri Corrêa^b, João Pedro Mello Godoy^b, Ari Tadeu Lírio dos Santos^a,
Alessandra Sarturi Gheller^a

^a Sociedade de Anestesiologia (SANE), Porto Alegre, RS, Brasil

^b Instituto de Cardiologia, Fundação Universitária de Cardiologia (IC-FUC), Porto Alegre, RS, Brasil

Recebido em julho de 2019; aceito em 14 de novembro de 2020

PALAVRAS-CHAVE:

Lesão renal aguda;
Cirurgia cardíaca;
Creatinina sérica;
Saída de urina;
Tratamento intensivo;
Cuidados pós-operatórios

RESUMO:

Justificativa e objetivos: Os dados sobre o débito urinário não foram apresentados rotineiramente para definir a lesão renal aguda (LRA) relacionada à cirurgia cardíaca. Avaliamos a incidência de IRA após cirurgia cardíaca com base nos critérios AKIN e KDIGO (considerando a concentração de creatinina sérica e débito urinário nas primeiras 72 horas de pós-operatório) e comparamos o desempenho dos 2 critérios para estadiamento da IRA. **Métodos:** Este foi um estudo de coorte prospectivo de pacientes adultos submetidos à cirurgia de revascularização do miocárdio (CRM), troca valvar ou CRM + troca valvar entre outubro de 2017 e abril de 2018 em uma única instituição. Os pacientes foram excluídos se a concentração basal de creatinina (medida dentro de 7 dias antes da cirurgia) fosse $\geq 2,5$ mg.dL⁻¹. Os pacientes foram avaliados quanto ao desenvolvimento de LRA com base nas alterações do débito urinário e da concentração de creatinina sérica, medidas diariamente do 1º ao 7º dia de pós-operatório, de acordo com os critérios AKIN e KDIGO, que foram então comparados.

Resultados: Um total de 198 pacientes foram incluídos. A IRA ocorreu em 83,8% pelo AKIN e em 82,8% pelo KDIGO, utilizando tanto o débito urinário quanto a concentração de creatinina sérica como critérios definidores. Usando apenas a concentração de creatinina sérica, a incidência de IRA caiu para 27,3% pelo AKIN e para 24,7% pelo KDIGO. Um coeficiente kappa de 0,98 foi obtido entre os critérios AKIN e KDIGO.

Conclusões: uma concordância quase perfeita foi encontrada entre AKIN e KDIGO. A LRA pode ser subdiagnosticada após cirurgia cardíaca se a concentração de creatinina sérica for usada como único critério de definição. Nossos achados reforçam a importância fundamental do uso do critério de débito urinário na avaliação de pacientes com risco para LRA.

Autor correspondente:

E-mails: drtiagofurquim@gmail.com, tiagofurquim@me.com (T.F. Silva).

<https://doi.org/10.1016/j.bjane.2021.02.016>

© 2021 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND licence (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Introdução

A lesão renal aguda (LRA) relacionada à cirurgia cardíaca é caracterizada pela deterioração da função renal ao longo de um período de horas ou dias após a cirurgia, e os sintomas incluem oligúria, anúria, elevações paralelas nas concentrações de ureia e creatinina e desenvolvimento de distúrbios hidroeletrólíticos.¹ Como uma das principais complicações pós-operatórias da cirurgia cardiovascular, a LRA está associada a desfechos desfavoráveis, como tempo de internação (TDI) prolongado em unidade de terapia intensiva (UTI), aumento dos custos hospitalares, aumento da morbidade, progressão para doença renal crônica, necessidade de terapia de substituição renal (TSR), readmissões hospitalares e mortalidade intra-hospitalar e de longo prazo.²⁻⁷ As taxas de incidência de LRA após cirurgia cardíaca variam amplamente de 8,9 a 39%.^{8,9} Essa ampla variação pode ser o resultado, entre outros fatores, de diferentes critérios utilizados para definir LRA, dois dos quais são atualmente os mais utilizados na prática clínica: o critério Acute kidney Injury Network (AKIN) e as Kidney Disease Improving Global Outcomes (KDIGO) (Tabela 1).

Muitas definições diferentes de LRA foram sugeridas por grupos de trabalho de especialistas, mas ainda não há evidências claras da superioridade de um sistema de classificação sobre outro, apesar da tendência de recomendar o uso do critério KDIGO.^{10,11} Além disso, estudos anteriores não apresentam rotineiramente dados sobre o débito urinário para definir LRA, embora esse parâmetro seja comum aos critérios AKIN e KDIGO. Essa prática pode estar levando ao subdiagnóstico de LRA, uma vez que curtos períodos de oligúria não se correlacionam com pequenas alterações na concentração de creatinina sérica e podem refletir ressuscitação fluida insuficiente.¹²

O presente estudo foi, portanto, desenhado para avaliar a incidência de LRA pós-operatória em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca com base em dois critérios de classificação, AKIN e KDIGO (levando em consideração a concentração de creatinina sérica e a contribuição do critério de débito urinário nas primeiras 72 horas de pós-operatório), e determinar se há diferença entre os dois critérios de classificação no estadiamento da LRA. Um objetivo secundário foi avaliar a necessidade de TSR e mortalidade, tanto intra-hospitalar quanto em até 30 dias após a cirurgia.

Métodos

Participantes

Este foi um estudo de coorte prospectivo de pacientes adultos submetidos a cirurgia cardíaca eletiva com circulação extracorpórea (CEC) de outubro de 2017 a abril de 2018 em um centro médico acadêmico no sul do Brasil. O estudo foi conduzido de acordo com as disposições da Declaração de Helsinque e aprovado pelo Comitê de Revisão Institucional (IRB # 2 301 708). O consentimento informado por escrito foi obtido de todos os participantes antes de sua inclusão no estudo.

Foram incluídos todos os pacientes com idade ≥ 18 anos internados no período do estudo para troca valvar ou cirurgia de revascularização do miocárdio (CRM) com CEC, isolada ou combinada. Os critérios de exclusão foram o uso de procedimentos percutâneos (por exemplo, implante de válvula aórtica transcaterter), cirurgia para correção ou dissecação de aneurisma aórtico, transplante cardíaco, outras cirurgias cardíacas com CEC, concentrações de creatinina sérica pré-operatória $\geq 2,5$ mg.dL⁻¹, independentemente da necessidade de diálise, necessidade de reoperação cardíaca com CEC durante a mesma internação, concentração de creatinina sérica pré-operatória medida mais de 7 dias antes da cirurgia e necessidade de TSR antes da cirurgia. Não foram incluídos pacientes alocados em outro estudo que tivesse componente intervencionista na mesma instituição e os avaliados por outras equipes de pós-operatório.

Diagnóstico e classificação da LRA

Os pacientes elegíveis para avaliação e acompanhamento que consentiram em participar tiveram seus dados pessoais, clínicos e laboratoriais coletados no pré-operatório. A concentração basal de creatinina foi medida 7 dias antes da cirurgia. Após a cirurgia, os dados foram coletados diariamente durante 7 dias consecutivos, incluindo concentração de creatinina sérica, débito urinário (primeiras 72 horas), necessidade de TSR e mortalidade hospitalar. O débito urinário foi medido durante as primeiras 72 horas no pós-operatório, em intervalos de 6 horas, por meio de um cateter urinário de demora, enquanto o paciente estava na unidade de recuperação pós-operatória. O cateter urinário foi retirado pela equipe de enfermagem imediatamente antes da alta da UTI do paciente, conforme determinação do médico assistente.

O dia da cirurgia foi definido como o dia 0. Os pacientes foram avaliados quanto ao desenvolvimento de LRA do 1º ao 7º dia pós-operatório com base nas alterações na concentração de creatinina sérica e débito urinário de acordo com os critérios AKIN e KDIGO. Os dois sistemas de classificação foram comparados de acordo com cada estágio da LRA. A diferença entre os dois sistemas está no tempo para o aumento mínimo na concentração de creatinina, ou seja, dentro de 48 horas no critério AKIN e em 7 dias no critério KDIGO. Quanto à produção de urina, os dois critérios de estadiamento são idênticos. No 30º dia de pós-operatório, cada paciente ou parente próximo foi contatado por telefone para informações sobre sobrevida e necessidade de TSR no período extra-hospitalar. Para cada paciente, pelo menos três tentativas de contato foram feitas em um período de 2 a 4 semanas.

Desfechos

O desfecho primário foi o desenvolvimento de LRA durante um período de pós-operatório de 7 dias, conforme definido pelos critérios AKIN e KDIGO. Os desfechos secundários incluíram a necessidade de TSR e mortalidade por todas as causas, tanto no hospital quanto em 30 dias após a cirurgia.

Tabela 1 Definição de LRA de acordo com os critérios SKIN e KDIGO

Estágio	Critério AKIN		Critério KDIGO	
	Creatinina sérica	Débito urinário	Creatinina sérica	Débito urinário
1	Aumento da creatinina sérica de 1,5 a 2 vezes o nível basal ou aumento da creatinina sérica $\geq 0,3$ mg / dL em 48 horas.	Débito urinário $<0,5$ mL/kg / h por > 6 horas.	Aumento da creatinina sérica de 1,5 a 1,9 vezes o nível basal em 7 dias ou aumento da creatinina sérica $\geq 0,3$ mg / dL.	Débito urinário $<0,5$ mL / kg / h por > 6 horas.
2	Aumento da creatinina sérica > 2 a 3 vezes o nível basal em 48 horas.	Débito urinário $<0,5$ mL/kg / h por > 12 horas.	Aumento da creatinina sérica de 2 a 2,9 vezes o nível basal em 7 dias.	Débito urinário $<0,5$ mL / kg / h por > 12 horas.
3	Aumento da creatinina sérica > 3 vezes o nível basal em 48 horas ou aumento da creatinina sérica para $\geq 4,0$ mg / dL ou início de TSR.	Débito urinário $<0,3$ mL/kg / h por ≥ 24 horas ou anúria por ≥ 12 horas.	Aumento da creatinina sérica ≥ 3 vezes o nível basal em 7 dias ou aumento da creatinina sérica para $\geq 4,0$ mg / dL ou início de TSR.	Débito urinário $<0,3$ mL / kg / h por ≥ 24 horas ou anúria por ≥ 12 horas.

LRA, lesão renal aguda acute kidney injury; AKIN, Acute Kidney Injury Network; KDIGO, Kidney Disease Improving Global Outcomes; TSR, terapia de substituição renal.

Análise estatística

As variáveis categóricas foram expressas como frequências absolutas e relativas e as variáveis contínuas foram expressas como média e desvio padrão (DP). O coeficiente kappa foi utilizado para avaliar a concordância entre os dois sistemas de classificação (AKIN e KDIGO). Valores kappa ≤ 0 indicam ausência de concordância, 0,01-0,20 indicam concordância leve, 0,21-0,40 indicam concordância justa, 0,41-0,60 indicam concordância moderada, 0,61-0,80 indicam concordância substancial e 0,81-1,00 indicam quase concordância perfeita.¹³ Os dados foram analisados usando SPSS, versão 24.0. O nível de significância foi estabelecido em $p < 0,05$ para todas as análises.

O tamanho da amostra foi calculado para detectar uma diferença de pelo menos 5% entre as incidências de LRA medidas pelos critérios AKIN ou KDIGO. Essa diferença mínima esperada foi obtida de estudos anteriores que compararam os dois critérios diagnósticos de LRA.^{8,9,14} Considerando uma taxa de erro tipo 1 de 5% e poder de 80%, um total de 196 pacientes teriam que ser avaliados por ambos os critérios diagnósticos de LRA. O tamanho da amostra também foi calculado para o coeficiente estatístico de Cohen's kappa. Consideramos kappa de 0,4 como o limite superior do que seria inaceitavelmente baixo e kappa de 0,75 como o valor mais baixo que indicaria concordância substancial. As incidências de LRA relatadas por Fujii et al.¹⁴ de 11,6% para o sistema KDIGO e 4,8% para o sistema AKIN foram utilizadas no cálculo. Considerando uma taxa de erro tipo 1 de 1% e poder de 90%, um total de 194 pacientes teria que ser avaliado por ambos os sistemas de classificação de LRA para demonstrar concordância substancial (kappa $\geq 0,75$) entre os dois sistemas em comparação. As iterações dos cálculos do tamanho da amostra foram realizadas usando SPSS, versão 21.0, WinPepi, versão 11.65, e o pacote R irr, versão 0.84.1.

Resultados

Foram incluídos no estudo 198 pacientes adultos submetidos à troca valvar ou revascularização do miocárdio com CEC, isolada ou combinada, de outubro de 2017 a abril de 2018 (Figura 1). Os dados demográficos são apresentados

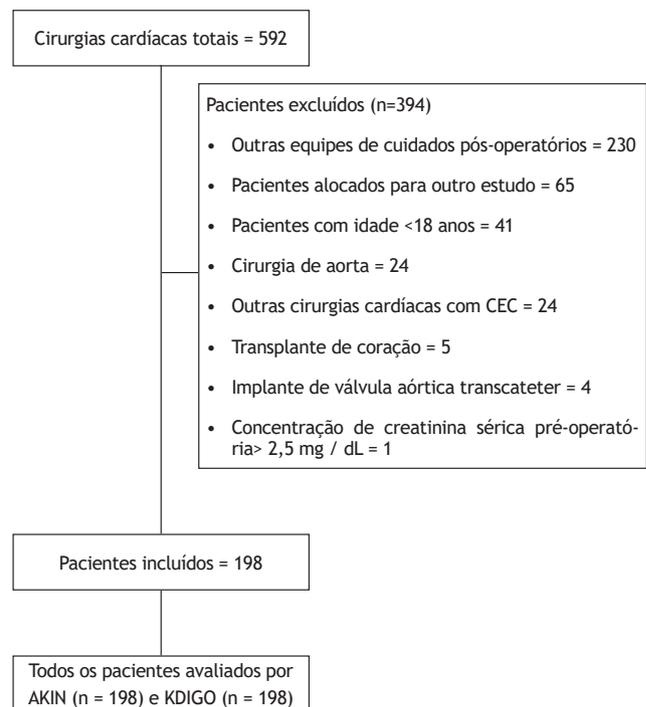


Figura 1 Diagrama de fluxo de seleção para o estudo.

na Tabela 2. A maioria dos pacientes eram homens (57,1%) com idade ≥ 60 anos (59,6%). A CABG isolada e a substituição valvar isolada foram realizadas em 48,5% e 45,5% dos casos, respectivamente. O tempo médio (DP) de permanência na UTI e a duração do uso de cateter urinário de demora no pós-operatório foram de 52,3 (14,7) horas (variação de 36 a 72 horas).

A incidência de qualquer estágio de LRA de acordo com o critério AKIN foi de 83,8% (166/198). Se apenas as concentrações de creatinina sérica fossem utilizadas para definir o desenvolvimento de LRA, desconsiderando o débito urinário, a incidência de pacientes com LRA em qualquer estágio cairia para 27,3% (54/198) (Tabela 3). De acordo com o critério KDIGO, 82,8% (164/198) dos pacientes desenvolveram LRA. Com base apenas na concen-

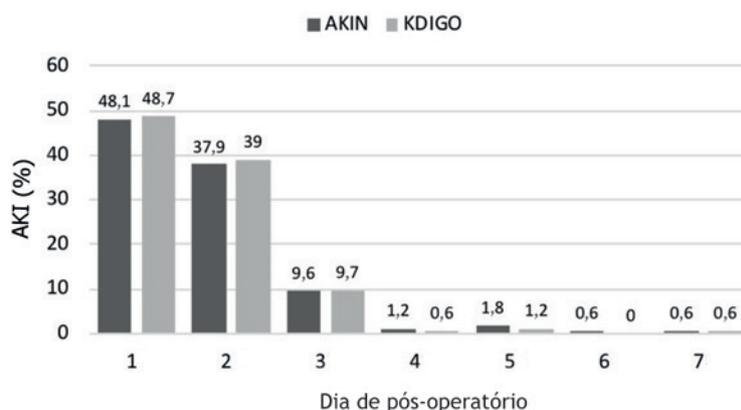


Figura 2 Incidência de LRA por dia de pós-operatório. LRA, lesão renal aguda.

Tabela 2 Características da população do estudo (n = 198)

Característica	n (%) ou média ± DP
Idade (anos), média ± DP	61,11 (12,62)
Feminino, n (%)	85 (42,9)
Peso (kg), média ± DP	75,5±14,7
Creatinina basal (mg / dL), média ± DP	0,98±0,30
Tipo de cirurgia, n (%)	
CABG	96 (48,5)
Substituição de válvula	90 (45,5)
Substituição da válvula CABG +	12 (6,1)

CABG, cirurgia de revascularização do miocárdio; DP, desvio padrão; n, número de pacientes.

tração de creatinina sérica, a taxa de incidência cairia para 24,7% (49/198). Quando a incidência de LRA foi estratificada por dia de pós-operatório, houve maior incidência de LRA nos primeiros 3 dias de pós-operatório de acordo com ambos os critérios (Figura 2).

Quando as avaliações de cada paciente, como estágios de acordo com cada sistema de classificação, foram comparadas umas às outras, apenas 2 pacientes foram classificados como LRA estágio 1 pelo critério AKIN, mas sem LRA pelo critério KDIGO (Tabela 4). Os 196 pacientes restantes foram classificados igualmente pelos 2 sistemas de classificação. O coeficiente kappa foi de 0,98.

De 198 pacientes, 2 (1,01%) necessitaram de TRS durante a hospitalização, enquanto 3 (1,51%) necessitaram de TRS durante o período fora do hospital. Em todos os casos, os pacientes receberam hemodiálise como TRS, correspondendo a 2,52% de todos os pacientes com risco. A taxa de mortalidade hospitalar por todas as causas foi de 1,51% (3/198). Um paciente morreu no intraoperatório e 2 morreram no dia 2 de pós-operatório. A taxa de mortalidade por todas as causas em 30 dias da cirurgia foi de 3,31% (6/198). Após a alta hospitalar, 17 (8,58%) pacientes perderam o seguimento devido à impossibilidade de contatá-los para entrevista telefônica.

Discussão

Este estudo avaliou prospectivamente uma amostra significativa de pacientes submetidos à cirurgia cardíaca e encontrou uma incidência > 80% de LRA, conforme definido pelos critérios AKIN e KDIGO. Houve uma concordância quase perfeita entre os 2 critérios. Isso era esperado considerando que a maioria dos pacientes foi classificada como tendo LRA com base no critério de débito urinário, que foi o mesmo para AKIN e KDIGO.

A incidência de LRA relacionada à cirurgia cardíaca em nossa amostra foi muito maior do que a relatada em estudos anteriores.^{6,8,9,15} Ambos os sistemas de classificação (AKIN e KDIGO) produziram uma taxa de incidência acima de 80% devido ao uso de urina associada à creatinina sérica concentrações como critérios de definição. Esses números são elevados mesmo em comparação com LRA em contextos distintos, como cuidados intensivos.¹⁶ No entanto, em uma análise baseada apenas nas concentrações de creatinina sérica, essa taxa cai para 24,7% com KDIGO e para 27,3% com AKIN, produzindo taxas comparáveis a aqueles relatados na literatura. Isso pode ser explicado pelo fato de que muitos estudos anteriores não avaliaram a saída de urina imediatamente após a cirurgia devido a vários problemas metodológicos, como a dificuldade de medir adequadamente a saída de urina nos primeiros dias de pós-operatório.¹⁷

O critério de débito urinário aumentou a sensibilidade a alterações de sinal na função renal em comparação com a concentração de creatinina sérica.¹⁸ Howitt et al.,¹⁷ em um estudo envolvendo mais de 2.200 pacientes, mostraram que pacientes com diagnóstico de LRA em estágio 1 e 2 pela concentração de creatinina isolada ou concentração de creatinina + urina O débito urinário, quando comparado a pacientes diagnosticados apenas pelo débito urinário, apresentou maior risco de progressão para TSR, de permanência prolongada na UTI e de mortalidade de 2 anos (este último apenas para concentração de creatinina + débito urinário). Eles sugeriram que o critério KDIGO deve ser revisado devido ao risco aumentado atribuído a esses pacientes que atendem aos critérios de creatinina e débito urinário.¹⁷ Achados semelhantes foram relatados por Kellum et al.¹⁹ em um ambiente de cuidados intensivos, em um estudo de mais

Tabela 3 Concordância entre as classificações AKIN e KDIGO de IRA em 198 pacientes após cirurgia cardíaca - apenas critério de creatinina sérica

Estágio		KDIGO				AKIN total (n)
		Sem LRA	1	2	3	
AKIN	Sem LRA	144	0	0	0	144
	1	5	42	1	0	48
	2	0	1	1	0	2
	3	0	0	1	3	4
	KDIGO total (n)	149	43	3	3	198

Coeficiente Kappa = 0,89 (p<0,001)

n, número de pacientes; LRA, lesão renal aguda.

Tabela 4 Concordância entre as classificações AKIN e KDIGO de IRA em 198 pacientes após cirurgia cardíaca - critérios de creatinina sérica e débito urinário

Estágio		KDIGO				AKIN total (n)
		Sem LRA	1	2	3	
AKIN	Sem LRA	32	0	0	0	32
	1	2	46	0	0	48
	2	0	0	101	0	101
	3	0	0	0	17	17
	KDIGO total (n)	34	46	101	17	198

Coeficiente Kappa = 0,98 (p<0,001)

n, número de pacientes; LRA, lesão renal aguda.

de 32.000 pacientes. Nossos achados apoiam os dados acima mencionados, indicando que essa diferença pode ser muito significativa.

Fujii et al.¹⁴ avaliaram retrospectivamente aproximadamente 50.000 pacientes adultos internados em um único centro e identificados LRA pelo sistema KDIGO em 11,6% e pelo sistema AKIN em 4,8%, em ambos os casos utilizando apenas o critério de creatinina sérica. O estudo incluiu pacientes internados no hospital por motivos múltiplos.¹⁴ No presente estudo, os números correspondentes foram 82,8% para KDIGO e 83,8% para AKIN. Apesar de avaliarmos apenas pacientes submetidos à cirurgia cardíaca, obtivemos um coeficiente kappa de 0,98 entre o AKIN e Critérios KDIGO, o que indica uma concordância quase perfeita. Além das variações explicadas por diferenças reais observadas em populações distintas, acreditamos que a maior concordância entre os critérios AKIN e KDIGO em nosso estudo pode ser devido ao fato de Fujii et al. avaliarem a LRA apenas com o critério da concentração de creatinina, sem informações sobre o débito urinário, enquanto no presente estudo foram incluídos os critérios de variação da creatinina e débito urinário.

Entre os pacientes que desenvolveram LRA, a maioria tinha estágio 2 de LRA. Esse achado pode ser atribuído à maior sensibilidade do critério de diurese, uma vez que

nenhuma outra relação foi observada quando avaliamos os diagnósticos feitos utilizando apenas a concentração de creatinina como critério definidor. Outros estudos relataram uma maior incidência de AKI estágio 1, seguido de AKI estágio 2; no entanto, apenas o critério de creatinina sérica foi usado para o diagnóstico.^{6,9}

Segundo Petaja et al.,¹⁵ pacientes com diagnóstico de LRA apenas pelo critério de diurese e classificados como KDIGO estágio 1 apresentaram maior mortalidade até 2,5 anos após a cirurgia do que pacientes sem LRA. Os piores resultados foram observados em pacientes cujo diagnóstico foi feito nas primeiras 24 horas após a cirurgia. No presente estudo, a maioria dos casos de LRA ocorreu nas primeiras 72 horas de pós-operatório de acordo com os critérios AKIN e KDIGO. Ressaltamos a importância do diagnóstico precoce, uma vez que existem intervenções adequadas para prevenir desfechos em curto e longo prazo, como progressão da LRA, necessidade de TSR e mortalidade.^{20,21}

A LRA que requer TSR ocorre em 2 a 5% dos pacientes submetidos à cirurgia cardíaca e está associada à mortalidade em até 60% dos casos.¹⁷ A LRA é um preditor independente de mortalidade durante os primeiros 5 anos após a cirurgia, e estágios mais avançados estão associados com pior prognóstico em curto e médio prazo.⁹ No presente estudo, a taxa de TSR foi de 2,52% e a mortalidade por todas

as causas foi de 3% em 30 dias após a cirurgia. Essas taxas foram menores do que o esperado, em comparação com estudos anteriores.^{1,2,6,15,22}

Este estudo tem algumas limitações. O número de pacientes incluídos foi limitado ao mínimo com base ética necessário para comparar o resultado primário “desenvolvimento de LRA” conforme definido pelos critérios AKIN e KDIGO. No entanto, com relação aos desfechos secundários, encontramos baixas taxas absolutas e relativas para TSR e mortalidade por todas as causas em 30 dias após a cirurgia. É possível que obtivéssemos taxas mais próximas às de estudos anteriores se mais pacientes fossem incluídos. Não medimos a proporção de pacientes expostos a diuréticos no pós-operatório. Nenhum paciente recebeu diurético no intraoperatório. Conforme demonstrado em ensaio clínico randomizado, a furosemida é responsável por induzir disfunção renal no intra e pós-operatório quando comparada ao placebo. Esse fármaco não é indicado no manejo perioperatório de pacientes submetidos à cirurgia cardíaca.²³ Por fim, não utilizamos o critério RIFLE para avaliar LRA.

Em conclusão, a incidência de pacientes internados no pós-operatório de LRA submetidos à cirurgia cardíaca com base nos critérios AKIN e KDIGO foi muito superior ao esperado, destacando a importante contribuição do critério de débito urinário.

Usar apenas o critério da creatinina sérica pode levar ao subdiagnóstico de casos de LRA. Foi encontrada uma concordância quase perfeita entre os critérios AKIN e KDIGO para diagnóstico e estadiamento de LRA. Portanto, ambos os sistemas de classificação podem ser úteis na identificação precoce de pacientes com LRA após cirurgia cardíaca, auxiliando no aprimoramento de medidas preventivas e terapêuticas.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse

Referências bibliográficas

1. Olivero JJ, Nguyen PT, Kagan A. Acute kidney injury after cardiovascular surgery: an overview. *Methodist Debakey Cardiovasc J.* 2012;8:31---6.
2. Mizuguchi KA, Huang CC, Shempp I, et al. Predicting kidney disease progression in patients with acute kidney injury after cardiac surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2018;155:2455---63.e5.
3. Grynberg K, Polkinghorne KR, Ford S, et al. Early serum creatinine accurately predicts acute kidney injury post cardiac surgery. *BMC Nephrol.* 2017;18:93.
4. Mariscalco G, Lorusso R, Dominici C, et al. Acute kidney injury: a relevant complication after cardiac surgery. *Ann Thorac Surg.* 2011;92:1539---47.
5. Thakar CV, Arrigain S, Worley S, et al. A clinical score to predict acute renal failure after cardiac surgery. *J Am Soc Nephrol.* 2005;16:162---8.
6. Engoren M, Habib RH, Arslanian-Engoren C, et al. The effect of acute kidney injury and discharge creatinine level on mortality following cardiac surgery*. *Crit Care Med.* 2014;42:2069---74.
7. Brown JR, Hisey WM, Marshall EJ, et al. Acute kidney injury severity and long-term readmission and mortality after cardiac surgery. *Ann Thorac Surg.* 2016;102:1482---9.
8. Mao H, Katz N, Ariyanon W, et al. Cardiac surgery-associated acute kidney injury. *Cardiorenal Med.* 2013;3:178---99.
9. Ferreira A, Lombardi R. Acute kidney injury after cardiac surgery is associated with mid-term but not long-term mortality: A cohort-based study. *PLoS One.* 2017;12:e0181158.
10. Sampaio MC, Maximo CA, Montenegro CM, et al. Comparison of diagnostic criteria for acute kidney injury in cardiac surgery. *Arq Bras Cardiol.* 2013;101:18---25.
11. Ichai C, Vinsonneau C, Souweine B, et al. Acute kidney injury in the perioperative period and in intensive care units (excluding renal replacement therapies). *Anaesth Crit Care Pain Med.* 2016;35:151---65.
12. Robert AM, Kramer RS, Dacey LJ, et al. Cardiac surgery-associated acute kidney injury: a comparison of two consensus criteria. *Ann Thorac Surg.* 2010;90:1939---43.
13. McHugh ML. Interrater reliability: the kappa statistic. *Biochem Med (Zagreb).* 2012;22:276---82.
14. Fujii T, Uchino S, Takinami M, et al. Validation of the Kidney Disease Improving Global Outcomes criteria for AKI and comparison of three criteria in hospitalized patients. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2014;9:848---54.
15. Petaja L, Vaara S, Liuhanen S, et al. Acute kidney injury after cardiac surgery by complete KDIGO criteria predicts increased mortality. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2017;31:827---36.
16. Luo X, Jiang L, Du B, et al. A comparison of different diagnostic criteria of acute kidney injury in critically ill patients. *Crit Care.* 2014;18:R144.
17. Howitt SH, Grant SW, Caiado C, et al. The KDIGO acute kidney injury guidelines for cardiac surgery patients in critical care: a validation study. *BMC Nephrol.* 2018;19:149.
18. Magro MC, Franco Eda S, Guimaraes D, et al. Evaluation of the renal function in patients in the postoperative period of cardiac surgery: does AKIN classification predict acute kidney dysfunction? *Rev Bras Ter Intensiva.* 2009;21:25---31.
19. Kellum JA, Sileanu FE, Murugan R, et al. Classifying AKI by urine output versus serum creatinine level. *J Am Soc Nephrol.* 2015;26:2231---8.
20. Roy AK, Mc Gorrian C, Treacy C, et al. A comparison of traditional and novel definitions (RIFLE, AKIN, and KDIGO) of acute kidney injury for the prediction of outcomes in acute decompensated heart failure. *Cardiorenal Med.* 2013;3:26---37.
21. Romagnoli S, Ricci Z, Ronco C. Perioperative acute kidney injury: prevention, early recognition, and supportive measures. *Nephron.* 2018:1---6.
22. Machado MN, Nakazone MA, Maia LN. Acute kidney injury based on KDIGO (Kidney Disease Improving Global Outcomes) criteria in patients with elevated baseline serum creatinine undergoing cardiac surgery. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2014;29:299---307.
23. Lassnigg A, Donner E, Grubhofer G, et al. Lack of renoprotective effects of dopamine and furosemide during cardiac surgery. *J Am Soc Nephrol.* 2000;11:97---104.6