

USO DA FUROSEMIDA NA PREVENÇÃO DA LESÃO RENAL AGUDA EM CIRURGIAS CARDÍACAS COM CEC

USE OF FUROSEMIDE IN THE PREVENTION OF ACUTE KIDNEY INJURY IN CARDIAC SURGERIES WITH CPB: A LITERATURE REVIEW

Edielly Oliveira da Silva Salomão¹
Alysson Xavier do Nascimento²

RESUMO

A circulação extracorpórea (CEC) é um recurso essencial em cirurgias cardíacas complexas, permitindo controle hemodinâmico e oxigenação sanguínea durante o procedimento. Entretanto, está associada a complicações renais, sendo a lesão renal aguda (LRA) uma das mais comuns e graves, aumentando a morbidade e mortalidade. Entre as estratégias para prevenção da LRA, destaca-se o uso de diuréticos, especialmente a furosemida, um diurético de alça amplamente utilizado intra e pós-CEC. Esta revisão bibliográfica analisou estudos recentes sobre o impacto da furosemida na prevenção da LRA, abordando diferentes estratégias de administração, potencialização de seu efeito (como associação com albumina ou uso do sistema RenalGuard®), efeitos clínicos e limitações metodológicas. Evidências mostram que, embora a furosemida aumente o débito urinário, não há comprovação consistente de redução da incidência de LRA ou da necessidade de diálise. Parâmetros hemodinâmicos, especialmente a entrega de oxigênio (DO₂), surgem como fatores críticos na prevenção da injúria renal, reforçando a importância da monitorização contínua. Conclui-se que o uso da furosemida deve ser individualizado e integrado a estratégias multimodais, com ênfase no papel do perfusionista na gestão do balanço hídrico, função renal e manutenção adequada de DO₂ durante a CEC.

Palavras-chave: Circulação Extracorpórea; Lesão Renal Aguda; Furosemida; DO₂; Perfusão Guiada Por Metas.

¹ Graduação em Biomedicina - Universidade Castelo Branco. Especialização em Circulação Extracorpórea - Instituto de Pesquisa e Educação em Saúde de São Paulo -. Contato: Ediellyoliveiras@gmail.com

² Graduação em Biomedicina - Centro Universitário Barão de Mauá. Especialização em técnicas avançadas em análises clínicas ênfase em hemoterapia - Hospital das clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – USP. Especialização em Circulação extracorpórea - Instituto de Pesquisa e Educação em Saúde de São Paulo. – Contato: Biomedicoalysson@gmail.com

ABSTRACT

Extracorporeal circulation (CPB) is an essential resource in complex cardiac surgeries, allowing hemodynamic control and blood oxygenation during the procedure. However, it is associated with renal complications, with acute kidney injury (AKI) being one of the most common and severe, increasing morbidity and mortality. Among strategies to prevent AKI, the use of diuretics—particularly loop diuretics such as furosemide—is noteworthy, widely employed intra- and post-CPB. This bibliographic review analyzed recent studies on the impact of furosemide in AKI prevention, addressing different administration strategies, methods to potentiate its effect (e.g., albumin co-administration or RenalGuard® system), clinical outcomes, and methodological limitations. Evidence indicates that, although furosemide increases urine output, it does not consistently reduce the incidence of AKI or the need for dialysis. Hemodynamic parameters, especially oxygen delivery (DO₂), emerge as critical factors in preventing renal injury, highlighting the importance of continuous monitoring. It is concluded that furosemide use should be individualized and integrated into multimodal strategies, emphasizing the perfusionist's role in managing fluid balance, renal function, and maintaining adequate DO₂ during ECC.

Keywords: Extracorporeal Circulation; Acute Kidney Injury; Furosemide; DO₂; Goal-directed Perfusion.

1. INTRODUÇÃO

A circulação extracorpórea (CEC) substitui temporariamente as funções de bomba do coração e oxigenação do pulmão, permitindo intervenções cardíacas complexas com segurança e controle hemodinâmico adequado. Desde sua primeira utilização na década de 1950, a CEC passou por avanços significativos em oxigenadores, bombas e estratégias de monitoramento, o que contribuiu para a redução de complicações imediatas e melhora dos desfechos clínicos. Ainda assim, por se tratar de um procedimento invasivo e não fisiológico, a CEC pode desencadear alterações inflamatórias, hemodinâmicas e metabólicas que mantêm os rins particularmente vulneráveis (Paparella et al., 2002; Lannemyr et al., 2017). Entre as complicações, a lesão renal aguda é uma das mais comuns e graves, afetando de 20% a 30%

dos pacientes submetidos à CEC, dependendo da classificação utilizada, como RIFLE, AKIN ou KDIGO, e contribuindo para aumento da morbimortalidade, maior tempo de ventilação mecânica, prolongamento da internação em unidades de terapia intensiva e risco de progressão para doença renal crônica (Bellomo et al., 2012; Hoste et al., 2018).

Diversos fatores influenciam o desenvolvimento da LRA durante a CEC, incluindo idade avançada, presença de comorbidades como diabetes, hipertensão e insuficiência cardíaca, hipoperfusão renal associada à baixa pressão arterial média, ativação inflamatória sistêmica com liberação de citocinas e radicais livres, exposição a drogas nefrotóxicas e entrega inadequada de oxigênio (DO_2) aos rins, considerado marcador precoce de risco para injúria tubular (Hoste et al., 2018; Paparella et al., 2002; Lannemyr et al., 2017; Marenzi et al., 2008). Estudos recentes demonstram que valores de DO_2 inferiores a 270 ml/min/m² durante a CEC aumentam significativamente o risco de LRA, especialmente quando a exposição a baixos níveis é prolongada (Marenzi et al., 2015; Liu et al., 2023). Dessa forma, o monitoramento contínuo da entrega de oxigênio, aliado à manutenção da PAM e perfusão renal, emerge como estratégia essencial para a prevenção de injúria renal (Przybylski et al., 2023).

O perfusionista desempenha papel central na monitorização da função renal e no manejo do balanço hídrico durante a perfusão, adotando estratégias que visam reduzir o risco de LRA. Entre essas estratégias, destaca-se o uso de furosemida, um diurético de alça que promove diurese intensa, prevenindo sobrecarga hídrica e auxiliando na manutenção do débito urinário intraoperatório (Brater, 1998; Kellum et al., 2021). Além disso, estratégias para potencializar o efeito da furosemida, como associação à albumina em pacientes hipoalbuminêmicos ou o uso do sistema RenalGuard®, combinando furosemida com reposição volêmica controlada, têm demonstrado resultados promissores na redução da LRA (Marenzi et al., 2015; Martin et al., 2022).

Durante a CEC, o sangue é desviado do coração e pulmões para oxigenadores mecânicos, garantindo a manutenção da perfusão tecidual. Apesar de viabilizar procedimentos

seguros, a CEC provoca alterações fisiológicas importantes, como hemodiluição, ativação inflamatória sistêmica, isquemia-reperfusão renal e alterações na autorregulação renal, tornando os rins mais suscetíveis a quedas de pressão ou DO_2 insuficiente (Paparella et al., 2002; Lannemyr et al., 2017). Fatores como tempo de CEC, temperatura corporal, tipo de solução de perfusão e estratégias de reposição volêmica influenciam diretamente a função renal pós-operatória. A manutenção da PAM e da perfusão renal contínua, associada ao monitoramento de DO_2 , é fundamental para prevenir complicações renais. (Lannemyr et al., 2017; Przybylski et al., 2023).

A LRA em cirurgias com CEC é um evento complexo, definido como deterioração súbita da função renal, com acúmulo de produtos nitrogenados e distúrbios eletrolíticos. Seu diagnóstico baseia-se em critérios como KDIGO, utilizando creatinina sérica e débito urinário, embora biomarcadores emergentes, como NGAL, cistatina C e KIM-1, sejam promissores para detecção precoce. Evidências sugerem que manter a entrega de oxigênio renal (DO_{2i}) acima de 280 ml/min/m² reduz significativamente o risco de LRA, reforçando a importância da perfusão dirigida por objetivos (GDP), que ajusta fluxo, hematócrito, PAM e DO_2 para garantir perfusão renal adequada e prevenir injúria tubular (Liu et al., 2023; Marenzi et al., 2015).

Em síntese, a circulação extracorpórea permite a realização de cirurgias cardíacas complexas, mas apresenta risco significativo de injúria renal. O perfusionista desempenha papel crítico na monitorização da função renal, manutenção do balanço hídrico e adequação de DO_2 , utilizando estratégias como furosemida, sua potencialização por albumina ou RenalGuard®, e perfusão dirigida por objetivos, a fim de minimizar a ocorrência de LRA e seus desfechos adversos.

2. METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão narrativa de literatura. A busca por estudos foi realizada entre

junho e setembro de 2025 nas bases PubMed, SciELO, LILACS e Google Scholar.

Descritores utilizados: “Furosemida” / “Furosemide”, “Circulação Extracorpórea” / “Cardiopulmonary Bypass”, “Lesão Renal Aguda” / “Acute Kidney Injury” / “Goal-directed perfusions”/ e “Perfusionista” / “Perfusionist”. Os termos foram combinados por operadores booleanos AND e OR.

Critérios de inclusão: artigos publicados entre 2005 e 2025, em português, inglês ou espanhol, que abordassem o uso de furosemida durante CEC e desfechos renais ou clínicos.

Critérios de exclusão: duplicados, estudos sem acesso ao texto completo, populações não submetidas à CEC e artigos que abordavam outros diuréticos sem foco na furosemida.

Após seleção, os dados foram organizados em categorias: efeitos da furosemida sobre função renal, impacto em desfechos clínicos e estratégias combinadas.

3. REVISÃO DE LITERATURA

O fluxo não pulsátil durante a CEC promove alterações importantes na perfusão sistêmica. Ao contrário do padrão fisiológico pulsátil, esse tipo de fluxo reduz o estresse de cisalhamento sobre o endotélio, diminuindo a liberação de óxido nítrico e comprometendo a vasorreatividade, dificultando a perfusão adequada dos órgãos (Undar et al., 2016). Como consequência, há o aumento da resistência vascular, má distribuição sanguínea e prejuízo da microcirculação, o que pode resultar em hipóxia tecidual mesmo diante de fluxos altos da CEC (Donadov et al., 2021).

Nos rins, o impacto do fluxo não pulsátil é particularmente evidente. A autorregulação renal depende de variações pulsáteis de pressão e fluxo, fundamentais para manter o funcionamento normal do órgão. Estudos de Kim et al. (2005) e Govender et al. (2022), evidenciaram que a perfusão contínua durante a CEC está associada a redução da taxa de filtração glomerular, menor produção de diurese intraoperatória e aumento da incidência de lesão renal aguda. Essa complicação compromete a evolução clínica, aumentando a

morbimortalidade e a necessidade de suporte dialítico no pós-operatório (Undar et al., 2016).

A Lesão Renal Aguda é uma das complicações mais relevantes em pacientes submetidos a cirurgias cardíacas com circulação extracorpórea. Caracteriza-se por deterioração súbita da função renal, evidenciada por elevações nos níveis de creatinina sérica e redução do débito urinário, levando ao acúmulo de produtos nitrogenados e distúrbios eletrolíticos (Hoste et al., 2018). O diagnóstico é estabelecido com base em critérios como KDIGO, RIFLE e AKIN, que utilizam creatinina sérica e débito urinário, enquanto biomarcadores emergentes, como NGAL, cistatina C e KIM-1, têm sido estudados para detecção precoce da injúria renal, embora ainda necessitem de validação clínica (Hoste et al., 2018; Kellum et al., 2021).

A furosemida, um diurético de alça, atua inibindo o cotransporte $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-2Cl}^-$ na alça ascendente de Henle, promovendo diurese rápida, redução da sobrecarga volêmica e potencial proteção renal em situações de risco elevado (Brater, 1998; Kellum et al., 2021). Apesar de aumentar o débito urinário intraoperatório, a furosemida isolada não apresenta efeito consistente na prevenção de LRA ou na necessidade de diálise, conforme demonstrado por Ho et al. (2005) e corroborado pela meta-análise de Liu et al. (2023), que avaliou 566 pacientes submetidos a CEC e constatou que, embora a furosemida reduzisse o tempo de ventilação mecânica, tempo de internação em UTI e níveis de uréia, não houve diferença significativa na incidência de LRA ou necessidade de diálise.

Para potencializar os efeitos da furosemida, diferentes estratégias têm sido estudadas. A administração combinada com albumina aumenta a fração livre do fármaco em pacientes hipoalbuminêmicos, melhorando a resposta diurética, como reportado por Martin et al. (2022). Outra abordagem é o uso do sistema RenalGuard®, que integra furosemida a uma reposição volêmica controlada, permitindo induzir diurese enquanto mantém estabilidade hemodinâmica e perfusão renal adequada. Marenzi et al. (2015) demonstraram que o uso do RenalGuard® em pacientes de alto risco reduziu significativamente a incidência de LRA, especialmente em indivíduos com histórico de disfunção renal ou risco aumentado por

contraste iodado.

Além da terapia diurética, a entrega adequada de oxigênio (DO_2) aos rins é um fator determinante na prevenção de LRA. Estudos indicam que manter o índice de entrega de oxigênio (DO_{2i}) ≥ 280 ml/min/m² durante a CEC diminui significativamente o risco de injúria renal (Liu et al., 2023; Marenzi et al., 2015). A perfusão dirigida por objetivos (Goal-Directed Perfusion, GDP), em que parâmetros como fluxo sanguíneo, hematócrito e pressão arterial média (PAM) são ajustados continuamente, permite a manutenção de perfusão renal adequada e prevenção de LRA (Przybylski et al., 2023).

Diversos fatores contribuem para o desenvolvimento de LRA durante a CEC, incluindo idade avançada, comorbidades como diabetes, hipertensão e insuficiência cardíaca, hipoperfusão renal associada a baixa PAM, ativação inflamatória sistêmica com liberação de citocinas e radicais livres, exposição a drogas nefrotóxicas e entrega inadequada de oxigênio (DO_2) aos rins (Paparella et al., 2002; Lannemyr et al., 2017; Przybylski et al., 2023). O uso pré-operatório de diuréticos de alça, como descrito por Jiang et al. (2021), também foi associado ao risco aumentado de LRA em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca com CEC.

Apesar do número crescente de estudos, a literatura apresenta limitações. Há heterogeneidade nos desfechos analisados, nos protocolos de uso da furosemida, na via de administração, na dosagem e nos critérios para início da terapia (Ricci et al., 2006; Nguyen et al., 2018). Além disso, a população estudada varia amplamente em idade, comorbidades e função renal prévia, dificultando a análise de efeitos isolados da furosemida em subgrupos específicos. A maioria dos estudos disponíveis é observacional ou apresenta baixo poder estatístico, sendo raros os ensaios clínicos randomizados bem controlados (Liu et al., 2023; Ho et al., 2005), evidenciando a necessidade de pesquisas mais robustas para guiar a prática clínica do perfusionista.

4. DISCUSSÃO

A lesão renal aguda durante a circulação extracorpórea apresenta caráter multifatorial, envolvendo fatores hemodinâmicos, perfusão inadequada, inflamação sistêmica e fatores farmacológicos. Embora a furosemida aumente o débito urinário, seu efeito isolado não demonstra prevenção confiável da LRA (Ho & Sheridan, 2005).

A entrega insuficiente de oxigênio aos rins (DO_2) é um determinante precoce da LRA. Valores de DO_{2i} abaixo de 270–280 ml/min/m² aumentam significativamente o risco de injúria tubular, mesmo quando a diurese é mantida, podendo resultar de hemodiluição, anemia, baixo débito cardíaco durante CEC ou hipotensão, levando à hipóxia renal, ativação inflamatória e apoptose tubular (Liu et al., 2023; Marenzi et al., 2015).

Estratégias multimodais que combinam furosemida, potencialização farmacológica como associação com albumina em pacientes hipoalbuminêmicos e perfusão dirigida por objetivos (GDP) guiada por DO_2 demonstram maior eficácia na prevenção da LRA, redução do tempo de ventilação mecânica e menor permanência em UTI (Ranucci et al. (2018); Mukaida et al. (2023); Martin et al., 2022).

A individualização da administração da furosemida é fundamental. Pacientes com hipoperfusão, hipoalbuminemia ou baixa volemia podem apresentar resposta inadequada, enquanto o uso indiscriminado pode causar hipovolemia, hipotensão e desequilíbrios eletrolíticos (Kellum et al., 2021). O monitoramento contínuo de DO_2 , débito urinário, pressão arterial média (PAM) e hematócrito permite intervenções precoces, evitando injúria renal antes do surgimento de alterações laboratoriais clássicas. Assim, a furosemida deixa de ser um recurso isolado e integra uma estratégia preventiva multimodal baseada em evidências.

A estratégia de administração também influencia os resultados. Protocolos com infusão contínua parecem oferecer maior estabilidade hemodinâmica e diurese mais sustentada em comparação ao bolus intermitente, além de reduzir flutuações volêmicas (Nguyen et al., 2018). Tecnologias como o RenalGuard® mostram resultados promissores em cirurgias de alto risco, combinando furosemida com hidratação controlada e reduzindo a incidência de LRA (Marenzi et al., 2015). No entanto, seu uso ainda é restrito e o custo

representa uma barreira para ampla implementação.

A heterogeneidade metodológica dos estudos, quanto a desfechos avaliados, tipos de pacientes, formas de administração e definições de LRA, limita a comparação entre os resultados e a formulação de recomendações padronizadas. Nesse contexto, o papel do perfusionista é central, garantindo monitoramento da diurese, manutenção da volemia e tomada de decisão conjunta sobre o uso de diuréticos (Kellum et al., 2021; Martin et al., 2022).

5. CONCLUSÃO

A literatura evidencia que, durante cirurgias cardíacas com circulação extracorpórea a furosemida sozinha não garante prevenção consistente da lesão renal aguda, apesar de aumentar o débito urinário intraoperatório. Seu efeito diurético isolado pode mascarar disfunção tubular subjacente, sendo insuficiente para proteger os rins frente aos múltiplos fatores de risco presentes na CEC, como hemodiluição, hipotensão, inflamação sistêmica e queda na entrega de oxigênio (DO₂) renal (Ho & Sheridan, 2005; Liu et al., 2023).

Estratégias combinadas, que associam furosemida a reposição volêmica controlada, administração de albumina em pacientes hipoalbuminêmicos ou perfusão dirigida por metas baseada em DO₂, apresentam maior potencial de proteção renal durante a CEC (Marenzi et al., 2015; Martin et al., 2022; Makaida et al., 2023).

O perfusionista desempenha papel central nesse contexto, sendo responsável pelo monitoramento contínuo de diurese, hematócrito, pressão arterial média e DO₂, bem como pela tomada de decisões rápidas para ajustar fluxo, volemia e administração de furosemida. A integração dessas medidas dentro de uma estratégia multimodal orientada por evidências torna possível minimizar o risco de LRA, destacando a importância da atuação crítica e individualizada do perfusionista durante todo o período de CEC.

6. REFERÊNCIAS

SALOMÃO, Edielly Oliveira da Silva; NASCIMENTO, Alysso Xavier do. **Uso da furosemida na prevenção da lesão renal aguda em cirurgias cardíacas com CEC.** Revista QUALYACADEMICS. Editora UNISV; v.3, n.1, 2025; p. 763-773. ISSN 2965976-0 | D.O.I.: doi.org/10.59283/unisv.v3n2.028

- Bellomo, R., Kellum, J. A., & Ronco, C. (2012). Acute kidney injury. *The Lancet*, 380(9843), 756–766. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)61454-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)61454-2)
- Kellum, J. A., Romagnoli, S., Ricci, Z., et al. (2021). Clinical review: Acute kidney injury in the perioperative setting. *Critical Care*, 25(1), 322. <https://doi.org/10.1186/s13054-021-03738-8>
- Liu, Y., Wang, H., Zhang, Y., et al. (2023). Loop diuretics in adult cardiac surgery: A meta-analysis. *Annals of Palliative Medicine*, 12(1), 86–97. <https://doi.org/10.21037/apm-22-556>
- Ho, K. M., & Sheridan, D. J. (2005). Meta-analysis of frusemide to prevent or treat acute renal failure. *BMJ*, 331(7509), 898. <https://doi.org/10.1136/bmj.331.7509.898>
- Nguyen, H. B., et al. (2018). Continuous vs. intermittent furosemide in acute kidney injury: Impact on renal recovery and fluid balance. *Journal of Critical Care*, 45, 182–187.
- Martin, G. S., Lewis, J., & Bosch, J. P. (2022). Furosemide-albumin interaction in patients with hypoalbuminemia. *The American Journal of the Medical Sciences*, 363(3), 250–256.
- Marenzi, G., et al. (2015). Prevention of acute kidney injury in high-risk cardiac surgery patients with a renal protection protocol using the RenalGuard system. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, 29(5), 1338–1345.
- Paparella, D., Yau, T. M., & Young, E. (2002). Cardiopulmonary bypass induced inflammation: Pathophysiology and treatment. *European Journal of Cardiothoracic Surgery*, 21(2), 232–244.
- Jiang, W., Zhao, C., & Wang, L. (2021). Preoperative loop diuretics and risk of acute kidney injury after coronary artery bypass grafting. *General Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 69(7), 1277–1285. <https://doi.org/10.1007/s11748-021-01599-0>
- Milne B., Gilby T., Somer F., Kunst G. (2024). Adverse renal effects associated with cardiopulmonary bypass. *Perfusion*, 39(3), 452-468. <https://doi.org/10.1177/02676591231157055>
- Rocha, D.A.Q., Ferreira, A.M.C., Filho, E.B.C., Costa, L.N.G.,(2020).Análise dos efeitos do uso de furosemida em pacientes submetidos a cirurgias cardíacas com o uso de circulação extracorpórea: Uma revisão sistemática. *Vitalle- Revista de ciências da saúde*, 32(3), 154-160.

Przybylski, R., et al. (2023). Alterations to kidney physiology during cardiopulmonary bypass—A narrative review of the literature and practical remarks. *Journal of Clinical Medicine*, 12(21), 6894. <https://doi.org/10.3390/jcm12216894>

Kim, H. K., Son, H. S., Fang, Y. H., Park, S. Y., Hwang, C. M., & Sun, K. (2005). The effects of pulsatile flow upon renal tissue perfusion during cardiopulmonary bypass: A comparative study of pulsatile and nonpulsatile flow. *ASAIO Journal*, 51(1), 30–36. <https://doi.org/10.1097/01.mat.0000150324.02040.b4>

Govender, K., & Cabrales, P. (2022). Extracorporeal circulation impairs microcirculation perfusion and organ function. *Journal of Applied Physiology (1985)*, 132(3), 794–810. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00726.2021>

Dodonov, M., Onorati, F., Luciani, G. B., Francica, A., Tessari, M., Menon, T., Gottin, L., Milano, A. D., & Faggian, G. (2021). Efficacy of pulsatile flow perfusion in adult cardiac surgery: Hemodynamic energy and vascular reactivity. *Journal of Clinical Medicine*, 10(24), 5934. <https://doi.org/10.3390/jcm10245934>

Ündar, A., Wang, S., Izer, J. M., Clark, J. B., Kunselman, A. R., Patel, S., Shank, K., Profeta, E., Wilson, R. P., & Ostadal, P. (2016). The clinical importance of pulsatile flow in extracorporeal life support: The Penn State Health approach. *Artificial Organs*, 40(12), 1101–1104. <https://doi.org/10.1111/aor.12875>

Mukaida, H., Matsushita, S., Yakamoto, T., Minami, Y., Sato, G., Asai, T., Amano, A. (2023). Oxygen delivery-guided perfusion for the prevention of acute kidney injury: A randomized controlled trial. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 165(2) 750-760.

Ranucci, M., Johnson, I., Baumann, A., Jusston, G., Sommer, F., Newland, R. F., Humphreys, R., Verhelst, R., Acker, R. S., Beer, C., Skotnicki, S., Kos, P., Bach, B.S., Baufreton, C., Lubarski, D., Pisuddi, M., Velicki, N. (2023). Goal-directed perfusion to reduce acute kidney injury: A randomized trial. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 165(2), 502-512.