

Impacto do Clearance de Creatinina Pré-Operatório como Fator de Risco para Injúria Renal Aguda no Pós-Operatório de Revascularização do Miocárdio: Coorte Retrospectiva em Hospital de Referência Norte-Nordeste

Título em Inglês: Impact of Preoperative Creatinine Clearance as a Postoperative Risk Factor after Myocardial Revascularization: Retrospective Cohort at a Reference Hospital

Título Abreviado: Impacto do Clearance de Creatinina Pré-Operatório na Cirurgia de Revascularização do Miocárdio

Autores:

1. Rodrigo Sávio Oliveira Melo - Acadêmico do Décimo Período do Curso de Medicina do Instituto de Medicina Integral Professor Fernando Figueira (IMIP); Número ORCID: 0009-0001-6501-7212
2. Verônica Soares Monteiro - Coordenadora do Departamento da Cardiologia Clínica e Intervencionista e Cirurgia Cardíaca do IMIP; Número ORCID: 0000-0002-4745-6879
3. Enzo Lima Maia Leite - Acadêmico do Nono Período do Curso de Medicina do IMIP; Número ORCID: 0000-0003-4838-2485
4. Cristiano Berardo Carneiro da Cunha - Cirurgião Cardiovascular do IMIP; Número ORCID: 0000-0002-4365-1706

5. Augusto Sampaio Gonçalves Porto - Acadêmico do Décimo Período do Curso de Medicina do IMIP; Número ORCID: 0000-0003-1348-211X

6. Marcelo Serrado Accioly Silva - Acadêmico do Décimo Período do Curso de Medicina do IMIP; Número ORCID: 0009-0007-1669-9735

7. Larissa de Oliveira Beltrão - Acadêmica do Oitavo Período do Curso de Medicina do IMIP. Número ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9341-1914>

8. Diogo Luiz de Magalhães Ferraz - Cirurgião Cardiovascular do IMIP. Número ORCID: 0000-0002-4064-7015

RESUMO

Objetivos: avaliar o clearance de creatinina (ClCr) pré-operatório como preditor de risco para a incidência de injúria renal aguda (IRA) no pós-operatório da cirurgia de revascularização do miocárdio (CRM).

Métodos: Trata-se de um estudo do tipo coorte retrospectivo, com dados obtidos em banco de dados secundário do Setor de Cirurgia Cardiovascular do Adulto do Instituto de Medicina Integral Professor Fernando Figueira (IMIP). Foram incluídos pacientes adultos submetidos a CRM isolada entre agosto de 2021 e maio de 2023. O ClCr foi calculado pelas fórmulas de Cockcroft-Gault e pelo CKD-EPI 2021. A análise estatística foi realizada com teste t de Student para as variáveis quantitativas e o Qui-quadrado para as categóricas. O valor de $p < 0,05$ foi utilizado como critério de significância estatística.

Resultados: Foram incluídos 184 pacientes. A média de idade foi de 62 anos. Houve injúria renal aguda até o terceiro dia pós-operatório em 19% dos pacientes. Destes, 17% apresentaram quadro de falência renal e 2,2% necessitaram de hemodiálise. A mortalidade em 30 dias foi 3,8%. Não houve associação entre a incidência de IRA e a mortalidade em 30 dias. A média da creatinina sérica (Cr) pré-operatória foi $1,05 \pm 0,32$. A média da taxa de filtração glomerular (TFG) pelo CKD-EPI foi $78,37 \pm 21,3$. Na análise entre os grupos com IRA e sem IRA, não houve diferença significativa entre os níveis de Cr e de TFG pela fórmula de Cockcroft & Gault. Houve diferença significativa entre a TFG pré-operatória calculada pelo CKD-EPI no grupo que desenvolveu IRA: $71,8 \text{ ml/min/1,73m}^2$ versus $79,9 \text{ ml/min/1,73m}^2$ no grupo sem IRA ($p=0,044$). **Conclusões:** O ClCr calculado pelo CKD-EPI destacou-se como preditor de injúria renal aguda em pacientes submetidos a CRM.

ABSTRACT

Objectives: To assess preoperative creatinine clearance (ClCr) as a risk predictor for the incidence of acute kidney injury (AKI) in the postoperative period of coronary artery bypass grafting (CABG).

Methods: We conducted a retrospective cohort study using data obtained from the Adult Cardiovascular Surgery Department's secondary database at Instituto de Medicina Integral Professor Fernando Figueira (IMIP). Adult patients undergoing isolated CABG between August 2021 and May 2023 were included. ClCr was calculated using the Cockcroft-Gault and CKD-EPI 2021 formulas. Statistical analysis included Student's t-test for continuous variables and the Chi-Square test for discrete ones. A significance level of $p < 0.05$ was used as the criterion for statistical significance.

Results: We identified 184 adult patients undergoing isolated CABG between August 2021 and May 2023, with a mean age of 62 years. AKI occurred in 19% of patients within the first three postoperative days. Among these, 17% experienced renal failure (RIFLE criteria), and 2.2% required hemodialysis. Mean serum creatinine increased slightly postoperatively, reaching its peak on the 2nd postoperative day with an average increase of X%. Thirty-day mortality was 3.8%, with no association between AKI incidence and 30-day mortality. The mean preoperative serum creatinine (Cr) was 1.05 ± 0.32 . The mean estimated glomerular filtration rate (eGFR) by CKD-EPI was 78.37 ± 21.3 . There was a significant difference in preoperative eGFR in the group that developed AKI: $71.8 \text{ ml/min/1.73m}^2$ versus $79.9 \text{ ml/min/1.73m}^2$ in the group without AKI ($p=0.044$). Cr and eGFR by the Cockcroft & Gault formula did not show statistical significance.

Conclusions: CKD-EPI-calculated ClCr emerged as a predictor of acute kidney injury in patients undergoing CABG.

Palavras-Chave (DeCS): Revascularização Miocárdica. Injúria Renal Aguda.
Creatinina. Testes de Função Renal. Complicações Pós-Operatórias.

Palavras-Chave (MeSH): Coronary Artery Bypass Surgery. Acute Kidney Injury.
Creatinine. Kidney Function Tests; Postoperative Complications.

I) Introdução

A doença arterial coronariana (DAC) acomete em torno de 126 milhões de pessoas, e é a principal causa de morbimortalidade no mundo, responsável por aproximadamente $\frac{1}{3}$ de todas as mortes registradas¹. Um dos possíveis tratamentos da DAC é a cirurgia de revascularização do miocárdio (CRM), a cirurgia cardíaca mais realizada do planeta, prolongando a sobrevida e melhorando a qualidade de vida dos pacientes². As cirurgias cardíacas apresentam inúmeras complicações pós-operatórias. Dentre elas, a injúria renal aguda (IRA) destaca-se por ser uma complicação comum, de expressiva morbimortalidade, e frequentemente associada à CRM, sendo observado o aumento da Cr em até 20% dos pacientes submetidos a este procedimento³.

A IRA é uma temida complicação no pós-operatório de cirurgias cardiovasculares, estando diretamente relacionada a um mau prognóstico, tempo de internamento prolongado, e maior morbimortalidade³. O RIFLE (*Risk, Injury, Failure, Loss, End-Stage Kidney Disease*) é um sistema de classificação que avalia a gravidade da IRA baseado no aumento da creatinina e na diminuição da diurese. Os critérios do *RIFLE* têm sido extensamente validados quanto à sua utilidade na determinação da incidência de IRA, e como método de estratificação prognóstica em diversos cenários clínicos⁴.

Apesar de ser bem documentado na literatura que a disfunção renal pré-operatória é um preditor de risco pós-operatório, os principais escores de estratificação de risco na cirurgia cardiovascular utilizam-se da Cr ou do ClCr calculado pela fórmula de Cockcroft & Gault como medição da função renal⁵. A análise dos fatores de risco e marcadores pré-operatórios de função renal no desfecho dessa população é de extrema importância para a estratificação de risco, predição de complicações, melhora dos resultados cirúrgicos e diminuição dos custos hospitalares com o manejo destes indivíduos.

Um questionamento pertinente, no entanto, é em relação à sensibilidade da Cr, que pode subestimar graus leves a moderados de disfunção renal, e seus níveis podem ser normais mesmo quando a função renal é anormal⁶. Além disso, a Cr não leva em consideração características do paciente como a idade e o sexo. Por esse motivo, o cálculo da TFG pelo ClCr pode apresentar acurácia superior à Cr isolada em estimar a função renal.

Dito isso, existem múltiplas formas de estimar a TFG, sendo a fórmula de Cockroft & Gault classicamente a mais utilizada. Entretanto, em 2021, a *National Kidney Foundation* emitiu recomendação de utilizar a nova fórmula do Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration (CKD-EPI) como padrão para o cálculo da TFG em adultos⁷.

O objetivo deste estudo foi avaliar se o ClCr pré-operatório é um preditor de risco para a incidência de IRA no pós-operatório de CRM. Foram comparados os valores do ClCr pelas fórmulas de Cockroft & Gault e CKD-EPI 2021. Visamos também determinar se houve outros fatores de risco relevantes para a incidência deste desfecho, estabelecer a relação entre a incidência de IRA e a mortalidade precoce, e estipular a incidência de terapias de substituição renal no pós-operatório de CRM. Estas análises podem auxiliar no reconhecimento precoce dos pacientes de alto risco para o desenvolvimento desta complicação, além de permitir uma abordagem terapêutica célere e específica em um estágio ainda reversível da disfunção renal.

2) Métodos

Trata-se de um estudo do tipo coorte retrospectivo. Todos os dados foram obtidos por meio do banco de dados secundário do Setor de Cirurgia Cardiovascular do Adulto do Instituto de Medicina Integral Professor Fernando Figueira (IMIP), localizado em Recife, Pernambuco. O banco de dados secundário é um registro que armazena os dados pré, intra e pós-operatórios de todos os pacientes que realizaram cirurgias cardíacas no serviço. Por meio dele, identificamos 184 pacientes submetidos a cirurgia de revascularização do miocárdio (CRM) isolada entre agosto de 2021 e maio de 2023. Foram elegíveis para inclusão neste estudo os indivíduos maiores de 18 anos operados de revascularização do miocárdio com e sem circulação extracorpórea (CEC). Os pacientes considerados inelegíveis, portanto excluídos da análise, foram aqueles que realizaram outros procedimentos cirúrgicos associados, reoperação de revascularização do miocárdio, e indivíduos sob regime dialítico ou outras terapias de substituição renal prévias.

A creatinina sérica em mg/dL foi medida no pré-operatório e em cada dia pós-operatório (DPO), até o terceiro dia. O ClCr foi calculado pela CKD-EPI Creatinine Equation 2021⁷ e pela fórmula de Cockcroft & Gault⁸.

A classificação de doença renal crônica (DRC) no pré-operatório foi realizada através da classificação da Kidney Disease Improving Global Outcomes (KDIGO)⁹, vista na Figura 1. O ClCr foi calculado pela fórmula do CKD-EPI 2021 para estimar a TFG utilizada na classificação da KDIGO. Entretanto, buscando facilitar a análise estatística dos subgrupos, foi optado por unir as subclassificações G3a e G3b em um grupo único, bem como unir as subclassificações G4 e G5 em outro grupo único, resultando na seguinte classificação adaptada utilizada: G1 - Normal: ≥ 90 ; G2 - Diminuição Discreta: 60-89; G3 - Diminuição Moderada: 30-59; G4 - Diminuição Grave: ≤ 29 .

Foi utilizada a classificação de RIFLE (*Risk, Injury, Failure, Loss, End-Stage Kidney Disease*) para definir IRA no pós-operatório, comparando a Cr pré-operatória com a maior Cr pós-operatória até o 3º DPO. Este sistema classifica a IRA com base em variações percentuais na taxa de filtração glomerular, ou na creatinina sérica em relação ao valor de base, ou no débito urinário. O critério "*Risk*" refere-se a um aumento de 1,5 vezes na Cr. A categoria "*Injury*" é definida por um aumento de 2 vezes na Cr. Já a categoria "*Failure*" é caracterizada por um aumento de 3 vezes na Cr ou uma creatinina absoluta superior a 4,0 mg/dL com um aumento agudo de pelo menos 0,5 mg/dL¹⁰. As categorias "*Loss*" e "*End-Stage Kidney Disease*" compreendem alterações persistentes na função renal, com duração de pelo menos 4 semanas ou 3 meses, respectivamente, e portanto foram excluídas desta avaliação por impossibilidade de análise.

As variáveis demográficas postuladas como potencial fatores de risco para IRA e incluídas na análise foram: idade, sexo e índice de massa corpórea (IMC).

As variáveis clínicas e laboratoriais pré-operatórias estudadas foram: hemoglobina (Hb), hematócrito (Ht) fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE), Creatinina sérica pré-operatória, hipertensão arterial sistêmica (HAS), tabagismo, e diabetes mellitus tipo 2.

Variáveis intraoperatórias: tempo de circulação extracorpórea (CEC), tempo de clampeamento aórtico, tempo de assistência ventilatória mecânica, necessidade de hemotransfusão.

Variáveis clínicas e laboratoriais pós-operatórias: creatinina no primeiro, segundo e terceiro dia pós-operatório; tempo total de internamento hospitalar, tempo de internamento em unidade de terapia intensiva (UTI), incidência de IRA, incidência de acidente vascular cerebral e infarto agudo do miocárdio, necessidade de terapia de substituição renal.

2.6 Análise Estatística

Todas as análises foram realizadas no software StatPlus:mac versão 8. As características dos pacientes estão apresentadas em média \pm desvio-padrão (DP) para as variáveis quantitativas. As variáveis qualitativas foram analisadas pelo teste Qui-Quadrado de Pearson, e as variáveis quantitativas pelo teste-T de Student. Assumiu-se significância estatística quando $p < 0,05$.

III) Resultados

As características de base dos pacientes são mostradas na Tabela 1. A idade média dos pacientes foi de 62 anos e 69% foram do sexo masculino. Analisando as variáveis sociodemográficas descritas, encontramos significância estatística apenas na idade. O grupo sem IRA obteve uma média de idade de $60,8 \pm 9,8$ versus $65,4 \pm 7,5$ no grupo com IRA ($p=0,010$).

A média da Cr pré-operatória foi de 1,05 mg/dl, enquanto a média da TFG pelo CKD-EPI foi de 78,37 ml/min/1,73m². Aplicando esse resultado à classificação da KDIGO, dispomos na Figura 2 a função renal pré-operatória dos pacientes estudados.

Ao avaliar a relação entre essas variáveis e a incidência de IRA, encontramos que a diminuição da TFG pré-operatória, quando calculada pelo CKD-EPI 2021, é um fator de risco relevante para este desfecho ($p= 0,044$), enquanto a Cr e o TFG pela fórmula de Cockcroft & Gault não apresentaram significância estatística. A média da Cr aumentou discretamente no pós-operatório, atingindo o seu pico no segundo DPO, com aumento médio de 31,4%. Estes resultados estão dispostos nas Tabelas 2 e 3.

A análise da insuficiência renal no pós-operatório pela classificação de RIFLE foi: 81% não apresentou IRA; 10,3% apresentou aumento na Cr $> 1.5x$, configurando-se na categoria “*Risk*”; 5,4% aumentou a creatinina $> 2x$, configurando-se na categoria “*Injury*”; Por fim, 3,3% dos pacientes apresentaram aumento na Cr $> 3x$, representando a categoria “*Failure*”. Quatro pacientes (2,2%) necessitaram de hemodiálise. Em síntese, 19% dos pacientes evoluíram com injúria renal aguda até o terceiro dia pós-operatório. Destes, 17% apresentaram quadro de falência renal, conforme pode ser visualizado na Figura 3.

Sete pacientes evoluíram para óbito durante o período, resultando em uma mortalidade em 30 dias de 3,8%. Não houve associação entre a incidência de IRA e a mortalidade.

Em relação às variáveis intraoperatórias (Tabela 4), foi observado associação com a incidência de IRA apenas no tempo de assistência ventilatória mecânica (AVM). Nos pacientes que evoluíram com IRA, o tempo de AVM foi mais do que o dobro dos pacientes que não alteraram a função renal ($1.145,2 \pm 1.864$ versus $513,9$ minutos $\pm 545,6$), com p de 0,00061.

No tocante à técnica cirúrgica, 158 pacientes (85,9%) foram operados pela técnica com uso de circulação extracorpórea (CEC) e 26 pacientes (14,1%) foram operados sem o uso de CEC. Para os pacientes operados com CEC, o tempo médio de circulação extracorpórea foi de $86,1 \pm 36,6$ minutos. Não houve associação entre as técnicas com ou sem CEC e o desfecho. Nos pacientes operados com CEC, não houve associação entre o tempo de CEC e a incidência de IRA.

Das variáveis pós-operatórias (Tabela 5), apenas o tempo de internamento em UTI foi associado a IRA. O grupo sem IRA passou em média $3,7 \pm 2,7$ dias internado em UTI, enquanto o grupo com IRA passou, em média, $5,5 \pm 3,3$ dias ($p=0,00081$).

4) Discussão

A injúria renal aguda é definida pela diminuição abrupta da função renal que inclui, mas não se limita ao quadro de insuficiência renal aguda. Ela consiste em uma síndrome clínica ampla que abrange diversas etiologias, possuindo quadro reversível, passível de prevenção e detecção precoce³. No entanto, a injúria pode ter consequências clínicas importantes, como a necessidade de terapia renal substitutiva (TRS) e o aumento do risco de morte, sendo assim uma condição de alto custo aos serviços hospitalares¹¹.

Outros trabalhos observaram que os indivíduos de idade avançada, sexo feminino, diabéticos, com diagnóstico de neoplasia ou anemia também foram mais susceptíveis a desenvolverem IRA¹². Neste estudo, o grupo sem IRA obteve uma média de idade de $60,8 \pm 9,8$ versus $65,4 \pm 7,5$ do grupo com IRA ($p=0,010$), sugerindo a idade como um relevante fator preditor na incidência de IRA, em consonância com os descritos mecanismos de alterações estruturais como a esclerose vascular, o aumento da porcentagem de glomérulos esclerosados e outras alterações degenerativas como a possível fisiopatologia da IRA secundária ao avançar da idade no pós-operatório de cirurgias cardíacas¹². Não encontramos, entretanto, associação relevante entre o sexo ou a presença de diabetes mellitus com o desfecho.

Ainda, a CRM consiste no subgrupo das cirurgias cardíacas na qual a IRA pós-operatória é mais frequente, com uma incidência de até 30%¹², sendo associada ao aumento na mortalidade a longo prazo, morbidade a curto prazo, aumento do tempo de internamento hospitalar total e aumento do tempo de internamento em UTI¹³. Múltiplos mecanismos estão envolvidos nesse processo fisiopatológico, como a lesão de reperfusão isquêmica, liberação de nefrotoxinas, hemólise, estresse oxidativo e secreção de citocinas, que produzem respostas inflamatórias sistêmicas, lesão endotelial e dano celular tubular. A consequência desses insultos é uma cascata de alterações reflexas dentro do rim,

manifestando-se como comprometimento da função renal, vasoconstrição renal persistente, e morte de células endoteliais vasculares e epiteliais tubulares devido à necrose e apoptose¹³.

Ademais, o desenvolvimento de IRA foi identificado como o mais significativo preditor de morte em pacientes submetidos a cirurgias cardíacas¹⁴. No pós-operatório da CRM, mesmo pequenas alterações na Cr estão associadas a uma redução importante da sobrevida. Em um estudo de coorte prospectivo com 4118 pacientes, foi observado que mesmo o discreto aumento na Cr (0-0,5 mg/dl) está relacionado a um aumento de quase três vezes na mortalidade em 30 dias, enquanto uma ampliação $\geq 0,5$ mg/dl na Cr levou a um aumento de 18 vezes na mortalidade em 30 dias¹⁵. Outros trabalhos demonstraram resultados semelhantes³⁻¹⁶.

Em nosso estudo, encontramos que a IRA em pacientes submetidos à CRM foi uma complicação comum, que ocorreu em 19% dos pacientes, e esteve associada a aumento médio de 48.6% no tempo de internamento em unidade de terapia intensiva. Dos sete pacientes que evoluíram com óbito, dois apresentaram IRA. Não houve associação estatisticamente relevante entre a incidência de IRA e a mortalidade em 30 dias, um achado divergente ao encontrado na literatura, cuja possível explicação é a limitação da análise estatística secundária ao N baixo na análise de subgrupos.

No contexto da CRM, a duração da cirurgia, o tempo de pinçamento aórtico, e o uso de circulação extracorpórea (CEC) são fatores de risco estabelecidos para a IRA¹⁷. Já foi demonstrado que a técnica cirúrgica sem CEC está relacionada a uma chance 40% menor de IRA pós-operatória e uma chance estatisticamente não significativa 33% menor de necessidade de diálise, apesar de não estar associada a uma diminuição significativa da mortalidade¹¹. Possíveis explicações para estes achados são que o uso de CEC é associado à alteração do tônus vasomotor e redução da tensão de oxigênio do parênquima renal, consequentemente diminuindo a pressão de perfusão renal em até 30%, promovendo

aumento da lesão de isquemia-reperfusão. A CEC também pode alterar o fluxo sanguíneo local, o que pode predispor à formação de microêmbolos, notórios por sua capacidade de danificar diretamente os capilares renais¹³.

Nesta análise, entretanto, não houve associação entre as técnicas com ou sem CEC e o aumento da incidência de IRA ($p=0,294$), bem como, quando a técnica com CEC foi escolhida, não se observou associação entre o tempo de CEC e o desfecho. Destacamos também, dentre as variáveis intraoperatórias, a relevância do tempo de assistência ventilatória mecânica (AVM). Uma meta-análise ressaltou associação significativa entre a ventilação mecânica prolongada e o aumento no risco de IRA em pacientes críticos, apontando para um aumento de três vezes no risco de evoluir com a complicação quando o tempo de ventilação mecânica ultrapassa 24 horas¹⁸. Vale salientar que esta meta-análise incluiu apenas um estudo pequeno envolvendo pacientes submetidos à cirurgia cardíaca. Essa limitação destaca a necessidade de maiores investigações para compreender de forma mais aprofundada a relação entre a duração da ventilação mecânica e a incidência de IRA nessa população. Nesta pesquisa, observou-se associação importante entre o tempo de AVM e a incidência de IRA ($p=0,00061$). Nos pacientes que evoluíram com IRA, o tempo de AVM foi mais do que o dobro dos pacientes com função renal inalterada (1.145,2 minutos \pm 1.864 versus 513,9 minutos \pm 545,6).

As limitações do nosso estudo incluem a natureza de dados retrospectivos, análise de centro único, e população (N) relativamente pequena, o que pode dificultar as análises de subgrupos.

Este trabalho demonstrou, portanto, a relevância do CICr calculado pelo CKD-EPI 2021 como preditor de IRA no pós-operatório de revascularização cirúrgica do miocárdio, em contraste à Cr e ao cálculo do CICr pela fórmula de Cockcroft&Gault, os quais não apresentaram associação com essa complicação. A maioria dos pacientes não desenvolveu

IRA no pós-operatório. Naqueles que o fizeram, a idade e o tempo de AVM foram identificados como fatores de risco. Apesar dos avanços alcançados neste trabalho, investigações adicionais são necessárias para aprofundar a nossa compreensão e proporcionar o desenvolvimento contínuo desta área de estudo promissora.

5. Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo fomento à pesquisa científica no Brasil e pelo apoio financeiro ao presente trabalho, por meio de bolsa.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Khan MA, Hashim MJ, Mustafa H, Baniyas MY, Al Suwaidi SKBM, AlKatheeri R et al. Global Epidemiology of Ischemic Heart Disease: Results from the Global Burden of Disease Study. *Cureus* 2020.
2. Bonow RO, Epstein SE. Indications for coronary artery bypass surgery in patients with chronic angina pectoris: implications of the multicenter randomized trials. *Circulation*, 1985.;72(6 Pt 2):V23-30.
3. MACHADO, M. N.; NAKAZONE, M. A.; MAIA, L. N. Acute Kidney Injury Based on KDIGO (Kidney Disease Improving Global Outcomes) Criteria in Patients with Elevated Baseline Serum Creatinine Undergoing Cardiac Surgery. *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular*, vol. 2, p. 299-307, 2014.
4. Lopes JA, Jorge S. The RIFLE and AKIN classifications for acute kidney injury: a critical and comprehensive review. *Clin Kidney J* 2013; 6: 8–14.
5. Nashef SAM, Roques F, Sharples LD, Nilsson J, Smith C, Goldstone AR, Lockowandt U. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* (2012) 41:734–745.
6. Swedko PJ, Clark HD, Paramsothy K, Akbari A. Serum creatinine is an inadequate screening test for renal failure in elderly patients, *Arch Intern Med*, 2003, vol. 163, pág. 356-360.
7. Delgado C, Baweja M, Crews DC, et al. A Unifying Approach for GFR Estimation: Recommendations of the NKF-ASN Task Force on Reassessing the Inclusion of Race in Diagnosing Kidney Disease. *American Journal of Kidney Diseases*, 2021.
8. Najafi M. Serum creatinine role in predicting outcome after cardiac surgery beyond acute kidney injury. *World J Cardiol*. 2014 Sep 26;6(9):1006-21.

9. Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group. KDIGO 2012 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease. *Kidney inter., Suppl.* 2013; 3: 1–150.
10. Bellomo R, Ronco C, Kellum JA, et al. Palevsky P and the ADQI workgroup. Acute renal failure — definition, outcome measures, animal models, fluid therapy and information technology needs: the Second International Consensus Conference of the Acute Dialysis Quality Initiative (ADQI) Group, *Crit Care*, 2004, vol. 8 pg. R204.
11. Seabra, V. F. et al. Off-Pump Coronary Artery Bypass Surgery and Acute Kidney Injury: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, v. 5, n. 10, p. 1734–1744, 2010.
12. Leballo, G.; CHAKANE, P. M. Cardiac surgery-associated acute kidney injury: pathophysiology and diagnostic modalities and management. *Cardiovascular Journal of Africa*, v. 31, n. 4, p. 43–50, 2020.
13. Vives, M. et al. Acute kidney injury after cardiac surgery: prevalence, impact and management challenges. *International Journal of Nephrology and Renovascular Disease*, v. 12, p. 153–166, 2 jul. 2019.
14. Chertow, et al. “Independent Association between Acute Renal Failure and Mortality Following Cardiac Surgery. *The American Journal of Medicine*, vol. 104, no 4, p. 343–48, 1998.
15. Lassnigg, et al. Minimal Changes of Serum Creatinine Predict Prognosis in Patients after Cardiothoracic Surgery: A Prospective Cohort Study. *Journal of the American Society of Nephrology*, v. 15, n. 6, p. 1597–1605, 1 jun. 2004.
16. Antunes, et al. Renal dysfunction after myocardial revascularization. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, v. 25, n. 4, p. 597–604, 2004.

17. Karkouti, K. et al. Acute Kidney Injury After Cardiac Surgery. *Circulation*, v. 119, n. 4, p. 495–502, 2009.
18. Van den Akker JP, Egal M, Groeneveld AB. Invasive mechanical ventilation as a risk factor for acute kidney injury in the critically ill: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care*. 2013 May 27;17(3):R98.
19. Barkhordari, et al. Risk Factors for Acute Kidney Injury in Coronary Artery Bypass Graft Surgery Patients Based on the Acute Kidney Injury Network Criteria. *The Journal of Tehran Heart Center*, vol. 13,2, p. 52-57, 2018.
20. Bove, T et al. Acute renal failure and cardiac surgery. *HSR proceedings in intensive care & cardiovascular anesthesia*, vol. 1,3, p. 13-21, 2009.
21. Duncan L, Heathcote J, Djurdejev O, Levin A. Screening for renal disease using serum creatine: who are we missing?, *Nephrol Dial Transplant*, 2001, vol. 16 (pg. 1042-1046)
22. Kolh, P. Renal insufficiency after cardiac surgery: a challenging clinical problem. *European Heart Journal*, v. 30, n. 15, p. 1824–1827, 2009.
23. Olivero, et al. Acute kidney injury after cardiovascular surgery: an overview. *Methodist DeBakey cardiovascular journal*, vol. 8,3, p. 31-36, 2012.
24. Ortega-Loubon, et al. Predictors of Acute Kidney Injury after Coronary Artery Bypass Graft Surgery. *Braz J Cardiovasc Surg*, vol. 33, p. 323-329, 2018.
25. Rosner, M. H.; OKUSA, M. D. Acute Kidney Injury Associated with Cardiac Surgery. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, vol. 1, n. 1, p. 19–32, 2005.

VI. Tabelas e Figuras

Categorias de GFR (ml/min/ 1.73m²) Descrição e intervalo	G1	Normal ou alto	≥90
	G2	Diminuição ligeira	60-89
	G3a	Diminuição moderada	45-59
	G3b	Diminuição pouco severa	30-44
	G4	Diminuição grave	15-29
	G5	Falência renal	<15

Figura 1: Doença Renal Crônica: Classificação de KDIGO. Adaptado de KDIGO 2012 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease (2013).

GFR, *glomerular filtration rate*, sigla em inglês para taxa de filtração glomerular.

Tabela 1: Perfil de Variáveis Pré-Operatórias em Pacientes Submetidos a CRM

Variáveis	Todos os pacientes (N=184)	Sem IRA (RIFLE = 0) N = 149	Com IRA (RIFLE > 0) N = 35	p valor
Idade (anos)				0,010
Média ± DP	61,7 ± 9,6	60,8 ± 9,8	65,4 ± 7,5	
Sexo				0,638
Masculino	127 (69,0%)	104 (69,8%)	23 (65,7%)	
Feminino	57 (31,0%)	45 (30,2%)	12 (34,2%)	
IMC (kg/m²)				0,329
Média ± DP	27,3 ± 4,5	27,1 ± 4,6	28,0 ± 4,2	
Hb (N = 183)				0,07
Média ± DP	12,9 ± 3,6	13,2 ± 3,84	11,93 ± 2,1	
Ht				0,613
Média ± DP	36,1 ± 7,1	36,2 ± 7,33	35,5 ± 6,2	
HAS				0,553
Sim	163 (88,6%)	133 (89,2%)	30 (85,70%)	
Não	21 (11,4%)	16 (10,7%)	5 (14,3%)	
DM				0,745
Sim	64 (34,8%)	51 (34,2%)	13 (37,14%)	
Não	120 (65,2%)	98 (65,8%)	22 (62,9%)	
FEVE %				0,914
Média ± DP	55,9% ± 12,7%	56% ± 12,7%	55,7% ± 12,9%	
Tabagismo				0,727
Não	95 (51,63%)	76 (51,0%)	19 (54,3%)	
Sim	89 (48,37%)	73 (49,0%)	16 (45,7%)	

IMC, índice de massa corpórea; Hb, hemoglobina; Ht, hematócrito; HAS, hipertensão arterial sistêmica; DM, diabetes mellitus; FEVE, fração de ejeção do ventrículo esquerdo.

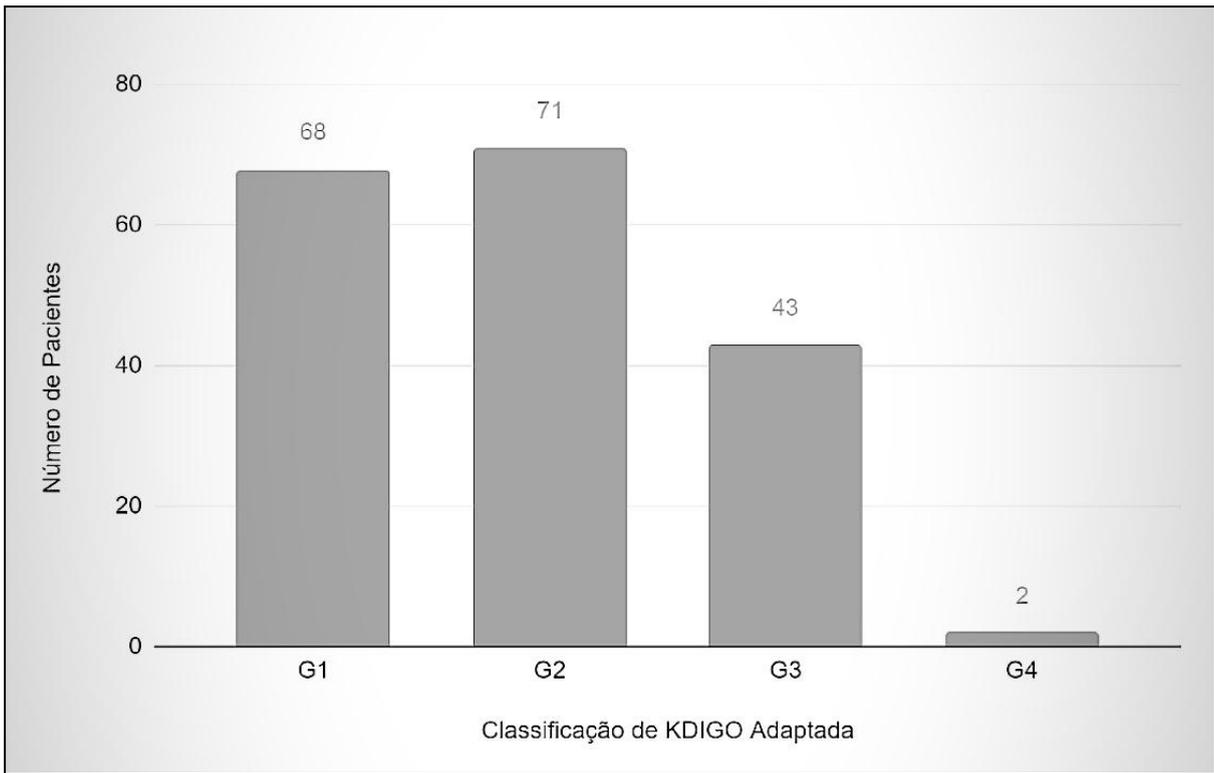


Figura 2: Função Renal Pré-Operatória dos Pacientes Submetidos a CRM, pela Classificação da KDIGO.

KDIGO, Kidney Disease Improving Global Outcomes.

Tabela 2: Função Renal Basal no Pré-Operatório de CRM

Variáveis	Todos os pacientes (N=184)	Sem IRA (RIFLE = 0) N = 149	Com IRA (RIFLE > 0) N = 35	p valor
Creatinina				0,054
Pré-Operatória				
Média ± DP	1,05 ± 0,32	1,03 ± 0,28	1,14 ± 0,45	
CICr (CKD-EPI)				0,044
Média ± DP	78,37 ± 21,3	79,9 ± 19,6	71,85 ± 26,7	
CICr (Cockroft & Gault)				0,862
Média ± DP	79,5 ± 32,6	79,2 ± 26,8	80,3 ± 50,8	
Doença Renal Crônica (KDIGO)				
Estágios G1 e G2	139 (75,6%)			0,452
Não		57 (38,3%)	11 (31,4%)	
Sim		92 (61,7%)	24 (68,6%)	
Estágios G3 e G4	45 (24,4%)			0,052
Não		117 (78,5%)	22 (62,9%)	
Sim		32 (21,5%)	13 (37,1%)	

CICr, clearance de creatinina; CKD-EPI, Chronic Kidney Disease Epidemiology

Collaboration; KDIGO, Kidney Disease Improving Global Outcomes.

Tabela 3: Dinâmica da Função Renal no Pós-Operatório de Revascularização do Miocárdio

Variáveis	Todos os pacientes (N=184)	Sem IRA (RIFLE = 0) N = 149	Com IRA (RIFLE > 0) N = 35
Cr 1° DPO			
Média ± DP	1,18 ± 0,48	1,07 ± 0,30	1,67 ± 0,75
Cr 2° DPO			
Média ± DP	1,22 ± 0,59	1,04 ± 0,35	1,94 ± 0,81
Cr 3° DPO			
Média ± DP	1,19 ± 0,70	0,99 ± 0,30	1,96 ± 1,15
Maior Cr Pós-Operatória			
Média ± DP	1,38 ± 0,72	1,16 ± 0,33	2,34 ± 1,07
Necessidade de HD			
Não	180 (97,8%)		
Sim	4 (2,2%)		

Cr, creatinina sérica em mg/dl; DPO, dia pós-operatório; HD, hemodiálise.



Figura 3: Incidência de IRA no Pós-Operatório de Revascularização do Miocárdio

IRA: injúria renal aguda.

Tabela 4: Avaliação das Variáveis Durante a Intervenção Cirúrgica

Variáveis	Todos os pacientes	Sem IRA (RIFLE = 0) N = 149	Com IRA (RIFLE > 0) N = 35	p valor
CEC (N=184)				0,294
Sem CEC	26 (14,1%)	23 (12,5%)	3 (1,6%)	
Com CEC	158 (85,9)	126 (68,5%)	32 (17,4%)	
Tempo de CEC				0,081
Média ± DP	86,3 ± 36,6	83,6 ± 36,5	96,3 ± 35,7	
Tempo de Clampeamento Aórtico				0,058
Média ± DP	46,2 ± 22,5	44,4 ± 20,4	53,0 ± 28,3	
Tempo de AVM				0,00061
Média ± DP	631,6 ± 966,8	513,9 ± 545,6	1.145,2 ± 1.864,3	
Necessidade de CH (N=184)				0,255
Não	131 (72,2%)	106 (58,6%)	22 (12,2%)	
Sim	53 (28,8%)	40 (22,1%)	13 (7,2%)	

AVM, assistência ventilatória mecânica; CEC, circulação extracorpórea; CH, concentrado de hemácias.

Tabela 5: Variáveis Clínicas Após Cirurgia de Revascularização do Miocárdio

Variáveis	Todos os pacientes (N=184)	Sem IRA (RIFLE = 0) N = 149	Com IRA (RIFLE > 0) N = 35	p valor
Óbito em 30 dias				0,512
Não	177 (96,2%)	144 (78,3%)	33 (17,9%)	
Sim	7 (3,8%)	5 (2,7%)	2 (1,1%)	
AVC Pós-Operatório				0,491
Não	182 (98,9%)	147,4 (79,9%)	35 (19,0%)	
Sim	2 (1,1%)	2 (1,1%)	0	
IAM Pós-operatório				0,397
Não	181 (98,4%)	143 (79,3%)	35 (19,0%)	
Sim	3 (1,6%)	3 (1,6%)	0	
Tempo de Hospitalização				0,089
Média ± DP	14,0 ± 13,0	13,2 ± 11,4	17,3 ± 18	
Tempo de Internamento em UTI				0,00081
Média ± DP	4,1 ± 2,9	3,7 ± 2,7	5,5 ± 3,3	
Sangramento em 24h				0,251
Média ± DP	234,8 ± 165,3	227,8 ± 152,4	263,7 ± 210,3	

AVC, acidente vascular cerebral; IAM, infarto agudo do miocárdio; IRA, injúria renal aguda; UTI, unidade de terapia intensiva.

