

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

WILTON FRANCISCO GOMES

COMPARAÇÃO ENTRE A ANGIOGRAFIA ROTACIONAL DE EIXO DUPLO E A ANGIOGRAFIA CORONÁRIA CONVENCIONAL PARA O RASTREAMENTO DA DOENÇA CORONÁRIA NO PRÉ-OPERATÓRIO DE CIRURGIA CARDÍACA NÃO-CORONARIANA

CURITIBA

2022

WILTON FRANCISCO GOMES

COMPARAÇÃO ENTRE A ANGIOGRAFIA ROTACIONAL DE EIXO DUPLO E A
ANGIOGRAFIA CORONÁRIA CONVENCIONAL PARA O RASTREAMENTO DA
DOENÇA CORONÁRIA NO PRÉ-OPERATÓRIO DE CIRURGIA CARDÍACA
NÃO-CORONARIANA

Dissertação apresentada como requisito parcial à
obtenção do grau de Mestre pelo do Programa de
Pós-Graduação em Medicina Interna e Ciências da
Saúde, do Setor de Ciências da Saúde, da
Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Da Rocha Loures
Bueno.

CURITIBA

2022

G633 Gomes, Wilton Francisco

Comparação entre a angiografia rotacional de eixo duplo e a angiografia coronária convencional para o rastreamento da doença coronária no pré-operatório de cirurgia cardíaca não-coronariana [recurso eletrônico] / Wilton Francisco Gomes. - Curitiba, 2022.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Medicina Interna e Ciências da Saúde, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo da Rocha Loures Bueno.

1. Angiografia coronária – métodos. 2. Doença das coronárias – diagnóstico por imagem. 3. Cirurgia torácica. 4. Período pré-operatório. 5. Injúria renal aguda. I. Bueno, Ronaldo da Rocha Loures. II. Programa de Pós-Graduação em Medicina Interna e Ciências da Saúde. Setor de Ciências da Saúde. Universidade Federal do Paraná. III. Título.

NLMC: WG 141.5.A3

Catálogo na fonte elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UFPR,
Biblioteca de Ciências da Saúde – SD, com os dados fornecidos pelo autor.

Bibliotecário: Francisco José Cordeiro CRB9/1734.



TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação MEDICINA INTERNA E CIÊNCIAS DA SAÚDE da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **WILTON FRANCISCO GOMES** intitulada: "**COMPARAÇÃO ENTRE A ANGIOGRAFIA ROTACIONAL DE EIXO DUPLO E A ANGIOGRAFIA CORONÁRIA CONVENCIONAL PARA O RASTREAMENTO DA DOENÇA CORONÁRIA NO PRÉ-OPERATÓRIO DE CIRURGIA CARDÍACA NÃO CORONARIANA.**", sob orientação do Prof. Dr. RONALDO DA ROCHA LOURES BUENO, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 07 de Março de 2022.

Assinatura Eletrônica

18/03/2022 06:36:41.0

RONALDO DA ROCHA LOURES BUENO

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

09/03/2022 10:05:59.0

EMILTON LIMA JUNIOR

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

17/03/2022 19:21:03.0

FRANCISCO DINIZ AFFONSO DA COSTA

Avaliador Externo (PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ)

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e familiares, pelo apoio ininterrupto ao longo de toda a minha vida. Muito obrigado!

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ronaldo da Rocha Loures Bueno, pelos ensinamentos, orientação e incentivo, desde minha graduação. Muito obrigado pela confiança depositada e por me fazer acreditar que seria possível realizar este trabalho.

Ao mestre e amigo, Prof. Dr. Francisco Diniz da Affonso da Costa, que contribuiu muito para este trabalho, além de ser uma fonte de inspiração acadêmica e profissional. Obrigado!

Ao amigo Eduardo Morais de Castro, que além do apoio, sempre representou uma inspiração na vida e na academia. Muito obrigado!

Aos colegas de jornada e colaboradores do Instituto de Neurologia e Cardiologia de Curitiba. Muito obrigado!

À minha brilhante aluna do curso de medicina das Faculdades Pequeno Príncipe, Evelyn Carolina Suquebski Dib, pela ajuda na coleta de dados e execução deste trabalho.

À Profa. Dra. Ana Tereza B. Guimarães, pela brilhante contribuição na análise estatística. Obrigado!

Aos mestres, colegas, funcionários e monitores do Programa de Pós-Graduação em Medicina Interna e Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná, especialmente aos amigos Amanda Carvalho Garcia, Rogério da Luz e Bryan de Oliveira. Obrigado!

RESUMO

Introdução: A angiografia coronária rotacional de eixo duplo (ARED) é uma técnica de angiografia coronária pouco utilizada, porém potencialmente associada a menores volumes de contraste e radiação, quando comparada à angiografia coronária convencional (AC). A realização da angiografia coronária invasiva no pré-operatório de cirurgia cardíaca não-coronária representa o método padrão ouro para o rastreamento da doença arterial coronariana (DAC), mas pode estar associada a desfechos desfavoráveis, como a ocorrência de lesão renal aguda no período perioperatório. Neste cenário, a ARED pode ser uma técnica mais segura que a AC.

Objetivos: O objetivo deste estudo é comparar a ARED com a AC, no pré-operatório de cirurgia cardíaca não-coronariana, em relação ao volume de contraste iodado, quantidade de radiação e ocorrência de lesão renal aguda relacionada à cirurgia cardíaca (LRA-CC).

Métodos: Um total de cem indivíduos foram analisados, a partir de um registro de centro único, no período de fevereiro de 2018 a novembro de 2021, submetidos à ARED (n=38) ou à AC (n=62), no contexto de rastreamento pré-operatório da DAC em cirurgia cardíaca não-coronariana. Devido ao carácter retrospectivo e risco de vieses, sobretudo de seleção, utilizou-se o pareamento das unidades amostrais através do escore de propensão.

Resultados: A idade média dos indivíduos foi de 66 ± 12 anos e 54% eram homem. A DAC obstrutiva foi identificada em 20% da amostra. O grupo ARED apresentou uma redução significativa do volume de contraste iodado utilizado na angiografia coronária, em comparação com o grupo AC: $26,6 \pm 12,1$ ml contra $81,0 \pm 18,8$ ml (p-valor $<0,001$). Em relação à dose de radiação, o grupo ARED mostrou redução significativa quando avaliados tanto pelo produto dose-área (DAP) quanto pelos valores de kerma no ar na superfície de entrada: $33,3 \pm 19$ contra $58,2 \pm 33,5$ Gy.cm² (p-valor $<0,001$) e $336,1 \pm 185,6$ contra $806,9 \pm 389,9$ mGy (p-valor $<0,001$), respectivamente. A incidência de LRA-CC, na amostra geral, foi menor no grupo ARED: 18,4% contra 41,9% no grupo AC, com razão de chances = 0,33 (IC95% = 0,11-0,95 e p-valor = 0,019). Entretanto, após o pareamento das unidades amostrais com o escore de propensão, não foi encontrada diferença significativa na ocorrência deste desfecho entre os grupos (35,1% no grupo AC e 18,9% no grupo ARED, p-valor = 0,190, com 37 pares).

Conclusões: Em pacientes submetidos à angiografia coronária invasiva no pré-operatório de cirurgia cardíaca não-coronária, o uso da ARED esteve relacionado a menores volumes de meios de contraste e menores doses de radiação, em comparação com a AC. Não foi observada diferença significativa na ocorrência de LRA-CC entre os grupos após o pareamento com o escore de propensão.

Palavras-chave: 1. angiografia coronária invasiva 2. angiografia coronária rotacional de eixo duplo 3. cirurgia cardíaca não-coronariana 4. lesão renal aguda

ABSTRACT

Background: Dual-axis rotational coronary angiography (DARCA) is a method of coronary angiography potentially related to reduced contrast media volume and radiation dose, when compared to conventional invasive coronary angiography (CCA). Although invasive coronary angiography is considered the gold standard method for the screening of coronary artery disease (CAD) in the preoperative evaluation of non-coronary cardiac surgery, this method can be associated with unfavorable outcomes, such as an increased risk of acute kidney injury (AKI). In this setting, DARCA may be safer when compared to CCA. **Objective:** This study aims to compare DARCA with CCA regarding contrast media volume, radiation dose and the incidence of AKI during the perioperative period of non-coronary cardiac surgery. **Methods:** The present analysis is an observational, single-center and retrospective study that included patients referred to coronary angiography for screening of coronary artery disease in the setting of non-coronary cardiac surgery, between February 2018 and November 2021. Since this is a non-randomized study, there is a high chance of biases, especially of selection bias. For this reason, a propensity score matching analysis was performed to reduce the effect of the baseline differences between groups. **Results:** A total of 100 consecutive patients were selected (38 for DARCA e 62 for CCA groups). The mean age was 66 ± 3 years and 54% were male. The angiographic diagnosis of CAD was made in 20% of patients. DARCA was associated with less contrast media volume, when compared to CCA: $26,6 \pm 12,1$ ml *versus* $81,0 \pm 18,8$ ml, p-value <0.001 . Radiation dose was also reduced with DARCA, when measured by the dose-area product (DAP) and by cumulative air kerma: $33,3 \pm 19$ *versus* $58,2 \pm 33,5$ Gy.cm² (p-value $<0,001$) and $336,1 \pm 185,6$ *versus* $806,9 \pm 389,9$ mGy (p-value $<0,001$), respectively. The incidence of AKI was lower in the DARCA group, compared with the CCA group: 18,4% *versus* 41,9%, with an odds ratio of 0.33 (CI95% 0,11-0,95, p-value = 0,019). However, after propensity score matching, no significant difference between groups was identified: 18,9% *versus* 35,1% in ARED and CCA groups, respectively (p-value = 0.190). **Conclusion:** ARED is safe and associated with a significant decrease of contrast media volume and radiation dose, when compared with CCA, in the pre-operative period of non-coronary cardiac surgery. There was no difference in the incidence of AKI between groups after propensity score matching.

keywords: 1. Invasive coronary angiography 2. Dual-axis rotational coronary angiography 3. Non-coronary cardiac surgery 4. Acute kidney injury

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CARACTERÍSTICAS DE BASE	27
TABELA 2 – CARACTERÍSTICAS DO PROCEDIMENTO DE ANGIOGRAFIA.....	28
TABELA 3 – DESFECHO 1 DA AMOTRA TOTAL, ANTES DO PAREAMENTO PELO ESCORE DE PROPENSÃO	29
TABELA 4 – DESFECHO 1 APÓS O PAREAMENTO PELO ESCORE DE PROPENSÃO	30
TABELA 5 – CARACTERÍSTICAS DA INTERVENÇÃO CIRÚRGICA	31
TABELA 6 – OCORRÊNCIA DE LESÃO RENAL AGUDA RELACIONADA À CIRURGIA CARDÍACA NA AMOSTRA TOTAL E APÓS PAREAMENTO PELO ESCORE DE PROTENSÃO	32

LISTA DE SIGLAS

AC	– Angiografia coronária convencional
AINE	– Anti-inflamatório não-esteroidal
ARED	– Angiografia rotacional de eixo duplo
BRA	– Bloqueadores do receptor da angiotensina
CEC	– Circulação extracorpórea
CPA	– Clampeamento aórtico
DAP	– Produto dose-área de radiação
DP	– Desvio padrão
EROS	– Espécies reativas de oxigênio
IC95%	– Intervalo de confiança de 95%
IECA	– Inibidores da enzima conversora da angiotensina
IIQ	– Intervalo interquartil
ICP	– Intervenção coronariana percutânea
KDIGO	– Kidney Disease: Improving Global Outcomes (grupo)
LRA	– Lesão renal aguda
LRA-IC	– Lesão renal aguda induzida pelo contraste
LRA-CC	– Lesão renal aguda associada à cirurgia cardíaca
MCH	– Miocardiopatia hipertrófica
NIC	– Nefropatia induzida pelo contraste
NYHA	– New York Heart Association
OR	– Odds Ratio (razão de chances)
P	– P-valor
RR	– Risco Relativo
TGF	– Taxa de filtração glomerular
UFPR	– Universidade Federal do Paraná

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1	Angiografia coronária	9
2.2	Angiografia coronária rotacional de eixo duplo	10
2.3	Lesão renal aguda induzida pelo contraste	13
2.4	Lesão renal aguda associada à cirurgia cardíaca	17
3	OBJETIVOS	20
3.1	OBJETIVO GERAL	20
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
4	MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.1	POPULAÇÃO E DESENHO DO ESTUDO	21
4.2	PROTOCOLOS DE ANGIOGRAFIA	21
4.3	COLETA DE DADOS E DESFECHOS PROGRAMADOS	22
4.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA	24
5	RESULTADOS	26
6	DISCUSSÃO	33
7	CONCLUSÕES	36
	REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

A avaliação anatômica invasiva das artérias coronárias para o diagnóstico da doença arterial coronariana tem se mantido como método padrão ouro e é utilizada em diversos cenários clínicos, incluindo a avaliação pré-operatória em candidatos à cirurgia cardíaca não-coronariana, como as cirurgias valvares (OTTO et al., 2021). Entretanto, a angiografia coronária invasiva convencional (AC) demanda a utilização de meios de contraste iodado e radiação, que estão sabidamente associados a eventos adversos (AFSHAR e PARIKH, 2018; CHANDIRAMANI et al., 2020). Variações da técnica de angiografia podem contribuir para a redução dos volumes de contraste e da dose de radiação, sendo uma delas a angiografia coronária rotacional de eixo duplo (ARED) (SHENGLI et al., 2012; GIUBERTI et al., 2014 e JORGE, 2019).

Pacientes que necessitam de investigação da doença coronária e encontram-se em situações clínicas de maior risco de complicações relacionadas à angiografia invasiva poderiam representar um subgrupo de maior benefício com a técnica da ARED. São exemplos destas situações: pacientes com função renal reduzida, portadores de diabetes, portadores de doenças agudas ou crônicas com descompensação e pacientes em perioperatório de cirurgias de grande porte não-cardíacas e cardíacas (CHANDIRAMANI et al., 2020 e HARKY et al., 2020).

A ocorrência de lesão renal aguda (LRA) no pós-operatório de cirurgias cardíacas tem sido reconhecida como uma complicação relacionada a um maior risco de morbimortalidade (XU et al., 2016). A exposição a contrastes iodados em exames diagnósticos pode estar relacionada à ocorrência deste evento adverso. Por esta razão, preconiza-se realizar a angiografia coronária com o menor volume de contraste possível e em um intervalo de vários dias antes da cirurgia, o que nem sempre é possível (JIANG et al., 2018). Estratégias para tornar a angiografia coronária, neste contexto, um procedimento mais seguro, devem ser investigadas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A ANGIOGRAFIA CORONÁRIA

A angiografia coronária tem sido, há várias décadas, o método padrão-ouro para o diagnóstico da doença arterial coronariana (DAC) (OTTO et al., 2021). A técnica consiste na obtenção de um acesso vascular arterial e, através deste, cateteres são introduzidos até os óstios das artérias coronárias. Após a cateterização seletiva destes vasos, o operador realiza injeções de contraste iodado ao mesmo tempo em que um "arco em C" emite e detecta raios-x, gerando sinais elétricos que serão transformados em imagens. Devido ao fato de as artérias coronárias serem estruturas tridimensionais, faz-se necessária a aquisição das imagens em posições variadas do arco, em angulações nos eixos caudal-cranial e direita-esquerda, permitindo que a mesma estrutura seja visualizada em planos diferentes, reduzindo as chances de interpretações incorretas, sobretudo em lesões complexas. As aquisições estáticas nos diversos eixos são denominadas "projeções" e, geralmente, são realizadas em número de 4 a 6 para a coronária esquerda e de 2 a 3 para a coronária direita.

A escolha destas projeções pode ser considerada arbitrária, já que existe considerável variabilidade anatômica das artérias coronárias, além de uma distribuição e complexidade particular da doença coronária entre os indivíduos. O operador necessita, eventualmente, realizar projeções adicionais a fim de melhor caracterizar a anatomia e as alterações encontradas. Este processo é baseado na experiência do operador e em um processo de "tentativa e erro", que pode aumentar substancialmente o volume de contraste e a dose de radiação. Por estas razões, a acurácia do exame pode ser limitada, uma vez que o número de projeções está condicionado a fatores como tempo, custo e segurança (TOMMASINI et al., 1998).

Desta forma, a técnica convencional está relacionada a uma quantidade considerável de radiação e de volume de contraste iodado, que se associam diretamente a complicações, como os efeitos estocásticos e determinísticos da radiação sobre tecidos biológicos e a nefropatia induzida pelo contraste (NIC), mais recentemente denominada lesão renal aguda induzida pelo contraste (LRA-IC) (AFSHAR E PARIKH, 2018; CHANDIRAMANI et al., 2020 e HARKY et al., 2020).

2.2 ANGIOGRAFIA CORONÁRIA ROTACIONAL DE EIXO DUPLO (ARED)

Ao longo dos anos, houve um crescente progresso nas tecnologias de geração de imagem, com redução da emissão da radiação. Houve também evolução no desenvolvimento de novos meios de contraste, como os de baixa osmolaridade e isosmolares, associados a menos efeitos adversos (AFSHAR E PARIKH, 2018). Entretanto, o número e o tempo de aquisições de imagem da angiografia convencional parecem representar um fator limitador para a redução do volume de contraste e dose de radiação.

Técnicas visando reduzir o número de injeções e aquisições têm sido investigadas há alguns anos. Tommasini et al. (1998) descreveram uma técnica em que a aquisição de imagem era feita de uma perspectiva dinâmica, através da rotação transversal de 180° do arco em C, em duas angulações craniocaudais ($\pm 25^\circ$ e -25°), com duração aproximada de 4 segundos. Nesta série de 125 pacientes estudados pelas duas técnicas, os autores concluíram que houve uma melhora na acurácia do exame e uma redução do volume de contraste de aproximadamente 50% (média de 45ml).

A realização de aquisições dinâmicas de imagem, movimentando o arco em C de uma posição inicial para outra final, em planos conhecidamente úteis para a avaliação de cada artéria coronária, de acordo com sua anatomia, foi testada em pacientes com insuficiência renal avançada, resultando em um menor número de aquisições e de volume de contraste, sem comprometimento da avaliação técnica da imagem (KUON et al., 2002). A partir de então, diversas variações da técnica e métodos com maior automatização passaram a ser desenvolvidos (GARCIA et al., 2007).

Atualmente, diversos fabricantes desenvolveram métodos capazes de automatizar a rotação do arco em C de seus equipamentos, com poucas variações entre si. Esta técnica foi genericamente denominada "angiografia rotacional". Consiste em estabelecer uma rota programada para o arco, que a executa de modo biaxial e ininterrupto, enquanto apenas uma injeção de contraste é realizada. Desta forma, obtém-se uma imagem dinâmica, contendo várias projeções diferentes, em diversas combinações de ângulos (BUYTAERT et al., 2020 e LOOMBRA et al., 2015). Uma preocupação teórica inicial para o uso desta técnica seria a possibilidade de ocorrência de efeitos adversos relacionados às injeções prolongadas, uma vez que

os meios de contraste comumente usados têm efeitos hemodinâmicos e alteram a condução elétrica no miocárdio. Em um estudo de segurança, Garcia et al. (2007) avaliou o efeito das injeções prolongadas sobre a frequência cardíaca, pressão arterial e ocorrência de anormalidades do ritmo e condução cardíaca e não encontrou diferenças significativas entre essas variáveis no pré e pós-injeção.

Aspectos relacionados à acurácia em identificar lesões com a ARED, em comparação com a AC, também foram investigados. Como a aquisição da imagem com a ARED é dinâmica, há uma preocupação relacionada a uma potencial dificuldade de o operador avaliar lesões, já que há menos quadros de imagem por unidade de tempo de uma projeção que, de outra forma, seria estacionária. Garcia et al. (2009), em um estudo comparativo entre a AC e a ARED, não encontrou diferenças entre avaliadores em relação ao número de lesões, assim como no aspecto qualitativo delas, concluindo que a análise do exame pelos dois métodos levaria às mesmas decisões clínicas. De modo semelhante, Empen et al. (2010) não encontrou diferenças entre as duas técnicas em relação à concordância interobservadores. Em um estudo com pacientes portadores de DAC estável, em planejamento para intervenção coronária percutânea (ICP), Morris et al. (2016) observou que, entre 6 operadores, a análise de lesões complexas (como bifurcações) e a estimativa de comprimento das lesões foram melhor caracterizadas com a ARED, concluindo que esta técnica melhora o grau de confiança da avaliação. Por outro lado, Garcia et al. (2009) identificaram que, para a avaliação de vasos extensamente calcificados, da circulação colateral e do fluxo coronário, a angiografia convencional pode ser superior.

As diferenças dos volumes dos meios de contraste utilizados entre a AC e a ARED foram investigadas por diversos estudos. Em um estudo de segurança, prospectivo e randomizado, em uma população com alta prevalência de DAC, Giuberti et al. (2014) identificaram uma redução significativa no volume de contraste: 60 ml (IIQ 52.5-71.5 ml) na ARED *versus* 76 ml (IIQ 68-87 ml) na AC, $P < 0.0001$. Já em um registro de pacientes não selecionados, Farshid et al. (2014) observaram uma diminuição expressiva do volume médio utilizado em favor da ARED: 41.7ml contra 25.7 ml ($P < 0.0001$), representando uma redução de 36%. Em um artigo de revisão, Loomba et al. (2015) identificaram, a partir da análise de 11 estudos, uma redução média de 19,4ml do volume de contraste com a ARED (IC95% 22.37 a 16.44, $P < 0.001$). Diferenças entre os estudos podem estar relacionadas com técnica, como,

por exemplo, o uso de injeções manuais e injeções automatizadas ou diferentes protocolos de tempo de rotação e trajetória do arco em C.

Apesar de vários estudos terem demonstrado uma redução do volume de contraste entre estas duas técnicas, não existem muitos estudos avaliando a ocorrência de desfechos clínicos, como a ocorrência de lesão renal aguda (LRA). Em um dos poucos estudos que utilizou este desfecho, 235 pacientes admitidos em síndrome coronariana aguda foram randomizados para a AC ou ARED. Além da redução do volume de contraste durante a coronariografia diagnóstica (54 ± 24 versus 85 ± 56 ml; $p < 0.001$) e durante a combinação dos procedimentos diagnósticos e terapêuticos (174 ± 64 versus 205 ± 98 ml; $p = 0.049$), observou-se uma menor ocorrência de LRA induzida pelo uso de contraste (LRA-IC) no grupo ARED (RR: 0.868 - IC95%: 0.794-0.949; $p = 0.002$) (FERNANDEZ-RODRIGUEZ et al., 2018).

A exposição à radiação ionizante está associada com efeitos de curto e de longo prazos sobre a saúde dos humanos. É importante ressaltar que a radiação emitida em procedimentos de angiografia coronária invasiva não apenas afeta os pacientes, mas também os operadores e outros profissionais que trabalham no laboratório de hemodinâmica. Efeitos determinísticos, como a ocorrência de catarata ocular, e estocásticos, como neoplasias, são exemplos de riscos potenciais.

Estratégias para se reduzir a exposição à radiação neste contexto são alvos de constante investigação (AFSHAR e PARIKH, 2018). Estima-se que, em um adulto com doença cardíaca suspeita ou diagnosticada, a angiografia coronária represente 12% dos exames complementares, mas responda por 48% da dose total de radiação recebida (ISON et al., 2019). Em relação à radiação ionizante produzida pelas duas técnicas de angiografia, a ARED esteve relacionada a menores doses. Ao revisar 11 estudos, Loomba et al. (2015) analisaram 960 pacientes submetidos a coronariografia com a técnica rotacional e 976 no grupo convencional, identificando uma redução média de radiação de $10,4 \text{ Gy.cm}^2$ no produto dose-área (DAP). Quando a mesma análise foi realizada somente em estudos randomizados, resultados semelhantes foram encontrados. Entretanto, os autores identificaram um aumento no tempo total de fluoroscopia na ARED, que pode estar relacionado com a curva de aprendizado.

Um estudo experimental utilizando um "phantom" (instrumento inerte que simula tecidos biológicos) demonstrou que a ARED esteve relacionada com uma redução do pico da dose de radiação na pele (variando de 44-82%) e da dose de radiação dispersa (variando de 40-70%) (LIU et al., 2014).

Eloot et al. (2013), em um estudo randomizado com 80 indivíduos, comparando a ARED com a AC, identificaram uma redução do produto Kerma-área de radiação de 33%, além de uma redução do pico da dose na pele, em favor da ARED. Através de um modelo de estimativa de câncer (BEIR VII risk model), essa redução da radiação poderia estar potencialmente associada a uma redução no risco de neoplasias malignas de 21% em homens e 50% em mulheres.

É importante notar que houve um considerável melhoramento dos equipamentos de raios-x dedicados à angiografia no que se refere a tecnologias para redução de radiação, que envolvem o uso de filtros, algoritmos computacionais e ferramentas de processamento de imagem após a aquisição. Buytaert et al. (2020) investigaram se a ARED poderia ainda assim oferecer vantagens em relação à redução de radiação em um cenário contemporâneo. Neste estudo, 30 pacientes examinados pela ARED foram comparados a controles pareados de mesmas características basais examinados pela AC. Houve uma redução de 57% do produto dose-área (DAP) no grupo ARED (7.41 *versus* 17.19 Gy cm^2). Além disso, houve uma redução significativa na exposição ocupacional de radiação na região do tórax e membros inferiores do operador, de 60% e 56%, respectivamente.

Em relação ao tempo de procedimento, parece haver um aumento quando no início do uso da técnica rotacional, quando comparada à técnica convencional, inerente à curva de aprendizado. Farshid et al. (2014), em uma análise de registro, observaram que o tempo de procedimento variou consideravelmente entre os primeiros e os casos mais recentes utilizando a ARED (20.8 \pm 1.4 min na primeira metade dos casos *versus* 15.2 \pm 2.0 min na segunda metade; P = 0.0015), sugerindo fortemente um efeito de curva de aprendizado. Em uma análise conjunta de 11 estudos, não foi observada diferença significativa no tempo de procedimento entre as duas técnicas - Loomba et al. (2015).

2.3 LESÃO RENAL AGUDA INDUZIDA PELO CONTRASTE

A lesão renal aguda induzida pelo contraste (LRA-IC), previamente denominada nefropatia induzida pelo contraste (NIC), é uma forma aguda e iatrogênica de lesão renal que ocorre após administração de contrastes iodados, em procedimentos médicos diagnósticos ou terapêuticos. Este evento adverso tem incidência entre 3.3% a 14,5%, a depender do tipo de procedimento e da definição de

lesão renal aguda utilizada (CHANDIRAMANI et al., 2020). Em populações de maior risco, como em pacientes portadores de doença renal crônica, a incidência desta complicação pode ser de até 20% (AFSHAR e PARIKH, 2018).

As definições da LRA-IC variam consideravelmente na literatura. Os critérios classicamente usados eram um aumento ≥ 0.5 mg/dl (≥ 44 μ mol/l) ou $\geq 25\%$ da creatinina sérica basal após 48 horas da exposição a contrastes iodados (HARJAI et al., 2008). Entretanto, de acordo com as diretrizes do *Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO)* de 2012, não existe um racional justificável para se aplicar uma definição particular para a LRA após a exposição de contraste, diferente da definição universal. Ademais, o grupo defende o uso de uma definição unificada a fim de melhor compreender a incidência e prognóstico desta complicação. Desta forma, a LRA-IC seria definida pelo aumento de pelo menos 0.3 mg/dL (ou 26.5 μ mol/L) na creatinina sérica basal em até 48 horas da exposição ao meio de contraste, ou um aumento maior ou igual a 1.5 vezes o valor da creatinina sérica basal em até 7 dias da exposição ao contraste ou, ainda, um débito urinário menor que 0.5 ml/kg/h por pelo menos 6h, após a exposição do contraste (“KDIGO guidelines, Section 4: Contrast-induced AKI”, 2012).

A fisiopatologia desta entidade ainda não é completamente conhecida. Mecanismos diretos, indiretos e um efeito mediado por espécies reativas de oxigênio (EROS) têm sido propostos. A hiperosmolaridade de alguns meios de contraste pode estar relacionada com a lesão tubular e do endotélio glomerular nos néfrons, gerando disfunção mitocondrial, apoptose ou necrose celular e inflamação intersticial. De modo indireto, o contraste iodado poderia alterar a hemodinâmica renal, causando vasoconstrição e, conseqüentemente, hipóxia medular (MEHRAN et al., 2019; KUSIRISIN et al., 2020). Sobre o papel das EROS, os meios de contraste poderiam aumentar sua produção ou reduzir a atividade enzimática antioxidante, levando ao comprometimento renal. Além disso, a própria hipóxia medular poderia ocasionar um aumento na formação das EROS, resultando em estresse oxidativo mitocondrial (HEYMAN et al., 2011).

Diversos fatores de risco têm sido implicados com a ocorrência e gravidade da LRA-IC. Pacientes com doença renal crônica e diabetes mellitus com comprometimento renal são particularmente vulneráveis a esta complicação. James et al. (2010) identificaram uma razão de chances [odds ratio (OR)] para o declínio da função renal após 3 meses de uma intervenção coronária percutânea (ICP) de 4.7

(IC95% 3.9-5.7) em pacientes com taxa de filtração glomerular (TGF) levemente reduzida e um OR de 17.3 (IC95% 12-24,9) em pacientes com TGF com redução moderada a grave. Outros fatores de risco incluem insuficiência cardíaca congestiva, hipovolemia, idade avançada, hipertensão arterial sistêmica e hiperuricemia (KUSIRISIN et al., 2020).

Embora o prognóstico da LRA-IC seja favorável, com recuperação da função renal na maioria dos pacientes, até 10 a 15% deles podem necessitar de diálise (LOOMBA; AZZALINI et al., 2017; KUSIRISIN et al., 2020). Ainda, entre os indivíduos que não recuperam completamente a função renal, até 4% podem evoluir com doença renal crônica em estágio terminal (MCCULLOUGH et al., 2016). A mortalidade é altamente variável na literatura, descrita como tão baixa quanto 3.8% a tão elevada quanto 64% (KUSIRIN et al., 2020 e MCCULLOUGH et al., 2016).

Diversas estratégias para a prevenção da LRA-IC têm sido propostas. O uso da hidratação, antes e após a exposição ao meio de contraste, continua sendo a medida mais utilizada, embora ainda existam questionamentos sobre sua eficácia. Existe ampla evidência de estudos observacionais que suportam a expansão volêmica com solução salina isotônica, porém os estudos randomizados são relativamente pequenos (CHANDIRAMANI et al., 2020). Um estudo que randomizou 53 pacientes para a hidratação oral ou hidratação endovenosa com solução salina, em pacientes submetidos à angiografia coronária, foi suspenso antecipadamente devido a uma significativa redução na incidência de LRA-IC no grupo que recebeu hidratação parenteral (3.7% contra 34.6%, $P=0.005$) (TRIVEDI et al., 2003). Outro estudo randomizado, comparando o uso de solução salina a 0.45% contra solução salina normal, mostrou superioridade da última (MUELLER et al., 2002). Ainda, um estudo randomizado comparou a hidratação com solução salina isotônica contra nenhuma hidratação, em pacientes expostos a contrastes iodados, e não observou diferenças na ocorrência de LRA-IC (2.6% contra 2.7% nos grupos hidratação e controle, respectivamente, com $P=0.47$), porém a população deste estudo envolvia apenas pacientes com moderada redução da TGF (de 30-59 ml/min/1.73 m²) (NILSSEN et al., 2017). Os regimes posológicos de hidratação também são alvos de controvérsias. Evidências a partir de alguns estudos randomizados sugerem que a individualização dos volumes de solução salina baseada nas pressões de enchimento do ventrículo esquerdo e a infusão automatizada da solução isotônica baseada no débito urinário podem ser superiores à hidratação endovenosa convencional, embora

sejam de mais complexa implantação ou exijam dispositivos específicos (BANIK, 2014; BRIGUORI et al., 2011 e MUELLER et al., 2002). O uso da solução de bicarbonato de sódio a 8,4%, visando teórica alcalinização da urina e redução da produção de radicais livres, não se mostrou superior à solução salina ou mesmo ao placebo em estudos randomizados (BRAR et al., 2008; WEISBORD et al., 2013; NIETO-RIOS et al., 2014 e TIMAL et al., 2020).

O uso da N-acetilcisteína como medida de prevenção da LRA-IC tem sido desaconselhado após estudos randomizados não terem demonstrado qualquer benefício (ACT Investigators, 2011 e WEISBORD et al., 2018).

O papel das estatinas na prevenção da LRA-IC vem sendo avaliado por estudos observacionais e ensaios clínicos randomizados. Leoncini et al. (2014) demonstraram que o uso de rosuvastatina em doses altas (40mg de ataque seguida por 20mg ao dia), em pacientes virgens do uso de estatinas, no contexto das síndromes coronarianas agudas, reduziu a incidência de LRA-IC, em comparação aos controles (3.6% contra 8.7%, de acordo com a definição do KDIGO).

O volume de contraste utilizado durante os procedimentos diagnósticos e terapêuticos parecem ter uma influência direta no risco de ocorrência da LRA-IC. Diversos métodos de predição baseados no volume de contraste têm sido propostos, como o volume total de contraste utilizado, a relação do volume de contraste pelo peso corporal e a relação do volume de contraste pela TFG. Destes, a relação volume/TFG parece ser o de maior acurácia (GURM et al., 2011 e LASKEY et al., 2007). Entretanto, diversos autores sugerem valores de corte diferentes para esta relação, variando de 2.0 a 3.7 (LASKEY et al., 2007 e CELIK et al., 2015). Além do uso racional de contraste baseado em metas de volume, a recomendação do uso "ultra-baixo" de contraste em intervenções diagnóstica e terapêuticas é defendido por alguns pesquisadores. O uso da imagem intravascular (como o ultrassom intracoronário e a tomografia de coerência óptica) pode representar uma ferramenta para viabilizar uma redução dramática dos volumes de contraste e, potencialmente, prevenir a ocorrência da LRA-IC (CHANDIMANI et al., 2020 e MARIANI et al., 2014).

O uso de meios de contraste de baixa osmolaridade (como o iohexol, ioxaglato, iopamidol) e isosmolares (como o iodixanol) estão relacionados à menores incidências de LRA-IC quando comparados aos contrastes de alta osmolaridade (diatrizoato de sódio, diatrizoato de meglumina e ioxitalamato de meglumina). Não há, até o momento, uma evidência definitiva de superioridade dos meios isosmolares

sobre os de baixa osmolaridade (ASPELIN et al., 2003; KUSIRIN et al., 2020 e MCCULLOUGH et al. 2006).

As diretrizes mais recentes da Sociedade Brasileira de Cardiologia Intervencionista recomendam, para fins de prevenção da LRA-IC, o uso de solução salina isotônica (na dose de 1-1,5 ml/kg/h, por 12 horas antes e após o uso do contraste), sobretudo em pacientes com fatores de risco, como TFG < 40 ml/min/1,73m² (classe de recomendação I). O volume de solução deve ser individualizado, sobretudo na presença de disfunção sistólica do ventrículo esquerdo. Recomenda também o uso de estatinas de alta potência em altas doses, por tempo limitado (classe de recomendação IIa) e que o volume de contraste seja minimizado ao máximo possível, com preferência por meios de contraste isosmolares ou de baixa-osmolaridade (classe de recomendação IIa). Como limites, são sugeridos o volume total de contraste <350ml, um volume total por peso corporal <4ml/kg ou ainda, uma relação do volume total de contraste pela TFG <3.4 (FERES et al., 2017).

2.4 LESÃO RENAL AGUDA ASSOCIADA À CIRURGIA CARDÍACA

A lesão renal aguda associada à cirurgia cardíaca (LRA-CC) é caracterizada pela redução súbita da taxa de filtração glomerular no pós-operatório de cirurgias cardíacas (MAO et al., 2014). A incidência pode variar de 5 a 43%, sendo que até 7% dos pacientes necessitam de terapia dialítica (HARKY et al., 2020). Em algumas séries, a cirurgia cardíaca é a segunda causa mais comum de lesão renal aguda em unidades de terapia intensiva (UTI) e pode estar relacionada com um aumento de 3 a 8 vezes no risco de mortalidade, de internação prolongada em UTI e de elevação de custos (HARKY et al., 2020).

As definições da LRA-CC variam amplamente na literatura, sendo as classificações mais utilizadas as dos grupos RIFLE (risk, injury, failure, loss of kidney function, and end-stage kidney disease), AKIN (acute kidney injury network) e, mais recentemente, KDIGO (kidney disease improving global outcomes). Esta última utiliza a definição geral da LRA inserida no contexto do pós-operatório de cirurgia cardíaca (aumento de pelo menos 0.3 mg/dL na creatinina sérica basal em até 48 horas da cirurgia ou um aumento maior ou igual a 1.5 vezes o valor da creatinina sérica basal em até 7 dias ou, ainda, um débito urinário menor 0.5 ml/kg/h por pelo menos 6 horas) (HARKY et al., 2020; WANG e BELLOMO 2017).

Diversos fatores de risco foram implicados na ocorrência da LRA-CC. Fatores não-modificáveis incluem idade avançada, sexo feminino e raça afro-caribenha (quando comparados com controles caucasianos) (HARKY et al., 2020; WANG e BELLOMO 2017). A presença de comorbidades, sobretudo o DM, a insuficiência cardíaca congestiva e insuficiência renal crônica, também são preditores da desta complicação. O uso de drogas nefrotóxicas, como os anti-inflamatórios não-esteroidais (AINEs), inibidores da enzima conversora da angiotensina (iECAs) e bloqueadores dos receptores da aldosterona (BRAs) podem estar relacionados com uma redução da perfusão glomerular no pós-operatório e risco de ocorrência de LRA (HARKY et al., 2020; WANG e BELLOMO 2017).

O estado clínico no pré-operatório também parece se correlacionar com o risco de LRA. Pacientes com baixo débito cardíaco, situação comum no cenário perioperatório de cirurgia cardíaca, como no pós-infarto do miocárdio ou doença valvar aguda ou descompensada, são particularmente vulneráveis a esta complicação. A necessidade de uma cirurgia de urgência ou emergência aumenta o risco de ocorrência da LRA-CC (O'NEAL et al., 2016).

A exposição a contrastes iodados é um fator de risco identificado em diversos estudos. O uso da coronariografia e ventriculografia é bastante comum no pré-operatório de cirurgia cardíaca e parece ter uma relação direta com a ocorrência da LRA-CC. O tipo de contraste, volume utilizado e características individuais influenciam a ocorrência desta complicação (HARKY et al., 2020). Medalion et al. (2010) identificaram, em uma série de 395 pacientes submetidos à cirurgia de revascularização miocárdica, que a exposição ao contraste iodado em até 5 dias da cirurgia foi um preditor de ocorrência de LRA-CC.

Fatores relacionados ao intra-operatório, como o clampeamento aórtico (CPA) e a utilização da circulação extracorpórea (CEC) - potencialmente relacionados à embolia, hemólise, isquemia, lesão de reperfusão, hemodiluição, hipotermia e inflamação - são apontados como potenciais fatores relacionados ao risco para a ocorrência de disfunção renal (ROSNER e OKUSA, 2006; HARKY et al. 2020). Os tempos de CPA e CEC aumentam as chances de ocorrência de LRA, sendo que um tempo de CEC > 70 minutos tem uma razão de chances (OR) de 4.76 para ocorrência de LRA, elevando-se para 6.3 quando este tempo é superior a 140 minutos (KARIM et al., 2017).

Por fim, intercorrências no pós-operatório, como a presença de instabilidade hemodinâmica, sangramentos, hemotransfusões, uso de drogas nefrotóxicas, drogas vasoativas vasoconstritoras e inflamação sistêmica são potenciais fatores de risco para a LRA-AC (HARKY et al., 2020).

Estratégias para prevenção da LRA-CC são propostas por diversos autores, tendo como racional principal os mecanismos fisiopatológicos conhecidos e suspeitos. Uma das recomendações fundamentais seria evitar agentes nefrotóxicos no pré-operatório, como o uso de contrastes iodados. Quando isso não for possível, utilizar o menor volume possível destes agentes, considerar a hidratação endovenosa (sem, contudo, causar hipervolemia), aguardar a recuperação da função renal no caso de ocorrência de LRA-IC ou postergar a cirurgia para além de 5 dias após o uso de contraste em procedimentos eletivos (HARKY et al, 2020 e MEDALION et al., 2010).

Outras medidas incluem evitar anemia no perioperatório, garantir a euglicemia, manter a euvolemia com a infusão de soluções cristalóides ou uso de diuréticos e minimizar os tempos de CPA e CEC. Intervenções em investigação incluem a anestesia torácica espinal, o condicionamento isquêmico remoto e o uso de dispositivos hemoabsorventes (filtros que removem citocinas inflamatórias da circulação) (HARKY et al., 2020; WANG e BELLOMO 2017).

Não há nenhuma terapia específica para o tratamento da LRA-AC. As medidas gerais envolvem a detecção precoce da complicação, a exclusão de fatores de risco conhecidos modificáveis e medidas de suporte que visem manter a euvolemia e a perfusão sistêmica adequada. A terapia de substituição renal é indicada na presença de azotemia, oligúria com hipervolemia refratária aos diuréticos, distúrbios hidroeletrólíticos e distúrbios acidobásicos (HARKY et al., 2020; WANG e BELLOMO 2017).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Comparar as técnicas de angiografia coronária invasiva convencional (AC) com a rotacional de eixo duplo (ARED) para o rastreamento de doença coronária obstrutiva no pré-operatório de cirurgia cardíaca não-coronariana, no que se refere ao volume de contraste iodado, dose de radiação e ocorrência de lesão renal aguda relacionada à cirurgia cardíaca.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Comparar o volume de contraste utilizado entre as técnicas.
2. Comparar a dose de radiação utilizada entre as técnicas.
3. Comparar as taxas de incidências de lesão renal aguda relacionada à cirurgia cardíaca (LRA-CC) entre as técnicas.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 POPULAÇÃO E DESENHO DO ESTUDO

Este é um estudo observacional, retrospectivo e de centro único, que incluiu pacientes com mais de 16 anos que realizaram angiografia coronária no pré-operatório de cirurgia cardíaca não-coronariana, entre fevereiro de 2018 e novembro de 2021, provenientes de um serviço terciário privado - Instituto de Neurologia e Cardiologia de Curitiba (INC). Os indivíduos foram divididos em 2 grupos, conforme a técnica de angiografia coronária realizada: angiografia convencional (AC) e angiografia rotacional de eixo duplo (ARED). A escolha da técnica foi realizada pelo operador ou a pedido do médico solicitante.

Os critérios de exclusão foram a presença de cirurgia de revascularização prévia, a realização de exames cuja finalidade principal não era o rastreamento de doença coronária, situações em que a cirurgia cardíaca foi caracterizada em caráter emergencial (quando realizada em até 24h da admissão, no contexto de risco iminente de morte) e pacientes cujas informações presentes em documentos médicos e hospitalares foram consideradas inconsistentes ou insuficientes.

Este estudo foi analisado pelo Comitê de Ética e Pesquisa do Instituto de Neurologia de Curitiba, com parecer consubstanciado com situação "aprovado", registrado com o número 3.470.238.

4.2 PROTOCOLOS DE ANGIOGRAFIA

Todos os procedimentos foram realizados com o Sistema de Raios-X Allura Xper FD 20 digital, equipada com o software XperSwing™ Philips Healthcare, Eindhoven, Holanda. No total, oito cardiologistas intervencionistas diferentes foram identificados no registro, porém a maioria dos exames foram realizados por três profissionais experientes.

A via de acesso radial foi utilizada na ampla maioria dos pacientes (94%), com o uso de introdutores vasculares 5 ou 6-French.

O meio de contraste iodado de baixa osmolaridade foi o tipo mais utilizado (iohexol) (96%), porém também foi utilizado contraste isosmolar (iodixanol). A injeção de contraste foi realizada através de injeções manuais.

Para a AC, foram realizadas pelo menos 4 aquisições para a coronária esquerda: oblíqua anterior direita caudal (OAD-caudal), oblíqua anterior direita cranial (OAD-cranial), oblíqua anterior esquerda cranial (OAE-cranial) e oblíqua anterior esquerda caudal (OAE-caudal). Para a coronária direita, foram realizadas pelo menos 2 aquisições: oblíqua anterior direita (OAD) e oblíqua anterior esquerda cranial (OAE). Projeções adicionais foram realizadas a critério do operador.

Para a ARED, foram realizadas no mínimo 1 aquisição rotacional para a coronária esquerda e 1 aquisição rotacional para a coronária direita. Após confirmação da cateterização de cada óstio coronário com um pequeno volume de contraste, a altura da mesa era ajustada na posição lateral esquerda (OAE 90°), seguida de ajuste da mesa no plano horizontal na posição anteroposterior (AP), com o auxílio da fluoroscopia, a fim de se obter o isocentro. A seguir, uma das configurações pré-programadas para a rotação era escolhida, para cada coronária - "swing LCA de 5.3 segundos" para a coronária esquerda e "swing RAO de 3.7 segundos" para a coronária direita. A partir deste momento, o arco em C realizava o percurso programado e se verificavam possíveis obstáculos. Em discreta antecipação ao acionamento do pedal de aquisição, iniciava-se uma injeção manual controlada, com ajuste da velocidade de injeção de acordo com a percepção do operador. Injeções adicionais foram realizadas em caso de dúvida diagnóstica ou injeção considerada insatisfatória, a critério do operador.

4.3 COLETA DE DADOS E DESFECHOS PROGRAMADOS

O volume de contraste foi medido pelo operador, em mililitros, e registrado no laudo do procedimento. Para reduzir o risco de erros de registro e identificar inconsistências, o volume era conferido com o registro realizado pela equipe de enfermagem, em documento separado. Os volumes totais de contraste (utilizado na coronariografia, aortografia, ventriculografia ou qualquer injeção vascular adicional) e o volume utilizado exclusivamente na coronariografia foram registrados separadamente.

O tempo de procedimento, em minutos, foi obtido a partir de anotações dos documentos de prontuário. Esta variável incluiu não somente o tempo exclusivo do operador em sala, mas também a preparação do paciente pela equipe de enfermagem e da anestesiologia.

A dose de radiação foi obtida utilizando o produto dose-area (DAP), em Gycm^2 , e o kerma no ar na superfície de entrada (air kerma), em mGy. O tempo de fluoroscopia foi aferido em minutos.

Os desfechos incluídos foram divididos em duas categorias distintas: desfechos substitutos relacionados à técnica da angiografia (desfecho 1) e desfecho clínico (desfecho 2).

Para o desfecho 1, utilizamos variáveis com associação clínica bem documentada na literatura (como o volume de contraste e dose de radiação). A seguir, listamos com detalhes:

- Volume de contraste (total e utilizado exclusivamente na coronariografia), aferido em mililitros (ml).
- Dose de radiação, avaliados pelo produto dose-área e pelo kerma no ar, aferidas mGy e Gycm^2 , respectivamente.

Para o desfecho 2, utilizamos a ocorrência de LRA-CC, definida conforme as definições do grupo KDIGO 2012 (aumento de pelo menos 0.3 mg/dL na creatinina sérica basal em até 48 horas da cirurgia ou um aumento maior ou igual a 1.5 vezes o valor da creatinina sérica basal em até 7 dias). Como não foi possível obter dados consistentes sobre o débito urinário no pós-operatório, este dado não foi utilizado para a análise. O racional para a escolha deste desfecho se baseia na documentação em literatura de que a exposição a meios de contraste no perioperatório está relacionada com a ocorrência de LRA-CC e, provavelmente, de modo volume-dependente. Em síntese:

- A incidência de LRA-CC, em números absolutos e relativos, de acordo com as definições do KDIGO 2012 (utilizando os valores de creatinina basal e após a cirurgia).

A avaliação de outros desfechos clínicos, como a mortalidade, está fora do escopo deste trabalho, uma vez que a estimativa de efeito é demasiadamente pequena, o que demandaria uma amostra muito maior, além de riscos de vieses inerentes dos estudos retrospectivos e sem randomização.

4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As variáveis quantitativas de ambos os grupos foram avaliadas quanto aos pressupostos de normalidade (Teste de Shapiro-Wilk) e homoscedasticidade (Teste F). As variáveis que se encontravam em acordo com tais pressupostos foram comparadas por meio do Teste-t para amostras independentes, enquanto as demais foram comparadas entre os grupos por meio do teste não paramétrico de Mann-Whitney-U. Estas variáveis foram expressas como médias e desvios padrões ou medianas e intervalo interquartil (IIQ).

As variáveis qualitativas foram sumarizadas em tabelas de contingência, sendo as frequências absolutas posteriormente comparadas entre os grupos por meio do teste de Qui-quadrado para Independência. As variáveis que apresentaram restrições de contagem em suas frequências esperadas ($n < 5$), foram ajustadas por meio do método permutacional de Monte Carlo.

Visto a ampla variação dos grupos, e considerando as principais variáveis de interesse dos desfechos, foi realizado o pareamento dos dados dos pacientes por meio do Escore de Propensão. Para a realização desta análise, foi inicialmente realizada a regressão logística, sendo selecionadas como variáveis preditoras aquelas que inicialmente apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os grupos ($p < 0,05$) nas análises univariadas. Para a realização da regressão logística binária (grupo controle (AC) x intervenção (ARED)), algumas etapas foram cumpridas:

- 1) Obtenção de um modelo final após teste para todas as iterações múltiplas possíveis, usando a maximização da função de Wald;
- 2) Para verificar o ajuste dos modelos foi utilizada a estatística de Hosmer & Lemeshow.

Em seguida o algoritmo de correspondência identifica os pares correspondentes (um paciente do grupo intervenção e um do grupo controle) dentro de um intervalo de proximidade numérica de 0,00001 e, em seguida, se não for possível encontrar mais indivíduos, o algoritmo identifica os pares correspondentes em uma proximidade de 0,0001 e assim por diante até um intervalo de 0,1. Uma vez ultrapassado esse limite, os demais pacientes do grupo controle são excluídos.

As variáveis qualitativas foram sumarizadas em tabelas de contingência e foram analisadas pelo teste de Qui-quadrado para Independência. As variáveis quantitativas foram apresentadas como médias e respectivos desvios-padrão. Essas

variáveis foram testadas usando o Teste-t para amostras dependentes (quando os pressupostos foram aceitos) e o Teste de Soma de Postos de Wilcoxon. Para todas as comparações, o valor de $P < 0.05$ (bicaudal) foi utilizado para o teste de hipóteses. As análises foram feitas no software de código livre (open source) R versão 4.0.5 - Copyright (C) 2021 The R Foundation for Statistical Computing.

5 RESULTADOS

No período, 100 pacientes foram elegíveis para a análise, sendo 38 deles no grupo ARED e 62 no grupo AC.

A idade média foi de 66 (± 12) anos e 54% dos indivíduos foram do sexo masculino. A prevalência de hipertensão foi de 75% e 17% dos pacientes eram diabéticos. Mais de 75% dos pacientes apresentam algum grau de insuficiência cardíaca e cerca de 36% deles estavam em classe funcional 3 ou 4 pela classificação da New York Heart Association (NYHA). A taxa de filtração glomerular média foi de 73,8 (± 20) ml/min/1.73m², com aproximadamente 25% dos pacientes em doença renal crônica grau 3 ou 4 pela classificação do KDIGO. Nenhum paciente estava em terapia dialítica antes do procedimento.

Devido a ausência de randomização dos indivíduos, observou-se diferenças significativas em algumas características de base. A idade foi significativamente menor no grupo DARCA (60 \pm 13 contra 69 \pm 10 anos, p-valor <0.001). Apesar de a prevalência da hipertensão arterial (HAS) e do diabetes melito (DM) terem sido semelhantes entre os grupos, a prevalência de dislipidemia foi significativamente maior no grupo AC (65,6% contra 40,5%, p-valor 0.015). Entretanto, observou-se no grupo DARCA uma maior proporção de pacientes que já haviam sido submetidos à pelo menos uma cirurgia cardíaca prévia (28,9% contra 11,3%, p-valor 0.019).

As características de base estão resumidas na (TABELA 1).

TABELA 1 – CARACTERÍSTICAS DE BASE.

Variáveis	AC (N = 62)	ARED (N = 38)	Total (N = 100)	p-valor
Sexo Masculino (N, %)	30 (48,4%)	24 (63,2%)	54 (54%)	0,159***
Idade - anos (Média ± DP)	69 ± 10	60 ± 13	66 ± 12	<0,001*
Peso - kg (Média ± DP)	75,1 ± 11,8	77,6 ± 15,1	76,1 ± 13,2	0,362*
Altura - cm (Média ± DP)	165,9 ± 9,5	169,6 ± 9,6	167,4 ± 9,6	0,0642*
IMC kg/m ² (Média ± DP)	27,2 ± 3,2	26,8 ± 3,9	27,1 ± 3,4	0,592*
Tabagismo (N, %)	11 (18%)	5 (13,5%)	16 (16,3%)	0,595***
Hipertensão (N, %)	50 (82,0%)	25 (67,6%)	75 (76,5%)	0,103***
Diabetes Melito (N, %)	11 (18,0%)	6 (16,2%)	17 (17,3%)	0,818***
Em uso de insulina (N, %)	3 (4,9%)	0 (0,0%)	3 (3,1%)	0,171***
Dislipidemia (N, %)	40 (65,6%)	15 (40,5%)	55 (56,1)	0,016***
Acidente vascular encefálico (N, %)	8 (13,1%)	4 (10,8%)	12 (12,2%)	0,772***
Doença arterial coronária (N, %)	5 (8,2%)	1 (2,7%)	6 (6,1%)	0,284***
Angina (N, %)	7 (11,3%)	1 (2,7%)	8 (8%)	0,056***
Cirurgia cardíaca prévia (N, %)	7 (11,3%)	11 (28,9%)	18 (18%)	0,019***
Fração de ejeção (%) (Média ± DP)	65,4 ± 8,4	65,4 ± 6,9	65,4 ± 7,9	0,846**
Insuficiência cardíaca - NYHA (N, %)				
Não	19 (31,1%)	2 (5,4%)	25 (25,5%)	
I	7 (11,5%)	13 (35,1%)	9 (9,2%)	
II	15 (24,6%)	12 (32,4%)	28 (28,6%)	0,318***
III	17 (27,9%)	4 (10,8%)	29 (29,6%)	
IV	3 (4,9%)	0 (0%)	7 (7,1%)	
Doença renal crônica - KDIGO (N, %)				
G1	14 (22,6%)	8 (21,1%)	22 (22%)	
G2	32 (51,6%)	19 (50%)	51 (51%)	
G3a	10 (16,1%)	7 (18,4%)	17 (17%)	0,239***
G3b	5 (8,1%)	2 (5,3%)	7 (7%)	
G4	1 (1,6%)	0 (0%)	1 (1,0%)	
TGF – CKD-EPI (Média ± DP)	72,9 ± 19,5	75,4 ± 20,9	73,8 ± 20,0	0,877**
Creatinina basal – mg/dL (Média ± DP)	1,02 ± 0,3	1,03 ± 0,2	1,03 ± 0,29	0,341**
Hemoglobina basal – g/dL (Média ± DP)	13,71 ± 1,7	13,96 ± 1,8	13,8 ± 1,7	0,335**

Dados apresentados como número de observações (N) e percentuais (%) ou média ± desvio padrão (DP). P-valor dos testes: * Teste-t para amostras independentes; ** Mann Whitney-U; *** Teste de Qui-quadrado para Independência.

FONTE: o autor.

Em relação à angiografia coronária, 94% dos procedimentos foram realizados pela via radial. Além da coronariografia, em 12% dos pacientes foram também realizadas ventriculografia e/ou aortografia, o que ocorreu mais frequentemente no grupo AC – 17,7% contra 2,6% (p-valor = 0,027). O tempo de fluoroscopia foi significativamente menor no grupo ARED – mediana de 3,4 [IIQ 2,8-4,6] contra 5,9 [IIQ 3,4-9,8] minutos, p-valor <0,001. O tempo total do procedimento foi semelhante entre os grupos – mediana de 45 [IIQ 40-50] e 50 [40-60] minutos, nos grupos ARED e AC, respectivamente. A mediana do número de aquisições foi de 2 [IIQ 2-3] no grupo ARED e 6 [IIQ 6-7] no grupo AC (p-valor <0.001). O diagnóstico de DAC, no momento da angiografia, foi mais frequente no grupo AC: 25,8% contra 10,5% (p-valor = 0,032).

As características da angiografia estão descritas na (TABELA 2).

TABELA 2 – CARACTERÍSTICAS DO PROCEDIMENTO DE ANGIOGRAFIA.

Variáveis	AC (n = 62)	ARED (n = 38)	Total	p-valor
Via de acesso radial (N, %)	57 (91,9%)	37 (97,4%)	94 (94%)	0,284***
Número de aquisições de imagem	6 [6-7]	2 [2-3]	6 [3-6]	<0,001**
Ventriculografia e/ou aortografia (N, %)	11 (17,7%)	1 (2,6%)	12 (12%)	0,027***
Tempo de fluoroscopia – min	5,9 [3,4-9,8]	3,4 [2,8-4,6]	4,3 [3-7,6]	<0,001**
Tipo de contraste (N, %)				
Isosmolar	60 (96,8%)	36 (94,7%)	96 (96%)	0,586***
Baixa osmolaridade	2 (3,2%)	2 (5,3%)	4 (4%)	
DAC obstrutiva na angiografia (N, %)	16 (25,8%)	4 (10,5%)	20 (20%)	0,032***
Tempo total do procedimento - min	50 [40-60]	45 [40-50]	9 [7-15]	0,113**

Dados apresentados como número de observações (N) e percentuais (%) ou mediana [intervalo interquartil 25-75%]. P-valor dos testes: ** Mann Whitney-U; *** Teste de Qui-quadrado para Independência.

FONTE: o autor.

Em relação ao desfecho 1, antes do pareamento pela análise de propensão, a média de volume de contraste total foi significativamente menor no grupo ARED ($29,4 \pm 13,9$ contra $90,4 \pm 31,2$ ml, p-valor <0,0001), assim como a média de volume de contraste utilizado exclusivamente na angiografia coronária ($28,4 \pm 13,5$ contra $83,2 \pm 26,9$ ml, p-valor <0.001). A dose de radiação aferida como DAP foi significativamente menor no grupo DARCA ($33,3 \pm 19$ contra $58,0 \pm 33,5$ Gy.cm², p-valor < 0,001), como também quando aferida como kerma no ar ($336,1 \pm 185,6$ contra $806,9 \pm 389,9$ mGy, p-valor <0,001).

Após o pareamento dos grupos de acordo com as características de base, utilizando o escore de propensão, observou-se praticamente a manutenção na estimativa de redução do volume total de contraste previamente identificada, em favor do grupo ARED ($27,3 \pm 12,7$ contra $89,0 \pm 25,0$ ml, p-valor $<0,001$, com 34 pares). Essa redução continuou expressiva quando analisado exclusivamente o volume de contraste utilizado na coronariografia – $26,6 \pm 12,1$ ml contra $81,0 \pm 18,8$ ml, para os grupos ARED e AC, respectivamente (p-valor < 0.001 , com 36 pares). A radiação medida como DAP foi de $55,3 \pm 27$ contra $32,6 \pm 19$ Gy.cm² (p-valor = 0.101, com 34 pares) nos grupos AC e DARCA, respectivamente. As estimativas de radiação do tipo kerma foram de $760,5 \pm 309,7$ no grupo AC e $318,6 \pm 157,8$ mGy no grupo DARCA (p-valor <0.001 , com 34 pares). O tempo de fluoroscopia persistiu significativamente menor no grupo DARCA ($3,8 \pm 1,74$ contra $6,69 \pm 3,82$ minutos, p-valor = 0,002, com 34 pares).

Os resultados do desfecho 1, antes e após o pareamento com o escore de propensão, estão representados nas (TABELA 3) e (TABELA 4), respectivamente.

TABELA 3 – DESFECHO 1 DA AMOTRA TOTAL, ANTES DO PAREAMENTO PELO ESCORE DE PROPENSÃO.

Variáveis	AC (N=62)	ARED (N=38)	Total	p-valor
Volume de contraste (ml)				
Total	$90,4 \pm 31,2$	$29,1 \pm 13,9$	$67,1 \pm 39,6$	$< 0,001^*$
Coronariografia	$83,2 \pm 26,9$	$28,4 \pm 13,5$	$63,0 \pm 36,0$	$< 0,001^*$
Radiação				
Kerma no ar (mGy)	$806,9 \pm 389,9$	$336,1 \pm 185,6$	$628,5 \pm 399,2$	$<0,001^*$
DAP (Gy.cm ²)	$58,2 \pm 33,5$	$33,3 \pm 19,0$	$48,7 \pm 31,2$	$<0,001^*$

Dados apresentados como média \pm desvio padrão. P-valor dos testes: * Mann Whitney-U.
FONTE: o autor.

TABELA 4 – DESFECHO 1 APÓS O PAREAMENTO PELO ESCORE DE PROPENSÃO.

Variáveis	P	AC	ARED	Total	p-valor
Volume de contraste (ml)					
Total	34	89,4 ± 25,0	27,3 ± 12,7	58,1 ± 36,8	<0,001*
Coronariografia	36	81,0 ± 18,8	26,6 ± 12,1	53,8 ± 31,6	<0,001*
Radiação					
Kerma no ar (mGy)	34	760,5 ± 309,7	318,6 ± 157,8	539,5 ± 330,2	<0,001*
DAP (Gy.cm2)	34	55,3 ± 27,7	32,6 ± 18,7	43,9 ± 26,1	<0,001*

Dados apresentados número de observações (N) e média ± desvio padrão. “P” refere-se ao número de pares obtidos após a utilização do escore de propensão. P-valor dos testes: * Mann Whitney-U. FONTE: o autor.

Em relação à intervenção cirúrgica, em grande maioria, os pacientes foram submetidos à cirurgia cardíaca valvar: 28% submetidos à plastia mitral, 24% à troca valvar aórtica, 12% à troca valvar mitral, 8% à dupla troca valvar (mitral e aórtica), 6% cirurgia de Ross, 3 % realizaram plastia aórtica e 3% realizaram intervenções nas válvulas tricúspide ou pulmonar. Cerca de 15% dos pacientes fizeram outros procedimentos, como miectomia para o tratamento da MCH, ressecção de tumores cardíacos e correção de aneurisma de aorta. A revascularização miocárdica concomitante foi realizada em 11% dos pacientes e em 8% de toda a amostra também foi realizada a plastia da válvula tricúspide. O tempo de CEC foi de 116 ± 42,4 minutos e o tempo de clampeamento aórtico foi de 90,8 ± 35,2 minutos, semelhante entre os grupos. O intervalo de tempo entre a coronariografia e a cirurgia cardíaca foi uma mediana de 3 dias. As características da intervenção cirúrgica estão detalhadas na (TABELA 5).

A ocorrência de LRA-CC foi de 33,7% (n = 33) na amostra estudada. Essa incidência foi significativamente maior no grupo AC, em relação ao grupo ARED - 41,9% contra 19,4%, p-valor = 0,019 e razão de chances (odds ratio) de 0.33 (IC95% 0,11 – 0,95). Entretanto, após o pareamento das unidades amostrais com o escore de propensão, não foi encontrada diferença significativa na ocorrência deste desfecho entre os grupos: 35,1% no grupo AC e 18,9% no grupo DARCA (p-valor = 0.190, com 37 pares). A incidência de diálise foi de 2,7% (um indivíduo em cada grupo) e a mediana de dias de internação foi de 9 [IIQ 7-15] dias, sem diferença entre os grupos.

A ocorrência do desfecho 2 (LRA-CC), antes e após o pareamento com a análise de propensão, pode ser observada na tabela 6.

TABELA 5 – CARACTERÍSTICAS DA INTERVENÇÃO CIRÚRGICA.

Variáveis	AC (n = 62)	ARED (n = 38)	Total	p-valor
Tipo de cirurgia realizada (N, %)				
Plastia Mitral	13 (21%)	15 (39%)	28 (28%)	0,012***
Troca Valvar Aórtica	19 (30,6%)	5 (13,2%)	24 (24%)	
Troca Valvar Mitral	8 (12,9%)	4 (10,5%)	12 (12%)	
Tratamento de Aneurisma	9 (14,5%)	0	9 (9%)	
Troca Valvar Aórtica e Mitral	3 (4,8%)	5 (13,2%)	8 (8%)	
Cirurgia de Ross	3 (4,8%)	3 (7,9%)	6 (6%)	
Miectomia (MCH)	1 (1,6%)	3 (7,9%)	4 (4%)	
Plastia Aórtica	1 (1,6%)	2 (5,3%)	3 (3%)	
Tricúspide ou Pulmonar	2 (3,2%)	1 (2,6%)	3 (3%)	
Tumores	3 (4,8%)	0	3 (3%)	
Revascularização miocárdica concomitante (N, %)	8 (12,9%)	3 (7,9%)	11 (11%)	0,237***
Plastia tricúspide concomitante (N, %)	6 (9,7%)	2 (5,3%)	8 (8%)	0,627***
Tempo de circulação extracorpórea - min (Média ± DP)	110,2± 41,9	125,5± 42,0	115,9 ± 42,4	0,013**
Tempo de clampeamento aórtico - min (Média ± DP)	86,0± 33,0	98,9± 37,8	90,8 ± 35,2	0,031**
Cirurgia cardíaca prévia – reoperação (N, %)	7 (11,3%)	11 (28,9%)	18 (18%)	0,019***
Tempo entre angiografia e cirurgia – dias (mediana [IIQ])	3 [2-8]	2 [1,2-5]	3 [2-6]	0,079**
Dias de internação (mediana [IIQ])	9 [7-15]	8,5 [7-14]	9 [7-15]	0,605**
Óbito intra-hospitalar (N, %)	8 (13,1%)	2(5,4%)	10 (10%)	0,236***

Dados apresentados como número de observações (N) e percentuais (%) ou média ± desvio padrão (DP). P-valor dos testes: * Teste-t para amostras independentes; ** Mann Whitney-U; *** Teste de Qui-quadrado para Independência.

FONTE: o autor.

TABELA 6 – OCORRÊNCIA DE LESÃO RENAL AGUDA RELACIONADA À CIRURGIA CARDÍACA (LRA-CC) NA AMOSTRA TOTAL E APÓS PAREAMENTO PELO ESCORE DE PROPENSÃO

LRA-CC	P	AC	ARED	Total	p-valor
Amostra geral	-	26 (41,9%)	7 (18,4%)	33 (33,7%)	0,0199*
Pós-pareamento	37	13 (35,1%)	7 (18,9%)	20 (27,0%)	0,1906*

* Ocorrência dos desfechos em N e porcentagem (%). "P" refere-se ao número de pares obtidos após a utilização do escore de propensão. P-valor dos testes: * Teste de Qui-quadrado para independência.
 FONTE: o autor.

5 DISCUSSÃO

A angiografia coronária para o rastreio de doença coronária no pré-operatório de cirurgias não-coronarianas é considerada como o método padrão ouro (OTTO et al., 2021) e, nesta amostra, mostrou um excelente perfil de segurança, independente da técnica utilizada. Mais de 90% dos procedimentos foram realizados pela via radial e não houve nenhuma documentação de complicação diretamente relacionada ao procedimento. O tempo de procedimento foi semelhante entre as técnicas, em concordância com dados de literatura, demonstrando que o uso da ARED não aumenta o tempo de realização do procedimento, sobretudo quando já há familiaridade com a técnica (LOOMBA et al., 2015; FARSHID et al., 2014). No que se refere ao número de aquisições realizadas, embora injeções adicionais tenham sido realizadas no grupo ARED, a critério do operador, a mediana de aquisições foi significativamente menor do que no grupo AC, o que se relaciona diretamente com a quantidade de radiação e volume de contraste utilizados.

A redução de radiação no grupo ARED, em relação ao grupo AC, foi consistente tanto em relação ao produto dose-área (DAP), quanto em relação à radiação dispersa tipo kerma, mesmo após o pareamento nos grupos. A redução percentual foi de aproximadamente 33% e de 58% para o DAP e kerma disperso, respectivamente (p-valor <0.001), o que representa um decréscimo bastante significativo de radiação, mesmo quando comparado ao cenário contemporâneo de tecnologia (BUYTAERT et al., 2020). Embora os efeitos clínicos da radiação em exames radiológicos não sejam tão facilmente identificáveis, sobretudo os efeitos estocásticos, é provável que existe uma redução do risco de sua ocorrência quanto menor for a exposição à radiação (ELOOT et al., 2013). Ainda, a potencial redução de radiação com a ARED pode ser particularmente útil em pacientes que necessitarão de procedimentos radiológicos futuros, já que sabidamente a exposição repetida à radiação se relaciona a efeitos estocásticos (ISON et al., 2019). Além disso, em serviços de grande volume de cirurgias cardíacas, o benefício potencial de redução da radiação ocupacional para a equipe assistencial pode ser significativo com o uso da ARED (BUYTAERT et al., 2020).

As características da amostra apresentada são peculiares de uma instituição de volume considerável de pacientes com doenças cardíacas valvulares, com alta prevalência de pacientes admitidos em insuficiência cardíaca, o que parece ser um

fator de risco para a ocorrência da LRA-CC (O'NEAL et al., 2016). Muitos destes pacientes apresentam sinais de gravidade e necessitam de uma intervenção cirúrgica a curto prazo, o que provavelmente justifica o período relativamente curto entre a angiografia coronária e a intervenção cirúrgica (uma mediana de 3 dias). Dados de literatura sinalizam que o curto período entre a realização da angiografia coronária e a cirurgia cardíaca (menos de 5 dias), além do estado clínico no pré-operatório, é um fator de risco para a ocorrência da LRA-CC (HARKY et al., 2010). Além disso, uma proporção não desprezível dos pacientes apresenta doença renal crônica significativa, com aproximadamente $\frac{1}{4}$ deles em estágio clínico ≥ 3 pela classificação do grupo KDIGO. A prevalência de doença coronária foi de 20% em toda a amostra, o que confirma a importância do rastreamento de doença coronária neste perfil de pacientes.

A necessidade de excluir a doença coronariana no pré-operatório sem expor o paciente a um risco ainda maior de LRA no pós-operatório exige estratégias visando a redução do volume de contraste e a ARED pode representar uma técnica promissora neste contexto. Neste estudo, observou-se uma redução significativa no volume total de contraste e no volume de contraste utilizado para a coronariografia em favor da técnica rotacional (ARED), quando comparada a AC, mesmo após o pareamento com a análise de propensão. Esta diferença representou uma redução de aproximadamente 67% do volume de contraste utilizado para a coronariografia da técnica rotacional. A redução observada neste estudo foi consideravelmente superior àquelas encontradas em estudos prévios (GIUBERTI et al., 2014; FARSHID et al., 2014; LOOMBA et al., 2015), provavelmente devido às variações da técnica, como o uso de injeções manuais, customizadas para cada paciente.

A incidência total de LRA-CC nesta análise foi de aproximadamente 34% e está dentro do esperado, de acordo com dados da literatura (HARKY et al., 2020). Embora esta incidência esteja próxima das estimativas mais elevadas de estudos prévios, a necessidade de diálise foi bastante pequena na amostra (2,7%, sendo um indivíduo em cada grupo).

A associação entre a exposição aos meios de contraste iodados e a ocorrência de LRA parece estar bem estabelecida na literatura e estar diretamente relacionada com o volume de contraste utilizado (MEDALION et al., 2010; AZZALINI et al., 2017; CHANDIRAMANI et al., 2020). Há um racional para que, uma vez que a técnica rotacional (ARED) está relacionada a menores volumes de contraste, ela

possa potencialmente reduzir a ocorrência de LRA-CC, comparativamente à técnica convencional, embora a estimativa do tamanho desse efeito não seja conhecida. Neste estudo, a incidência de LRA-CC foi, aproximadamente, 2 vezes maior no grupo AC, em relação ao grupo ARED – 41,9% contra 19,4% (p-valor 0,0199). Pela razão de chances obtida na amostra geral, a ARED esteve relacionada a uma chance 3x menor de ocorrência de LRA-CC, embora o intervalo de confiança de 95% para a estimativa fosse bastante amplo (0,11 a 0,95). Entretanto, após o pareamento das unidades amostrais com o escore de propensão, observou-se apenas uma diferença numérica, sem significância estatística (35,1% no grupo ARED contra 18,9% no grupo AC, p-valor = 0,190). As diferenças encontradas na amostra geral, antes do pareamento, podem ser explicadas pela não homogeneidade dos grupos, como uma população com maior idade e cirurgias potencialmente mais complexas no grupo AC. Isso demonstra importância da utilização de ferramentas estatísticas, como os escores de propensão, a fim de reduzir o efeito de disparidade entre grupos nos estudos não-randomizados.

Embora uma diferença na ocorrência da LRA-CC não tenha sido encontrada nesta amostra após o ajuste de potenciais vieses de seleção, ela não pode ser descartada completamente na população, uma vez que o tamanho do efeito da redução do contraste para este desfecho pode ser pequeno e, portanto, necessitar de uma amostra maior para ser identificado.

Ainda, deve-se ressaltar que o número de procedimentos cirúrgicos foi significativamente reduzido no período estudado, em consequência da pandemia causada pelo vírus SARS-CoV-2. Embora não seja do escopo deste trabalho, há uma percepção de redução de cirurgias cardíacas eletivas e um incremento de pacientes admitidos em situação de maior gravidade, necessitando de intervenções de urgência, o que potencialmente pode ter influenciado esta amostra.

6 CONCLUSÕES

Na presente análise, o uso da angiografia rotacional de duplo eixo (ARED) no rastreamento de doença coronariana no pré-operatório de cirurgia cardíaca não-coronariana esteve relacionada a menores volumes de contraste e menores doses de radiação, quando comparada à técnica convencional (AC). Entretanto, não foram observadas diferenças na incidência de lesão renal aguda relacionada à cirurgia cardíaca (LRA-CC), após o controle das características de base com o uso do pareamento através de escores de propensão.

As principais limitações deste estudo estão relacionadas ao carácter observacional de seu desenho, não sendo possível obter uma amostra com grupos homogêneos pela falta de randomização. Entretanto, o uso de ferramentas, como o escore de propensão, permitiu realizar uma análise mais controlada em relação às características basais dos grupos e evitar extrapolações de observações no desfecho potencialmente causadas por vieses de seleção.

Apesar do êxito do estudo em identificar diferenças em desfechos substitutos, como a redução do volume de contraste, o significado clínico do uso da ARED, neste cenário, ainda permanece incerto. O tamanho do efeito da redução do volume de contraste sobre a ocorrência de eventos clínicos, como a LRA-CC, é desconhecido e possivelmente só poderia ter sido identificado com uma amostra maior. Além disso, a natureza da LRA no pós-operatório de cirurgia cardíaca é multifatorial e o controle de fatores - até mesmo desconhecidos - em estudos não-randomizados é bastante difícil. Estudos futuros com amostras maiores e, sobretudo, prospectivos e randomizados podem auxiliar a compreender o papel da ARED neste contexto.

REFERÊNCIAS

- ACT INVESTIGATORS. Acetylcysteine for prevention of renal outcomes in patients undergoing coronary and peripheral vascular angiography: main results from the randomized Acetylcysteine for Contrast-induced nephropathy Trial (ACT). **Circulation**, v. 124, n. 11, p. 1250–1259, 2011.
- AFSHAR, A. E.; PARIKH, P. B. Prevention of Contrast and Radiation Injury During Coronary Angiography and Percutaneous Coronary Intervention. **Current treatment options in cardiovascular medicine**, v. 20, n. 4, p. 32, 2018b.
- ASPELIN, P.; AUBRY, P.; FRANSSON, S.-G.; et al. Nephrotoxic effects in high-risk patients undergoing angiography. **The New England journal of medicine**, v. 348, n. 6, p. 491–499, 2003.
- AZZALINI, L.; CANDILIO, L.; MCCULLOUGH, P. A.; COLOMBO, A. Current Risk of Contrast-Induced Acute Kidney Injury After Coronary Angiography and Intervention: A Reappraisal of the Literature. **The Canadian journal of cardiology**, v. 33, n. 10, p. 1225–1228, 2017.
- BANIK, S. Haemodynamic-guided fluid administration for the prevention of contrast-induced acute kidney injury: The POSEIDON randomised controlled trial. **Journal of Neuroanaesthesiology and Critical Care**, 2014.
- BRAR, S. S.; SHEN, A. Y.-J.; JORGENSEN, M. B.; et al. Sodium bicarbonate vs sodium chloride for the prevention of contrast medium-induced nephropathy in patients undergoing coronary angiography: a randomized trial. **JAMA: the journal of the American Medical Association**, v. 300, n. 9, p. 1038–1046, 2008.
- BRIGUORI, C.; VISCONTI, G.; FOCACCIO, A.; et al. Renal Insufficiency After Contrast Media Administration Trial II (REMEDIAL II): RenalGuard System in high-risk patients for contrast-induced acute kidney injury. **Circulation**, v. 124, n. 11, p. 1260–1269, 2011.
- BUYTAERT, D.; DRIEGHE, B.; VAN HEUVERSWYN, F.; et al. Combining Optimized Image Processing With Dual Axis Rotational Angiography: Toward Low-Dose Invasive Coronary Angiography. **Journal of the American Heart Association**, v. 9, n. 13, p. e014683, 2020.
- CELIK, O.; OZTURK, D.; AKIN, F.; et al. Association Between Contrast Media Volume-Glomerular Filtration Rate Ratio and Contrast-Induced Acute Kidney Injury After Primary Percutaneous Coronary Intervention. **Angiology**, v. 66, n. 6, p. 519–524, 2015.
- CHANDIRAMANI, R.; CAO, D.; NICOLAS, J.; MEHRAN, R. Contrast-induced acute kidney injury. **Cardiovascular intervention and therapeutics**, v. 35, n. 3, p. 209–217, 2020.
- ELOOT, L.; BACHER, K.; STEENBEKE, F.; et al. Three-dimensional rotational X-ray acquisition technique is reducing patients' cancer risk in coronary angiography. **Catheterization and cardiovascular interventions: official journal of the Society for Cardiac Angiography & Interventions**, v. 82, n. 4, p. E419–27, 2013.
- EMPEN, K.; KUON, E.; HUMMEL, A.; et al. Comparison of rotational with conventional coronary angiography. **American heart journal**, v. 160, n. 3, p. 552–563, 2010.
- FARSHID, A.; CHANDRASEKHAR, J.; MCLEAN, D. Benefits of dual-axis rotational coronary angiography in routine clinical practice. **Heart and vessels**, v. 29, n. 2, p. 199–205, 2014.

FERES, F.; COSTA, R. A.; SIQUEIRA, D.; et al. DIRETRIZ DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA E DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE HEMODINÂMICA E CARDIOLOGIA INTERVENCIÓNISTA SOBRE INTERVENÇÃO CORONÁRIA PERCUTÂNEA. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5935/abc.20170111>>.

FERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, D.; GRILLO-PÉREZ, J. J.; PÉREZ-HERNÁNDEZ, H.; et al. Prospective evaluation of the development of contrast-induced nephropathy in patients with acute coronary syndrome undergoing rotational coronary angiography vs. conventional coronary angiography: CENERAMA study. **Nefrologia: publicacion oficial de la Sociedad Espanola Nefrologia**, v. 38, n. 2, p. 169–178, 2018.

GARCIA, J. A.; AGOSTONI, P.; GREEN, N. E.; et al. Rotational vs. standard coronary angiography: an image content analysis. **Catheterization and cardiovascular interventions: official journal of the Society for Cardiac Angiography & Interventions**, v. 73, n. 6, p. 753–761, 2009. .

GARCIA, J. A.; CHEN, S.-Y. J.; MESSENGER, J. C.; et al. Initial clinical experience of selective coronary angiography using one prolonged injection and a 180 degrees rotational trajectory. **Catheterization and cardiovascular interventions: official journal of the Society for Cardiac Angiography & Interventions**, v. 70, n. 2, p. 190–196, 2007.

GIUBERTI, R. S. O.; CAIXETA, A.; CARVALHO, A. C.; et al. A randomized trial comparing dual axis rotational versus conventional coronary angiography in a population with a high prevalence of coronary artery disease. **Journal of interventional cardiology**, v. 27, n. 5, p. 456–464, 2014.

GURM, H. S.; DIXON, S. R.; SMITH, D. E.; et al. Renal function-based contrast dosing to define safe limits of radiographic contrast media in patients undergoing percutaneous coronary interventions. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 58, n. 9, p. 907–914, 2011.

HARJAI, K. J.; RAIZADA, A.; SHENOY, C.; et al. A Comparison of Contemporary Definitions of Contrast Nephropathy in Patients Undergoing Percutaneous Coronary Intervention and a Proposal for a Novel Nephropathy Grading System. **The American Journal of Cardiology**, 2008.

HARKY, A.; JOSHI, M.; GUPTA, S.; et al. Acute Kidney Injury Associated with Cardiac Surgery: a Comprehensive Literature Review. **Brazilian journal of cardiovascular surgery**, v. 35, n. 2, p. 211–224, 2020.

HEYMAN, S. N.; ROSEN, S.; KHAMAISI, M.; ODEE, J.-M.; ROSENBERGER, C. Hypoxia, Oxidative Stress, and the Pathophysiology of Contrast-Media-Induced Nephropathy. **Studies on Renal Disorders**, 2011.

ISON, G. R.; ALLAHWALA, U.; WEAVER, J. C. Radiation Management in Coronary Angiography: Percutaneous Coronary Intervention for Chronic Total Occlusion at the Frontier. **Heart, lung & circulation**, v. 28, n. 10, p. 1501–1509, 2019.

JAMES, M. T.; GHALI, W. A.; TONELLI, M.; et al. Acute kidney injury following coronary angiography is associated with a long-term decline in kidney function. **Kidney international**, v. 78, n. 8, p. 803–809, 2010.

JIANG, W.; YU, J.; XU, J.; et al. Impact of cardiac catheterization timing and contrast media dose on acute kidney injury after cardiac surgery. **BMC cardiovascular disorders**, v. 18, n. 1, p. 191, 2018.

JORGE, S. Radiation Dose Reduction Comparing Dual Axis Rotational Coronary Angiography against Conventional Coronary Angiography in a Population with 100% Suspected Coronary Artery Disease: A Randomized Trial. **International Journal of Radiology and Imaging Techniques**, 2019.

KARIM, H. M. R.; YUNUS, M.; SAIKIA, M. K.; KALITA, J. P.; MANDAL, M. Incidence and progression of cardiac surgery-associated acute kidney injury and its relationship with bypass and cross clamp time. **Annals of cardiac anaesthesia**, v. 20, n. 1, p. 22–27, 2017.

KUON, E.; NIEDERST, P. N.; DAHM, J. B. Usefulness of rotational spin for coronary angiography in patients with advanced renal insufficiency. **The American journal of cardiology**, v. 90, n. 4, p. 369–373, 2002.

KUSIRISIN, P.; CHATTIPAKORN, S. C.; CHATTIPAKORN, N. Contrast-induced nephropathy and oxidative stress: mechanistic insights for better interventional approaches. **Journal of translational medicine**, v. 18, n. 1, p. 400, 2020.

LASKEY, W. K.; JENKINS, C.; SELZER, F.; et al. Volume-to-creatinine clearance ratio: a pharmacokinetically based risk factor for prediction of early creatinine increase after percutaneous coronary intervention. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 50, n. 7, p. 584–590, 2007.

LEONCINI, M.; TOSO, A.; MAIOLI, M.; et al. Early high-dose rosuvastatin and cardioprotection in the Protective effect of Rosuvastatin and Antiplatelet Therapy On contrast-induced acute kidney injury and myocardial damage in patients with Acute Coronary Syndrome (PRATO-ACS) study. **American Heart Journal**, 2014.

LIU, H.; JIN, Z.; DENG, Y.; JING, L. Dual-axis rotational coronary angiography can reduce peak skin dose and scattered dose: a phantom study. **Journal of applied clinical medical physics / American College of Medical Physics**, v. 15, n. 4, p. 4805, 2014.

LOOMBA, R. S.; RIOS, R.; BUELOW, M.; et al. Comparison of Contrast Volume, Radiation Dose, Fluoroscopy Time, and Procedure Time in Previously Published Studies of Rotational Versus Conventional Coronary Angiography. **The American journal of cardiology**, v. 116, n. 1, p. 43–49, 2015.

MAO, H.; KATZ, N.; ARIYANON, W.; et al. Cardiac surgery-associated acute kidney injury. **Blood purification**, v. 37 Suppl 2, p. 34–50, 2014.

MARIANI, J., Jr; GUEDES, C.; SOARES, P.; et al. Intravascular ultrasound guidance to minimize the use of iodine contrast in percutaneous coronary intervention: the MOZART (Minimizing cOntrast utiliZation With IVUS Guidance in coRonary angioplasTy) randomized controlled trial. **JACC. Cardiovascular interventions**, v. 7, n. 11, p. 1287–1293, 2014.

MCCULLOUGH, P. A.; BERTRAND, M. E.; BRINKER, J. A.; STACUL, F. A meta-analysis of the renal safety of isosmolar iodixanol compared with low-osmolar contrast media. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 48, n. 4, p. 692–699, 2006.

MCCULLOUGH, P. A.; CHOI, J. P.; FEGHALI, G. A.; et al. Contrast-Induced Acute Kidney Injury. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 68, n. 13, p. 1465–1473, 2016.

MEDALION, B.; COHEN, H.; ASSALI, A.; et al. The effect of cardiac angiography timing, contrast media dose, and preoperative renal function on acute renal failure after coronary artery bypass grafting. **The Journal of thoracic and cardiovascular surgery**, v. 139, n. 6,

p. 1539–1544, 2010.

MEHRAN, R.; DANGAS, G. D.; WEISBORD, S. D. Contrast-Associated Acute Kidney Injury. **The New England Journal of Medicine**, 2019.

MORRIS, P. D.; TAYLOR, J.; BOUTONG, S.; et al. When is rotational angiography superior to conventional single-plane angiography for planning coronary angioplasty? **Catheterization and cardiovascular interventions: official journal of the Society for Cardiac Angiography & Interventions**, v. 87, n. 4, p. E104–12, 2016.

MUELLER, C.; BUERKLE, G.; BUETTNER, H. J.; et al. Prevention of contrast media-associated nephropathy: randomized comparison of 2 hydration regimens in 1620 patients undergoing coronary angioplasty. **Archives of internal medicine**, v. 162, n. 3, p. 329–336, 2002.

NIETO-RÍOS, J. F.; SALAZAR, W. A. M.; SÁNCHEZ, O. M. S.; et al. Prevention of contrast induced nephropathy with sodium bicarbonate (the PROMEC study). **Jornal brasileiro de nefrologia: órgão oficial de Sociedades Brasileira e Latino-Americana de Nefrologia**, v. 36, n. 3, p. 360–366, 2014.

NIJSSEN, E. C.; RENNENBERG, R. J.; NELEMANS, P. J.; 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. **The Lancet**, v. 389, n. 10076, p. 1312–1322, 2017.

O'NEAL, J. B.; SHAW, A. D.; BILLINGS, F. T., 4th. Acute kidney injury following cardiac surgery: current understanding and future directions. **Critical care / the Society of Critical Care Medicine**, v. 20, n. 1, p. 187, 2016.

OTTO, C. M.; NISHIMURA, R. A.; BONOW, R. O.; et al. 2020 ACC/AHA Guideline for the Management of Patients With Valvular Heart Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. **Circulation**, v. 143, n. 5, p. e72–e227, 2021.

ROSNER, M. H.; OKUSA, M. D. Acute kidney injury associated with cardiac surgery. **Clinical journal of the American Society of Nephrology: CJASN**, v. 1, n. 1, p. 19–32, 2006.

Section 4: Contrast-induced AKI. **Kidney International Supplements**, v. 2, n. 1, p. 69–88, 2012. Elsevier. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/kisup.2011.34>>. Acesso em: 2/6/2021.

SHENGLI, Y.; HUILIANG, L.; LEI, W.; SHENGLI, Y. The safety and efficacy of dual-axis rotational coronary angiography in the diagnosis of coronary artery disease. **Heart**, 2012.

TIMAL, R. J.; KOOIMAN, J.; SIJPKENS, Y. W. J.; et al. Effect of No Prehydration vs Sodium Bicarbonate Prehydration Prior to Contrast-Enhanced Computed Tomography in the Prevention of Postcontrast Acute Kidney Injury in Adults With Chronic Kidney Disease: The Kompas Randomized Clinical Trial. **JAMA internal medicine**, v. 180, n. 4, p. 533–541, 2020.

TOMMASINI, G.; CAMERINI, A.; GATTI, A.; et al. Panoramic coronary angiography. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 31, n. 4, p. 871–877, 1998. Elsevier BV.

TRIVEDI, H. S.; MOORE, H.; NASR, S.; et al. A randomized prospective trial to assess the role of saline hydration on the development of contrast nephrotoxicity. **Nephron. Clinical practice**, v. 93, n. 1, p. C29–34, 2003.

WANG, Y.; BELLOMO, R. Cardiac surgery-associated acute kidney injury: risk factors, pathophysiology and treatment. **Nature reviews. Nephrology**, v. 13, n. 11, p. 697–711, 2017.

WEISBORD, S. D.; GALLAGHER, M.; JNEID, H.; et al. Outcomes after Angiography with Sodium Bicarbonate and Acetylcysteine. **The New England journal of medicine**, v. 378, n. 7, p. 603–614, 2018.

WEISBORD, S. D.; GALLAGHER, M.; KAUFMAN, J.; et al. Prevention of Contrast-Induced AKI: A Review of Published Trials and the Design of the Prevention of Serious Adverse Events following Angiography (PRESERVE) Trial. **Clinical Journal of the American Society of Nephrology**, 2013.

XU, J.; JIANG, W.; FANG, Y.; TENG, J.; DING, X. Management of Cardiac Surgery-Associated Acute Kidney Injury. **Contributions to nephrology**, v. 187, p. 131–142, 2016.