

Julia Noschang

**AVALIAÇÃO DE UM NOVO PROTOCOLO DE AQUISIÇÃO DE
ANGIOTOMOGRAFIA DA AORTA ABDOMINAL COM DOSE
REDUZIDA DE CONTRASTE INTRAVENOSO**

Dissertação apresentada à Faculdade
Israelita de Ciências da Saúde Albert Einstein
para obtenção do Título de Mestre em
Ciências da Saúde.

São Paulo

2023

Julia Noschang

**AVALIAÇÃO DE UM NOVO PROTOCOLO DE AQUISIÇÃO DE
ANGIOTOMOGRAFIA DA AORTA ABDOMINAL COM DOSE
REDUZIDA DE CONTRASTE INTRAVENOSO**

Dissertação apresentada à Faculdade
Israelita de Ciências da Saúde Albert Einstein
para obtenção do Título de Mestre em
Ciências da Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Szarf

Coorientador: Dr. Adriano Tachibana

São Paulo

2023

Noschang, Julia

Avaliação de um novo protocolo de aquisição de angiotomografia da aorta abdominal com dose reduzida de contraste intravenoso /

Julia Noschang. -- São Paulo, 2023.

ix, 26 f.

Dissertação (Mestrado) – Faculdade Israelita de Ciências da Saúde Albert Einstein. Instituto Israelita de Ensino e Pesquisa Albert Einstein. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde.

Título em inglês: *Evaluation of a new protocol for acquisition abdominal aorta angiotomography with reduced intravenous contrast dose.*

1. Tomografia computadorizada por raios X. 2. Angiografia. 3. Aneurisma aórtico. 4. Meios de contraste. 5. Angiografia por tomografia computadorizada.

FACULDADE ISRAELITA DE CIÊNCIAS DA SAÚDE ALBERT EINSTEIN

Coordenador do Curso de Pós-Graduação: Prof. Dr. Luciano Cesar Pontes de Azevedo

Julia Noschang

**AVALIAÇÃO DE UM NOVO PROTOCOLO DE AQUISIÇÃO DE
ANGIOTOMOGRAFIA DA AORTA ABDOMINAL COM DOSE
REDUZIDA DE CONTRASTE INTRAVENOSO**

Presidente da banca: Prof. Dr. Gilberto Szarf

BANCA EXAMINADORA

Membros titulares:

Prof. Dr. Ronaldo Hueb Baroni

Dra. Thais Caldara Mussi de Andrade Gobbo

Dr. Eduardo Kaiser Ururahy Nunes Fonseca

Membros suplentes:

Prof. Dr. Marcelo Passos Teivelis

Dr. Dany Jasinowodolinski

Aprovada em: 02/10/2023.

Agradecimentos

Aos meus pais, Carlos e Sandra, meu exemplo nos mais belos valores da vida e maiores incentivadores ao meu crescimento acadêmico e pessoal.

Aos meus filhos, Marco Antônio e Alexandre, que tão pequenos me mostram o amor mais profundo e verdadeiro.

Ao meu marido, Marco Aurélio, com quem eu tenho a felicidade de dividir os meus dias, incansável na tarefa de me fazer melhor a cada dia.

Ao Dr. Adriano Tachibana, grande motivador, pela dedicação dispensada neste projeto, apoio e disposição permanente em ajudar.

Ao Dr. Gilberto Szarf, exemplo admirado de profissional que inspira o lado bom das pessoas com quem convive, pela orientação deste trabalho.

Ao Dr. Marcelo Assis Rocha, modelo de coerência e dedicação com a medicina.

Ao Dr. Murilo Marques Almeida Silva pela ajuda e contribuições com essa tese.

Ao Dr. Ronaldo Hueb Baroni, pelo apoio no caminho que tenho trilhado na Radiologia, pela participação e importantes contribuições no exame de qualificação.

Aos demais membros da banca do exame de qualificação, Dr. Almir Galvão Vieira Bitencourt e Dr. Dany Jasinowodolinski pela participação e contribuições geradas.

Aos médicos do Departamento de Diagnósticos por Imagem do Hospital Israelita Albert Einstein, pelo incentivo e apoio ao longo dessa jornada.

À biomédica Larissa Barsotti da Silva, pela contribuição com esse trabalho e disposição em ajudar.

À empresa Guerbet pelo incentivo fornecido à pesquisa.

Ao Hospital Israelita Albert Einstein, pela chance de aperfeiçoamento contínuo através da promoção de ensino e pesquisa.

Sumário

Agradecimentos.....	v
Lista de tabelas	vii
Lista de abreviaturas	viii
Resumo	ix
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos.....	2
2 REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1 Volume de contraste injetado	3
2.2 Nefropatia induzida por contraste	3
2.3 Qualidade da opacificação pelo meio de contraste em estudos de angiotomografia	4
2.4 Reforço de contrastação virtual	5
3 MÉTODOS	7
3.1 Aquisição de imagem	8
3.2 Pós-processamento.....	9
3.3 Análise de imagem	10
3.4 Análise estatística.....	11
4 RESULTADOS	13
4.1 Dados demográficos.....	13
4.2 Volume e fluxo de contraste	14
4.3 Concordância entre observadores.....	14
4.4 Qualidade da imagem.....	16
4.5 Dose de radiação, ruído, relação sinal ruído e relação contraste ruído.....	17
4.6 Peso	18
4.7 Dose de radiação e variação do peso	19
4.8 Creatinina sérica.....	19
5 DISCUSSÃO	20
6 CONCLUSÕES	23
7 REFERÊNCIAS	24
Abstract	

Lista de tabelas

Tabela 1. Protocolo de injeção para aquisição da angiotomografia com a técnica de reforço de contrastação virtual	9
Tabela 2. Protocolo de injeção para aquisição da angiotomografia padrão	9
Tabela 3. Dados demográficos	13
Tabela 4. Dados clínicos	13
Tabela 5. Avaliação qualitativa dos segmentos arteriais para os dois avaliadores	15
Tabela 6. Medidas da atenuação na luz arterial.....	17
Tabela 7. Peso dos pacientes na realização das angiotomografias.....	18
Tabela 8. Valores da creatinina sérica pré e pós-realização das angiotomografias.....	19

Lista de abreviaturas

3D	Tridimensional
Angio-TC	Angiotomografia
CNR	Relação contraste ruído (<i>Contrast-to-noise ratio</i>)
DLP	Produto dose comprimento (<i>Dose-length product</i>)
DSCT	Tomografia computadorizada com fonte dupla (<i>Dual-source computed tomography</i>)
kV	Quilovolt
MBIR	Reconstrução iterativa baseada em modelo (<i>Model-based iterative reconstruction</i>)
mg/dL	Miligramas por decilitro
mGy.cm	MiliGray.centímetros
MIP	Projeção de intensidade máxima (<i>Maximum intensity projection</i>)
PACS	Sistema de comunicação e arquivo de imagens (<i>Picture archiving and communication system</i>)
ROI	Região de interesse (<i>Region of interest</i>)
SNR	Relação sinal ruído (<i>Signal-to-noise ratio</i>)
TCMD	Tomografia computadorizada com múltiplos detectores
UH	Unidade Hounsfield
VR	Renderização de volume (<i>Volume rendering</i>)
μmol/L	Micromol por litro

Resumo

Introdução: O uso da tecnologia de subtração digital com mapeamento de iodo (reforço de contrastação virtual) tem potencial para redução do volume de contraste utilizado em angiotomografias. **Objetivos:** Avaliar a qualidade de imagem de angiotomografias adquiridas com protocolo utilizando reforço de contrastação virtual em comparação com o protocolo institucional padrão. **Métodos:** Pacientes com aneurisma da aorta tratados foram submetidos a duas angiotomografias seriadas, uma utilizando a técnica de reforço de contrastação virtual e redução de 40% do volume de contraste injetado e outra com protocolo padrão sem redução do volume de contraste. Foram realizadas análises qualitativa e quantitativa do grau de opacificação da aorta e dos seus ramos. **Resultados:** Foram avaliados 28 exames de 14 pacientes (dois exames de cada paciente – um utilizando protocolo padrão e um utilizando a técnica com reforço de contrastação virtual). A análise qualitativa demonstrou qualidade suficientemente alta, categorizada como boa ou excelente para o diagnóstico para praticamente todos os segmentos arteriais avaliados (359 segmentos de um total de 360 para o Avaliador 1 e 358 segmentos de um total de 360 para o Avaliador 2), nas angiotomografias com a técnica com reforço de contrastação virtual e em todos os segmentos arteriais avaliados nas angiotomografias com o protocolo padrão. A média das atenuações foi maior em todos os segmentos arteriais avaliados nos estudos com reforço da contrastação virtual em comparação aos estudos com a técnica padrão, apesar de não ter sido demonstrada diferença estatisticamente significativa entre os protocolos. Da mesma forma, as relações sinal ruído e contraste ruído tiveram valores semelhantes nas angiotomografias com a técnica de reforço de contrastação virtual e com a técnica convencional. **Conclusões:** Um protocolo de angiotomografia da aorta com a técnica de reforço de contrastação virtual e redução do volume de contraste é viável e demonstrou qualidade de imagem semelhante ao protocolo padrão.

Descritores: Tomografia computadorizada por raios X; Angiografia; Aneurisma aórtico; Meios de contraste; Angiografia por tomografia computadorizada

1 INTRODUÇÃO

Desde a introdução da tomografia computadorizada com múltiplos detectores (TCMD), a angiotomografia (angio-TC) tornou-se o método de avaliação preferencial nas doenças da aorta e em seus ramos.⁽¹⁾ O seguimento por angio-TC de grande parte das doenças da aorta implica em exposições sucessivas ao meio de contraste iodado intravenoso, o que pode se associar a complicações como reações de hipersensibilidade, disfunção tireoidiana associada ao contraste e nefropatia induzida por contraste.⁽²⁾ Pacientes com taxa de filtração glomerular estimada em 45 ou mais mL/min/1,73m² têm risco insignificante de nefropatia induzida pelo contraste, enquanto pacientes com taxa de filtração glomerular estimada menor que 30mL/min/1,73m² são de alto risco e os com taxa de filtração glomerular entre 30 e 44mL/min/1,73m² são de risco intermediário.^(3,4) Esse risco aumenta nos pacientes submetidos à angio-TC por doenças da aorta, pois, frequentemente, apresentam outros fatores de risco para nefropatia, como diabetes ou idade avançada.^(5,6) Considerando-se que o volume do contraste iodado intravenoso é um fator de risco independente para o desenvolvimento de nefropatia induzida por contraste,⁽⁶⁾ a otimização e a redução do volume de infusão endovenosa desse são altamente desejáveis nestes pacientes.

Além do benefício clínico de se reduzir o volume de contraste injetado, deve-se considerar a importância econômica e ambiental de se reduzir o volume de contraste injetado. Este é um recurso finito, portanto, será benéfico para todos se pudermos reduzir seu consumo, resultando em otimização de recurso e do custo, sem prejuízo na qualidade dos exames.

O desenvolvimento recente de uma tecnologia de subtração digital de imagens, com mapeamento de iodo, seguida de acentuação do contraste ao exame, conhecida como técnica de reforço da contrastação virtual, pode proporcionar uma redução do volume de contraste utilizado para a realização de estudos, como a angio-TC da aorta. No entanto, até o momento, na Literatura de Língua Inglesa e Portuguesa, não existem estudos que tenham testado a eficácia da utilização desta tecnologia para a realização de angio-TC associada à redução do volume de contraste.

Alguns estudos já publicados avaliaram a técnica de reforço de contrastação virtual em estudos de tomografia computadorizada sem redução do volume de contraste, destacando-se um que demonstrou benefício dessa ferramenta

aumentando o realce e facilitando a detecção diagnóstica de “*endoleaks*” tipo II após tratamento endovascular de aneurismas de aorta abdominal.⁽⁷⁾

Desta forma, o intuito deste estudo foi testar a utilidade clínica da técnica de reforço de contrastação virtual na avaliação de doenças da aorta, com redução do volume de contraste intravenoso injetado, avaliando a preservação da capacidade diagnóstica em comparação com o exame sem a utilização desta tecnologia e com a injeção da dose habitual do meio de contraste endovenoso.

1.1 Objetivos

1. Demonstrar a viabilidade da realização de estudos de angiotomografia da aorta com redução de 40% do volume de contraste iodado intravenoso injetado utilizando-se uma nova tecnologia de subtração digital com mapeamento de iodo chamada de técnica de reforço de contrastação virtual;

2. Comparar dois protocolos de realização de angiotomografia da aorta abdominal, um deles com a técnica padrão (sem redução do volume de contraste injetado) e outro com a técnica de reforço de contrastação virtual e redução de 40% do volume de contraste injetado, por meio de análise subjetiva e objetiva da qualidade das imagens.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Volume de contraste injetado

O volume, a concentração, o fluxo de injeção e o tipo de injeção (unifásico *versus* bifásico) afetam o grau de realce vascular obtido após a injeção intravenosa do meio de contraste.⁽⁸⁾ Dentre as características do paciente relacionadas ao grau de realce arterial, a mais importante é o peso corporal (excluindo-se estados de doença que alteram a circulação cardíaca), o grau de realce sendo inversamente proporcional ao peso do paciente.^(9,10)

2.2 Nefropatia induzida por contraste

Na nefropatia induzida por contraste, em um período de até 48 horas após a exposição intravascular ao meio de contraste iodado, há aumento absoluto da creatinina sérica $\geq 0,3\text{mg/dL}$ ($>26,4\mu\text{mol/L}$) ou aumento percentual na creatinina sérica $\geq 50\%$ ($\geq 1,5$ vezes acima da linha de base) ou, ainda, redução do débito urinário para $\leq 0,5\text{mL/kg/hora}$ por pelo menos 6 horas.⁽²⁾

Na população geral, o risco de nefropatia associada ao uso do contraste em procedimentos radiológicos é baixo,⁽¹¹⁾ porém este risco é aumentado em subgrupos de pacientes com outros fatores associados à nefropatia. Destacam-se como os principais fatores de risco associados: idade avançada, doença renal pré-existente, *diabetes mellitus*, hiperglicemia aguda, volume sanguíneo circulante efetivo reduzido, insuficiência cardíaca congestiva, fração de ejeção baixa, anemia, antecedente de transplante renal, uso de drogas que prejudicam a hemodinâmica renal ou de outras drogas nefrotóxicas concomitantes.⁽¹²⁾

Embora a ocorrência de lesão renal aguda pós-contraste seja modulada por várias características clínicas, reconhece-se que o volume de contraste representa um fator de risco importante, independentemente do perfil de risco basal do paciente.^(13,14)

Ainda, o risco de lesão renal aguda está relacionado ao tipo do meio de contraste iodado, sendo de conhecimento que contrastes iônicos (que têm alta

osmolaridade) estão relacionados à maior chance de induzirem nefropatia do que os contrastes não iônicos.⁽¹⁵⁾ Estes contrastes iônicos praticamente não são mais utilizados por via intravenosa na atualidade, pois a redução do preço dos contrastes não iônicos permitiu que fossem utilizados de forma universal. Entre os contrastes não iônicos, existem duas categorias, os hipo-osmolares (com osmolaridade menor que a dos contrastes hiperosmolares) e os iso-osmolares (que apresentam osmolaridade semelhante ao do plasma sanguíneo – menos osmolares que a outra categoria). Múltiplas meta-análises não demonstraram diferenças estatisticamente significativas nas taxas de lesão renal aguda após o uso de meio de contraste iso-osmolar comparativamente aos meios de contraste não iônicos de baixa osmolaridade.^(16,17)

2.3 Qualidade da opacificação pelo meio de contraste em estudos de angiotomografia

Muitos protocolos de angio-TC são estudados e propostos com a finalidade de melhorar a qualidade da opacificação vascular em estudos de angio-TC ou, ainda, muitos estudos avaliam formas de reduzir a dose de radiação e/ou volume de contraste injetado, sem prejuízo na qualidade da imagem.

A técnica de injeção bifásica do contraste, na qual a injeção do contraste é dividida em duas velocidades atingindo dois picos diferentes e, conseqüentemente, permite um platô de pico por um período de tempo maior, é recomendada por fornecer maior uniformidade na contrastação aorto-ilíaca quando comparada aos protocolos de injeção unifásica.⁽¹⁸⁾

Uma forma de aumentar o nível de contraste se dá pela redução do potencial do tubo de raio X (voltagem). Estudo publicado em 2015 avaliou a qualidade na opacificação aórtica em um protocolo de angio-TC com baixo kV (100kV) e demonstrou um desempenho diagnóstico semelhante deste protocolo com o protocolo padrão.⁽¹⁹⁾ De forma semelhante, outro estudo avaliou a qualidade de imagens de angio-TC realizadas utilizando seleção automática de voltagem do tubo baseada em atenuação (intervalo, 70–150kVp; incrementos de 10kVp) e demonstrou que protocolos com baixo volume de contraste baseados em voltagens de tubo selecionadas automaticamente são viáveis e produzem qualidade de imagem diagnóstica suficiente em estudos de angio-TC da aorta.⁽¹⁾

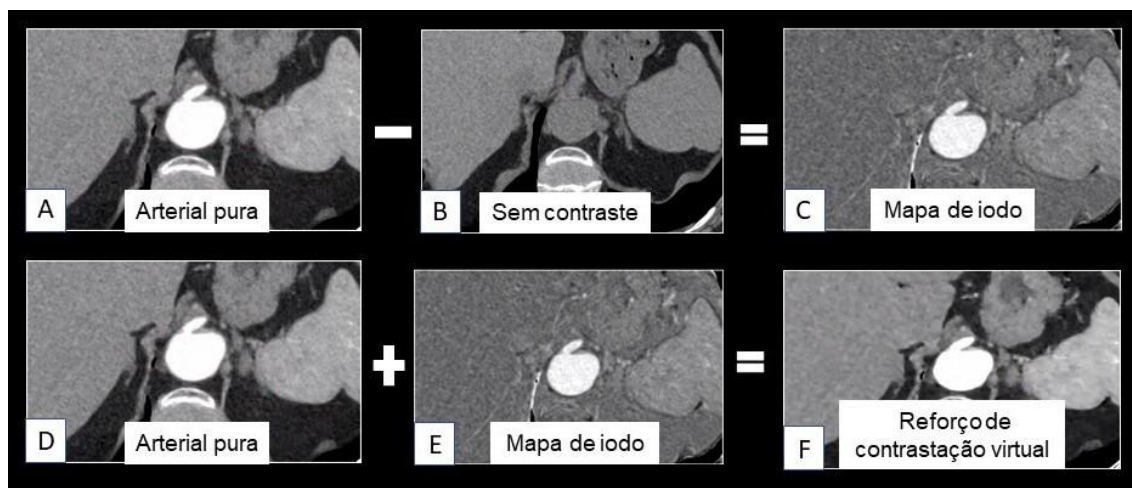
O uso da tecnologia de tomografia computadorizada com fonte dupla (DSCT – *dual-source computed tomography*) pode melhorar a qualidade da imagem nas angio-TCs da aorta, pois pode se beneficiar das informações obtidas com feixes de raios X de baixa energia (maior contrastação vascular) e, também, dos feixes de alta energia (menor ruído da imagem), fornecendo imagens com redução de artefatos e menor dose de radiação quando comparado ao protocolo convencional.⁽²⁰⁾ A DSCT é caracterizada por tomógrafos com dois tubos de raio X e dois detectores correspondentes deslocados em, aproximadamente, 90 graus, proporcionando, além dos benefícios citados, o aumento da resolução temporal em cerca de duas vezes comparativamente às tomografias de fonte única.^(21,22)

A mais recente inovação tecnológica que trará benefícios nesta área é o sistema de tomografia computadorizada com detector de contagem de fótons (*photon-counting CT*). Estes novos sistemas convertem os feixes de raios X diretamente em sinal elétrico, digitalmente. Eles demonstraram uma série de vantagens: menor ruído eletrônico, imagens de múltipla energia com tubo único, alta resolução espacial sem perda de eficiência de dose, redução da dose de radiação e relação contraste-ruído de iodo melhorada REF, esperando-se que possam ser ainda mais eficientes no uso do contraste para angio-TC.⁽²³⁾

2.4 Reforço de contrastação virtual

A tecnologia de reforço de contrastação virtual aumenta de forma retrospectiva o grau de opacificação pelo meio de contraste nas imagens de tomografia. Nesta técnica, um algoritmo realiza a extração do sinal do iodo das imagens, por meio da subtração da sequência pós-contraste da sequência pré-contraste, adquirindo um mapa de iodo. Esse mapa de iodo é somado à aquisição tomográfica pós-contraste original com um procedimento de remoção de ruído. Dessa forma, consegue-se aumentar o grau de contrastação (aumenta a densidade medida por unidade Hounsfield – UH) das imagens de maneira virtual. Esta tecnologia é demonstrada na figura 1.

Esta ferramenta é disponibilizada no tomógrafo de 320 fileiras de detectores – *Aquilion One Genesis* (Canon Medical Systems, Japão).



A imagem adquirida na fase arterial (A) é subtraída da imagem sem contraste (B), para gerar um mapa de iodo (C). A partir daí, é realizada a soma da imagem adquirida na fase arterial (D) com o mapa de iodo (E), gerando imagem com reforço virtual do contraste (F).

Figura 1. Representação resumida da técnica de reforço de contrastação virtual

3 MÉTODOS

Este foi um estudo prospectivo com pareamento de exames com técnicas diferentes do mesmo paciente. Os pacientes foram recrutados por cirurgias vasculares no ambulatório de especialidades – angiologia e cirurgia vascular – do Hospital Municipal Vila Santa Catarina (Centro Coparticipante). Foram recrutados pacientes com antecedente de aneurisma da aorta abdominal previamente submetidos a tratamento cirúrgico ou endovascular e que tinham indicação clínica de seguimento pós-tratamento com estudo de imagem.

Os pacientes foram informados de todos os aspectos dos procedimentos envolvidos e o consentimento informado foi obtido de todos os participantes (Anexo 1). Os comitês institucionais e nacionais de ética em pesquisa aprovaram nosso estudo (nº. do projeto SGPP: 4055-20 e nº. CAAE: 31906020.5.0000.0071).

Os critérios de inclusão foram definidos como indivíduos com, pelo menos, 18 anos, com aneurisma da aorta abdominal tratado e que tivessem indicação de realização de dois estudos de angio-TC da aorta abdominal (intervalo de 6 meses a 1 ano entre eles), ou seja, o primeiro e o segundo estudo de angio-TC no pós-operatório de correção de aneurisma aórtico. Os critérios de exclusão eram pacientes com contraindicações para uso de contraste iodado intravenoso (alergia prévia grave, insuficiência renal) e gravidez. A creatinina sérica antes e após a realização da angio-TC foi medida em todos os pacientes incluídos (Reflotron®, Roche Diagnostics, Rotkreuz, Suíça). A taxa de filtração glomerular abaixo de 30mL/min calculada pela fórmula *modification of diet in renal disease (MDRD)*⁽²⁴⁾ foi considerada contraindicação para a injeção endovenosa do meio de contraste.

Algumas condições específicas foram abordadas de acordo com o protocolo institucional para a injeção de contraste iodado. Entre estas, foi utilizada pré-medicação para pacientes com risco baixo a moderado de reação alérgica; e, também, foi realizada hidratação prévia ao exame em pacientes com taxa de filtração glomerular estimada entre 30 e 60mL/min.

Os pacientes incluídos foram alocados de forma consecutiva um em cada grupo no momento de aquisição da primeira angio-TC. O Grupo 1 realizou, primeiramente, uma angio-TC com o protocolo convencional e a segunda angio-TC com

protocolo de reforço virtual de contraste. O Grupo 2, de maneira inversa, realizou primeiro uma angio-TC com o protocolo de reforço virtual de contraste seguida de uma angio-TC com o protocolo convencional. O intervalo entre os exames nos dois grupos foi de, pelo menos, 6 meses e intervalo máximo de 12 meses, o que seguiu as recomendações clínicas propostas para controle de tratamento (endovascular ou cirúrgico) de aneurisma da aorta abdominal, situação em que é indicado realizar controle com angio-TC com contraste em 12 meses, ou, caso haja *endoleak*, sugere-se novo controle em 6 meses.⁽²⁵⁾

3.1 Aquisição de imagem

Todas as imagens foram adquiridas utilizando-se um tomógrafo de 320 fileiras de detectores (Aquilion ONE™ / GENESIS, Canon Medical Systems, Japão).

Os pacientes receberam contraste iodado intravenoso com a mesma concentração (iobitridol, 350mg I/mL, Henetix®, Guerbet, França) por uma veia antecubital no membro superior direito, por meio de um cateter de calibre 18 ou 20 e administrado por uma bomba injetora automática (Stellant Dual Syringe CT, Medrad®, Indianola, PA, EUA).

Todos os exames avaliaram a aorta abdominal, artérias ilíacas e a porção proximal das artérias femorais. Uma fase sem contraste foi realizada do abdome superior e pelve utilizando um protocolo de dose baixa (modulação automática da dose definida como baixa dose). As imagens sem contraste foram utilizadas para localizar a origem das artérias renais e, neste nível, foi monitorizado o aumento da densidade decorrente do contraste utilizando-se medidas seriadas com uma região de interesse (ROI – *region of interest*) na aorta abdominal; ao alcançar 180UH, era disparada, automaticamente, a aquisição das imagens angiotomográficas.

O protocolo de administração de contraste iodado intravenoso nos exames de angio-TC com a técnica de reforço de contrastação virtual está descrito na tabela 1, sendo que foi realizada uma redução do volume de contraste em 40% conforme orientação do fabricante da tecnologia (Canon Medical Systems, Japão) associado a uma redução do fluxo de contraste injetado de forma proporcional, uma vez que, dessa forma, objetivou-se a manutenção do tempo total de injeção do contraste (parâmetro importante para se obter contrastação adequada durante aquisição da angio-TC de acordo com a farmacocinética de distribuição fisiológica do contraste).⁽²⁶⁾

O protocolo institucional padrão de injeção de contraste endovenoso em angio-TCs da aorta abdominal está descrito na tabela 2.

Tabela 1. Protocolo de injeção para aquisição da angiotomografia com a técnica de reforço de contrastação virtual

Peso	Volume de contraste (fluxo de injeção)
< 55kg	43mL (2,4mL/seg)
56 - 65kg	49mL (2,7mL/seg)
66 - 85kg	54mL (3mL/seg)
86 - 90kg	60mL (3,3mL/seg)
> 95Kg	65mL (3,6mL/seg)

Tabela 2. Protocolo de injeção para aquisição da angiotomografia padrão

Peso	Volume de contraste (fluxo de injeção)
< 55kg	72mL (4,0mL/seg)
56 - 65kg	81mL (4,5mL/seg)
66 - 85kg	90mL (5,0mL/seg)
86 - 90kg	99mL (5,5mL/seg)
> 95Kg	108mL (6,0mL/seg)

Uma única biomédica realizou todos os exames com a técnica descrita neste item.

3.2 Pós-processamento

As séries de imagens obtidas com 1,0mm de espessura e 0,8cm de incremento foram enviadas para um sistema de comunicação e arquivo de imagens (PACS – *picture archiving and communication system* Carestream Health, Rochester, Nova Iorque, EUA) para análise em estações de trabalho separadas. Nestas estações, era possível a reconstrução das imagens de forma tridimensional (3D), com técnicas de renderização de volume (VR – *volume rendering*) 3D e na projeção de intensidade máxima (MIP – *maximum intensity projection*) (3D MIP).

3.3 Análise de imagem

Os exames anonimizados foram analisados por um radiologista com 5 anos de experiência com imagem vascular (Avaliador 1) e por outro radiologista com 17 anos de experiência com imagem vascular (Avaliador 2), de modo cego (sem o conhecimento da técnica de aquisição empregada e em ordem aleatória, ambos seguindo a mesma ordem).

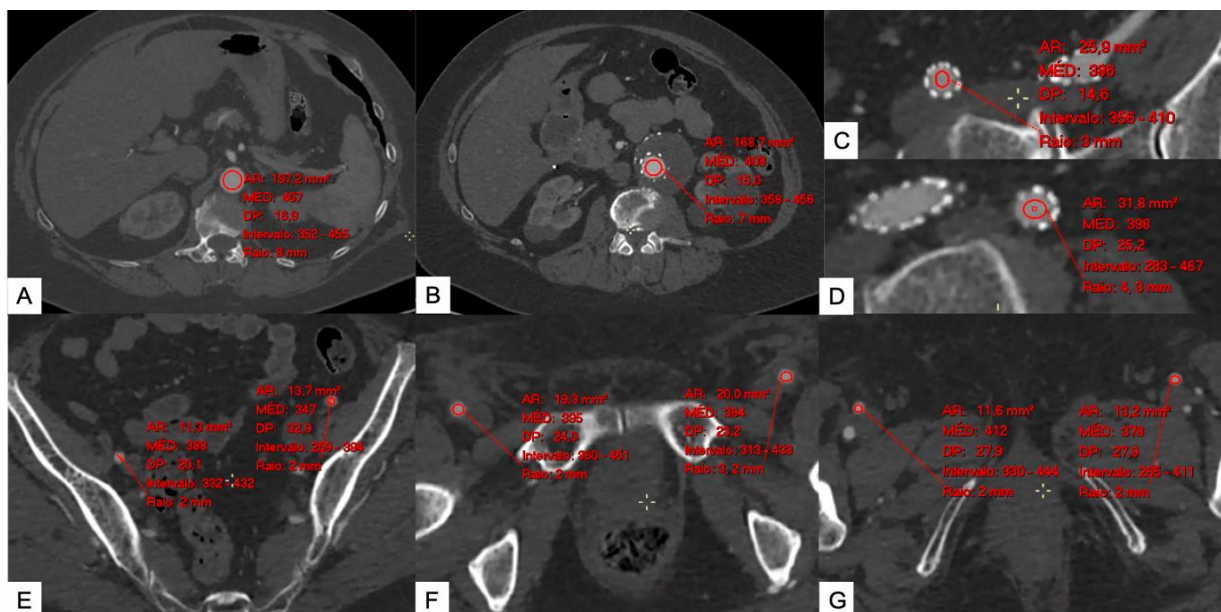
A análise de qualidade foi realizada utilizando-se uma escala de quatro pontos (Quadro 1) e uma nota foi atribuída para cada segmento: aorta abdominal, cada lado das artérias renais principais e segmentares, tronco celíaco, artéria mesentérica superior, e cada lado das artérias ilíacas comuns, ilíacas externas e femorais comuns.

Quadro 1. Escala de quatro pontos para análise qualitativa

- 1. Não diagnóstico:** informações diagnósticas pobres, impossível detectar ou excluir lesões vasculares
- 2. Qualidade diagnóstica moderada:** contrastação vascular heterogênea na luz do vaso, avaliação de possíveis lesões vasculares com baixa confiança diagnóstica
- 3. Boa visualização:** contrastação na luz do vaso boa e quase totalmente homogênea, avaliação de possíveis lesões vasculares com confiança diagnóstica satisfatória
- 4. Excelente visualização:** contrastação na luz do vaso ótima e completamente homogênea, avaliação de lesões vasculares com alta confiança diagnóstica

Fonte: Traduzido e adaptado de: Iezzi R, Santoro M, Marano R, Di Stasi C, Dattesi R, Kirchin M, et al. Low-dose multidetector CT angiography in the evaluation of infrarenal aorta and peripheral arterial occlusive disease. Radiology. 2012;263(1):287-98.⁽²⁷⁾

Um leitor (3 anos de experiência com imagem vascular) realizou a análise quantitativa, que consistiu em medir a atenuação média em UH utilizando uma ROI. A ROI foi colocado em uma posição central do vaso e incluiu, pelo menos, dois terços do seu lúmen. Os segmentos analisados foram: aorta abdominal suprarrenal, aorta abdominal infrarrenal, cada lado das artérias ilíacas comuns, ilíacas externas, femorais comuns e femorais superficiais (Figura 2).



Imagens axiais da série arterial com reforço de contrastação virtual, na aorta abdominal suprarrenal (A), na aorta abdominal infrarrenal (B), na artéria ilíaca comum direita (C), na artéria ilíaca comum esquerda (D), nas artérias ilíacas externas direita e esquerda (E), nas artérias femorais comuns direita e esquerda (F), e nas artérias femorais superficiais direita e esquerda (G).

Figura 2. Posicionamento das regiões de interesse para as medidas de atenuação média nos segmentos arteriais avaliados

Além disso, foi medida a atenuação do músculo psoas direito (no nível do polo inferior do rim direito) e o ruído da imagem foi definido como o desvio padrão medido nesta ROI. A relação sinal ruído (SNR – *signal-to-noise ratio*) foi calculada pela atenuação média na luz da aorta dividida pelo ruído e a relação contraste ruído (CNR – *contrast-to-noise ratio*) foi calculada como a diferença entre a atenuação média na luz da aorta pela atenuação média no músculo psoas dividido pelo ruído.⁽²⁸⁾

A dose de radiação também foi comparada entre todos os exames para identificar seus efeitos na qualidade da imagem e foi obtida a partir do relatório de dose fornecido automaticamente pelo *scanner* no final de cada exame. A medida comparada foi o produto dose comprimento (DLP – *dose-length product*), expresso em mGy.cm.

3.4 Análise estatística

As variáveis contínuas foram expressas como média e desvio padrão, e comparadas usando o teste *t* de Student pareado; e as variáveis categóricas foram descritas por tabelas de frequências e porcentagens.

As variáveis ordinais qualitativas foram avaliadas utilizando o teste de McNemar.

A concordância entre observadores foi avaliada utilizando o coeficiente de concordância de Kendall (W – adequado para categorias ordinais).

4 RESULTADOS

4.1 Dados demográficos

Foram incluídos 14 indivíduos recomendados para controle de aneurisma da aorta abdominal tratado (endovascular) no período de março de 2020 a fevereiro de 2023, sendo 5 mulheres e 9 homens, com faixa etária média de 73,7 anos (faixa, 65-78 anos). As características demográficas e clínicas da população do estudo estão descritas nas tabelas 3 e 4.

Tabela 3. Dados demográficos

Parâmetro	População do estudo (N=14)
Idade, média (DP), anos	73,7 (3,4)
Peso, média (DP), kg	79,7 (19,7)

DP: desvio padrão.

Tabela 4. Dados clínicos

Características	Resultados n (%)
Hipertensão arterial sistêmica	
Presente	9 (64)
Ausente	5 (36)
<i>Diabetes mellitus</i>	
Presente	6 (43)
Ausente	8 (57)
Tabagismo/ex-tabagismo	
Sim	12 (86)
Não	2 (14)

Os 14 pacientes foram submetidos a duas angio-TCs seriadas da aorta abdominal, com intervalo entre as aquisições dos exames entre 6 e 12 meses.

Sete pacientes foram alocados no Grupo 1. Eles foram submetidos, primeiramente, à CTA com o novo protocolo de imagem utilizando a técnica de reforço virtual de contraste com volume de contraste injetado reduzido (40% do volume total do contraste injetado no protocolo padrão), com protocolo de injeção bifásica com fluxo reduzido também em 40%. A segunda CTA desse grupo foi realizada conforme o

protocolo institucional padrão com injeção bifásica de contraste iodado intravenoso e sem redução do volume de contraste injetado.

Sete pacientes foram alocados no Grupo 2. Estes foram, primeiramente, submetidos à CTA com o protocolo institucional padrão (sem redução do volume de contraste) e após um intervalo de 6 meses a 1 ano foram submetidos à nova CTA usando a técnica de reforço virtual de contraste com volume de contraste injetado reduzido (redução de 40% do volume total do contraste injetado no protocolo padrão).

4.2 Volume e fluxo de contraste

O volume de contraste médio utilizado para os exames com o protocolo institucional padrão foi de 101,8mL (intervalo 70-140mL) e o volume de contraste médio utilizado para os exames com o protocolo com reforço de contrastação virtual foi de 56,4mL (intervalo de 43-65mL), havendo diferença significativa entre os grupos com $p < 0,001$. Da mesma forma, houve redução do fluxo do contraste injetado, sendo que, para os exames que seguiram o protocolo institucional padrão, foi de 4,5mL/s (intervalo de 4-5mL/s) e, para os exames realizados com o protocolo com reforço de contrastação virtual, foi de 3,11mL/s (intervalo de 2,4-3,6mL/s).

4.3 Concordância entre observadores

De forma subjetiva, a concordância entre os observadores na análise qualitativa da opacificação dos segmentos arteriais avaliados demonstrou uma alta concordância (Tabela 5). Entretanto, a avaliação numérica desse resultado é limitada devido à pouca variabilidade nas respostas, praticamente todos os segmentos julgados na graduação 3 e 4 da escala utilizada, ou seja, boa ou excelente visibilização.

Tabela 5. Avaliação qualitativa dos segmentos arteriais para os dois avaliadores

Avaliação qualitativa dos segmentos arteriais	Avaliador 1 n (%)	Avaliador 2 n (%)
Aorta abdominal		
1. Não diagnóstico	0 (0,0)	0 (0,0)
2. Qualidade diagnóstica moderada	0 (0,0)	0 (0,0)
3. Boa visibilização	0 (0,0)	3 (10,7)
4. Excelente visibilização	28 (100,0)	25 (89,3)
Artéria renal principal direita		
1. Não diagnóstico	0 (0,0)	0 (0,0)
2. Qualidade diagnóstica moderada	0 (0,0)	0 (0,0)
3. Boa visibilização	0 (0,0)	3 (10,7)
4. Excelente visibilização	28 (100,0)	25 (89,3)
Artéria renal principal esquerda		
1. Não diagnóstico	0 (0,0)	0 (0,0)
2. Qualidade diagnóstica moderada	0 (0,0)	0 (0,0)
3. Boa visibilização	0 (0,0)	3 (10,7)
4. Excelente visibilização	28 (100,0)	25 (89,3)
Artéria renal segmentar direita		
1. Não diagnóstico	0 (0,0)	0 (0,0)
2. Qualidade diagnóstica moderada	0 (0,0)	1 (3,6)
3. Boa visibilização	4 (14,3)	7 (25,0)
4. Excelente visibilização	24 (85,7)	20 (71,4)
Artéria renal segmentar esquerda		
1. Não diagnóstico	0 (0,0)	0 (0,0)
2. Qualidade diagnóstica moderada	0 (0,0)	1 (3,6)
3. Boa visibilização	5 (17,9)	7 (25,0)
4. Excelente visibilização	23 (82,1)	20 (71,4)
Tronco celíaco		
1. Não diagnóstico	0 (0,0)	0 (0,0)
2. Qualidade diagnóstica moderada	0 (0,0)	0 (0,0)
3. Boa visibilização	1 (3,6)	3 (10,7)
4. Excelente visibilização	27 (96,4)	25 (89,3)
Artéria mesentérica superior		
1. Não diagnóstico	0 (0,0)	0 (0,0)
2. Qualidade diagnóstica moderada	0 (0,0)	0 (0,0)
3. Boa visibilização	0 (0,0)	3 (10,7)
4. Excelente visibilização	28 (100,0)	25 (89,3)
Artéria ilíaca comum direita		
1. Não diagnóstico	0 (0,0)	0 (0,0)
2. Qualidade diagnóstica moderada	0 (0,0)	0 (0,0)
3. Boa visibilização	0 (0,0)	3 (10,7)
4. Excelente visibilização	28 (100,0)	25 (89,3)
Artéria ilíaca comum esquerda		
1. Não diagnóstico	0 (0,0)	0 (0,0)
2. Qualidade diagnóstica moderada	0 (0,0)	0 (0,0)
3. Boa visibilização	0 (0,0)	3 (11,5)
4. Excelente visibilização	26 (100,0)	23 (88,5)

continua...

...continuação

Artéria ilíaca externa direita		
1. Não diagnóstico	0 (0,0)	0 (0,0)
2. Qualidade diagnóstica moderada	0 (0,0)	0 (0,0)
3. Boa visibilização	0 (0,0)	3 (10,7)
4. Excelente visibilização	28 (100,0)	25 (89,3)
Artéria ilíaca externa esquerda		
1. Não diagnóstico	0 (0,0)	0 (0,0)
2. Qualidade diagnóstica moderada	1 (3,8)	0 (0,0)
3. Boa visibilização	0 (0,0)	3 (11,5)
4. Excelente visibilização	25 (96,2)	23 (88,5)
Artéria femoral comum direita		
1. Não diagnóstico	0 (0,0)	0 (0,0)
2. Qualidade diagnóstica moderada	0 (0,0)	0 (0,0)
3. Boa visibilização	0 (0,0)	3 (10,7)
4. Excelente visibilização	28 (100,0)	25 (89,3)
Artéria femoral comum esquerda		
1. Não diagnóstico	0 (0,0)	0 (0,0)
2. Qualidade diagnóstica moderada	0 (0,0)	0 (0,0)
3. Boa visibilização	0 (0,0)	4 (14,3)
4. Excelente visibilização	28 (100,0)	24 (85,7)

4.4 Qualidade da imagem

A análise dos segmentos usando a escala de quatro pontos não mostrou diferença estatisticamente significativa entre os protocolos de angio-TC (técnica padrão ou com reforço de contrastação virtual). Tanto para o avaliador 1 quanto para o avaliador 2 praticamente todos os segmentos arteriais analisados, tanto nas angio-TC realizadas pela técnica padrão como nas realizadas pelo protocolo de reforço de contrastação virtual, apresentaram qualidade suficientemente alta com pontuações 3 ou 4 (bom ou excelente para o diagnóstico) (Tabela 5). Apenas um segmento (ilíaco externo esquerdo) de um estudo de angio-TC realizado com o protocolo de reforço de contrastação virtual foi classificado como qualidade moderada para o diagnóstico (pontuação 2) pelo avaliador 1, sendo que o mesmo segmento no estudo com angio-TC com o protocolo padrão foi classificado como com qualidade excelente para o diagnóstico (pontuação 4). Para o avaliador 2, dois segmentos (artéria renal segmentar direita e artéria renal segmentar esquerda) de um mesmo estudo com a técnica de reforço de contrastação virtual foram classificados como qualidade moderada para o diagnóstico (pontuação 2), sendo que estes mesmos segmentos no estudo com protocolo padrão foram classificados como com qualidade excelente para o diagnóstico (pontuação 4).

Apesar de não haver uma diferença considerada estatisticamente significativa, as medidas objetivas da luz arterial ROI apresentaram maior atenuação média para os exames de angio-TC adquiridos com a tecnologia de reforço de contrastação virtual em todos os segmentos avaliados comparativamente aos exames de angio-TC adquiridos pela técnica padrão. Estes resultados são apresentados na tabela 6. Os valores médios e os intervalos de confiança de 95% foram de 382,51UH (369-398) para as angio-TC adquiridas pelo protocolo padrão e 399,80UH (392,2-417,9UH) para as angio-TC adquiridas com a tecnologia de reforço de contrastação virtual.

Tabela 6. Medidas da atenuação na luz arterial

Parâmetros objetivos	Protocolo padrão		Protocolo de reforço de contrastação virtual		Valor-p
	Média	DP	Média	DP	
Atenuação da aorta abdominal suprarrenal	375,7	92,86	396,57	75,32	0,177
Atenuação da aorta abdominal infrarrenal	392,57	97,74	406	74,61	0,438
Atenuação da artéria ilíaca comum direita	389,43	97,39	406,86	75,02	0,316
Atenuação da artéria ilíaca comum esquerda	360	86,97	386,92	81,26	0,318
Atenuação da artéria ilíaca externa direita	380,93	108,77	408,14	76,06	0,186
Atenuação da artéria ilíaca externa esquerda	376,38	104,53	377,92	73,72	0,943
Atenuação da artéria femoral comum direita	388,86	95,15	409,86	72,34	0,245
Atenuação da artéria femoral comum esquerda	375,57	101,73	395,64	86,96	0,243
Atenuação da artéria femoral superficial direita	398,14	105,99	417,93	83,02	0,336
Atenuação da artéria femoral superficial esquerda	378,57	110,45	392,21	87,92	0,506

DP: desvio padrão.

4.5 Dose de radiação, ruído, relação sinal ruído e relação contraste ruído

Os dados coletados do relatório de dose fornecido pelo equipamento não apresentaram diferença estatisticamente significativa em relação à dose de radiação entre os grupos, embora a média tenha sido maior no protocolo de reforço de contrastação virtual. O DLP médio foi de $1864,14 \pm 924,8$ mGy.cm nas angio-TC adquiridas pelo protocolo padrão e $2242,77 \pm 1516,9$ mGy.cm nas angio-TC adquiridas pelo protocolo de reforço de contrastação virtual.

O ruído medido por meio do desvio padrão da atenuação no músculo psoas não demonstrou diferença estatisticamente significativa entre as angio-TC do

protocolo padrão ($17,5 \pm 3,1$) e as angio-TC do protocolo de reforço de contrastação virtual ($16,9 \pm 5,1$). O DLP médio foi maior no protocolo com reforço virtual.

Os valores médios das relações SNR e CNR foram semelhantes nos estudos com os diferentes protocolos avaliados, com valores médios um pouco mais altos nos estudos com protocolo de reforço de contrastação virtual – média do SNR de 25,5 (DP=8,7) e do CNR de 22,7 (DP=8,1) – quando comparado ao protocolo com a técnica padrão – média do SNR de 22,0 (DP=7,0) e do CNR de 19,2 (DP=6,5).

4.6 Peso

Na maioria dos pacientes, não houve variação significativa no peso entre a realização da primeira e da segunda angio-TCs, sendo que, em média, houve uma variação de 2,1% do peso, conforme demonstrado na tabela 7.

Tabela 7. Peso dos pacientes na realização das angiotomografias

N	Peso do paciente 1º angio-TC	Peso do paciente 2º angio-TC	Variação do peso (%)
1	103	105	1,9
2	92	92	0
3	88	98	11
4	55	59	7
5	101	105	3,9
6	58	56	3,4
7	70	73	4,2
8	77	77	0
9	107	105	1,8
10	84	86	2,3
11	105	95	9,5
12	50	62	24
13	76	75	1,3
14	43	43	0
Média	79	80,7	2,1

Angio-TC: angiotomografia.

4.7 Dose de radiação e variação do peso

Não se observou correlação entre a média da dose de radiação e a média de peso dos pacientes nas angio-TCs realizadas com o protocolo com reforço de contrastação virtual (média do peso = 79,71Kg; DLP médio de 2242,77) e nas angio-TCs com o protocolo padrão (média do peso = 79,78Kg; DLP médio de 1864,14), com valor- $p=0,49$.

4.8 Creatinina sérica

A média da creatinina sérica coletada antes da realização das angio-TCs foi de 1,02 (0,57 – 1,77). A coleta da creatinina após a realização de estudo de angio-TC foi possível em apenas 9 dos 28 estudos realizados, devido à ausência de retorno dos pacientes ao local de coleta conforme orientado. Nesses 9 pacientes, não houve diferença significativa entre o valor da creatinina pré e pós-angio-TC, tanto no grupo do protocolo com reforço virtual de contraste quanto no grupo com protocolo padrão, conforme demonstrado na tabela 8.

Tabela 8. Valores da creatinina sérica pré e pós-realização das angiotomografias

Angio-TC com técnica de reforço virtual de contraste	
Creatinina pré-angio-TC (mg/dL)	Creatinina pós-angio-TC (mg/dL)
0,9	1,05
1,02	1
1,03	0,65
1,25	1,34
Angio-TC com o protocolo convencional	
Creatinina pré-angio-TC (mg/dL)	Creatinina pós-angio-TC (mg/dL)
1,4	1,32
1,06	0,99
1,11	0,93
1,1	1,15
1,08	1,11

Angio-TC: angiotomografia.

5 DISCUSSÃO

A técnica de reforço de contrastação virtual usando contraste com volume reduzido em 40% em angio-TC possui qualidade de imagem equiparável ao protocolo convencional, sendo este o primeiro estudo na literatura de língua portuguesa e inglesa que demonstra a utilidade clínica desta técnica com a redução do volume de contraste injetado.

A análise quantitativa do nosso estudo demonstrou valor médio das medidas de atenuação da luz arterial ROI um pouco maior para as angio-TC adquiridas com o protocolo de reforço de contrastação virtual comparado com o protocolo padrão 399,8 *versus* 382,5UH, ressaltando-se que ambos os protocolos tiveram grau de opacificação arterial média considerado suficiente para o diagnóstico (acima de 300UH).⁽¹⁾

O ruído foi semelhante entre as angio-TC adquiridas com protocolo padrão e as com o protocolo de reforço de contrastação virtual. Este resultado é esperado, pois a radiação foi determinada automaticamente com a mesma técnica nos dois grupos, favorecendo a equivalência entre os estudos.

O SNR e o CNR foram um pouco mais altos com o protocolo de reforço de contrastação virtual do que com o protocolo padrão, o que demonstra que a técnica de reforço de contrastação virtual foi eficiente para o mapeamento de informações de contrastação vascular pelo iodo e que foram adicionados de forma eficaz como sinal e contraste, não adicionando proporcionalmente a mesma quantidade de ruído.

No mesmo sentido, um estudo avaliou de forma retrospectiva a contrastação na veia porta em tomografias comparando a tecnologia de reforço de contrastação virtual com imagens sem a utilização dessa ferramenta e demonstrou relações SNR e CNR mais altos no grupo com reforço de contrastação virtual.⁽²⁹⁾

Da mesma forma, quando utilizada a ferramenta de reforço de contrastação virtual na avaliação dos vasos pulmonares, demonstraram-se atenuações mais altas no tronco da artéria pulmonar e nas artérias pulmonares subsegmentares quando utilizada a ferramenta reforço de contrastação virtual comparada com a técnica convencional, bem como, as relações SNR e CNR também foram maiores nos exames com a técnica de reforço de contrastação virtual.⁽³⁰⁾

A técnica de reforço de contrastação virtual também mostrou benefício na qualidade das imagens abdominais quando associada a formas de reconstrução iterativa, sendo que a reconstrução iterativa baseada em modelo (MBIR – *model-based iterative reconstruction*) em associação com a técnica de reforço de contrastação virtual tiveram a melhor qualidade de imagem quando comparadas às demais formas de reconstrução.⁽³¹⁾

Outras tecnologias além da técnica de reforço de contrastação virtual permitem a redução de dose de contraste intravenoso para a realização de angio-TCs. Dentre elas, podemos citar o uso da aquisição em dupla energia com reconstrução das imagens na energia otimizada para aumentar a atenuação do contraste. Esta tecnologia pode aumentar a dose de radiação por necessitar de duas aquisições com energias diferentes do mesmo local.^(20,21) Em nosso estudo, houve um discreto aumento da dose de radiação nos estudos com a tecnologia de reforço de contrastação virtual quando comparado ao protocolo padrão (2242,77 *versus* 1864,14mGy.cm), não sendo essa variação estatisticamente significativa. Outra técnica que merece ser citada é a aquisição de energia única com baixa quilovoltagem que aumenta a atenuação do contraste, porém pode também aumentar a quantidade de ruído e artefatos na imagem, resultando em menor SNR e CNR.^(1,19)

Na análise qualitativa para os dois avaliadores, praticamente todos os segmentos analisados foram considerados com um grau de opacificação arterial bom ou excelente para o diagnóstico nos dois protocolos avaliados (padrão e reforço virtual de contraste). Apenas um segmento (ilíaca externa) foi classificado pelo Avaliador 1 como apresentando qualidade moderada para o diagnóstico e dois segmentos (artérias renais segmentares) foram classificados como tendo qualidade moderada para o Avaliador 2, sendo esses segmentos em estudos realizados com técnica de reforço virtual de contraste e, comparativamente, estes mesmos segmentos foram julgados como com qualidade boa na angio-TC com o protocolo padrão. Analisando-se as imagens da angio-TC do segmento avaliado como com qualidade moderada pelo Avaliador 1, observam-se artefatos de endurecimento do feixe relacionados a material de embolização da artéria ilíaca interna do mesmo lado do segmento julgado como de qualidade moderada, o que pode ter contribuído, de certa forma, para esta avaliação. Ainda, na análise quantitativa deste segmento, a atenuação média foi de 310UH no protocolo com a técnica de reforço de contrastação virtual e de 422UH no protocolo padrão, ou seja, diferentemente da

média da atenuação de praticamente todos os outros segmentos, neste o protocolo padrão, a atenuação média foi um pouco mais alta.

Além do benefício clínico de se realizar um estudo de angio-TC com qualidade de opacificação semelhante e redução do volume de contraste, deve-se destacar o papel central que essa ferramenta exerce na atualidade. A falta dos meios de contrastes (principalmente dos contrastes iodados) nos serviços radiológicos de todo o Brasil (públicos e privados) marcou o ano de 2022. Alguns fatores são sugeridos pelo Colégio Brasileiro de Radiologia como envolvidos com a escassez dos meios de contraste: aumento da demanda (demanda reprimida da pandemia COVID-19); um comércio mundial altamente interligado, o que pode impactar nas matrizes; escassez de iodo no mundo (elemento químico essencial nas formulações dos meios de contraste usados em tomografia); e interrupção de uma empresa de fornecimento dos meios de contraste.⁽³²⁾

Neste contexto, fica evidente a importância do consumo consciente dos meios de contraste, entendendo-se que uma ferramenta como a técnica de reforço virtual de contraste, por manter a qualidade dos estudos de tomografia permitindo uma redução no volume injetado assume papel valioso. Neste estudo, testamos uma redução de 40% do volume de contraste injetado, ou seja, o volume de contraste utilizado para realizar 3 exames com o protocolo convencional permite a realização de 5 exames com o protocolo de reforço virtual de contraste, perfazendo um aumento de cerca de 65% na capacidade de atendimento.

A principal limitação deste estudo foi a pequena amostra de população (14 pacientes, 28 estudos de angio-TC), entretanto, os dados de exames pareados do mesmo paciente é bastante significativo, pois uma grande parte das variações fisiológicas possíveis entre dois estudos distintos é controlada por se tratar do mesmo paciente. Além disso, mesmo com a amostra sendo pequena, o número foi suficiente para demonstrar que não houve perda de qualidade significativa com o uso da ferramenta de contrastação virtual. Outra limitação foi o possível viés decorrente do cegamento ineficaz dos avaliadores durante a leitura da imagem, uma vez que a análise das imagens pode permitir o reconhecimento do protocolo utilizado.

6 CONCLUSÕES

1. A técnica de reforço virtual de contraste permitiu a obtenção de exames de angiotomografia computadorizada do abdome com volume de contraste reduzido em 40% em relação aos exames de angiotomografia com técnica padrão;

2. A análise qualitativa demonstrou que o protocolo com reforço virtual de contraste mantém qualidade de opacificação arterial semelhante ao protocolo convencional. Ainda, a análise quantitativa demonstrou médias de atenuação do realce vascular, ruído, relação sinal ruído e relação contraste ruído semelhantes no protocolo com reforço virtual de contraste e no protocolo padrão.

7 REFERÊNCIAS

1. Higashigaito K, Schmid T, Puippe G, Morsbach F, Lachat M, Seifert B, et al. CT Angiography of the aorta: prospective evaluation of individualized low-volume contrast media protocols. *Radiology*. 2016;280(3):960–8.
2. ACR Committee on Drugs and Contrast Media. ACR manual on contrast media. Reston: American College of Radiology; 2023 [cited 2023 May 5]. Available from: https://www.acr.org/-/media/acr/files/clinical-resources/contrast_media.pdf
3. Rudnick MR, Leonberg-Yoo AK, Litt HI, Cohen RM, Hilton S, Reese PP. The controversy of contrast-induced nephropathy with intravenous contrast: what is the risk? *Am J Kidney Dis*. 2020;75(1):105–13.
4. Walker H, Guthrie GD, Lambourg E, Traill P, Zealley I, Plumb A, et al. Systematic review and meta-analysis of prophylaxis use with intravenous contrast exposure to prevent contrast-induced nephropathy. *Eur J Radiol*. 2022;153:110368.
5. Andreucci M, Solomon R, Tasanarong A. Side effects of radiographic contrast media: pathogenesis, risk factors, and prevention. *BioMed Res Int*. 2014;2014:741018.
6. Barrett BJ, Parfrey PS. Clinical practice. Preventing nephropathy induced by contrast medium. *N Engl J Med*. 2006;354(4):379–86.
7. Iizuka H, Yokota Y, Kidoh M, Oda S, Ikeda O, Tamura Y, et al. Contrast Enhancement boost technique at aortic computed tomography angiography: added value for the evaluation of type ii endoleaks after endovascular aortic aneurysm repair. *Acad Radiol*. 2019;26(11):1435–40.
8. Brink JA. Use of high concentration contrast media (HCCM): principles and rationale—body CT. *Eur J Radiol*. 2003;45 Suppl 1:S53–8.
9. Heiken JP, Brink JA, McClennan BL, Sagel SS, Crowe TM, Gaines MV. Dynamic incremental CT: effect of volume and concentration of contrast material and patient weight on hepatic enhancement. *Radiology*. 1995;195(2):353–7.
10. Kormano M, Partanen K, Soimakallio S, Kivimäki T. Dynamic contrast enhancement of the upper abdomen: effect of contrast medium and body weight. *Invest Radiol*. 1983;18(4):364–7.
11. Nikolsky E, Aymong ED, Dangas G, Mehran R. Radiocontrast nephropathy: identifying the high-risk patient and the implications of exacerbating renal function. *Rev Cardiovasc Med*. 2003;4 Suppl 1:S7–14.
12. Subramaniam RM, Suarez-Cuervo C, Wilson RF, Turban S, Zhang A, Sherrod C, et al. Effectiveness of prevention strategies for contrast-induced nephropathy: a systematic review and meta-analysis. *Ann Intern Med*. 2016;164(6):406–16.
13. Mariani J Jr, Guedes C, Soares P, Zalc S, Campos CM, Lopes AC, 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 Cardiovasc Interv*. 2014;7(11):1287–93.
14. Pistolesi V, Regolisti G, Morabito S, Gandolfini I, Corrado S, Piotti G, et al. Contrast medium induced acute kidney injury: a narrative review. *J Nephrol*. 2018;31(6):797–812.

15. Barrett BJ, Carlisle EJ. Metaanalysis of the relative nephrotoxicity of high- and low-osmolality iodinated contrast media. *Radiology*. 1993;188(1):171–8.
16. McDonald JS, McDonald RJ, Williamson EE, Kallmes DF. Is intravenous administration of iodixanol associated with increased risk of acute kidney injury, dialysis, or mortality? A propensity score-adjusted study. *Radiology*. 2017;285(2):414–24.
17. Eng J, Wilson RF, Subramaniam RM, Zhang A, Suarez-Cuervo C, Turban S, et al. Comparative effect of contrast media type on the incidence of contrast-induced nephropathy: a systematic review and meta-analysis. *Ann Intern Med*. 2016;164(6):417–24.
18. Fleischmann D, Rubin GD, Bankier AA, Hittmair K. Improved uniformity of aortic enhancement with customized contrast medium injection protocols at CT angiography. *Radiology*. 2000;214(2):363–71.
19. Ippolito D, Talei Franzesi C, Fior D, Bonaffini PA, Minutolo O, Sironi S. Low kV settings CT angiography (CTA) with low dose contrast medium volume protocol in the assessment of thoracic and abdominal aorta disease: a feasibility study. *Br J Radiol*. 2015;88(1049):20140140.
20. Liu Y, Xu J, Li J, Ren J, Liu H, Xu J, et al. The ascending aortic image quality and the whole aortic radiation dose of high-pitch dual-source CT angiography. *J Cardiothorac Surg*. 2013;8(1):228.
21. Flohr TG, McCollough CH, Bruder H, Petersilka M, Gruber K, Süß C, et al. First performance evaluation of a dual-source CT (DSCT) system. *Eur Radiol*. 2006;16(2):256-68. Erratum in: *Eur Radiol*. 2006;16(6):1405.
22. Matt D, Scheffel H, Leschka S, Flohr TG, Marincek B, Kaufmann PA, et al. Dual-source CT coronary angiography: image quality, mean heart rate, and heart rate variability. *AJR Am J Roentgenol*. 2007;189(3):567–73.
23. Rajendran K, Petersilka M, Henning A, Shanblatt ER, Schmidt B, Flohr TG, et al. First clinical photon-counting detector CT system: technical evaluation. *Radiology*. 2022;303(1):130–8.
24. Levey AS, Bosch JP, Lewis JB, Greene T, Rogers N, Roth D; Modification of Diet in Renal Disease Study Group. A more accurate method to estimate glomerular filtration rate from serum creatinine: a new prediction equation. *Ann Intern Med*. 1999;130(6):461–70.
25. Sidawy AN, Perler BA. *Rutherford's vascular surgery and endovascular therapy*. 9th ed. Philadelphia: Elsevier; 2022.
26. Fleischmann D, Chin AS, Molvin L, Wang J, Hallett R. Computed tomography angiography: a review and technical update. *Radiol Clin North Am*. 2016;54(1):1–12.
27. Iezzi R, Santoro M, Marano R, Di Stasi C, Dattesi R, Kirchin M, et al. Low-dose multidetector CT angiography in the evaluation of infrarenal aorta and peripheral arterial occlusive disease. *Radiology*. 2012;263(1):287–98.
28. Nakaura T, Awai K, Maruyama N, Takata N, Yoshinaka I, Harada K, et al. Abdominal dynamic CT in patients with renal dysfunction: contrast agent dose reduction with low tube voltage and high tube current-time product settings at 256-detector row CT. *Radiology*. 2011;261(2):467–76.

29. Hou J, Zhang Y, Yan J, Zhang T, Xia W, Zhu Y, et al. Clinical application of the contrast-enhancement boost technique in computed tomography angiography of the portal vein. *Abdom Radiol (NY)*. 2023;48(2):806–15.
30. Otgonbaatar C, Ryu JK, Shim H, Jeon PH, Jeon SH, Kim JW, et al. A novel computed tomography image reconstruction for improving visualization of pulmonary vasculature: comparison between preprocessing and postprocessing images using a contrast enhancement boost technique. *J Comput Assist Tomogr*. 2022;46(5):729–34.
31. Xu J, Wang S, Wang X, Wang Y, Xue H, Yan J, et al. Effects of contrast enhancement boost postprocessing technique in combination with different reconstruction algorithms on the image quality of abdominal CT angiography. *Eur J Radiol*. 2022;154:110388.
32. Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem. Esclarecimento aos associados: falta de meios de contraste radiológicos no país. São Paulo: Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem; 2022 [citado 2022 Out 31]. Disponível em: <https://cbr.org.br/esclarecimento-aos-associados-falta-de-meios-de-contraste-radiologicos-no-pais/>

Abstract

Introduction: The use of digital subtraction technology with iodine mapping (virtual contrast enhancement) has the potential to reduce the volume of contrast used in angiotomography. **Purpose:** To evaluate the image quality of CT angiography acquired with protocol using virtual contrast enhancement compared to the standard institutional protocol. **Methods:** Patients with treated aortic aneurysm underwent two serial angiotomography scans, one using the virtual contrast enhancement technique and 40% reduction in the volume of injected contrast and the other with a standard protocol without reducing the volume of contrast. Qualitative and quantitative analyzes of the degree of opacification of the aorta and its branches were performed. **Results:** We evaluated 28 exams from 14 patients (two exams from each patient – one using a standard protocol and one using the technique with virtual contrast enhancement). Qualitative analysis showed sufficiently high quality, categorized as good or excellent for diagnosis for virtually all arterial segments assessed (359 segments out of a total of 360 for rater one and 358 segments out of a total of 360 for rater two), in angiotomography with the technique with virtual contrast enhancement and in all arterial segments evaluated in angiotomography with the standard protocol. The mean attenuation was greater in all arterial segments evaluated in studies with reinforcement of virtual contrast compared to studies with the standard technique, although no statistically significant difference was demonstrated between the protocols. Likewise, the signal-to-noise and contrast-to-noise ratios had similar values in CT angiograms with the virtual contrast reinforcement technique and with the conventional technique. **Conclusion:** An angiotomography protocol of the aorta with the technique of virtual contrast enhancement and contrast volume reduction is feasible and demonstrated similar image quality to the standard protocol.

Keywords: Tomography, X-ray computed; Angiography; Aortic aneurysm; Contrast media; Computed tomography angiography