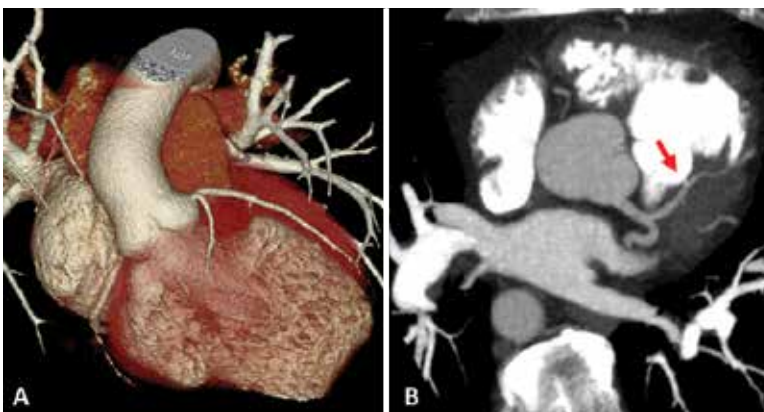
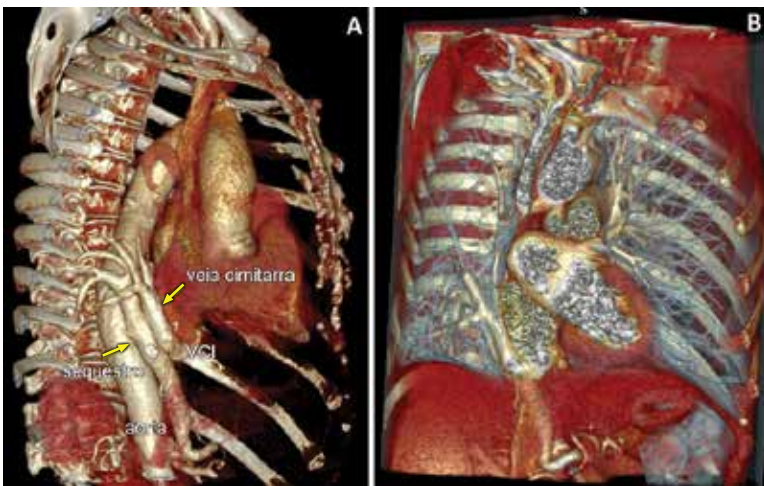


Imagem em Cardiologia



- RADIAÇÃO E EXAMES DIAGNÓSTICOS: QUAL O RISCO REAL?
- ESCORE DE CÁLCIO CORONARIANO: ONDE E QUANDO FAZ A DIFERENÇA NA PRÁTICA CLÍNICA
- ANGIOTOMOGRAFIA CORONÁRIA NO CONSULTÓRIO: QUANDO SOLICITAR
- AVALIAÇÃO PÓS-REVASCLARIZAÇÃO CIRÚRGICA E PERCUTÂNEA POR ANGIOTOMOGRAFIA CORONARIANA
- O QUE O CARDIOLOGISTA PRECISA SABER SOBRE ACHADOS TORÁCICOS NA TOMOGRAFIA
- RESSONÂNCIA MAGNÉTICA E DOENÇA CORONARIANA: QUANDO O EXAME FAZ A DIFERENÇA?
- QUANDO A RESSONÂNCIA MAGNÉTICA IMPORTA PARA A AVALIAÇÃO DAS CARDIOPATIAS
- AVALIAÇÃO DAS CARDIOPATIAS CONGÊNITAS NO ADULTO: ECOCARDIOGRAFIA, RESSONÂNCIA E TOMOGRAFIA
- MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA PERFUSÃO MIOCÁRDICA
- USO RACIONAL DOS EXAMES DIAGNÓSTICOS EM CARDIOLOGIA





SOCESP

SOCIEDADE DE CARDIOLOGIA DO ESTADO DE SÃO PAULO

Prezado(a),

Convidamos V^{sa} ao envio de manuscritos de revisão para a Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo, órgão oficial de divulgação da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo (SOCESP).

Trata-se de uma publicação trimestral indexada no LILACS (Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde) e no Latindex (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal). As instruções aos autores detalhada estão disponíveis em <http://www.socesp.org.br/publicacoes/revistas.asp#>

A partir 2016 a Revista da SOCESP passou a aceitar também vídeos e resumos gráficos que serão publicados na versão online da publicação.

Salientamos que a revista manterá os padrões que a consagraram como referência para revisões de temas importantes em Cardiologia, reforçando cada vez mais o papel de educação da SOCESP.

A submissão do artigo de V^{sa} representa uma valiosa contribuição e pode ser enviado para **revista@socesp.org.br**.



Temas para serem divulgados:

- Cardio-oncologia
- Cardiologia translacional

Dr. Maria Cristina Izar
Diretora de Publicações

Dr. Ibraim Masciarelli Francisco Pinto
Presidente da SOCESP

SOCESP - Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo
Av. Paulista 2073, Conjunto Nacional, Edifício Horsa I
15º andar, conj. 1511 - São Paulo/SP
CEP: 01311-940

www.socesp.org.br



UMA UNIDADE DELBONI QUE É REFERÊNCIA EM CARDIOLOGIA.

Vila Clementino / 23 de Maio.

Todos os exames em um único lugar,
com praticidade, segurança e confiança
para o seu diagnóstico.

Responsável Técnico: Dr. Gustavo Aguiar Campana CREMESP 112181



Exames cardiológicos da unidade:

- Angiotomografia das Coronárias
- Ecocardiograma
- Eletrocardiograma
- Holter 24 Horas
- M.A.P.A
- Ressonância Magnética Cardíaca
- Teste Ergométrico


Delboni
Auriemo



ESTEJA PREPARADO PARA SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

Participe dos cursos do Centro de Treinamento

Com objetivo de treinar profissionais da saúde e a população leiga para reconhecer e lidar com situações de emergência cardíaca, os treinamentos ministrados pelo centro utilizam equipamentos e salas modernas, o que garante o máximo realismo à situação simulada. Os instrutores são altamente capacitados e credenciados, de acordo com as regras e especificações da American Heart Association (AHA). Conheça mais sobre os cursos e inscreva-se!

- ACLS - Suporte Avançado de Vida em Cardiologia
- ACLS EP (EXPERIENCED PROVIDER)
- BLS - Suporte Básico de Vida
- FIRST AID - Primeiros Socorros e Salva-Corações com DEA / DAE
- PALS - Suporte Básico de Vida em Pediatria
- SAVIC - Suporte Avançado de Vida em Insuficiência Cardíaca

Saiba mais e inscreva-se em:

WWW.SOCESP.ORG.BR/CENTRO_TREINAMENTO/

Credenciamento:



**AUTHORIZED
TRAINING
CENTER**





Sala híbrida de cirurgia cardiovascular para o tratamento de cardiopatias complexas com imagens tridimensionais altamente apuradas.

Todo o apoio que você precisa: uma equipe multidisciplinar e os mais avançados recursos tecnológicos.

O HCor foi o hospital pioneiro na América Latina a conquistar duas certificações pela JCI para os Programas Clínicos de Infarto Agudo de Miocárdio (IAM) e de Insuficiência Cardíaca (IC).

Essa mesma excelência também está presente no Edifício Dr. Adib Jatene. Você e seus pacientes têm uma das mais completas e sofisticadas estruturas totalmente à disposição para que obtenham os melhores resultados em todos os tratamentos.

Nós colocamos o coração em tudo.

HCor – Hospital do Coração/Diagnóstico – Unidade Paraíso: Rua Desembargador Eliseu Guilherme, 147 – São Paulo – SP
HCor – Edifício Dr. Adib Jatene: Rua Desembargador Eliseu Guilherme, 130 – São Paulo – SP
HCor Onco – Clínica de Radioterapia: Rua Tomás Carvalho, 172 – São Paulo – SP
HCor Diagnóstico – Unidade Cidade Jardim: Av. Cidade Jardim, 350 – 2º andar – São Paulo – SP
Tels.: Geral: (11) 3053-6611 • Central de Agendamento: (11) 3889-3939 • Pronto-socorro: (11) 3889-9944 • www.hcor.com.br





**XXVI CURSO NACIONAL DE
RECICLAGEM EM CARDIOLOGIA**
PREPARANDO PARA A PROVA E PARA A VIDA

SOCESP 2017

28 a 30 de julho de 2017



Realize sua inscrição!

<http://www.cursodereciclagem.com.br/2017/inscricoes>



Local: Centro de Convenções Rebouças
Avenida Rebouças, 600 - Pinheiros - São Paulo/SP

Mais informações: (11) 3181-7429

Indexada em:

LILACS – Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (www.bireme.br)

Latindex – Sistema Regional de Informação em Língua para Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, Espanha y Portugal (www.latindex.unam.mx)



Editora Chefe: Maria Cristina de Oliveira Izar

Conselho Editorial

Álvaro Avezum

Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia São Paulo, SP, Brasil

Amanda G. M. R. Sousa

Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia São Paulo, SP, Brasil

Angelo Amato V. de Paula

Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP São Paulo, SP, Brasil

Antonio Augusto Lopes

Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo-HCFMUSP São Paulo, SP, Brasil

Antonio Carlos Pereira-Barretto

Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo-HCFMUSP São Paulo, SP, Brasil

Antonio de Pádua Mansur

Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo-HCFMUSP São Paulo, SP, Brasil

Ari Timerman

Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia, São Paulo, SP, Brasil

Benedito Carlos Maciel

Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, SP, Brasil

Bráulio Luna Filho

Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo/Hospital Brasil, ABC São Paulo, SP, Brasil

Bruno Caramelli

Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo-HCFMUSP São Paulo, SP, Brasil

Caio de Brito Vianna

Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo-HCFMUSP São Paulo, SP, Brasil

Carlos Alberto Buchpiguel

Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (Vinculação Acadêmica) São Paulo, SP, Brasil

Carlos Costa Magalhães

Cardioclín - Clínica e Emergência Cardiologia São José dos Campos, SP, Brasil

Carlos Eduardo Rochitte

Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo-HCFMUSP/Hospital do Coração, HCOR/ Associação do Sanatório Sírio, São Paulo, SP, Brasil

Carlos V. Serrano Jr.

Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo-HCFMUSP São Paulo, SP, Brasil

Celso Amodeo

Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia, São Paulo, SP, Brasil

Dalmo Antonio R. Moreira

Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia, São Paulo, SP, Brasil

Daniel Born

Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP São Paulo, SP, Brasil

Dante Marcelo Artigas Giorgi

Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HC FMUSP), São Paulo, SP, Brasil

Dirceu Rodrigues Almeida

Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP, São Paulo, SP, Brasil

Edson Stefanini

Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP, São Paulo, SP, Brasil

Expedito E. Ribeiro

Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo-HCFMUSP São Paulo, SP, Brasil

Fabio B. Jatene

Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo-HCFMUSP São Paulo, SP, Brasil

Fausto Feres

Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia São Paulo, SP, Brasil

Felix J. A. Ramires

Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo-HCFMUSP São Paulo, SP, Brasil

Fernanda Marciano Consolim Colombo

Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina

da Universidade de São Paulo-HCFMUSP, São Paulo, SP, Brasil

Fernando Bacal

Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo-HCFMUSP, São Paulo, SP, Brasil

Fernando Nobre

Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo-HCFMUSP, Ribeirão Preto, SP, Brasil

Flavio Tarasoutchi

Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo-HCFMUSP, São Paulo, SP, Brasil

Francisco A. Helfenstein Fonseca

Escola Paulista de Medicina - Universidade Federal de São Paulo São Paulo, SP, Brasil

Francisco R. M. Laurindo

Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo-HCFMUSP, São Paulo, SP, Brasil

Henry Abensur

Beneficência Portuguesa de São Paulo - Setor de ensino, São Paulo, SP, Brasil

Ibraim Masciarelli F.pinto

Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia, São Paulo, SP, Brasil

Ieda Biscegli Jatene

Hospital do Coração - HCOR São Paulo, SP, Brasil

João Fernando Monteiro Ferreira

Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo-HCFMUSP, São Paulo, SP, Brasil

João Manoel Rossi Neto

Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia, São Paulo, SP, Brasil

João Nelson R. Branco

Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP, São Paulo, SP, Brasil

Jorge Eduardo Assef

Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia, São Paulo, SP, Brasil

José Carlos Nicolau

Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo-HCFMUSP, São Paulo, SP, Brasil

José Carlos Pachón Mateos

Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia, Universidade de São Paulo - USP, Hospital do Coração, Hospital Edmundo Vasconcelos, São Paulo, SP, Brasil

José Francisco Kerr Saraiva

Hospital e Maternidade Celso Pierro, São Paulo, SP, Brasil

José Henrique Andrade Vila

Hospital de Beneficência Portuguesa, São Paulo, SP, Brasil

José L. Andrade

Instituto de Radiologia (InRad) - Hospital das Clínicas - Faculdade de Medicina - USP, São Paulo, SP, Brasil

José Soares Jr.

Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo-HCFMUSP, São Paulo, SP, Brasil

Katashi Okoshi

Faculdade de Medicina de Botucatu, UNESP, Botucatu, SP, Brasil

Kleber G. Franchini

Departamento de Clínica Médica UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil

Leopoldo Soares Piegas

Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo-HCFMUSP, São Paulo, SP, Brasil

Lília Nigro Maia

Faculdade de Medicina de Rio Preto (FAMERP)/Hospital de Base São José do Rio Preto, SP, Brasil

Luiz A. Machado César

Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo-HCFMUSP, São Paulo, SP, Brasil

Luiz Mastrocola

Hospital do Coração da Associação do Sanatório Sírio (HCOR) e Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia, São Paulo, SP, Brasil

Luiz Felipe P. Moreira

Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo-HCFMUSP São Paulo, SP, Brasil

Marcelo Jatene

Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo-HCFMUSP, São Paulo, SP, Brasil

Marcelo Chiara Bertolami

Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia, São Paulo, SP, Brasil

Marcelo Luiz Campos Vieira

Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo-HCFMUSP, São Paulo, SP, Brasil

Marcus Vinicius Simões

Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP - Brasil

Maria Cristina Oliveira Izar

Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP, São Paulo, SP, Brasil

Maria Teresa Nogueira Bombig

Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP, São Paulo, SP, Brasil

Dra. Maria Virgínia Tavares Santana

Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia, São Paulo, SP, Brasil

Mauricio Ibrahim Scanavacca

Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo-HCFMUSP, São Paulo, SP, Brasil

Max Grinberg

Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo-HCFMUSP, São Paulo, SP, Brasil

Miguel Antonio Moretti

Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo-HCFMUSP, São Paulo, SP, Brasil

Nelson Kasinsky

Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP, São Paulo, SP, Brasil

Orlando Campos Filho

Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP, São Paulo, SP, Brasil

Otávio Rizzi Coelho

Disciplina de Cardiologia do Departamento de Clínica Médica da FCM UNICAMP, São Paulo, SP, Brasil

Paola Emanuela Poggio Smanio

Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia São Paulo, SP, Brasil

Paulo Andrade Lotufo

Faculdade de Medicina e Centro de Pesquisa Clínica Epidemiológica da USP, São Paulo, SP, Brasil

Paulo J. F. Tucci

Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP, São Paulo, SP, Brasil

Paulo M. Pêgo Fernandes

Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo-HCFMUSP, São Paulo, SP, Brasil

Pedro Silvio Farsky

Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia, São Paulo, SP, Brasil

Raul Dias Dos Santos Filho

Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

Renato Azevedo Jr

Hospital Samaritano São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

Romeu Sérgio Meneghelo

Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia/Hospital Israelita Albert Einstein, São Paulo, SP, Brasil

Rui Póvoa

Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

Ulisses Alexandre Croti

Hospital da Criança e Maternidade de São José do Rio Preto (FUNFARME)/ Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto (FAMERP), São José do Rio Preto, SP, Brasil

Valdir Ambrosio Moises

Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP/ Fleury Medicina e Saúde, São Paulo, SP, Brasil

Valter C. Lima

Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP, São Paulo, SP, Brasil

William Azem Chalela

Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo-HCFMUSP, São Paulo, SP, Brasil

Diretora do Conselho do Suplemento da Revista da SOCESP

Vera Lúcia dos Santos Alves - Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo, SP - Brasil.

Educação Física e Esporte

Natan Daniel da Silva Junior

Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, SP - Brasil.

Camila Paixão Jordão

Instituto do Coração/INCOR, Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo/HC - FMUSP, SP - Brasil.

Enfermagem

Larissa Bertacchini de Oliveira

Instituto do Coração/INCOR, Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo/HC - FMUSP, SP - Brasil.

Camila Takão Lopes

Escola Paulista de Enfermagem, Universidade Federal de São Paulo (EPE/UNIFESP).

Fisioterapia

Solange Guizilini

Departamento de Ciências do Movimento Humano Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP, SP - Brasil.

Vera Lúcia dos Santos Alves

Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo, SP - Brasil.

Vanessa Marques Ferreira Méndez

Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia Universidade Federal de São Paulo, SP - Brasil.

Nutrição

Regina Helena M. Pereira

Clínica CardioAziz, São Bernardo do Campo, SP - Brasil.

Cibele Regina L. Gonsalves

Hospital Municipal Universitário (HMu) do Complexo Hospitalar Municipal de São Bernardo do Campo (CHMSBC), SP - Brasil.

Odontologia

Frederico Buhatem

Hospital Samaritano, SP - Brasil.

Lília Timerman

Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia, SP - Brasil.

Psicologia

Karla Fabiana B.S.D.F. Carbonari

FMJ - Faculdade de Medicina de Jundiaí, SP - Brasil.

Julia Fernandes Caldas Frayha

Hospital do Coração, São Paulo, SP - Brasil.

Serviço Social

Maria Barbosa da Silva

Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia, SP - Brasil.

Elaine C. Dalcin Seiviero

Associação do Sanatório Sírio - HCOR, SP - Brasil.

Farmacologia

Adriana Castelo Costa Girardi

Instituto do Coração/INCOR, Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo/HC - FMUSP, SP - Brasil.

Livia Priscilla Peres Penteado

Biobal Farmacêutica, SP - Brasil.

A Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo (INSS 0103-8559) é Órgão Oficial da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo, editada trimestralmente pela Diretoria de Publicações da SOCESP.

Avenida Paulista, 2073 – Horsa I, 15º andar Conjunto 1512 - Cerqueira Cesar – São Paulo, SP

CEP 01311-940/Tel: (11) 3181-7429/E-mail: socio@socesp.org.br

Website: www.socesp.org.br

As mudanças de endereço, a solicitação de números atrasados e as cartas ao Editor deverão ser dirigidas à sede da SOCESP.

É proibida a reprodução total ou parcial de quaisquer textos constantes desta edição sem autorização formal e expressa de seus editores.

Para pedidos de *reprints*, por favor contate: SOCESP – Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo/

Diretoria de Publicações

Tel: (11) 3181-7429/E-mail: socio@socesp.org.br

Impressão: Duograf

Tiragem: 6.450 exemplares

Coordenação editorial, criação, diagramação, revisão e tradução



Atha Comunicação e Editora

Tel.: 11 5087 9502 - 1atha@uol.com.br

Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo

São Paulo – SP, Brasil. V. 1 – 1991 –

1991, 1: 1 (supl A), 2 (supl A), 3 (supl A)
1992, 2: 1 (supl A), 2 (supl A), 2 (supl B), 3 (supl A), 4 (supl A), 5 (supl A), 6 (supl A)
1993, 3: 1 (supl A), 2 (supl A), 2 (supl B), 3 (supl A), 4 (supl A), 5 (supl A), 6 (supl A)
1994, 4: 1 (supl A), 2 (supl A), 3 (supl A), 3 (supl B), 4 (supl A), 5 (supl A), 6 (supl A)
1995, 5: 1 (supl A), 2 (supl A), 3 (supl B), 4 (supl A), 5 (supl A), 6 (supl A)
1996, 6: 1 (supl A), 2 (supl A), 3 (supl A), 3 (supl B), 4 (supl A), 5 (supl A), 6 (supl A)
1997, 7: 1 (supl A), 2 (supl A), 3 (supl A), 3 (supl B), 4 (supl A), 5 (supl A), 6 (supl A)
1998, 8: 1 (supl A), 2 (supl A), 3 (supl A), 4 (supl A), 4 (supl B), 5 (supl A), 6 (supl A)
1999, 9: 1 (supl A), 2 (supl A), 3 (supl A), 3 (supl B), 4 (supl A), 5 (supl A), 6 (supl A)
2000, 10: 1 (supl A), 2 (supl A), 3 (supl A), 3 (supl B), 4 (supl A), 5 (supl A), 6 (supl A)
2001, 11: 1 (supl A), 2 (supl A), 3 (supl A), 3 (supl B), 4 (supl A), 5 (supl A), 6 (supl A)
2002, 12: 1 (supl A), 2 (supl A), 2 (supl B), 3 (supl A), 4 (supl A), 5 (supl A), 6 (supl A)
2003, 13: 1 (supl A), 2 (supl A), 2 (supl B), 3 (supl A), 4 (supl A), 5 (supl A), 6 (supl A)
2004, 14: 1 (supl A), 2 (supl A), 2 (supl B), 3 (supl A), 4 (supl A), 5 (supl A), 6 (supl A)
2005, 15: 1 (supl A), 2 (supl A), 3 (supl A), 4 (supl A), 5 (supl A), 5 (supl B), 6 (supl A)
2006, 16: 1 (supl A), 2 (supl A), 2 (supl B), 3 (supl A), 4 (supl A)
2007, 17: 1 (supl A), 2 (supl A), 2 (supl B), 3 (supl A), 4 (supl A)
2008, 18: 1 (supl A), 2 (supl A), 2 (supl B), 3 (supl A), 4 (supl A)
2009, 19: 1 (supl A), 2 (supl A), 2 (supl B), 3 (supl A), 4 (supl A)
2010, 20: 1 (supl A), 2 (supl A), 2 (supl B), 3 (supl A), 4 (supl A)
2011, 21: 1 (supl A), 2 (supl A), 2 (supl B), 3 (supl A), 4 (supl A)
2012, 22: 1 (supl A), 2 (supl A), 2 (supl B), 3 (supl A), 4 (supl A)
2013, 23: 1 (supl A), 2 (supl A), 2 (supl B), 3 (supl A), 4 (supl A)
2014, 24: 1 (supl A), 2 (supl A), 2 (supl B), 3 (supl A), 4 (supl A)
2015, 25: 1 (supl A), 2 (supl A), 2 (supl B), 3 (supl A), 4 (supl A)
2016, 26: 1 (supl A), 2 (supl A), 2 (supl B), 3 (supl A), 4 (supl A)
2017, 27: 1 (supl A), 2 (supl A), 2 (supl B)

ISSN 0103-8559
RSCESP 72594

CDD₁₆ 616.105
NLM W1

WG100
CDU 616.1(05)

DIRETORIA DA SOCIEDADE DE CARDIOLOGIA DO ESTADO DE SÃO PAULO/Biênio 2016 - 2017

Presidente

Ibraim Masciarelli Francisco Pinto

Vice-Presidente

João Fernando Monteiro Ferreira

1º Secretária

Ieda Biscegli Jatene

2º Secretário

Roberto Kalil Filho

1º Tesoureiro

José Luis Aziz

2º Tesoureiro

Juan Carlos Yugar Toledo

Diretor Científico

Álvaro Avezum Junior

Diretora de Publicações

Maria Cristina de Oliveira Izar

Diretora de Regionais

Lília Nigro Maia

Diretor de Qualidade Assistencial

Múcio Tavares de Oliveira Junior

Diretor de Comunicação

Ricardo Pavanello

Diretor de Relações Institucionais e Governamentais

Luciano Ferreira Drager

Diretor de Promoção e Pesquisa

Pedro Alves Lemos Neto

Diretor do Centro de Treinamento e Emergências

Agnaldo Pispico

Coordenador de Pesquisa

Otavio Berwanger

Coordenador de Educação Virtual

Pedro Silvio Farsky

Coordenadores de Políticas de Saúde

Edson Stefanini

Jose Francisco Kerr Saraiva

Coordenador de Memórias

Alberto Francisco Piccolotto Naccarato

DIRETORIA DAS REGIONAIS DA SOCIEDADE DE CARDIOLOGIA DO ESTADO DE SÃO PAULO/Biênio 2016 - 2017

ABCDM

Presidente

Rogério Krakauer

Diretor Científico

Roberto Andres Gomez Douglas

1º Secretária

Carla Janice Baister Lantieri

2º Secretário

Kamal Yazbek Jr.

ARAÇATUBA

Presidente

Celso Biagi

Diretor Científico

Carlos Roberto Bortoluci Etto

1º Secretário

Paulo Francisco de Mesquita Barros

2º Secretária

Monica Neri Shinsato

ARARAQUARA

Presidente

Antonio Carlos Braga de Moraes

Diretor Científico

José Geraldo Bonfá

1º Secretário

Hélio Marques Malavolta

2º Secretário

José Candido M. da S. Machado

ARARAS

Presidente

Antonio Carlos Assumpção

Diretor Científico

José Joaquim Fernandes Raposo Filho

1º Secretário

Fernando Candido Martins

2º Secretário

Agnaldo Pispico

BAURU

Presidente

Alexandre Volney Villa

Diretor Científico

Plínio de Almeida Barros Neto

1º Secretário

Niicelio Leite Melo

2º Secretário

João Quialheiro Abreu

BOTUCATU

Presidente

Ricardo Mattos Ferreira

Diretor Científico

Danieliso Renato Fusco

1º Secretário

Marcos Mitsuo Seki

2º Secretário

Guilherme de Castro Ribeiro

CAMPINAS

Presidente

Alessandro Franjotti Chagas

Diretor Científico

Fernando Piza de S. Cannavan

1º Secretário

Fernando Mello Porto

2º Secretário

Tiago Porto Di Nucci

FRANCA

Presidente

Eduardo Maniglia Puccinelli

Diretor Científico

Rodrigo Tavares Silva

1º Secretário

Luiz Alfredo Husemann Patti

2º Secretário

Hélio Rubens Crialenzi

JUNDIAÍ

Presidente

Luiz Anibal Larco Patino

Diretor Científico

Marco Antonio Dias

1º Secretário

João Paulo de Mello Medeiros

2º Secretária

Fátima Aparecida Lopes Pinto Denardi

MARILIA

Presidente

Alexandre Rodrigues

Diretor Científico

Pedro Beraldo de Andrade

1º Secretário

Ronaldo de Oliveira Jr

2º Secretário

André dos Santos Moro

PIRACICABA

Presidente

Juliana Barbosa Previtali

Diretora Científica

Celise Alessandra Sobral Denardi

1º Secretário

Rafael Protá

2º Secretário

Davi Bizetti Pelai

PRESIDENTE PRUDENTE

Presidente

Mozart Alves Gonçalves Filho

Diretor Científico

Fernando Pierin Peres

1º Secretário

Osmar Marchiotto Junior

2º Secretário

Adriano Oliveira Cavalheiro

RIBEIRÃO PRETO

Presidente

Moyses de Oliveira Lima Filho

Diretor Científico

Marcelo Garcia Leal

1º Secretária

Samira Ubaid Girioli

2º Secretário

Flavio Cantarelli Hiss

SANTOS

Presidente

Luiz Fernando Muniz Pinheiro

Diretor Científico

Carlos Alberto Cyrillo Sellera

1º Secretário

William da Costa

2º Secretário

Sergio Paulo Almeida B. Camargo

SÃO CARLOS

Presidente

Hélio Araújo Cardoso

Diretora Científica

Ana Cândida Arruda Verzola de Castro.

1º Secretária

Meliza Goi Roscani

2º Secretário

Sergio Luis Berti

SÃO JOSÉ DO RIO PRETO

Presidente

Adriana Pinto Bellini Miola

Diretor Científico

Gilmar Valdir Greque

1º Secretária

Maria Helena Mani Dias Sardilli

2º Secretária

Eliana Migliorini Mustafa

SOROCABA

Presidente

Fernando Cortes Remisio Figueinha

Diretor Científico

Pericles Sidnei Salmazo

1º Secretária

Juliana Buchmann Pereira

2º Secretário

Marcelo Demarchi

VALE DO PARAÍBA

Presidente

Jorge Zarur Neto

Diretor Científico

Pedro Henrique Duccini Mendes Trindade

1º Secretária

Fabiana Goulart Marcondes Braga

2º Secretário

André Zeraik Lima Chammas

NORMAS DE PUBLICAÇÃO

A Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo (Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo) é o órgão oficial de divulgação da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo (SOCESP).

O Suplemento da Revista Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo é parte integrante da Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo e publica artigos nas áreas de saúde como enfermagem, fisioterapia, educação física, nutrição, odontologia, psicologia, serviço social, farmacologia, entre outras).

Trata-se de uma publicação trimestral indexada no LILACS (Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde) e no Latindex (Sistema Regional de Informação em Língua para Com o objetivo de disseminar o conhecimento na área de cardiologia e de outras áreas de saúde a Revista da SOCESP e seu Suplemento passam a partir de 2015 a ter acesso aberto.

A publicação segue os requisitos de uniformização recomendados pelo Comitê Internacional de Editores de Revistas Médicas (www.icmje.org.br).

Os artigos, para serem aprovados, são submetidos à avaliação de uma comissão de revisores (*peer review*) que recebem o texto de forma anônima e decidem se haverá sua publicação, sugerem modificações, requisitam esclarecimentos aos autores e efetuam recomendações ao Editor Chefe.

Os conceitos e declarações contidos nos trabalhos são de total responsabilidade dos autores.

A Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo segue na íntegra a tendência internacional do estilo Vancouver, disponível (www.icmje.org.br).

CATEGORIAS DE ARTIGOS

A Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo recebe para publicação artigos de Revisão, Revisão Sistemática e Meta-análise.

O Suplemento da Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo recebe para publicação: Artigo Original, Revisão, Revisão Sistemática, Meta-análise, Artigo de Opinião, Artigo de Atualização e Relato de Caso.

No caso de estudos clínicos e experimentais deverá haver referência explícita quanto ao cumprimento das normas éticas, incluindo o nome do Comitê de Ética em Pesquisa que aprovou o estudo.

LIMITES POR TIPO DE PUBLICAÇÃO (Extensão):

Os critérios abaixo recomendados devem ser observados para cada tipo de publicação. A contagem eletrônica de palavras deve incluir a página inicial, resumo, texto e referências.

Os manuscritos enviados deverão estar em padrão PC com arquivos TXT ou DOC, espaço duplo, com margem larga, acompanhados pela carta de autorização de publicação assinada pelo autor, declarando que o mesmo é inédito e que não foi, ou está sendo submetido à publicação em outro periódico.

Certifique-se de que o manuscrito se conforma inteiramente às instruções.

Ensaio clínico: O periódico apoia as políticas para registro de ensaios clínicos da Organização Mundial de Saúde (OMS) e do Comitê Internacional de Editores de Diários Médicos (ICMJE), reconhecendo a importância dessas iniciativas para o registro e divulgação internacional de informação sobre estudos clínicos, em acesso aberto. Sendo assim, somente serão aceitos para publicação, os artigos de pesquisas clínicas que tenham recebido um número de identificação em um dos Registros de Ensaios Clínicos validados pelos critérios estabelecidos pela OMS e ICMJE. Os endereços para esses registros estão disponíveis a partir do site do ICMJE (www.icmje.org). O número de identificação deve ser declarado no final do resumo.

Conflito de interesses: Conforme exigências do Comitê Internacional de Editores de Diários Médicos (ICMJE), grupo Vancouver e resolução do Conselho Federal de Medicina nº 1595/2000 os autores têm a responsabilidade de reconhecer e declarar conflitos de interesse financeiros e outros (comercial, pessoal, político, etc.) envolvidos no desenvolvimento do trabalho apresentado para publicação. Devem declarar e podem agradecer no manuscrito todo o apoio financeiro ao trabalho, bem como outras ligações para o seu desenvolvimento.

Correção de provas gráficas: Logo que prontas, as provas gráficas em formato eletrônico serão enviadas, por e-mail, para o autor responsável pelo artigo. Os autores deverão devolver, também por e-mail, a prova gráfica com as devidas correções em, no máximo, 48 horas após o seu recebimento. O envio e o retorno das provas gráficas por correio eletrônico visa agilizar o processo de revisão e posterior publicação das mesmas.

Direitos autorais: Todas as declarações publicadas nos artigos são de inteira responsabilidade dos autores. Entretanto, todo material publicado torna-se propriedade da Revista, que passa a reservar os direitos autorais. Portanto, nenhum material publicado na Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo poderá ser reproduzido sem a permissão por escrito. Todos os autores de artigos submetidos deverão assinar um Termo de Transferência de Direitos Autorais, que entrará em vigor a partir da data de aceite do trabalho.

Organização do arquivo eletrônico: Todas as partes do manuscrito devem ser incluídas em um único arquivo. O mesmo deverá ser organizado com a página de rosto, em primeiro lugar, o texto, referências seguido pelas figuras (com legendas) e ao final, as tabelas (com legendas).

Página de rosto: A página de rosto deve conter:

- o tipo do artigo (artigo original, de revisão ou atualização);
- o título completo em português e inglês com até 90 caracteres deve ser conciso, porém informativo;
- o nome completo de cada autor (sem abreviações); e a instituição a que pertence cada um deles;
- o local onde o trabalho foi desenvolvido;
- nome, endereço, telefone e e-mail do autor responsável para correspondência.

Resumo: O Resumo deve ser estruturado em caso de artigo original e deve apresentar os objetivos do estudo com clareza,

Recomendações para Artigos submetidos à Revista da SOCESP:

Tipo de Artigo	Resumo	Número de Palavras	Referências	Figuras	Tabelas
Original	Estruturado com até 250 palavras	2.500 - Excluindo o resumo, referências, tabelas e figuras	20	10	6
Atualização/ Revisão	Não é estruturado com até 250 palavras	4.000 - Excluindo o resumo, referências, tabelas e figuras	60	3	2
Editorial	0	500	0	0	0

dados históricos, métodos, resultados e as principais conclusões em inglês e português, não devendo ultrapassar 250 palavras.

Resumos Gráficos (*graphical abstract*) serão aceitos. A informação deverá ser composta de imagem concisa, pictórica e visual das principais conclusões do artigo. Pode ser tanto a figura de conclusão do artigo ou uma figura que é especialmente concebida para este fim, que capta o conteúdo do artigo para os leitores em um único olhar. As figuras incluem todas as ilustrações, tais como fotografias, desenhos, mapas, gráficos, etc., e deve ser identificado com o nome do artigo.

O envio de resumo gráfico (*graphical abstract*) é opcional e deve ser encaminhado em arquivo separado e identificado. O arquivo deve ter extensão.tif e/ou jpg. Também são aceitos arquivos com extensão.xls (Excel);.eps;.psd para ilustrações em curva (gráficos, desenhos e esquemas).

Descritores: Deve conter no mínimo três palavras chaves baseadas nos Descritores de Ciências da Saúde (DeCS) -<http://decs.bireme.br>. No inglês, apresentar keywords baseados no Medical Subject Headings (MeSH) - <http://www.nlm.nih.gov/mesh/meshhome.html>, no mínimo três e no máximo seis citações.

Introdução: Deve apresentar o assunto e objetivo do estudo, oferecer citações sem fazer uma revisão externa da matéria.

Material e método: Deve descrever o experimento (quantidade e qualidade) e os procedimentos em detalhes suficientes que permitam a outros pesquisadores reproduzirem os resultados ou darem continuidade ao estudo.

Ao relatar experimentos sobre temas humanos e animais, indicar se os procedimentos seguiram as normas do Comitê Ético sobre Experiências Humanas da Instituição, na qual a pesquisa foi realizada ou de acordo com a declaração de Helsinki de 1995 e Animal Experimentation Ethics, respectivamente. Identificar precisamente todas as drogas e substâncias químicas usadas, incluindo os nomes genéricos, dosagens e formas de administração. Não usar nomes dos pacientes, iniciais, ou registros de hospitais. Oferecer referências para o estabelecimento de procedimentos estatísticos.

Resultados: Apresentar os resultados em sequência lógica do texto, usando tabelas e ilustrações. Não repetir no texto todos os dados constantes das tabelas e ou ilustrações. No texto, enfatizar ou resumir somente as descobertas importantes.

Discussão: Enfatizar novos e importantes aspectos do estudo. Os métodos publicados anteriormente devem ser comparados com o atual para que os resultados não sejam repetidos.

Conclusão: Deve ser clara e concisa e estabelecer uma ligação entre a conclusão e os objetivos do estudo. Evitar conclusões não baseadas em dados.

Agradecimentos: Dirigidos a pessoas que tenham colaborado intelectualmente, mas cuja contribuição não justifica coautoria, ou para aquelas que tenham provido apoio material.

Referências: Citar as referências, restritas à bibliografia essencial ao conteúdo do artigo. Numerar as referências de forma consecutiva de acordo com a ordem em que forem mencionadas pela primeira vez no texto, utilizando-se números arábicos sobrescritos. Incluir os seis primeiros autores seguidos de et al.

Os títulos de periódicos deverão ser abreviados de acordo com o Index Medicus.

- a. Artigos: Autor(es). Título do artigo. Título do Periódico. ano; volume: página inicial - final
Ex.: Campbell CJ. The healing of cartilage defects. Clin Orthop Relat Res. 1969;(64):45-63.
- b. Livros: Autor(es) ou editor(es). Título do livro. Edição, se não for a primeira. Tradutor(es), se for o caso. Local de publicação: editora; ano. Ex.: Diener HC, Wilkinson M, editors. Drug-induced headache. 2nd ed. New York: Spriger-Verlag; 1996.
- c. Capítulos de livros: Autor(es) do capítulo. Título do capítulo Editor(es) do livro e demais dados sobre este, conforme o item anterior.Ex.: Chapman MW, Olson SA. Open fractures. In: Rockwood CA, Green DP. Fractures in adults. 4th ed. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1996. p.305-52.
- d. Resumos: Autor(es). Título, seguido de [abstract]. Periódico ano; volume (suplemento e seu número, se for o caso):

página(s) Ex.: Enzensberger W, Fisher PA. Metronome in Parkinson's disease [abstract]. Lancet. 1996;34:1337.

- e. Comunicações pessoais só devem ser mencionadas no texto entre parênteses.
- f. Tese: Autor, título nível (mestrado, doutorado etc.), cidade: instituição; ano. Ex.: Kaplan SJ. Post-hospital home health care: the elderly's access and utilization [dissertation]. St. Louis: Washington Univ.; 1995.
- g. Material eletrônico: Título do documento, endereço na internet, data do acesso. Ex: Morse SS. Factors in the emergence of infectious diseases. Emerg Infect Dis. [online] 1995 Jan-Mar [cited 1996 Jun 5];1(1):[24 screens]. Available from: URL: <http://www.cdc.gov/ncidod/EID/eid.htm>

Tabelas: As tabelas devem ser numeradas por ordem de aparecimento no texto com números arábicos. Cada tabela deve ter um título e, se necessário, uma legenda explicativa. As tabelas deverão ser enviadas através dos arquivos originais (p.e. Excel).

Figuras (fotografias e ilustrações): As figuras devem ser apresentadas em páginas separadas e numeradas sequencialmente, em algarismos arábicos, conforme a ordem de aparecimento no texto. Para evitar problemas que comprometam o padrão da revista, o envio do material deve obedecer aos seguintes parâmetros: todas as figuras, fotografias e ilustrações devem ter qualidade gráfica adequada (300 dpi de resolução) e apresentar título e legenda. Em todos os casos, os arquivos devem ter extensão.tif e/ou jpg. Também são aceitos arquivos com extensão.xls (Excel),.eps,.psd para ilustrações em curva (gráficos, desenhos e esquemas). As figuras incluem todas as ilustrações, tais como fotografias, desenhos, mapas, gráficos, etc., e devem ser numeradas consecutivamente em algarismos arábicos.

Vídeos: O envio de vídeo é opcional, e irá acompanhar a versão *online* do artigo. Deve ser encaminhado junto com o artigo em arquivo separado e acompanhado de legenda. Os vídeos devem ser enviados em formato digital MP4.

Legendas: Digitar as legendas usando espaço duplo, acompanhando as respectivas figuras (gráficos, fotografias e ilustrações). Cada legenda deve ser numerada em algarismos arábicos, correspondendo a cada figura, e na ordem em que foram citadas no trabalho. Abreviaturas e Siglas: Devem ser precedidas do nome completo quando citadas pela primeira vez no texto. No rodapé das figuras e tabelas deve ser discriminado o significado das abreviaturas, símbolos, outros sinais e informada fonte: local onde a pesquisa foi realizada. Se as ilustrações já tiverem sido publicadas, deverão vir acompanhadas de autorização por escrito do autor ou editor, constando a fonte de referência onde foi publicada.

Reprodução: Somente a Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo poderá autorizar a reprodução dos artigos nelas contidos. Os casos omissos serão resolvidos pela Diretoria da Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo. Os artigos enviados passarão a ser propriedade da Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo.

Submissão de artigos: A partir de janeiro de 2015 os artigos deverão ser enviados para Submissão para o email: revista@socesp.org.br para a Atha Comunicação e Editora a/c Flávia M. S. Pires e/ou Ana Carolina de Assis.

Caso ocorra a necessidade de esclarecimentos adicionais, favor entrar em contato com a Atha Comunicação e Editora - Rua Machado Bittencourt, 190 - 4º andar - CEP: 04044-903 - São Paulo/SP, Brasil Tel: +55 11 5087-9502/Fax: +55 11 5579 5308.

Todo o conteúdo do periódico, exceto onde identificado, está licenciado sob uma Licença *Creative Commons* Atribuição-tipo BY-NC.

Prezado leitor,

Os métodos de imagem em cardiologia ganharam espaço na prática clínica e hoje constituem um amplo arsenal de ferramentas, com diferentes princípios físicos, para auxiliar no diagnóstico e no seguimento de diversas doenças cardiovasculares.

Nesta edição são discutidos métodos que envolvem exposição à radiação, seus efeitos biológicos, riscos para o paciente e para quem realiza o exame.

Entre os métodos abordados estão o escore de cálcio coronário, a angiotomografia coronária, a ressonância nuclear magnética e os métodos de avaliação da perfusão miocárdica. São discutidas suas indicações e os trabalhos da literatura que dão suporte ao seu uso de acordo com a boa prática médica.

Protocolos diferenciados permitem a avaliação funcional dos métodos de imagem aliando dados anatômicos e funcionais, para auxiliar nas decisões clínicas seja no diagnóstico ou no seguimento pós-intervenção na doença arterial coronária, em cardiopatias estruturais, e nas cardiopatias congênitas do adulto, com uma vasta gama de possibilidades.

Particularidades que o cardiologista deve conhecer além das doenças cardiovasculares propriamente ditas, referem-se aos achados tomográficos de patologias extra-cardíacas.

Uma análise dos métodos e das principais evidências disponíveis para cada condição clínica de forma crítica fecha esta edição no intuito de posicionar o leitor sobre as vantagens e desvantagens de cada abordagem e o seu uso racional.

Esta edição encontra-se ricamente ilustrada com imagens das diferentes técnicas de abordagem utilizadas em cardiologia, e algumas destas imagens estarão disponíveis na versão eletrônica de forma dinâmica, em tempo real.

Boa leitura!

Maria Cristina de Oliveira Izar
Editora Chefe

Imagem em Cardiologia

RADIAÇÃO E EXAMES DIAGNÓSTICOS: QUAL O RISCO REAL?	82
<i>RADIATION AND DIAGNOSTIC EXAMS: WHAT IS THE REAL RISK?</i>	
Andrei Skromov de Albuquerque, Luiz Eduardo Mastrocola	
ESCORE DE CÁLCIO CORONARIANO: ONDE E QUANDO FAZ A DIFERENÇA NA PRÁTICA CLÍNICA	88
<i>CORONARY CALCIUM SCORE: WHERE AND WHEN DOES IT MAKE A DIFFERENCE IN CLINICAL PRACTICE</i>	
Juliano Lara Fernandes, Marcio Sommer Bittencourt	
ANGIOTOMOGRAFIA CORONÁRIA NO CONSULTÓRIO: QUANDO SOLICITAR.....	96
<i>UTILITY OF CORONARY COMPUTED TOMOGRAPHY ANGIOGRAPHY IN OUTPATIENTS</i>	
Tiago Senra	
AVALIAÇÃO PÓS-REVASCLARIZAÇÃO CIRÚRGICA E PERCUTÂNEA POR ANGIOTOMOGRAFIA CORONARIANA.....	103
<i>EVALUATION AFTER BYPASS GRAFTING AND CORONARY STENT BY CORONARY ANGIOTOMOGRAPHY</i>	
Roberto Caldeira Cury, Carlos Gonçalves de Paula Júnior, Maysa Pina Bernardes	
O QUE O CARDIOLOGISTA PRECISA SABER SOBRE ACHADOS TORÁCICOS NA TOMOGRAFIA.....	109
<i>WHAT CARDIOLOGIST NEEDS TO KNOW ABOUT EXTRACARDIAC FINDINGS ON TOMOGRAPHY</i>	
Marcelo Assis Rocha, Walther Yoshiharu Ishikawa, Gilberto Szarf	
RESSONÂNCIA MAGNÉTICA E DOENÇA CORONARIANA: QUANDO O EXAME FAZ A DIFERENÇA?.....	123
<i>MAGNETIC RESONANCE AND CORONARY DISEASE: WHEN DOES THE TEST MAKE A DIFFERENCE?</i>	
Thiago Quinaglia A C Silva, Lilian Sande, Otavio Rizzi Coelho-Filho	
QUANDO A RESSONÂNCIA MAGNÉTICA IMPORTA PARA A AVALIAÇÃO DAS CARDIOPATIAS	131
<i>WHEN MAGNETIC RESONANCE IMAGING MATTERS FOR THE EVALUATION OF CARDIOPATHIES</i>	
Adriano Camargo de Castro Carneiro, Carlos Eduardo Elias dos Prazeres, Carlos Eduardo Rochitte	
AVALIAÇÃO DAS CARDIOPATIAS CONGÊNITAS NO ADULTO: ECOCARDIOGRAFIA, RESSONÂNCIA E TOMOGRAFIA	143
<i>EVALUATION OF GROWN-UP CONGENITAL HEART DISEASE: ECHOCARDIOGRAPHY, MRI AND COMPUTED TOMOGRAPHY</i>	
Walther Yoshiharu Ishikawa, Ieda Biscegli Jatene	
MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA PERFUSÃO MIOCÁRDICA	150
<i>MYOCARDIAL PERFUSION EVALUATION METHODS</i>	
Paola Emanuela Poggio Smanio, André Schmidt	
USO RACIONAL DOS EXAMES DIAGNÓSTICOS EM CARDIOLOGIA	163
<i>RATIONAL USE OF DIAGNOSTIC EXAMS IN CARDIOLOGY</i>	
Ibraim Masciarelli F Pinto	

RADIAÇÃO E EXAMES DIAGNÓSTICOS: QUAL O RISCO REAL?

RADIATION AND DIAGNOSTIC EXAMS: WHAT IS THE REAL RISK?

RESUMO

Andrei Skromov de
Albuquerque¹

Luiz Eduardo Mastrocola²

1. Serviço de Radiologia Cardiovascular
do Fleury Medicina e Saúde e do
Hospital Alemão Oswaldo Cruz,
São Paulo, Brasil.

2. Serviço de Medicina Nuclear
– HCOR, Serviço de Reabilitação
Cardiovascular – IDPC,
São Paulo, Brasil.

Correspondência:
Rua Cincinato Braga, nº 282, Bela
Vista, São Paulo/SP – CEP 01333-910,
7º andar, sala de laudos.
andrei.sa@hotmail.com

O processo de decisão clínica para utilização de radiação ionizante para obter estudos diagnósticos e prognósticos por imagem inclui obrigatoriamente critérios apropriados de indicação e avalia a razão risco-benefício dentro do princípio da mínima exposição, enquanto são obtidas informações de alta qualidade. Adicionalmente, a exposição à radiação médica continua a ser tópico de constante discussão, considerando-se o crescimento do uso de exames de imagem, em especial na oncologia e nas doenças cardiovasculares, o consequente aumento da dose efetiva de radiação, a falta de monitoração e a insuficiência de dados na exposição longitudinal à radiação de pacientes submetidos a múltiplos procedimentos ao longo do tempo, entre outros. Consequentemente, o tema “dose de radiação” envolvendo tais procedimentos ganhou destaque mundial e muitas teorias e especulações surgiram, tanto na literatura médica quanto na mídia leiga. O assunto com certeza merece atenção da comunidade médica e deve continuar recebendo novos investimentos, tanto no estudo de seus efeitos biológicos quanto na evolução tecnológica de equipamentos com capacidade de produzir exames com excelente capacidade diagnóstica e com dose de radiação cada vez menor. Até o momento, não se conhecem ao certo quais os efeitos biológicos da radiação de baixa dose em adultos, mas, considerando-se alguns fatos, evidências experimentais e epidemiológicas que relacionam a exposição a baixas doses de radiação ionizante e desenvolvimento de tumores sólidos e leucemias, protocolos rígidos de controle e segurança devem ser implementados na rotina diária, seguindo normatizações estabelecidas dos órgãos reguladores. Publicações recentes que envolvem a Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA - 2016) recomendam como estratégia de redução de dose em imagens de perfusão do miocárdio com o uso de radiofármacos a observação rígida dos princípios básicos de proteção à radiação médica, categorizados como princípios da “Justificação” (teste correto para o paciente certo), “Otimização” (princípio “ALARA”) e “Melhores Práticas”. Finalmente, os estudos de imagem cardiovascular com radiação ionizante são considerados maléficos, subestimando-se, muitas vezes, os benefícios resultantes quando eles são bem indicados, porque podem ser decisivos para a conduta adequada.

Descritores: Radiologia cardiovascular; Imagem cardiovascular; Radiação médica; Efeitos biológicos da radiação; Proteção radiológica; Radiação médica e riscos; Radiação ionizante e câncer; Tomografia computadorizada.

ABSTRACT

The clinical decision to use ionizing radiation to obtain diagnostic and prognostic studies by image must include appropriate indication criteria, and evaluate the risk-benefit ratio, adhering to the principle of minimum exposure while obtaining high-quality information. Moreover, medical exposure to radiation is a subject of ongoing debate, in view of the growth in the use of imaging exams, especially in oncology and cardiovascular disease, the consequent increase in effective radiation doses, the lack of monitoring, and the inadequacy of data on longitudinal exposure to radiation in patients submitted to multiple procedures over time, among other factors. Consequently, the subject of the “radiation dose” involved in these procedures has gained interest worldwide, and many theories and speculations have arisen, both in the medical literature and in the general media. Without a doubt, the subject deserves the attention of the medical community, and should continue to receive new investments, whether on the study of its biological effects or on the technological development of equipment capable of producing

exams with excellent diagnostic capacity and increasingly lower radiation doses. So far, the biological effects of low radiation doses in adults is not known for certain, but considering some facts, such as experimental and epidemiological evidence linking exposure to low doses of ionizing radiation with the development of solid tumors and leucemias, strict control and safety protocols should be implemented as routine, following the guidelines of the regulatory bodies. Recent publications involving the International Agency for Atomic Energy (IAEA - 2016) recommend, as a strategy for reducing the radiation dose in images of myocardial perfusion with the use of radiodrugs, strict observation of the basic principles of protection against medical radiation, categorized as principles of "Justification" (right test for the right patient), "Optimization" ("ALARA" principle) and "Best Practices". Finally, cardiovascular imaging studies with ionizing radiation are considered harmful, often underestimating the resulting benefits when they are well indicated, because they may be decisive for the appropriate conduct.

Descritores: Cardiovascular radiology; Cardiovascular image; Medical radiation; Biological effects of radiation; Radiation protection; Medical radiation and risks; Ionizing radiation and cancer; Computed tomography.

INTRODUÇÃO

A radiação é parte integrante e inevitável da vida diária de todos os indivíduos de nosso planeta, com variados graus de exposição, provenientes de radioisótopos administrados em nosso corpo e de fontes naturais, incluindo raios cósmicos, fontes terrestres, entre outros (Figura 1).¹ O processo de decisão médica que considera o uso de baixas doses de radiação ionizante para a obtenção de estudos diagnósticos e prognósticos em cardiologia deve enquadrar-se dentro de critérios apropriados, avaliando sempre a relação risco/benefício, mas pautando-se dentro do princípio da mínima exposição enquanto informações de qualidade ótima são obtidas. Tais práticas são alinhadas com princípios fundamentais de proteção à radiação em medicina, dentro da abreviação "ALARA" (As Low As Reasonable Achievable).²⁻⁵ Estas incluem a educação dos fornecedores de serviços específicos, objetivando minimizar as doses, realizar exames

absolutamente necessários, considerar a possibilidade de exames ou procedimentos alternativos sem envolvimento de radiação, além de empregar as melhores combinações entre equipamento, dose e protocolos que mantenham a acurácia considerada ideal.

A preocupação sobre efeitos carcinogênicos tardios a tal forma de exposição,⁶ medida em unidades denominadas milisievert (mSv)* provém de extrapolações de dados obtidos da exposição à radiação e efeitos a curto e longo prazo de sobreviventes de explosões nucleares.⁷ Contudo, existem incertezas sobre dose e resposta nesta faixa baixa de exposição, tornando complexa a avaliação do risco incremental, bem como pouco previsíveis as respostas reparativas específicas dos tecidos. Alguns estudos relacionam a exposição de um sievert (Sv)* com uma chance de desenvolvimento de câncer fatal em um adulto em torno de 4% e de 0,8% de defeitos hereditários nos descendentes.^{6,8} Mas, de modo geral, o

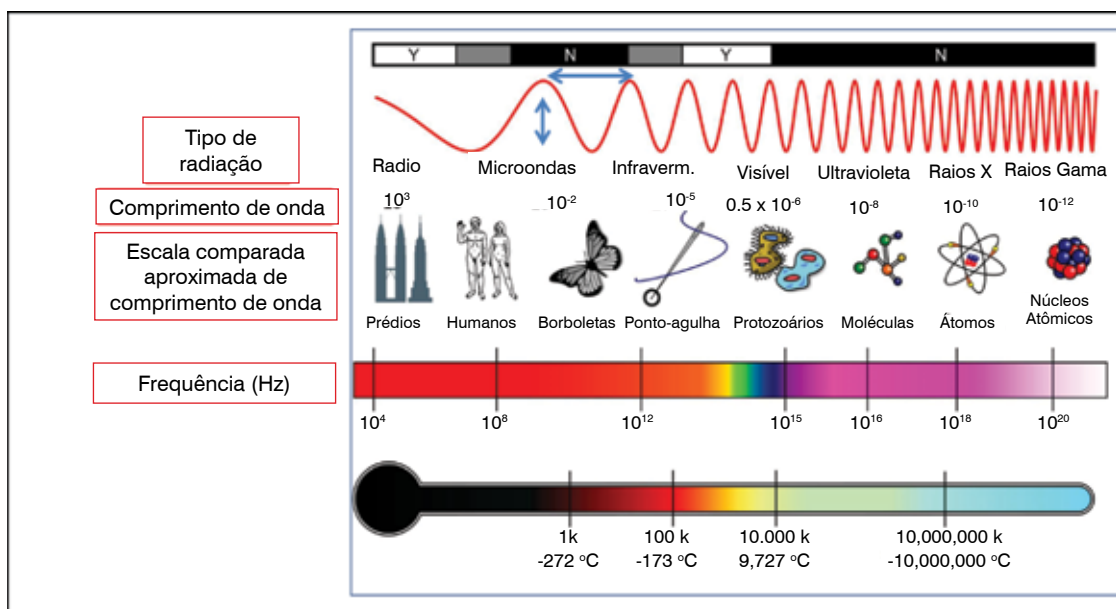


Figura 1. Espectro eletromagnético das radiações ionizantes, considerando-se o comprimento de onda em metros, a frequência de oscilações por segundo em Hertz e a temperatura de maior atividade das mesmas, em graus Celsius e Kelvin. A radiações para uso médico encontram-se nas menores escalas de comprimento de onda e maior número de oscilações, como os RX e a radiação por emissão de fótons Gama.

*O sievert (Sv), ou seu submúltiplo o *milisievert (mSv), é unidade derivada do Sistema Internacional de Unidades (SI), de dose equivalente de radiação ou dose efetiva. Está relacionado à avaliação quantitativa dos efeitos biológicos da radiação ionizante, ao passo que quando o objetivo é a medida da dose absorvida de energia utiliza-se o Gray (Gy). De modo prático, o Sv é uma medida da dose de radiação, tem semelhança com o Gy e é igual à dose absorvida vezes um fator de qualidade, que analisa as consequências sobre a saúde em comparação aos RX. Um Sievert (1 Sv) equivale a 100 REM, unidade antiga que ainda tem seu emprego difundido. Ressalta-se adicionalmente que a dose equivalente de radiação tem os mesmos efeitos deletérios que uma dose semelhante de raios Gama, emitidos dos radioisótopos Tálcio 201 e Tecnécio 99 metaestável empregados para a realização de exames de cintilografia miocárdica de perfusão e função ventricular.

risco e frequência de malignidade causado por níveis de radiação utilizados em imagem cardiovascular permanecem indeterminados e controversos. Doses superiores a um Sv recebidas em curto espaço de tempo representam provavelmente causa de envenenamento radioativo, que resulta em elevada probabilidade de morte em semanas.⁹

Efeitos biológicos, dosimetria ou medida da exposição à radiação e segurança^{5,9-11} os efeitos biológicos das radiações ionizantes podem ser classificados em duas categorias: **a)** determinísticos, que ocorrem acima de certos limites de dose absorvida para um determinado tecido, incluindo eritema de pele, perda de pelos e possivelmente toxicidade cardíaca direta; **b)** estocásticos, aqueles cuja radiação causa dano que pode implicar em malignidade, habitualmente em longo prazo. Para a compreensão profunda de tais conceitos e de segurança torna-se imprescindível a diferenciação explícita entre exposição e dose. Exposição é a quantidade de radiação produzida por um dispositivo ou uma fonte radioativa e a subsequente ionização de moléculas do ar, sendo tipicamente medida no ar. Em comparação, a quantidade de energia absorvida por unidade de tecido, já relacionada à discussão de riscos da radiação, varia de acordo ao órgão e à região do corpo. Esta dose absorvida não pode ser medida diretamente, mas somente estimada para um determinado exame, desde que inúmeros fatores relacionados ao paciente por si só e ao procedimento específico alteram o quanto de radiação é absorvido em diferentes pacientes, para o mesmo protocolo de imagem e para o mesmo equipamento. Mesmo que a exposição a um paciente seja constante, por exemplo, em um aparelho de RX, o número de fótons** que alcança vários tecidos e órgãos varia enormemente entre indivíduos. Adicionalmente à dificuldade em medir a distribuição de dose única fornecida para cada paciente em determinado exame, a dosimetria difere por modalidade de imagem, estabelecendo comparações de exposições de diferentes testes e estimando a dose cumulativa. Para estudos com radionuclídeos por exemplo, a atividade administrada que é expressa em unidades internacionais, o Becquerel (Bq), é o “padrão” de dose mensurável, sendo as doses internas absorvidas pelo paciente e calculadas por métodos de referência expressas em miligrays por unidade de atividade administrada. A unidade do milicurie, a tradicional para a estimativa da atividade, equivale a 37 megabequerel (MBq). Para fluoroscopia e cinecoronariografia, o parâmetro de dosimetria mensurável é expresso em Grays*** (Gy) e Gy x cm². Para a tomografia computadorizada (CT) utilizam-se as unidades internacionais padrão (SI) de miligrays (mGy) ou mGy/cm de modo habitual.

Dose efetiva (E) – referida em unidades internacionais padrão (SI) de millisievert (mSv) é algumas vezes utilizada para facilitar comparações de exposição de radiação entre diferentes exames e modalidades. É prerrogativa para a caracterização de risco utilizado em proteção à radiação, que reflete a estimativa de corpo total do valor da dose. Possibilitaria, desta forma, estabelecer um equivalente de risco estocástico para a radiação ionizante que ocorre em exames de imagem médica. Finalmente, a dose efetiva é uma estimativa genérica de risco com ampla margem de erro, sem possibilidade de ser medida de modo direto, mas obtida de modelos, simulações e interpolação. Embora a dose efetiva

possa ser usada para comparar diferentes protocolos ou exames realizados com diferentes modalidades de imagem que utilizam radiação ionizante, não pode expressar o risco biológico específico para pacientes individuais.

Evidências de associação entre radiação de exames médicos e neoplasias

Atualmente, o potencial do risco de desenvolvimento de cânceres malignos relacionado a exames de imagem que utilizam radiação ionizante vem sendo frequentemente discutido na literatura médica e na mídia leiga. Nos últimos anos, houve rápido crescimento do uso destes exames na prática clínica, o que aumentou a preocupação com a dose de radiação médica recebida pelos pacientes.^{2,12,13} Relatos internacionais recentes demonstraram que enquanto a estimativa da exposição à radiação médica entre 1980 e 1982 era de 0,53 mSv por indivíduo por ano passa a representar um aumento aproximado de seis vezes no ano de 2006 com 3,0 mSv por indivíduo por ano (Figura 2).

O conceito de radiação, uma entidade física que penetra o corpo humano é algo que desafia a percepção, vem carregada de emoção e pode desencadear angústia em muitas pessoas. Nos últimos anos, um número considerável de relatos alarmistas aumentou a percepção de que exames radiológicos geram câncer.^{6,8,14} Essas publicações têm sido amplamente difundidas muitas vezes de forma sensacionalista, de modo que os profissionais médicos estão sendo cada vez mais questionados pelos pacientes sobre o tema. Desta forma, as sociedades médicas e órgãos públicos de saúde começaram a direcionar bastante atenção a essa questão.

Evidências de associação direta entre radiação de exames médicos e indução de câncer são escassas. As mais convincentes são derivadas de poucos estudos epidemiológicos recentes de grande porte, realizados em populações jovens, predominantemente pediátricas.^{15,16} Com base no seguimento de aproximadamente 10 anos de 178.000 e 680.000 crianças e adolescentes, respectivamente, esses estudos demonstraram risco incremental de 2 a 6 / 10.000 crianças e adolescentes submetidos a estudos de tomografia computadorizada (TC). Por outro lado, comprovações de associação direta entre radiação de exames médicos e indução de câncer na população

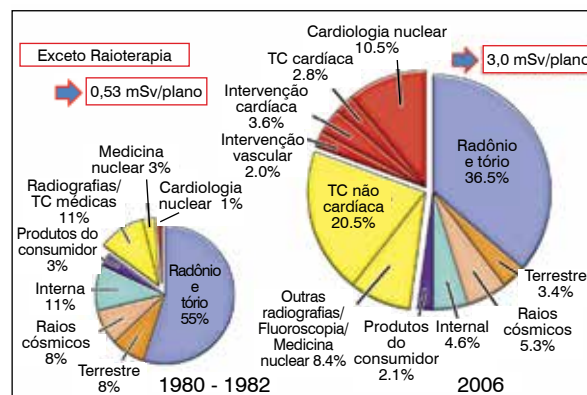


Figura 2. Aumento da exposição à radiação médica diagnóstica (exames de imagem), excetuando-se procedimentos terapêuticos, de aproximadamente seis vezes em torno três décadas (explicação no texto), com a respectiva representatividade porcentual dos diversos procedimentos, nos Estados Unidos. Modificado de Einstein AJ¹⁵.

**Fótons - Raios Gama - alguns núcleos são instáveis na sua composição de núcleos e podem decair para configurações mais estáveis, por emissão de partículas muito energéticas. Os núcleos atômicos possuem níveis de energia discretos, análogos aos níveis dos orbitais atômicos. A transição entre estados de energia de um mesmo núcleo é acompanhada da emissão de um quantum de radiação eletromagnética (fóton). Emissão de raios gama, quando há liberação de fótons de alta energia. O fator de potência relativa de penetração é de 10.000, altamente penetrante, mas em contrapartida não é muito ionizante. Geralmente ocorre simultaneamente com outras reações nucleares.

***A unidade Gray (Gy) mede a dose absorvida de radiação (D) por qualquer material. Embora não seja intercambiável com o Sievert (Sv), ambas representam dimensões de energia por unidade de massa e são iguais a um joule por quilo (1 Sv = 1 J/kg; 1 Gy = 1 J/kg).

adulta geral carecem de documentação. Coortes muito maiores teriam que ser analisadas para detectar qualquer aumento incremental nas taxas de câncer, existindo projeções que aproximadamente 38% das mulheres e 44% dos homens nos Estados Unidos (EUA) desenvolverão algum câncer durante sua vida,¹⁷ a despeito da realização de exames de radiológicos.

A probabilidade de alterações cromossômicas que poderiam resultar em câncer tem relação com a taxa de proliferação celular, o número de divisões futuras e o grau de diferenciação das células em questão.¹⁸ Os pacientes mais jovens são considerados como de maior risco para o desenvolvimento de câncer relacionado à radiação, devido à suas células serem mais sensíveis a tais estímulos (como resultado de um maior número de divisões futuras) do que as células de pacientes mais velhos. Especificamente na imagem cardíaca, considera-se que as mulheres apresentam maior risco de câncer induzido por radiação do que os homens considerando-se a radiosensibilidade das mamas e pulmões.^{19,21}

A grande maioria dos relatórios recentes sobre os riscos de câncer em imagens médicas não é baseada em observações epidemiológicas reais, mas sim derivada da extrapolação de dados obtidos em estudos de exposição humana a outras fontes de radiação. As estimativas de risco de câncer em imagens médicas mais comumente são expressas em publicações de órgãos governamentais específicos, como o VII relatório da “*Biological Effects of Ionizing Radiation*” (BEIR VII).¹⁴ Este leva em consideração principalmente as observações das bombas nucleares de Hiroshima e Nagasaki, que demonstraram aumento estatisticamente significativo na incidência de câncer em sobreviventes expostos a doses de radiação ≥ 100 mSv, ocorrida naqueles indivíduos que se encontravam até 1800 metros aproximados em relação ao hipocentro ou nível zero (local da explosão da bomba em Hiroshima).⁷ Os intervalos de confiança deste relato são amplos, o que permite uma variabilidade considerável na extrapolação do risco.

Radiação e exames de imagens médicas

São procedimentos normalmente associados a doses baixas de radiação, muito inferiores a 100 mSv, com tabelas comparativas de exposição estimada à radiação entre os vários métodos empregados (Tabela 1).

A extrapolação dos riscos para tais níveis é problemática e está sujeita a incertezas relevantes. Essas extrapolações se baseiam na hipótese de que o risco de câncer aumenta linearmente com a dose de radiação (modelo “linear no-threshold”). Por falta de dados melhores, o “linear no-threshold” representa atualmente um modelo razoável e conservador, sendo comumente usado nas políticas de proteção contra radiações. No entanto, permanece incerto se este modelo reflete com precisão o efeito biológico da radiação de baixo nível e se é adequada para a estimativa de risco de câncer em imagens médicas.²² Há outros modelos que também são utilizados, tais como: **a)** “*disproportionately harmful*”, que considera que qualquer dose de radiação é potencialmente prejudicial; **b)** “*threshold dose*”, que considera que os efeitos deletérios da radiação só começam a partir de certa dose efetiva; **c)** “*hormesis*”, que considera que radiação em baixa dose teria efeito benéfico até certo nível e quando ultrapassasse este limite resultaria em efeitos deletérios (Figura 3) (por exemplo, o popular efeito terapêutico das praias com areia monazítica).

Frequentemente os textos que abordam este tema dão enfoque apenas aos efeitos deletérios e raramente fazem ponderação com os inegáveis benefícios dos exames radiológicos, quando bem indicados. Por exemplo, quando as estimativas gerais de riscos da radiação são aplicadas a exames de imagem cardiovascular, deve-se levar em consideração tanto a população estudada quanto a patologia em questão. A maioria dos exames de imagem cardiovascular é realizada em adultos maiores que 50

Tabela 1. Doses de Referência – exposição estimada à radiação em exames de imagem e situações diversas, baseada em múltiplos do RX tórax na projeção ântero – posterior (padrão convencional). Modificado de Einstein AJ.¹⁴

Exame	Dose efetiva (mSv)	Múltiplo de RX Tórax (projeção AP)
Equipamento de escaneamento em aeroportos	0,001	1/20
RX tórax em AP	0,01	1
RX tórax em AP e lateral	0,10	5
Mamografia	0,70	35
Perfusão pulmonar (99 mTc-MAA)	2	100
TC de crânio	2	100
Radiação de fundo para a população (anual)	3	150
Cinecoronariografia invasiva diagnóstica	7	350
Ventriculografia por marcação de “pool” sanguíneo	7,8	780
TC de Tórax	8	400
MIPI (1 dia) repouso-esforço	9	450
MSCT de coronárias com modulação de corrente	9	450
Tomografia de abdome	10	500
Angiografia / Aortografia abdominal	12	600
F18 – Flúor de oxigênio	14	700
Intervenção coronária percutânea	15	750
Ablação por radiofrequência	15	750
Gallo 67-Citrato	15	750
Dose média limite ocupacional (anual) – ICRP 6	20	1000
CPM de duplo isótopo ou TC coronárias helicoidal	25	1250
Tálio 201 – Esforço e redistribuição	41	2050
Doses máximas recebidas por trabalhadores da Usina de Fukushima	250	12500

mSv – milisievert; AP- ântero-posterior; 99m Tc-MAA – radiofármaco tecnécio 99 metaestável marcando macrogregado de albumina; “pool” – compartimento; MIPI- 2 metoxi-isobutil-isonitrila; MSCT – tomografia computadorizada de múltiplos cortes; F-18 = flúor 18; COM – cintilografia de perfusão miocárdica; TC – tomografia computadorizada; ICRP 6 – Comissão Internacional de Proteção Radiológica.

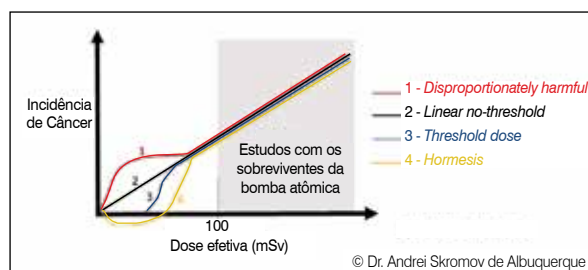


Figura 3. modelos de efeito biológico da radiação no aumento de risco de câncer.

anos de idade. Como já exposto, o dano potencial da radiação nestes indivíduos é substancialmente mais baixo do que nas crianças e nos adultos jovens, uma vez que os tecidos maduros são menos vulneráveis à radiação e a expectativa de vida é menor, permitindo menos tempo para o câncer se manifestar.

As doenças coronariana, cerebrovascular ou arterial periférica, a embolia pulmonar e as patologias da aorta apresentam morbidade e mortalidade significativas e estão entre as indicações mais comuns de exames de imagem cardiovascular. Os riscos decorrentes da radiação destes exames têm de ser ponderados em relação os riscos de ausência ou atraso no diagnóstico de tais condições e da análise imprecisa da gravidade e extensão da doença. Mesmo em pacientes jovens, o risco de morte por uma patologia subjacente é significativamente maior do que o risco estimado de morte resultante de câncer induzido por radiação no longo prazo.²³ Tal condição assume maior relevância em pacientes mais velhos. Os exames de imagem cardiovascular têm excelente precisão diagnóstica para a detecção dessas patologias e existem opções terapêuticas eficazes. No contexto de uma indicação clínica apropriada, não realizar um exame de imagem cardiovascular coloca o paciente em risco substancial, uma vez que as informações fornecidas por estes podem guiar o manejo terapêutico. Ainda, o período de latência para o surgimento de neoplasias induzidas por radiação pode durar várias décadas, enquanto a suspeita de doença cardiovascular usualmente representa uma ameaça iminente para o paciente.

Dose cumulativa de radiação não terapêutica e exposição longitudinal de pacientes que se submetem a exames de imagem cardiovascular

A dose cumulativa de radiação não terapêutica foi proveniente nos Estados Unidos, no ano de 2006, de 25% de todos os procedimentos radiográficos fluoroscópicos, de 49% da tomografia computadorizada e 26% da medicina nuclear.^{24,25} Considerando-se tais fatos e evidências experimentais e epidemiológicas que relacionam a exposição a baixas doses de radiação ionizante e desenvolvimento de tumores sólidos e leucemias,^{5,15} protocolos rígidos de controle e segurança devem ser implementados na rotina diária. Como resultado, pessoas em risco para exposição repetida à radiação, como trabalhadores ligados à área da saúde e à indústria nuclear são monitorados e restritos a doses efetivas de 100 mSv cada cinco anos (20 mSv por ano), com dose máxima permitida de 50 mSv em qualquer ano dado.^{26,27} Em contraste, a exposição longitudinal à radiação de pacientes que realizam exames de imagem não é monitorada adequadamente, mesmo quando vários procedimentos são realizados repetidas vezes no mesmo indivíduo. Entre vários estudos que objetivaram estimar a dose cumulativa efetiva de radiação na população geral submetida a procedimentos de imagem, Fazel R et al. (2009) identificaram durante o período de dois anos 655.613 indivíduos que realizaram pelo menos um procedimento de imagem associado com exposição à radiação, classificando doses anuais efetivas em baixas (≤ 3 mSv), moderadas (>3 mSv - 20mSv),

altas (> 20 mSv - 50mSv), ou muito altas (> 50 mSv). A dose média efetiva cumulativa foi de 2,4 (DP 6,0) mSv por indivíduo por ano, mas com larga margem de variabilidade. De modo geral, doses moderadas estiveram presentes em 193,8 envolvidos por 1000 por ano, enquanto que doses altas e muito altas estiveram em 18,6 e 1,9 envolvidos por 1000 por ano respectivamente. As doses cumulativas efetivas de radiação provenientes de exames de imagem foi crescente com o avançar da idade e maior no sexo feminino. Neste estudo as imagens de perfusão miocárdica isoladamente representaram 22% da dose total efetiva e a tomografia de abdome, pélvis e tórax aproximadamente 38%. No geral, os exames de tomografia computadorizada e de imagem nuclear foram responsáveis por 75,4% da dose cumulativa efetiva, sendo 81,8% do total administrado em caráter ambulatorial. Em contraste, procedimentos relacionados à radiografia plana alcançaram 71,4% do número total, mas somente 10,6% da dose total efetiva.

Nos últimos anos, visando equalizar a demanda crescente de realização de exames radiológicos e a necessidade de utilizar a menor dose de radiação possível, houve uma evolução tecnológica substancial nas técnicas de imagem, que levaram à marcada redução na dose de radiação utilizada. Numa TC cardíaca, a dose média de radiação caiu de 10-20 mSv para aproximadamente 3 mSv, utilizando técnicas de modulação de dose. Dependendo das características do tomógrafo e do paciente (magro e com frequência cardíaca baixa), é possível obter exames diagnósticos com menos de 1 mSv. A dose de radiação de uma angioTC para pesquisa de embolismo pulmonar reduziu de 15 mSv para 2-5 mSv, através de técnicas de controle automático de exposição.

Nas discussões dos riscos de radiação com os pacientes, pode ser útil fornecer uma perspectiva em relação aos riscos da vida cotidiana.²⁸ O risco extrapolado de desenvolver câncer ao longo da vida decorrente da radiação de um exame cardiovascular é de 0,05% (1/2000 pessoas),²⁹ que é menor que o risco de morrer afogado (1/1112 pessoas), morrer em um atropelamento (1/749 pessoas) e cerca de 10 vezes menor que o risco de morrer num acidente automobilístico ao longo da vida (1/108). No entanto, esses riscos cotidianos são comumente percebidos como muito baixos e normalmente não impedem um indivíduo de nadar, atravessar a rua ou entrar num carro. Muitos especialistas consideram segura a dose < 50 mSv em 1 ano ou <100 mSv por toda a vida.

De qualquer forma, mesmo que de modo não tão alarmante como já noticiado em alguns meios de comunicação, a utilização de radiação ionizante potencialmente gera algum risco adicional e, por isso, é fundamental à adequada indicação clínica. Um exame bem indicado certamente traz muito mais benefícios do que riscos. E o contrário também é verdadeiro.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não possuir conflitos de interesse na realização deste trabalho.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES: Todos os autores contribuíram individual e significativamente para o desenvolvimento do trabalho. ASA e LEM foram os principais contribuintes na redação do manuscrito. ASA contribuiu com os exames de radiologia. LEM contribuiu com os exames de medicina nuclear.

REFERÊNCIAS

1. Wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/index.php/ICO60801_-_Diário_2016-2. Fonte: http://www.sobiologia.com.br/conteudos/oitava_serie/Ondas4php. [Citado em 20 de fevereiro de 2017]
2. Udelson JE, et al. Nuclear Cardiology. Chapter 17. Bonow R, Mann D, Zipes DP, Libby P, Braunwald E. Braunwald's Heart Disease. A Textbook of Cardiovascular Medicine. VI. 9th ed. 2012; p. 310.
3. Nuclear cardiology: guidance on the implementation of SPECT myocardial perfusion imaging. International Atomic Energy Agency. Series: IAEA human health series. 2016;23(1)
4. Mastrocola LE, Alves FBP, Lopes RW, Jasinowodolinski D. Risco da Exposição às Radiações. Parte II. Revista do DERC. 2012;18(4):101-3.
5. Mastrocola LE, Alves FBP, Lopes RW. Exames de Imagem e Risco da Exposição às Radiações. Conceitos Fundamentais. Parte I. Revista do DERC 2012;18(2) 44-5.
6. Einstein AJ, Henzlova MJ, Rajagopalan S. Estimating risk of cancer associated with radiation exposure from 64-slice computed tomography coronary angiography. JAMA. 2007;298(3):317-23.
7. <http://www.atomicarchive.com/Maps/HiroshimaMap.shtml>; Preston DL, et al. Solid cancer incidence in atomic bomb survivors: 1958-1998. Radiat Res. 2007;168:1-64.
8. Berrington de Gonzalez A, Mahesh M, Kim KP, Bhargavan M, Lewis R, Mettler F, et al. Projected cancer risks from computed tomographic scans performed in the United States in 2007. Arch Intern Med. 2009;169(22):2071-7.
9. Gerber TC, Carr JJ, Arai AE, Dixon RL, Ferrari VA, Gomes AS, et al. Ionizing radiation in cardiac imaging: a science advisory from the American Heart Association Committee on Cardiac Imaging of the Council on Clinical Cardiology and Committee on Cardiovascular Imaging and Intervention of the Council on Cardiovascular Radiology and Intervention. Circulation. 2009;119(7):1056-65.
10. Fazel R, Gerber TC, Balter S, Brenner DJ, Carr JJ, Cerqueira MD, et al. Approaches to enhancing radiation safety in cardiovascular imaging: a scientific statement from the American Heart Association. Circulation. 2014;130(19):1730-48.
11. Einstein AJ. Effects of radiation exposure from cardiac imaging: how good are the data? J Am Coll Cardiol. 2012;59(6):553-65.
12. Einstein AJ, Moser KW, Thompson RC, Cerqueira MD, Henzlova MJ. Radiation dose to patients from cardiac diagnostic imaging. Circulation. 2007;116(11):1290-1305.
13. Fazel R, Krumholz HM, Wang Y, Ross JS, Chen J, Ting HH, et al. Exposure to low-dose ionizing radiation from medical imaging procedures. N Engl J Med. 2009;361(9):849-57.
14. National Research Council. Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation: BEIR VII phase 2. Washington, DC: National Academies Press, 2006.
15. Pearce MS, Salotti JA, Little MP, McHugh K, Lee C, Kim KP, et al. Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumors: a retrospective cohort study. Lancet. 2012;380(9840):499-505.
16. Mathews JD, Forsythe AV, Brady Z, Butler MW, Goergen SK, Byrnes GB, et al. Cancer risk in 680,000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians. BMJ. 2013;346:f2360.
17. American Cancer Society. Lifetime risk of developing or dying from cancer. <http://www.cancer.org/cancer/cancerbasics/lifetime-probability-of-developing-or-dying-from-cancer>. [Acesso em Setembro 2013].
18. Preston RJ. Radiation biology: concepts for radiation protection. Health Phys 2005; 88(6):545-56.
19. International Commission on Radiological Protection. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection ICRP Publication 103. Ann ICRP. 37(2-4):1-332.
20. Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation. Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII-Phase 2, Board on Radiation Effects Research, Division on Earth and Life Studies, National Research Council of the National Academies. National Academies Press, Washington; DC. 2006.
21. Hendee WR, O'Connor MK. Radiation risks of medical imaging: separating fact from fantasy. Radiology. 2012;264(2):312-21.
22. Zondervan RL, Hahn PF, Sadow CA, Liu B, Lee SI. Body CT scanning in young adults: examination indications, patient outcomes, and risk of radiation-induced cancer. Radiology. 2013;267(2):460-9.
23. Duvall WL, Sweeny JM, Croft LB, Ginsberg E, Guma KA, Henzlova MJ. Reduced stress dose with rapid acquisition CZT SPECT MPI in a non-obese clinical population: comparison to coronary angiography. J Nucl Cardiol. 2012;19(1):19-27.
24. Gerber TC, Gibbons RJ. Weighing the risks and benefits of cardiac imaging with ionizing radiation. JACC Cardiovasc Imaging. 2010;3(5):528-35.
25. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection: ICRP publication 103. Ann ICRP. 2007;37(2-4):1-332.
26. Wrixon AD. New ICRP recommendations. J Radiol Prot. 2008; 28(2):161-8.
27. McCollough CH, Guimarães L, Fletcher JG. In defense of body CT. AJR Am J Roentgenol. 2009;193(1):28-39.
28. Gerber TC, Carr JJ, Arai AE, Dixon RL, Ferrari VA, Gomes AS, et al. Ionizing radiation in cardiac imaging: a science advisory from the American Heart Association Committee on Cardiac Imaging of the Council on Clinical Cardiology and Committee on Cardiovascular Imaging and Intervention of the Council on Cardiovascular Radiology and Intervention. Circulation. 2009;119(7):1056-65.

ESCORE DE CÁLCIO CORONARIANO: ONDE E QUANDO FAZ A DIFERENÇA NA PRÁTICA CLÍNICA

CORONARY CALCIUM SCORE: WHERE AND WHEN DOES IT MAKE A DIFFERENCE IN CLINICAL PRACTICE

RESUMO

Juliano Lara Fernandes¹,
Marcio Sommer
Bittencourt^{2, 3}

1. Jose Michel Kalaf Research Institute, Radiologia Clínica de Campinas, Campinas, São Paulo, SP, Brazil.

2. Center for Clinical and Epidemiological Research, University Hospital and São Paulo State Cancer Institute, University of São Paulo, São Paulo, SP, Brazil.

3. Preventive Medicine Center, Hospital Israelita Albert Einstein and School of Medicine, Faculdade Israelita de Ciência da Saúde Albert Einstein, São Paulo, SP, Brazil.

Correspondência:
Av. Jose de Souza Campos 840,
Campinas, SP, Brasil. 13092-123.
jlara@terra.com.br

O escore de cálcio coronariano (CAC) é obtido por meio de tomografia de tórax sem contraste, acoplada a eletrocardiograma com baixa dose de radiação e baixo custo. Atualmente, acessível na grande maioria de tomógrafos de múltiplos detectores, o exame tem como objetivo a identificação da carga de aterosclerose associada à presença de cálcio na topografia das artérias coronárias. Seu valor diagnóstico e prognóstico para doença arterial coronária subclínica foi demonstrado em diversos estudos pregressos envolvendo dezenas de milhares de pacientes com seguimento prolongado, de até 15 anos. O escore de cálcio mostrou-se superior aos escores clínicos tradicionais na predição de eventos cardiovasculares em indivíduos assintomáticos, sobretudo naqueles com risco intermediário pré-teste, em que pode haver dúvida sobre a melhor abordagem de tratamento. O achado de um escore de cálcio zero está associado a um risco cardiovascular significativamente baixo, enquanto um escore elevado re-estratifica o indivíduo para uma classe de risco superior. Grande parte das diretrizes clínicas indica o exame exatamente neste paciente ou nos indivíduos com risco inicial mais baixo, mas com antecedente familiar fortemente positivo. Embora não haja trabalhos randomizados com desfechos clínicos primários guiados pelo CAC, ao menos três estudos prospectivos demonstraram benefícios com seu uso, além dos inúmeros trabalhos observacionais e estudos de coorte que demonstraram excelente valor prognóstico. Recentemente, recomendações de como guiar a terapia de prevenção primária de acordo com o resultado do escore de cálcio foram publicadas com base em opiniões de especialistas, e uma proposta de estudo randomizado vem sendo discutida de forma intensa. Finalmente, o escore de cálcio também passou a ser visto como possível indicação para complementar outros exames, como tomografia de tórax, avaliação pulmonar ou em associação com exames funcionais, além de aumento de adesão à terapia.

Descritores: Escore de cálcio coronário; Aterosclerose, Doença da artéria coronariana; Dislipidemias.

ABSTRACT

The coronary artery calcium score (CAC) is obtained through a computed tomography (CT) of the chest without the need for contrast, coupled with low radiation dose electrocardiogram and low cost. The exam is currently available in most multidetector tomographs, and its objective is to identify coronary atherosclerotic burden associated with the presence of calcium in the topography of the coronary arteries. Its diagnostic and prognostic value for subclinical coronary arterial disease has been demonstrated in many studies involving tens of thousands of patients, with long follow-up times of more than 15 years. The calcium score has been shown to be superior to most traditional clinical scores for predicting cardiovascular events in asymptomatic individuals, particularly those with moderate pre-test risk, where there might be more uncertainty in selecting the best treatment approach. A finding of a calcium score of zero is associated with a very low cardiovascular risk, while a high score re-stratifies an individual to a higher risk class. Most of the clinical guidelines recommend the exam in these patients, or in individuals with an initial low risk category but a strong positive familiar history for cardiovascular disease. Although there are currently no randomized controlled trials with outcomes guided by the use of CAC, at least three prospective studies have demonstrated the benefits of its use, and numerous observational works and cohort studies have demonstrated its excellent prognostic value. Recently, recommendations on

how to guide primary preventive therapy based on the results of the calcium score have been published based on specialist opinions, and a randomized controlled trial is now in advanced discussions. Finally, the calcium score is now seen as a possible indication to complement other exams, such as chest CT, pulmonary evaluation, or in association with other functional stress exams, and adhesion to therapy has increased.

Descritores: Coronary calcuim score; Atherosclerosis; Coronary artery disease; Dyslipidemias.

INTRODUÇÃO

O escore de cálcio coronário é um exame não invasivo realizado por tomografia computadorizada sem contraste que permite a avaliação da presença e extensão de calcificações nas artérias coronárias. Esta presença de calcificações nunca é um fenômeno fisiológico, e habitualmente está associada à existência de aterosclerose coronária. A calcificação da placa aterosclerótica ocorre por um processo ativo de mineralização com a deposição de cristais de hidroxiapatita, que se inicia em estágios precoces da formação da placa aterosclerótica.

Diversos estudos já demonstraram a forte correlação ($r=0.90$) entre os valores do escore de cálcio coronário e a presença e extensão de aterosclerose coronária na histologia.¹ Da mesma forma, a medida do escore de cálcio também apresenta forte correlação com a presença, extensão e gravidade das lesões coronarianas detectadas através da angiografia invasiva.² Logo, o escore de cálcio pode ser considerado uma medida indireta da carga aterosclerótica coronariana global.

Apesar desta forte correlação entre o escore de cálcio e a carga aterosclerótica, sabe-se que nem todas as placas ateroscleróticas são calcificadas além disso, escore de cálcio é limitado para a detecção de placas obstrutivas.³ Por este motivo o escore de cálcio recebeu diversas críticas com relação a sua capacidade diagnóstica em pacientes sintomáticos com dor torácica de possível origem cardíaca. No entanto, a ausência de cálcio nas artérias coronárias (escore de cálcio = 0) é um forte marcador diagnóstico que sugere baixa probabilidade de doença obstrutiva e um excelente marcador de bom prognóstico para a maior parte dos casos.^{4,5} No entanto, em pacientes de probabilidade muito alta, mesmo a ausência de calcificações coronárias pode ser insuficiente para excluir a presença de doença arterial coronária obstrutiva.⁶

A despeito da discussão sobre a associação entre o escore de cálcio e a presença de doença arterial coronária obstrutiva, dados de estudos anatomopatológicos indicam que o escore de cálcio é um preditor mais acurado da carga aterosclerótica coronária global do que a existência de lesões coronárias obstrutivas.⁷ Como diversos estudos já demonstraram que a carga aterosclerótica é um marcador prognóstico mais importante do que a presença de lesões obstrutivas focais,^{8,9} o escore de cálcio tem sido considerado uma ferramenta de avaliação clínica para a estratificação de risco, particularmente em indivíduos assintomáticos.

Atualmente o escore de cálcio é realizado em aparelhos de tomografia computadorizada de múltiplos detectores, com sincronização eletrocardiográfica e sem a atualização de qualquer tipo de contraste. Para a sua realização não é necessária a administração de qualquer medicação, nem há necessidade de controle estrito de frequência cardíaca.

Durante a aquisição são realizados ao redor de 40 a 50 cortes tomográficos com espessura de 2.5 a 3 mm. Para a medida da quantidade de cálcio nas artérias coronárias pode-se calcular o volume, a área ou o escore de cálcio através do método de Agatston. O método de Agatston é o mais utilizado na prática clínica, pois é o que apresenta a maior validação em estudos de grande porte. Este método considera como placas calcificadas a presença de dois ou mais pixels adjacentes com densidade tomográfica acima de 130 unidades Hounsfield.¹⁰ Cada lesão calcificada identificada é multiplicada por um fator de 1 a 4 de acordo com a densidade da placa. Este ajuste para a densidade considera que placas mais densas estão associadas a maior quantidade de cálcio, o que por sua vez deve estar associado a maior carga aterosclerótica.¹⁰ (Figura 1). A dose de radiação utilizada na realização do escore de cálcio é bastante variável, mas depende essencialmente dos parâmetros de dose ajustados no aparelho durante a aquisição, e podem ser facilmente reduzidos com a otimização de protocolos otimizados.¹¹ Atualmente a maior

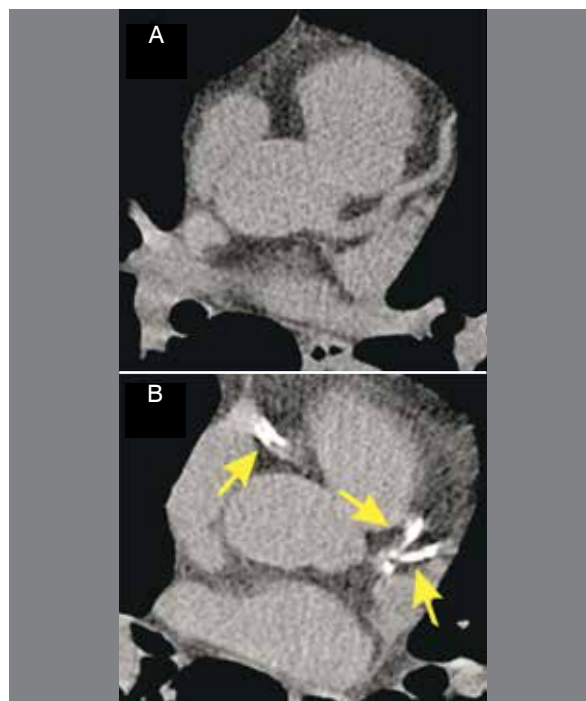


Figura 1. Em (A) observa-se imagem de tomografia de tórax sem contraste acoplada ao eletrocardiograma para avaliação de escore de cálcio sem a presença de placas identificadas no tronco da artéria coronária esquerda e artéria descendente anterior. O escore deste paciente foi zero, indicando baixa carga aterosclerótica; em (B) observa-se paciente com alta carga aterosclerótica com placas calcificadas na artéria coronária direita, descendente anterior e circunflexa (setas amarelas).

parte dos centros realiza os exames com doses de radiação abaixo de 2 mSv, muitos centros obtêm doses de radiação médias abaixo de 1 mSv na imensa maioria dos pacientes. Com isso, a dose de radiação não tem sido um problema clinicamente importante na utilização do escore de cálcio.

VALOR PROGNÓSTICO

Em indivíduos sintomáticos os exames complementares para a investigação de doença coronária tem como objetivo principal investigar se esta é a causa dos sintomas do paciente. No entanto, em indivíduos assintomáticos a informação mais importante não é diagnóstica, mas sim prognóstica. A pergunta clinicamente relevante é qual o risco deste paciente apresentar um evento cardiovascular nos próximos cinco, 10 ou 20 anos ou mesmo até o fim da vida. Devido a relevância clínica desta pergunta foram desenvolvidos escores de risco clínicos como o escore de risco de *Framingham*,¹² que até hoje são as ferramentas básicas na estratificação de risco de pacientes assintomáticos, e são utilizados para a definição de quais indivíduos devem receber estatinas ou AAS na prevenção primária de eventos cardiovasculares.

O risco de ruptura de uma placa aterosclerótica está diretamente ligado à carga aterosclerótica global.¹³ Apesar de evidências fisiopatológicas sugerirem que placas não calcificadas tem maior risco de ruptura que placas calcificadas,¹⁴ o escore de cálcio está diretamente relacionado a presença de ambos os tipos de placa (calcificada e não calcifica), pois indivíduos com escore de cálcio alto apresentam também carga importante de placas não calcificadas.^{1-3,7} Devido a esta associação, o escore de cálcio tem sido amplamente estudado como um marcador de prognóstico em pacientes assintomáticos.

Diversos estudos já avaliaram o valor prognóstico do escore de cálcio coronário em indivíduos assintomáticos.^{5,15-23} Apesar de diferenças no desenho, critérios de inclusão, tempo de seguimento e desfecho avaliado, todos os estudos são consonantes em demonstrar que a presença e gravidade do escore de cálcio são marcadores independentes de risco de eventos coronários e cardiovasculares assim como de mortalidade por qualquer causa. Os estudos iniciais com escore de cálcio utilizavam a *electron beam tomography*, uma tecnologia diferente da atual. Apesar das diferenças a medida do escore de cálcio era realizada da mesma maneira e o seu valor prognóstico é semelhante ao do método atual. No entanto, esta tecnologia não se encontra mais disponível, e todos os exames atuais são realizados por tomografia computadorizada de múltiplos detectores.

Dentre os diversos estudos de coorte utilizando o escore de cálcio para predição de eventos cardiovasculares futuros, o estudo multiétnico de aterosclerose (*Multi Ethnic Study of Atherosclerosis – MESA*) merece destaque. Em uma publicação inicial, o estudo MESA demonstrou que a presença de qualquer calcificação coronária está associada a pior prognóstico para eventos coronários e eventos cardiovasculares, mesmo após extenso ajuste para fatores de risco cardiovasculares.⁵ Além disso, maiores valores de escore de cálcio estiveram associados a pior prognóstico (Figura 2). Após ajuste para fatores de risco, a presença de um escore de cálcio entre 1 e 100 esteve associado a um aumento de aproximadamente quatro vezes no risco de eventos coronários e cardiovasculares, enquanto que com escores de cálcio acima de 100 o risco

foi aproximadamente sete vezes maior que o de pacientes com escore de cálcio de zero. Este estudo também demonstrou que o valor prognóstico do escore de cálcio persiste robusto em todos os quatro grupos étnicos avaliados: negros, caucasianos, hispânicos e orientais. Quando comparado com outros marcadores de aterosclerose subclínica e de risco cardiovascular no estudo MESA, o escore de cálcio foi o exame com a maior capacidade de discriminação entre indivíduos que apresentaram e não apresentaram eventos durante o seguimento clínico.²⁴ Quando analisados somente os indivíduos de risco intermediário, onde o escore de cálcio tem maior probabilidade de resultar em mudança terapêutica clinicamente importante para os pacientes, o escore de cálcio foi superior a espessura íntima média de carótidas, a proteína C reativa, ao índice tornozelo braquial e até mesmo a história familiar de doença coronária. (Figura 3)

Em análises posteriores o importante valor prognóstico do escore de cálcio também foi demonstrado em subgrupos de interesse particular, como em mulheres de baixo risco cardiovascular,²⁵ e em indivíduos com nenhum ou poucos fatores de risco.²⁶ Mesmo em indivíduos com diabetes mellitus, que habitualmente são considerados de alto risco cardiovascular, a ausência de calcificações coronárias está associada a excelente prognóstico.²⁷

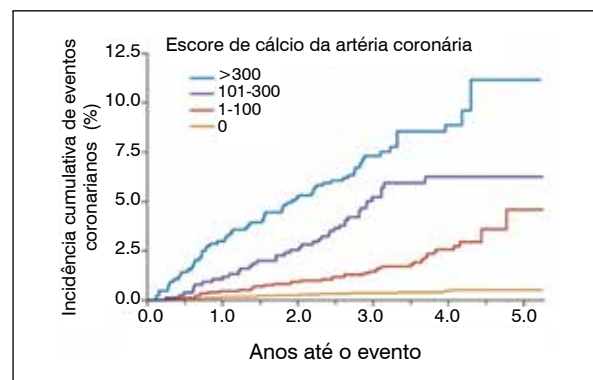


Figura 2. Risco de eventos cardiovasculares de acordo com o escore de cálcio no estudo MESA. Adaptado de Detrano et al. NEJM 2008.⁵

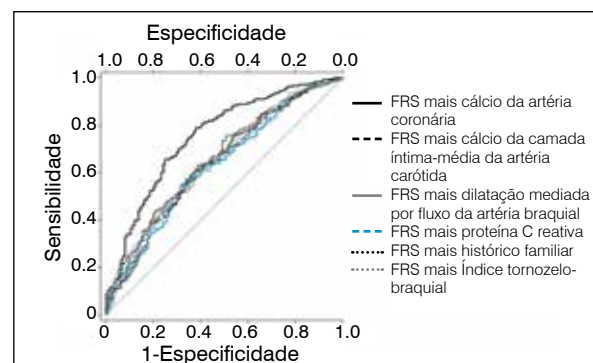


Figura 3. Curva ROC (Receiver Operating Characteristic) demonstrando as áreas sob a curva para incidência de desfechos cardiovasculares de diversos modelos preditores em pacientes com risco intermediário do estudo MESA. Em azul claro, a linha do escore de Framingham isolado (FRS), sendo a linha preta superior a do FRS com a adição do escore de cálcio, demonstrando o incremento de valor prognóstico em comparação não só ao FRS isolado mas também aos demais métodos complementares. Adaptado de Yeboah et al. JAMA 2012.³⁸

Uma das grandes dúvidas no uso rotineiro do escore de cálcio para avaliação de risco é o prazo para repetição dos exames. Enquanto que em pacientes com escore de cálcio positivo, em que doses altas de estatina estão recomendadas, não há necessidade de repetição rotineira do exame, a dúvida sobre a validade do bom prognóstico associado a ausência de calcificações ainda não é clara. O principal motivo para isso é que a maior parte dos estudos com escore de cálcio ainda tem menos de 15 anos de duração. No entanto, estudos utilizando mortalidade geral como desfecho sugerem que em indivíduos com escore de cálcio de zero a incidência de eventos cardiovasculares permanece baixa por ao menos 5 anos.²³ No entanto, para indivíduos de médio e baixo risco cardiovascular, que são a população em que o escore de cálcio é utilizado habitualmente, o bom prognóstico associado ao escore zero parece ter validade por até 15 anos.²³

Finalmente, existe também dúvidas sobre o uso do escore de cálcio em populações jovens, já que a prevalência de cálcio nestes indivíduos é baixa, e seu risco cardiovascular em geral também não é alto. Apesar de a indicação de realização de escore de cálcio nesta população não ser clara, um estudo recente demonstrou que em pacientes jovens a presença de qualquer calcificação coronária, mesmo com valores baixos de escore de cálcio, está associada a um aumento de risco cardiovascular.²²

CAC: indicações clássicas das diretrizes e suas limitações

O uso do escore de cálcio para a estratificação de risco cardiovascular de pacientes assintomáticos é considerado uma indicação classe I com grau de evidência A para indivíduos com escore de risco de *Framingham* de 10 a 20% em 10 anos ou com escore de risco global entre 5 e 20% para homens e 5 e 10% para mulheres em 10 anos segundo a II Diretriz Brasileira de Tomografia Computadorizada Cardiovascular da

Sociedade Brasileira de Cardiologia.²⁸ Já a V Diretriz Brasileira de Dislipidemias não discute a indicação de realização do escore de cálcio, porém recomenda que indivíduos com escore de cálcio acima de 100 ou com percentil acima de 75 para a faixa etária seja considerados como indivíduos de maior risco cardiovascular, e devem ser tratados mais agressivamente.²⁹

Por outro lado, as diretrizes internacionais consideram possível a utilização do escore de cálcio com algumas ressalvas. Segundo a diretriz americana de estratificação de risco cardiovascular o escore de cálcio tem indicação IIb nos casos em que a avaliação clínica torna a decisão terapêutica incerta, ou em casos onde o paciente questiona a necessidade do tratamento proposto.³⁰ Da mesma forma, a diretriz europeia de prevenção de risco cardiovascular considera o escore de cálcio com uma indicação IIb com grau de evidência B para a estratificação de risco adicional.³¹ Ambas consideram o escore de cálcio uma ferramenta útil na estratificação de risco cardiovascular e sugerem que a evidência de estudos observacionais é clara. Apesar disso, estas diretrizes indicam que nenhum estudo randomizado utilizando o escore de cálcio como parte de estratégia de estratificação de risco tendo como desfecho eventos cardiovasculares foi realizado até hoje. Além disso, as evidências de que o seu uso é custo eficaz são consideradas controversas por estas diretrizes. Apesar da alegada falta de evidência de estudos randomizados, não há qualquer menção sobre potenciais limitações do seu uso exceto o custo e eventualmente a radiação utilizada no exame.

Trabalhos randomizados

Apesar da indicação de falta de evidência de estudos randomizados utilizando o escore de cálcio, três estudos randomizados utilizando o escore de cálcio foram realizados: St Francis Heart Study, PACC Trial e EISNER trial (Tabela 1).³²⁻³⁴ O *St Francis Heart Study* teve como objetivo principal testar a hipótese se indivíduos supostamente de alto

Tabela 1. Estudos randomizados com escore de cálcio versus seguimento tradicional.

Estudo, ano publicação	Randomização	Número de pacientes totais	Intervenção	Duração (anos)	Desfecho primário	Resultados	Limitação principal
St Francis ³² , 2005	Estatina vs. tratamento usual em pacientes > percentil 80 CAC	1005	Atorvastatina 20mg vs. placebo	4.3	Morte, IAM, AVC, cirurgia revascularização periférica e cardíaca	33% redução de desfechos, p=0.08	(1) Randomização baseado em percentil, risco absoluto baixo inicial; (2) subestudo com CAC>400 pouco poder baixo para desfechos.
PACC Trial ³³ , 2003	CAC vs. não-CAC com acompanhamento intensivo vs. convencional	450	Acompanhamento intensivo vs. convencional em pacientes com ou sem conhecimento do CAC	1.0	Mudança no escore de Framingham de 10 anos	-0.06 vs. +0.74 (p=0.003) no grupo com acompanhamento intensivo, não influenciado pelo conhecimento do CAC	(1) baixa idade dos participantes com 42 anos; (2) 85% com CAC zero.
EISNER ³⁴ , 2011	CAC vs. não-CAC	2137	Aconselhamento mais intenso após a randomização (uma única vez)	4.0	Mudanças em fatores de risco e escore de Framingham de 10 anos	Fatores de risco e escore de Framingham mais baixos com CAC (p=0.003)	(1) apenas uma intervenção no início; (2) CAC não disponível para médico do paciente

IAM, infarto agudo do miocárdio; AVC acidente vascular cerebral; Adaptado de Rozanski A et al³⁰.

risco selecionados pelos escore de cálcio teriam benefício de um tratamento com estatinas em doses moderadas-alta mais vitaminas *versus* o tratamento convencional para a época do início do estudo no ano de 2000. Foram selecionados 1005 pacientes que apresentavam percentil de escore de cálcio > 80% da idade e gênero e que receberam placebo ou atorvastatina 20mg mais vitaminas C/E. Apesar da redução de desfechos de 9.9% para 6.9% no grupo tratado, o resultado não atingiu significância estatística com $p=0.08$ devido ao poder limitado associado ao modesto tamanho amostral. No subgrupo de pacientes com $CAC > 400$, a redução de eventos foi mais significativa de 15.0% para 8.7%, com $p=0.046$. O estudo, visto retrospectivamente sob a ótica do conhecimento atual, não teve em seu desenho a tentativa de testar se a seleção de pacientes por escore de cálcio *versus* diagnóstico convencional era mais eficaz, mas sim se os tratamentos de pacientes com alto risco pelo CAC seriam beneficiados. Além disso, a seleção de pacientes baseados no percentil limitou fortemente o critério de alto risco proposto já que em termos absolutos muitos pacientes tinham em realidade baixo risco já que a idade média do grupo foi de 59 ± 6 anos, especialmente no grupo de mulheres que representavam um quarto dos pacientes. Finalmente, a dose da atorvastatina de 20mg considerada como tratamento agressivo para a época hoje ficaria abaixo de opções terapêuticas mais potentes para redução dos níveis de LDL. De toda forma, o estudo sugeriu pela primeira vez que o tratamento em pacientes de alto risco pelo CAC poderia trazer algum benefício clínico em desfechos duros.

Outro estudo que tentou avaliar o impacto do escore de cálcio sobre o manejo clínico foi o *Prospective Army Coronary Calcium (PACC) Trial*. O estudo randomizou 450 pacientes para realização ou não do exame além de receber tratamento convencional ou intensivo, que consistia em seguimento clínico mais próximo por uma enfermeira e nutricionista e retornos e contatos frequentes. Ao final de um ano de seguimento, pacientes com acompanhamento intensivo tiveram redução significativa dos fatores de risco medidos no início do estudo, porém o uso do escore de cálcio não teve impacto neste desfecho. A grande limitação deste achado, entretanto, foi associada ao baixo risco da população selecionada, que incluiu indivíduos extremamente jovens com idade média de 42 ± 1.9 anos, sendo que 85% tinham escore de cálcio zero.

Finalmente, o estudo *Early Identification of Subclinical Atherosclerosis by Noninvasive Imaging Research (EISNER) Trial* foi um estudo prospectivo e randomizado que avaliou se o uso do escore de cálcio auxiliaria na redução dos fatores de risco cardiovasculares, sem, entretanto, uma intervenção planejada e controlada. O estudo avaliou 2137 voluntários sem doença cardiovascular para realizarem ou não o exame de CAC sendo seguidos por 4 anos. Ao final do seguimento, o controle dos fatores de risco foi mais intenso no grupo com CAC. Enquanto que o escore de Framingham se elevou no grupo controle, ele manteve-se estável no grupo do CAC (0.7 ± 5.1 vs. 0.002 ± 4.9 , $p = 0.003$). De forma importante, o estudo também demonstrou que não houve diferença de custos entre as duas estratégias, sobretudo pela redução de custos no grupo com baixo risco pelo CAC *versus* maior custo concentrado

naqueles pacientes com $CAC > 400$. As principais limitações do estudo foram sua falta de poder para determinar diferenças em desfechos clínicos, pouco seguimento de aconselhamento nos pacientes e o fato do resultado do CAC estar disponível apenas para os pacientes, mas não para os médicos que faziam o tratamento.

Utilização do escore de cálcio para mudanças terapêuticas e manejo de medicamentos na prevenção primária

Apesar do avanço significativo da terapia preventiva com hipolipemiantes e antiagregantes plaquetários na prevenção primária, duas principais limitações são apontadas como entraves para a forma de aplicação com que ela é feita hoje. A primeira relaciona-se ao custo dos medicamentos utilizados, já que, mesmo com a redução significativa do valor de tratamento das estatinas, o impacto do seu uso ainda é bastante relevante para o sistema de saúde público ou privado.³⁵ Isso implica em necessidade de melhor racionalização do seu uso, focando gastos e recursos em quem realmente mais se beneficia com contrapartida de liberação destes valores em pacientes cujo benefício será muito limitado, como pacientes de risco cardiovascular muito baixo. A segunda limitação se refere ao fato de que apesar dos estudos considerarem que a não-utilidade do uso destes medicamentos é próxima de zero, estudos dirigidos demonstram que o impacto do uso diário de medicamentos para o paciente é extremamente relevante, não apenas no quesito financeiro, mas também em sua qualidade de vida e na sua decisão de seguir ou não o regime prescrito. Fontana et al demonstraram que os pacientes acreditam que é necessário um aumento de ao menos seis meses de vida com qualidade para justificar o uso diário de medicamentos numa condição onde eles estão assintomáticos.³⁶ Entretanto, utilizando apenas as diretrizes clínicas da AHA/ACC, observa-se que este aumento de expectativa de vida é demonstrado em menos de 50% dos pacientes e que apenas 1/3 aceitaria tomar o medicamento mesmo que o benefício fosse muito curto, como menos um mês de sobrevida adicional. Desta forma, ter de maneira mais precisa qual o real benefício das intervenções de prevenção primária para poder demonstrar isso ao paciente numa discussão com decisão compartilhada certamente aumentará o risco-benefício da terapia preventiva.

As duas limitações principais expostas acima estão fundamentalmente baseadas nas barreiras impostas pelas diretrizes clínicas atuais que, mesmo nas atualizações mais recentes, superestimam o risco de pacientes assintomáticos em comparação com registros reais distintas.³⁷ Devemos lembrar que o uso do escore de cálcio se mostrou o único entre seis diferentes marcadores adicionais aos escores clínicos a reclassificar de forma significativa o risco real destes pacientes, permitindo, portanto, uma melhor escolha terapêutica nesta população.³⁸ (Figura 3)

Entretanto, estudos prospectivos e randomizados que testaram esta hipótese para o uso do escore de cálcio como balizador de mudança terapêutica com desfechos em eventos ainda não foram concluídos, sobretudo por envolver um grande número de pacientes e elevado custo para demonstrar benefícios nesta população, relativamente

saudável.³⁹ Embora também não se encontre um estudo com este desenho que tenha pesquisado se o uso dos escores clínicos teria algum impacto em desfechos *versus* tratamentos baseados em estratificações diversas, assume-se que estes são a forma mais tradicional para seguimento destes doentes com base em estudos clínicos com foco na terapia de estatinas, sendo o grau desta recomendação classificada como B e, em alguns casos, C pela última diretriz da *United States Preventive Services Task Force*.⁴⁰ Os três estudos com uso do escore de cálcio que randomizaram pacientes para triagem de risco terapêutico com o método *versus* a seleção apenas baseada nas diretrizes clínicas foram comentados previamente e estão resumidos na Tabela 1.

A partir do resultado dos estudos anteriores e do grande número de trabalhos observacionais descritos previamente que demonstraram a capacidade do escore de cálcio em re-estratificar indivíduos assintomáticos acima dos escores clínicos, já existem recomendações atuais que orientam o uso do método para guiar a terapêutica preventiva. Estas recomendações estão baseadas em consensos de experts e não em trabalhos randomizados controlados, mas tentam sugerir a utilização clínica com maior evidência disponível até o momento. Uma destas propostas de aplicação clínica do CAC foi elaborada pela *Society of Cardiovascular Computed Tomography* (SCCT) recentemente.⁴¹ Ela está sumarizada na Figura 4 e está predominantemente indicada para indivíduos que vão iniciar o uso de estatinas e serão guiadas pelo escore de cálcio inicial após o cálculo do seu risco clínico. Recentemente vem se discutindo a possibilidade de se realizar um estudo multicêntrico no país para se testar de forma controlada um protocolo de intervenção utilizando o CAC como balizador de decisão. Neste caso, o algoritmo proposto seria um pouco distinto do sugerido pelo SCCT e também buscaria fornecer elementos que permitissem ao paciente já em uso de terapia preventiva, mas que tem muito baixo risco (< 7.5% em 10 anos) com escore de cálcio zero interromper o uso desta terapia. O protocolo proposto a ser testado está demonstrado na Figura 5.

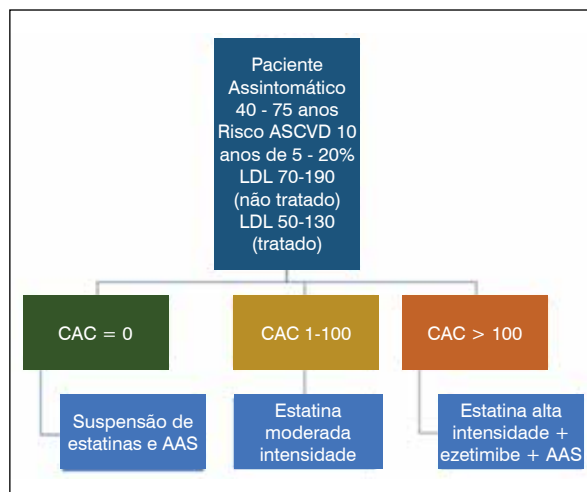


Figura 5. Protocolo de tratamento a ser testado em estudo multicêntrico controlado com guia terapêutico pelo resultado do CAC versus estratificação de risco tradicional. AAS: ácido acetilsalicílico; ASCVD: doença aterosclerótica cardiovascular; CAC: escore de cálcio coronário; LDL: lipoproteína de baixa densidade.

Cac em situações especiais: em tomografias de tórax de baixa dose (tabagismo), para aumento da aderência terapêutica, em conjunto com exames funcionais (eco estresse, spect, ressonância magnética)

Recentemente foi demonstrado que a utilização de tomografias de tórax de baixa dose anualmente em pacientes tabagistas reduz a mortalidade geral e mortalidade por câncer de pulmão e, por isso, é recomendada por diversas sociedades como exame de triagem de rotina nesta população.⁴²⁻⁴⁴ Como os pacientes triados nestes exames tem muitos fatores de risco em comum para doença aterosclerótica, a busca de cálcio coronário em exames de tomografia de tórax, ainda que não acoplado ao ECG como no CAC de rotina, pode trazer uma oportunidade única para estratificação cardiovascular destes pacientes em adição à parte pulmonar. Vários

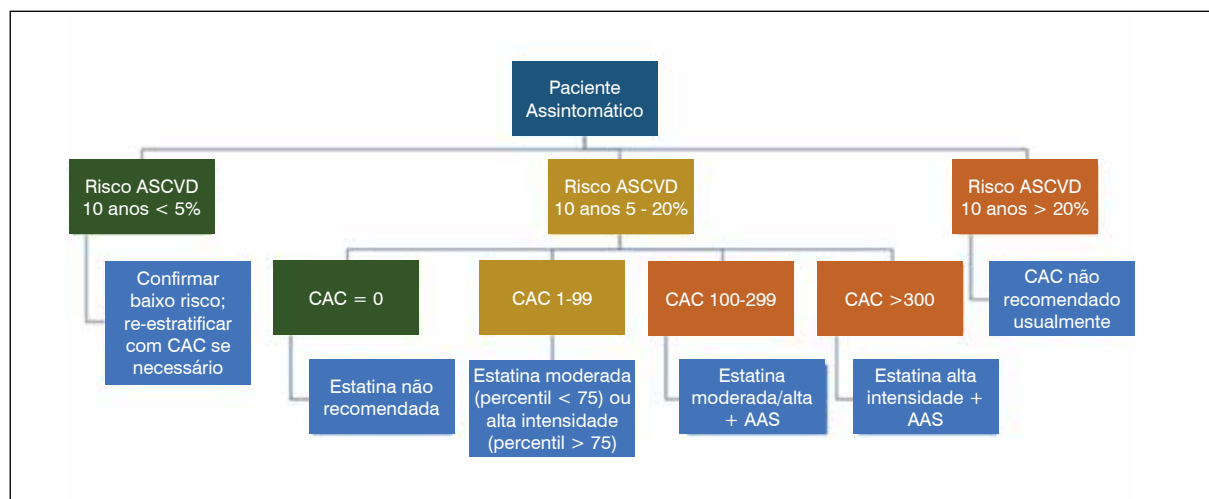


Figura 4. Fluxograma de tratamento preventivo em pacientes assintomáticos recomendado pela SCCT.⁴¹ AAS: ácido acetilsalicílico; ASCVD: doença aterosclerótica cardiovascular; CAC: escore de cálcio coronário; SCCT: Society of Cardiovascular Computed Tomography.

artigos já mostraram que a quantificação do cálcio coronário neste tipo de exame traz resultados bastante satisfatórios em comparação ao CAC e tem importante fator prognóstico.⁴⁵ Logo, tal achado não deve mais ser considerado um achado incidental mas sim um item de alta relevância, devendo estar presente não só no corpo do laudo, mas também em sua conclusão com ênfase para seguimento deste paciente também do ponto de vista cardiovascular em caso de alta carga aterosclerótica. Mais recentemente, a identificação de cálcio arterial em mamografias também mostrou ter uma forte associação com cálcio coronário pela tomografia e foi capaz de prever a presença de CAC de forma superior a métodos de risco tradicionais.⁴⁶ Com isso, frente ao achado de cálcio arterial em mamografias de rotina, sua presença também deve ser descrita e, possivelmente, um acompanhamento cardiovascular possa ser recomendado a paciente.

Também é importante destacar que o escore de cálcio pode ser utilizado clinicamente como estímulo para o aumento da aderência à terapia preventiva. Estudos prévios sugerem que a utilização do escore de cálcio resulta em maior aderência terapêutica pela demonstração visual da doença para o paciente. Como discutido previamente, a consequência do uso de medicamentos que possam trazer algum efeito colateral numa doença até então assintomática cujos benefícios vão se refletir de maneira indireta e no longo prazo muitas vezes é um desafio de aderência de longo prazo. Recentemente, uma meta-análise identificou que em 90% dos estudos de aderência com CAC (3 estudos randomizados e 12 estudos observacionais), o uso do método melhorou a aderência ao uso de estatinas e aspirina em comparação com o seguimento tradicional.⁴⁷ Considerando que menos de um terço dos pacientes consegue atingir as metas preconizadas para níveis de colesterol mesmo em estudos controlados de longo prazo,⁴⁸ o uso do escore de cálcio com a finalidade de aumento de aderência pode ser recomendado em situações específicas.

Finalmente, o escore de cálcio também pode ser recomendado em alguns casos com associação com outros exames para

pesquisa de doença arterial coronária, sobretudo aos exames de pesquisa de isquemia funcional onde alterações ocorrem fundamentalmente apenas quando há a presença de lesões avançadas com estenoses hemodinamicamente significativas. A presença de aterosclerose subclínica com o uso do CAC em associação ao SPECT, por exemplo, mostrou ser capaz de complementar o poder prognóstico do exame, sobretudo por identificar pacientes de alto risco (com alto escore de cálcio) mas sem isquemia funcional encontrada nestes exames.⁴⁹

CONCLUSÕES

Em conclusão, o escore de cálcio vem sendo usado na prática clínica há mais de duas décadas e as evidências que corroboram seu uso hoje já permitem observações de longo prazo que atestam para sua capacidade diagnóstica e, sobretudo, prognóstica. Diversas sociedades têm unido esforços para transpor a atual barreira de aplicação mais difundida do exame devido às exigências de órgãos reguladores para demonstração de sua utilidade clínica na mudança terapêutica e em desfechos cardiovasculares, uma necessidade previamente não necessária para muitas das condutas que se mantém ainda hoje na cardiologia. Embora os desafios sejam grandes, o peso das evidências que suportam a ciência por trás do escore de cálcio é bastante robusta, prevendo resultados promissores para futuros estudos nesta área. Desde já, entretanto, o suporte para seu uso no dia-a-dia clínico já está bem estabelecido, sobretudo em pacientes assintomáticos com risco intermediário para desfechos cardiovasculares, onde o escore pode significar a intensificação ou, ao contrário, a redução da necessidade da terapia primária farmacológica.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não possuir conflitos de interesse na realização deste trabalho.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES: Os autores contribuíram individual e significativamente para o desenvolvimento do manuscrito. JLF e MSB participaram do planejamento, redação e revisão final do texto, seleção e edição das figuras. Ambos contribuíram com o conceito intelectual do estudo.

REFERÊNCIAS

1. Rumberger JA, Simons DB, Fitzpatrick LA, Sheedy PF, Schwartz RS. Coronary artery calcium area by electron-beam computed tomography and coronary atherosclerotic plaque area. A histopathologic correlative study. *Circulation*. 1995;92(8):2157-62.
2. Rumberger JA, Sheedy PF 3rd, Breen JF, Schwartz RS. Coronary calcium, as determined by electron beam computed tomography, and coronary disease on arteriogram. Effect of patient's sex on diagnosis. *Circulation*. 1995;91(5):1363-7.
3. Rumberger JA, Sheedy PF, Breen JF, Schwartz RS. Electron beam computed tomographic coronary calcium score cutpoints and severity of associated angiographic lumen stenosis. *J Am Coll Cardiol*. 1997;29(7):1542-8.
4. Blaha MJ, Cainzos-Achirica M, Greenland P, McEvoy JW, Blankstein R, Budoff MJ, et al. Role of Coronary Artery Calcium Score of Zero and Other Negative Risk Markers for Cardiovascular Disease: The Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA). *Circulation*. 2016;133(9):849-58.
5. Detrano R, Guerci AD, Carr JJ, Bild DE, Burke G, Folsom AR, et al. Coronary calcium as a predictor of coronary events in four racial or ethnic groups. *N Engl J Med*. 2008;358(13):1336-45.
6. Gottlieb I, Miller JM, Arbab-Zadeh A, Dewey M, Clouse ME, Sara L, et al. The absence of coronary calcification does not exclude obstructive coronary artery disease or the need for revascularization in patients referred for conventional coronary angiography. *J Am Coll Cardiol*. 2010;55(7):627-34.
7. Sangiorgi G, Rumberger JA, Severson A, Edwards WD, Gregoire J, Fitzpatrick LA, et al. Arterial calcification and not lumen stenosis is highly correlated with atherosclerotic plaque burden in humans: a histologic study of 723 coronary artery segments using nondecalcifying methodology. *J Am Coll Cardiol*. 1998;31(1):126-33.
8. Bittencourt MS, Hulten E, Ghoshhajra B, O'Leary D, Christman MP, Montana P, et al. Prognostic value of nonobstructive and obstructive coronary artery disease detected by coronary computed tomography angiography to identify cardiovascular events. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2014;7(2):282-91.
9. Mushtaq S, De Araujo Goncalves P, Garcia-Garcia HM, Pontone G, Bartorelli AL, Bertella E, et al. Long-term prognostic effect of coronary atherosclerotic burden: validation of the computed tomography-Leaman score. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2015;8(2):e002332.
10. Agatston AS, Janowitz WR, Hildner FJ, Zusmer NR, Viamonte M and Detrano R. Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography. *J Am Coll Cardiol*. 1990;15(4):827-32.

11. Kim KP, Einstein AJ, Berrington de Gonzalez A. Coronary artery calcification screening: estimated radiation dose and cancer risk. *Arch Intern Med*. 2009;169(13):1188-94.
12. Wilson PW, D'Agostino RB, Levy D, Belanger AM, Silbershatz H and Kannel WB. Prediction of coronary heart disease using risk factor categories. *Circulation*. 1998;97(18):1837-47.
13. Kullo IJ, Ballantyne CM. Conditional risk factors for atherosclerosis. *Mayo Clin Proc*. 2005;80:219-30.
14. Strydom HC, Chandler AB, Dinsmore RE, Fuster V, Glagov S, Insull W Jr, et al. A definition of advanced types of atherosclerotic lesions and a histological classification of atherosclerosis. A report from the Committee on Vascular Lesions of the Council on Arteriosclerosis, American Heart Association. *Circulation*. 1995;92(5):1355-74.
15. Becker A, Leber A, Becker C, Knez A. Predictive value of coronary calcifications for future cardiac events in asymptomatic individuals. *Am Heart J*. 2008;155(1):154-60.
16. Budoff MJ, Shaw LJ, Liu ST, Weinstein SR, Mosler TP, Tseng PH, et al. Long-term prognosis associated with coronary calcification: observations from a registry of 25,253 patients. *J Am Coll Cardiol*. 2007;49(18):1860-70.
17. Taylor AJ, Bindeman J, Feuerstein I, Cao F, Brazaitis M, O'Malley PG. Coronary calcium independently predicts incident premature coronary heart disease over measured cardiovascular risk factors: mean three-year outcomes in the Prospective Army Coronary Calcium (PACC) project. *J Am Coll Cardiol*. 2005;46(5):807-14.
18. Vliegenthart R, Oudkerk M, Hofman A, Oei HH, van Dijk W, van Rooij FJ, et al. Coronary calcification improves cardiovascular risk prediction in the elderly. *Circulation*. 2005;112(4):572-7.
19. Greenland P, LaBree L, Azen SP, Doherty TM, Detrano RC. Coronary artery calcium score combined with Framingham score for risk prediction in asymptomatic individuals. *JAMA*. 2004;291(2):210-5.
20. Shaw LJ, Raggi P, Schisterman E, Berman DS, Callister TQ. Prognostic value of cardiac risk factors and coronary artery calcium screening for all-cause mortality. *Radiology*. 2003;228(3):826-33.
21. Arad Y, Spadaro LA, Goodman K, Newstein D, Guerci AD. Prediction of coronary events with electron beam computed tomography. *J Am Coll Cardiol*. 2000;36(4):1253-60.
22. Carr JJ, Jacobs DR Jr, Terry JG, Shay CM, Sidney S, Liu K, et al. Association of Coronary Artery Calcium in Adults Aged 32 to 46 Years With Incident Coronary Heart Disease and Death. *JAMA Cardiol*. 2017;2(4):391-9.
23. Valenti V, Ó Harteigh B, Heo R, Cho I, Schulman-Marcus J, Gransar H, et al. A 15-Year Warranty Period for Asymptomatic Individuals Without Coronary Artery Calcium: A Prospective Follow-Up of 9,715 Individuals. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2015;8(8):900-9.
24. Polonsky TS, McClelland RL, Jorgensen NW, Bild DE, Burke GL, Guerci AD, et al. Coronary artery calcium score and risk classification for coronary heart disease prediction. *JAMA*. 2010;303(16):1610-6.
25. Lakoski SG, Greenland P, Wong ND, Schreiner PJ, Herrington DM, Kronmal RA, et al. Coronary artery calcium scores and risk for cardiovascular events in women classified as "low risk" based on Framingham risk score: the multi-ethnic study of atherosclerosis (MESA). *Arch Intern Med*. 2007;167:2437-42.
26. Silverman MG, Blaha MJ, Krumholz HM, Budoff MJ, Blankstein R, Sibley CT, et al. Impact of coronary artery calcium on coronary heart disease events in individuals at the extremes of traditional risk factor burden: the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. *Eur Heart J*. 2014;35(3):2232-41.
27. Malik S, Budoff MJ, Katz R, Blumenthal RS, Bertoni AG, Nasir K, et al. Impact of subclinical atherosclerosis on cardiovascular disease events in individuals with metabolic syndrome and diabetes: the multi-ethnic study of atherosclerosis. *Diabetes Care*. 2011;34(10):2285-90.
28. Sara L, Szarf G, Tachibana A, Shiozaki AA, Villa AV, Oliveira AC, et al. Il Diretriz de Ressonância Magnética e Tomografia Computadorizada Cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia e do Colégio Brasileiro de Radiologia. *Arq Bras Cardiol*. 2014;103(6 suppl 3):1-86.
29. Xavier HT, Izar MC, Faria Neto JR, Assad MH, Rocha VZ, Sposito AC, et al. [V Brazilian Guidelines on Dyslipidemias and Prevention of Atherosclerosis]. *Arq Bras Cardiol*. 2013;101(4 suppl 1):1-20.
30. Goff Jr DC, Lloyd-Jones DM, Bennett G, Coady S, D'Agostino Sr RB, Gibbons R, et al. 2013 ACC/AHA Guideline on the Assessment of Cardiovascular Risk: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol*. 2014;63(25 Pt B):2935-59.
31. Piepoli MF, Hoes AW, Agewall S, Albus C, Brotons C, Catapano AL, et al. 2016 European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. *Revista Esp Cardiol (English ed)*. 2016;69(10):939.
32. Arad Y, Spadaro LA, Roth M, Newstein D, Guerci AD. Treatment of asymptomatic adults with elevated coronary calcium scores with atorvastatin, vitamin C, and vitamin E: the St. Francis Heart Study randomized clinical trial. *J Am Coll Cardiol*. 2005;46(1):166-72.
33. O'Malley PG, Feuerstein IM, Taylor AJ. Impact of electron beam tomography, with or without case management, on motivation, behavioral change, and cardiovascular risk profile: a randomized controlled trial. *JAMA*. 2003;289(17):2215-23.
34. Rozanski A, Gransar H, Shaw LJ, Kim J, Miranda-Peats L, Wong ND, et al. Impact of coronary artery calcium scanning on coronary risk factors and downstream testing the EISNER (Early Identification of Subclinical Atherosclerosis by Noninvasive Imaging Research) prospective randomized trial. *J Am Coll Cardiol*. 2011;57(15):1622-32.
35. Araujo DV, Ribeiro de Souza CP, Bahia LR, Rey HC, Dos Santos Junior B, Tura BR, et al. [Analysis of cost-effectiveness of simvastatin versus atorvastatin in the secondary prevention of cardiovascular events within the Brazilian public healthcare system]. *Value Health*. 2011;14(5 suppl 1):S29-32.
36. Fontana M, Asaria P, Moraldo M, Finegold J, Hassanally K, Manisty CH, et al. Patient-accessible tool for shared decision making in cardiovascular primary prevention: balancing longevity benefits against medication disutility. *Circulation*. 2014;129(24):2539-46.
37. Ridker PM, Cook NR. Statins: new American guidelines for prevention of cardiovascular disease. *Lancet*. 2013;382(9907):1762-5.
38. Yeboah J, McClelland RL, Polonsky TS, Burke GL, Sibley CT, O'Leary D, et al. Comparison of novel risk markers for improvement in cardiovascular risk assessment in intermediate-risk individuals. *JAMA*. 2012;308(8):788-95.
39. Leong DP, Joseph PG, Yusuf S. Imaging Asymptomatic Individuals for Coronary Disease. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2017;10(3):318-20.
40. US Preventive Services Task Force, Bibbins-Domingo K, Grossman DC, Curry SJ, Davidson KW, Epling JW Jr, et al. Statin Use for the Primary Prevention of Cardiovascular Disease in Adults: US Preventive Services Task Force Recommendation Statement. *JAMA*. 2016;316(19):1997-2007.
41. Hecht H, Blaha MJ, Berman DS, Nasir K, Budoff M, Leipsic J, et al. Clinical indications for coronary artery calcium scoring in asymptomatic patients: Expert consensus statement from the Society of Cardiovascular Computed Tomography. *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2017;11(2):157-68.
42. U.S. Preventive Services Task Force. Screening for Lung Cancer. 2014.
43. Moyer VA, U.S. Preventive Services Task Force. Screening for lung cancer: U.S. Preventive Services Task Force recommendation statement. *Ann Intern Med*. 2014;160(5):330-8.
44. National Lung Screening Trial Research Team, Aberle DR, Adams AM, Berg CD, Black WC, Clapp JD, et al. Reduced lung-cancer mortality with low-dose computed tomographic screening. *N Engl J Med*. 2011;365(5):395-409.
45. Hecht HS, Henschke C, Yankelevitz D, Fuster V, Narula J. Combined detection of coronary artery disease and lung cancer. *Eur Heart J*. 2014;35(40):2792-6.
46. Margolis L, Salvatore M, Hecht HS, Kotkin S, Yip R, Baber U, et al. Digital Mammography and Screening for Coronary Artery Disease. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2016;9(4):350-60.
47. Mamudu HM, Paul TK, Veeranki SP, Budoff M. The effects of coronary artery calcium screening on behavioral modification, risk perception, and medication adherence among asymptomatic adults: a systematic review. *Atherosclerosis*. 2014;236(2):338-50.
48. Mitchell S, Roso S, Samuel M, Pladevall-Vila M. Unmet need in the hyperlipidaemia population with high risk of cardiovascular disease: a targeted literature review of observational studies. *BMC Cardiovasc Disord*. 2016;16:74.
49. Engbers EM, Timmer JR, Ottervanger JP, Mouden M, Knollemas S, Jager PL. Prognostic Value of Coronary Artery Calcium Scoring in Addition to Single-Photon Emission Computed Tomographic Myocardial Perfusion Imaging in Symptomatic Patients. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2016;9(5):pii: e003966.
50. Rozanski A, Muhlestein JB, Berman DS. Primary Prevention of CVD: The Role of Imaging Trials. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2017;10(3):304-317.

ANGIOTOMOGRAFIA CORONÁRIA NO CONSULTÓRIO: QUANDO SOLICITAR

UTILITY OF CORONARY COMPUTED TOMOGRAPHY ANGIOGRAPHY IN OUTPATIENTS

RESUMO

A angiotomografia coronária (CTA) é um método diagnóstico não-invasivo com elevada acurácia na detecção da doença arterial coronária (DAC). Pacientes com DAC não-obstrutiva ou obstrutiva identificadas pela CTA apresentam prognóstico progressivamente pior que os pacientes com CTA normal. A investigação de angina em pacientes de risco baixo e intermediário utilizando CTA como primeiro exame resultou em taxa de mortalidade similar à investigação com métodos funcionais. No entanto, estudos recentes mostraram que pacientes com investigação e tratamento baseados na CTA podem apresentar menor taxa de infarto miocárdico fatal e não-fatal quando comparados aos pacientes investigados e tratados conforme resultados de métodos diagnósticos que avaliam isquemia miocárdica. No contexto do paciente ambulatorial, diretrizes brasileiras e internacionais propõem a CTA como primeiro exame na investigação de DAC, no paciente com avaliação funcional prévia, na avaliação pré-operatória, na diferenciação entre cardiopatias isquêmicas e não isquêmicas e na avaliação de origem anômala de artéria coronária.

Descritores: Angiotomografia coronária; Doença arterial coronária; Prognóstico; Angina; Avaliação não-invasiva; Acurácia.

ABSTRACT

Coronary computed tomography angiography (CCTA) is a non invasive diagnostic test with high accuracy in the detection of coronary artery disease (CAD). Non obstructive or obstructive CAD detected by CCTA portends increasingly worse prognosis than a normal CCTA. The evaluation of low- and moderate-risk patients with stable angina using CCTA as a first test resulted in similar rates of death when compared to functional tests. However, recent studies have shown that patients evaluated by and treated according to CCTA results may develop lower rates of fatal and non fatal myocardial infarction when compared to patients submitted to and treated according to functional tests. In the context of outpatients, Brazilian and international guidelines propose CCTA as the first diagnostic test in the evaluation of CAD, in patients with previous functional tests, in the preoperative diagnostic workup, in the differentiation between ischemic and non ischemic cardiomyopathy and in the evaluation of anomalous coronary artery origin.

Descriptors: Coronary computed tomography angiography; Coronary artery disease; Prognosis; Non invasive evaluation; Accuracy.

INTRODUÇÃO

Desde as primeiras imagens de artérias coronárias contrastadas obtidas de forma não invasiva em tomógrafos com uma única fileira de detectores em 1999¹, a angiotomografia coronária (CTA) tem apresentado evolução expressiva. O desenvolvimento tecnológico significativo dos tomógrafos, associado à quantidade e relevância clínica crescentes de estudos publicados permitiram que a CTA passasse rapidamente da condição de objeto de pesquisa para o uso na prática clínica diária do cardiologista.

O primeiro grande conjunto de estudos que permitiu a disseminação da CTA na prática clínica foi aquele que

estabeleceu a acurácia do método em comparação com a cinecoronariografia invasiva, considerada *gold-standard* no diagnóstico de doença arterial coronária (DAC). (Figura 1)²⁻⁴

Múltiplos estudos unicêntricos avaliaram sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo da CTA em pacientes em investigação de angina desde a geração de tomógrafos de 16 fileiras de detectores até os aparelhos mais recentes, com 256 ou 320 fileiras. Destacamos aqui três estudos multicêntricos em aparelhos de 64 fileiras de detectores que foram de fundamental importância nessa etapa.

Tiago Senra¹

1. Seção de Ressonância Magnética e Tomografia Computadorizada Cardiovascular. Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia, São Paulo, SP, Brasil.

Correspondência:
Av. Dr. Dante Pazzanese, 500
Vila Mariana, São Paulo SP, Brasil.
04012-909. senra.tiago@gmail.com



Figura 1. Angiotomografia de artérias coronárias mostrando placa não calcificada com estenose importante em artéria descendente anterior (A); cinecoronariografia invasiva do mesmo paciente mostrando estenose importante em artéria descendente anterior (B).

O estudo ACCURACY² incluiu 230 pacientes submetidos à CTA e cinecoronariografia invasiva e mostrou sensibilidade de 95%, especificidade de 83%, valor preditivo positivo de 64% e valor preditivo negativo de 99% na detecção de estenoses superiores a 50%.

No mesmo ano, Meijboom e colaboradores³ avaliaram 360 pacientes pela CTA e identificaram sensibilidade de 99%, especificidade de 64%, valor preditivo positivo de 86% e valor preditivo negativo de 97% na detecção de estenoses superiores a 50% na análise por paciente.

Ainda em 2008, o estudo CORE64⁴ identificou sensibilidade de 85%, especificidade de 90%, valor preditivo positivo

de 91% e valor preditivo negativo de 83% na detecção de estenoses superiores a 50% pela cinecoronariografia invasiva na análise por paciente. A CTA apresentou acurácia elevada na detecção ou exclusão de DAC significativa, com área sob a curva de 0,93 (intervalo de confiança (IC) 95% 0,90-0,96). O estudo ainda mostrou que a CTA apresentou acurácia (área sob a curva de 0,84; IC 95% 0,79-0,88) semelhante à cinecoronariografia invasiva (área sob a curva de 0,82; IC 95% 0,77-0,86) na identificação de pacientes que foram posteriormente submetidos à revascularização do miocárdio.

Metanálise que incluiu 91 estudos com 9696 pacientes submetidos à CTA comparados à cinecoronariografia invasiva mostrou acurácia bastante elevada da CTA de 64 fileiras de detectores (área sob a curva ROC sumária de 0,98; IC 95% 0,97-0,99) e da CTA com mais de 64 fileiras de detectores (área sob a curva ROC sumária de 0,96; IC 95% 0,94-0,98) na detecção de estenoses coronárias superiores a 50%.⁵

Na comparação com o teste ergométrico, a CTA apresentou sensibilidade (98%; IC 95% 93-99% vs. 67%; IC 95% 54-78%, $p < 0,001$) e especificidade (82%; IC 95% 63-93% vs. 46%; IC 95% 30-64%, $p < 0,001$) superiores em metanálise que analisou 11 estudos com 1575 pacientes. O mesmo estudo mostrou sensibilidade superior (99%; IC 96-100% vs. 73%; IC 59-83%, $p = 0,001$) e especificidade semelhante (71%; IC 60-80% vs. 48%; IC 31-64%, $p = 0,14$) da CTA em relação à cintilografia de perfusão miocárdica (SPECT). Ressalta-se que o estudo comparou método anatômico (CTA) com funcional (teste ergométrico, SPECT) utilizando como referência a cinecoronariografia invasiva.⁶

Esses resultados, em conjunto com os dados de estudos do valor prognóstico da CTA que discutiremos a seguir, motivaram a publicação de diretrizes de utilização da CTA pela Sociedade Brasileira de Cardiologia⁷ e por sociedades internacionais.^{8,9}

Na Tabela 1, observamos as indicações de CTA em diversos cenários clínicos, seu grau de recomendação e o nível de evidência. No presente artigo, vamos nos ater às indicações de CTA como primeiro exame na investigação

Tabela 1. Indicações da angiotomografia de artérias coronárias.

Indicação	Classe de recomendação	Nível de evidência
Avaliação de DAC crônica em pacientes sintomáticos com probabilidade pré-teste intermediária (10-90%) calculada pelos critérios de Diamond-Forrester	I	A
Pacientes com suspeita de DAC crônica com:		
- testes de isquemia prévios conflitantes ou inconclusivos	I	A
- sintomas contínuos e testes de isquemia prévios normais ou inconclusivos		
- discordância entre a clínica e resultados de testes de isquemia prévios		
Suspeita de síndrome coronariana aguda de baixo/intermediário risco, eletrocardiograma normal ou não diagnóstico e marcadores de necrose miocárdica negativos	I	A
Avaliação de coronária anômala	I	B
Avaliação da patência de enxertos de revascularização miocárdica em indivíduos sintomáticos com probabilidade pré-teste intermediária calculada pelos critérios de Diamond-Forrester	IIa	B
Avaliação pré-operatória de cirurgia cardíaca não-coronária (paciente de risco baixo/moderado)	IIa	B
Opção à angiografia invasiva no seguimento de pacientes com Kawasaki	IIa	B
Opção à angiografia invasiva na diferenciação entre cardiopatias isquêmicas e não isquêmicas	IIa	B
Pacientes sintomáticos com probabilidade intermediária de DAC e com testes de isquemia positivos	IIb	C
Pacientes sintomáticos com probabilidade baixa de DAC (<10% calculada pelos critérios de Diamond-Forrester) com testes de isquemia negativos	IIb	C
Avaliação de reestenose intra-stent em indivíduos sintomáticos com probabilidade pré-teste intermediária (10-90%) calculada pelos critérios de Diamond-Forrester	IIb	C
Investigação de dor torácica aguda pela técnica do descarte triplo (<i>triple rule-out</i>)	IIb	C
Avaliação pré-operatória de cirurgia não cardíaca de moderado a alto risco	IIb	C

Adaptado da referência (7).

de DAC, no paciente com avaliação funcional prévia, na avaliação pré-operatória, na diferenciação entre cardiopatias isquêmicas e não isquêmicas e na avaliação de origem anômala de artéria coronária.

CTA COMO PRIMEIRO EXAME NA INVESTIGAÇÃO DA DAC

A CTA recebeu a classe I de recomendação (nível de evidência A) na investigação de DAC crônica em pacientes sintomáticos com probabilidade pré-teste intermediária (10-90% pelos critérios de Diamond-Forrester) em diretriz nacional⁷ e foi recentemente recomendada como primeiro exame não-invasivo na investigação de angina típica e atípica em pacientes estáveis no Reino Unido¹⁰. Essas recomendações estão apoiadas por numerosos estudos que demonstraram seu valor prognóstico e impacto favorável na conduta.

Desde 2007 sabemos que pacientes com lesões obstrutivas (estenose >50%) identificadas pela CTA apresentam maiores taxas de eventos cardiovasculares (morte cardíaca, infarto miocárdico não-fatal, hospitalização por angina instável, revascularização) que pacientes sem lesões. Mesmo pacientes com lesões não-obstrutivas identificadas pela CTA apresentam pior prognóstico que os pacientes sem lesões, sugerindo a importância da carga de placa aterosclerótica.¹¹ Esses achados foram posteriormente confirmados em metanálise incluindo 9592 pacientes submetidos à CTA e acompanhados em média por 20 meses, que identificou taxa anual de eventos cardíacos de 0,17% em pacientes com CTA normal, 1,41% em pacientes com lesões não-obstrutivas e 8,84% em pacientes com lesões obstrutivas.¹²

Na mesma direção, o registro CONFIRM acompanhou 23854 pacientes sem antecedente prévio de DAC por período médio de 2,3 anos após a CTA e mostrou que pacientes com lesões não-obstrutivas tinham razão de probabilidade de morte superior aos pacientes sem lesões (*hazard ratio* (HR) 1,62; IC 95% 1,18-2,16). Como era esperado, a razão de probabilidade de morte dos pacientes com lesões obstrutivas foi ainda maior (HR 2,60; IC 95% 1,94-3,49) e apresentou correlação com o número de vasos acometidos.¹³

Subestudo do registro CONFIRM¹⁴ mostrou ainda que o risco de morte entre os pacientes com DAC não-obstrutiva foi menor (HR 0,32 IC 95% 0,19-0,55, $p<0,001$) no grupo de pacientes que já faziam uso de estatina quando a CTA foi realizada na comparação com os pacientes que não usavam a droga. Interessantemente, o uso de estatina não mostrou esse benefício entre os pacientes que não tinham placas na CTA; já o uso de aspirina não mostrou benefício nos pacientes sem placas ou com placas não-obstrutivas. Esses achados levantaram a possibilidade do tratamento farmacológico guiado pelo resultado da CTA reduzir mortalidade nos pacientes com angina estável, hipótese que foi testada em ensaios clínicos randomizados que descreveremos mais à frente.

Nos pacientes diabéticos, a CTA também foi capaz de identificar os pacientes com pior prognóstico. Metanálise que incluiu 6225 pacientes seguidos por 20-66 meses mostrou taxas anuais de eventos cardíacos maiores de 0,1% em pacientes sem lesões - comparável à da população geral mostrada em outros estudos, 4,5% em pacientes com lesões não-obstrutivas e 17,1% em pacientes com lesões obstrutivas.¹⁵

A carga de placa não-obstrutiva identificada pela CTA também está associada a pior prognóstico, com razão de

probabilidade de morte cardiovascular ou infarto miocárdico em pacientes com 4 ou mais segmentos coronários com lesões não-obstrutivas (HR 3,1; IC 95% 1,5-6,4) semelhante à razão de probabilidade de pacientes com lesão obstrutiva uniaxial (HR 3,0; IC 95% 1,3-6,9).¹⁶

Na última década, o aumento expressivo nos custos relacionados à saúde provocou uma mudança de paradigma, com maior valorização da eficácia terapêutica dos testes diagnósticos - capacidade de reduzir eventos clínicos e incremento na relação custo-efetividade - em detrimento da eficácia prognóstica - capacidade em prever eventos clínicos e prover informação prognóstica adicional.

Nesse contexto, registros, estudos retrospectivos e ensaios clínicos randomizados mostraram o impacto da CTA no tratamento da DAC quanto à aderência ao tratamento, taxa de eventos cardiovasculares, revascularização, utilização de recursos do sistema de saúde e custos.

Estudo inicial com 180 pacientes com angina estável randomizados para CTA ou SPECT mostrou que houve melhora similar da angina entre os grupos, que não apresentaram casos de infarto miocárdico ou morte após 2 meses de seguimento. O grupo submetido à CTA recebeu aspirina (22% vs. 8%, $p=0,04$) e estatina (7% vs. -3,5%, $p=0,03$) além de ter sido submetido à revascularização (8% vs. 1%, $p=0,03$) mais frequentemente que o grupo submetido ao SPECT.¹⁷

Revascularização mais frequente em pacientes submetidos à CTA também foi identificada em metanálise que comparou eventos clínicos pós-teste em mais de 216 mil pacientes submetidos à CTA, ao teste ergométrico ou ao SPECT. O estudo também mostrou pela primeira vez que pacientes com angina estável que iniciaram sua investigação pela CTA apresentaram menor risco de infarto miocárdico não-fatal (*odds ratio* 0,53; IC 95% 0,39-0,72, $p<0,001$) que os pacientes avaliados pelo SPECT.⁶

Recentemente, registro dinamarquês que contou com 86705 pacientes com angina estável avaliados pela CTA, teste ergométrico ou SPECT também mostrou redução no risco de infarto miocárdico não-fatal (HR 0,71; IC 95% 0,61-0,82) no grupo submetido à CTA, porém sem diferença na taxa de mortalidade por todas as causas (HR 0,96; IC 95% 0,88-1,05) entre os grupos. O estudo também confirmou o achado anterior de maior uso de estatina (15,9% vs. 9,1%, $p<0,001$), aspirina (12,7% vs. 8,5%, $p<0,001$), maior taxa de cinecoronariografia invasiva (12,9% vs. 8,0%, $p<0,001$) e revascularização percutânea (3,8% vs. 2,2%, $p<0,001$) e cirúrgica (1,3% vs. 1,0%, $p<0,001$), assim como maior custo no grupo CTA.¹⁸

Dentre os ensaios clínicos randomizados que avaliaram múltiplos desfechos após investigação de angina estável pela CTA ou métodos funcionais, destacam-se os estudos CAPP, CRESCENT, PROMISE e SCOT-HEART.

O estudo CAPP randomizou 488 pacientes com angina estável para investigação com CTA ou teste ergométrico. Ao final de um ano de seguimento os pacientes avaliados pela CTA apresentaram menos angina, menor taxa de procura ao pronto-socorro e internação hospitalar, maior índice de revascularização que o grupo avaliado pelo teste ergométrico. Novamente, não houve diferença em relação à mortalidade entre grupos.¹⁹

Já o estudo CRESCENT avaliou 350 pacientes randomizados para investigação com teste ergométrico ou escore de cálcio seguido de CTA caso o resultado do escore fosse de 1 a 400.

O grupo que seguiu a estratégia de investigação com tomografia apresentou menor incidência (HR 0,32; IC 95% 0,13-0,81, $p=0,015$) do evento combinado (mortalidade por todas as causas, infarto não-fatal, acidente vascular cerebral, angina instável, revascularização tardia, admissão hospitalar por causa cardíaca), menor uso de testes adicionais invasivos e não-invasivos (25% vs. 53%, $p<0,0001$) e menor custo (€ 369 vs. € 440, $p<0,0001$).²⁰

O estudo PROMISE²¹ trouxe resultados relevantes no contexto da investigação de DAC em um grande grupo de pacientes (>10mil) com angina estável randomizados para CTA ou prova funcional (SPECT, ecocardiograma de estresse ou teste ergométrico). Apesar de o grupo submetido à CTA ter apresentado menor taxa de mortalidade ou infarto não-fatal ao final de 12 meses (HR 0,66; IC 95% 0,44-1,00, $p=0,049$), o desfecho combinado (morte por todas as causas, infarto miocárdico, hospitalização por angina instável ou complicações relacionadas aos procedimentos) não foi diferente entre os grupos após seguimento médio de 25 meses (HR 1,04; IC 95% 0,83-1,29, $p=0,75$). Interessantemente, o diagnóstico de DAC obstrutiva pela CTA levou à maior introdução de aspirina (28,3% vs. 19%), estatina (28,3% vs. 19,9%) e betabloqueador (28,9% vs. 17,3%) que a prova funcional com sinais de isquemia miocárdica.²² Outro resultado relevante foi a menor incidência de cinecoronariografia invasiva sem DAC obstrutiva no grupo submetido à CTA (3,4% vs. 4,3%, $p=0,02$).

Finalmente, o estudo SCOT-HEART²³ acompanhou 4146 pacientes randomizados para investigação com prova funcional ou investigação com prova funcional associada à CTA. Ao final de 1,7 anos, houve tendência à redução no infarto fatal e não-fatal (HR 0,62; IC 95% 0,38-1,01, $p=0,0527$) no grupo submetido à CTA, com indicação similar de cinecoronariografia invasiva (HR 1,06; IC 95% 0,92-1,22, $p=0,451$) e revascularização percutânea e cirúrgica entre os grupos (11,2% vs. 9,7%, $p=0,06$). A investigação com CTA resultou em maiores mudanças no tratamento farmacológico com introdução mais frequente de antiplaquetário (HR 12,1; IC95% 7,52-1,71, $p<0,001$), estatina (HR 3,49; IC 95% 2,63-4,62, $p<0,001$) e inibidor da enzima conversora de angiotensina (HR 10,73; IC 95% 1,38-83,25; $p=0,0232$). Devido ao desenho do estudo, a introdução do novo tratamento farmacológico baseado no resultado da CTA ocorreu em média 50 dias após a realização do exame.

Tendo em vista que o potencial efeito benéfico da estratégia não advém diretamente do método diagnóstico empregado mas da mudança de conduta resultante dos achados, os autores analisaram novamente os dados do estudo, comparando a curva de sobrevida livre de eventos a partir da mudança no tratamento clínico e não mais a partir da data da CTA. A nova análise mostrou que a investigação com CTA e posterior mudança no tratamento farmacológico resultaram em redução em 50% no risco de infarto fatal e não-fatal (HR 0,50; IC 95% 0,28-0,88, $p=0,02$) quando comparados à estratégia de investigação convencional somente com método funcional.²⁴

CTA NO PACIENTE COM AVALIAÇÃO FUNCIONAL PRÉVIA

Pacientes que apresentam discordância entre testes funcionais, testes inconclusivos ou sintomas contínuos com testes de isquemia normais constituem outro grupo em que a CTA está recomendada (Figura 2).

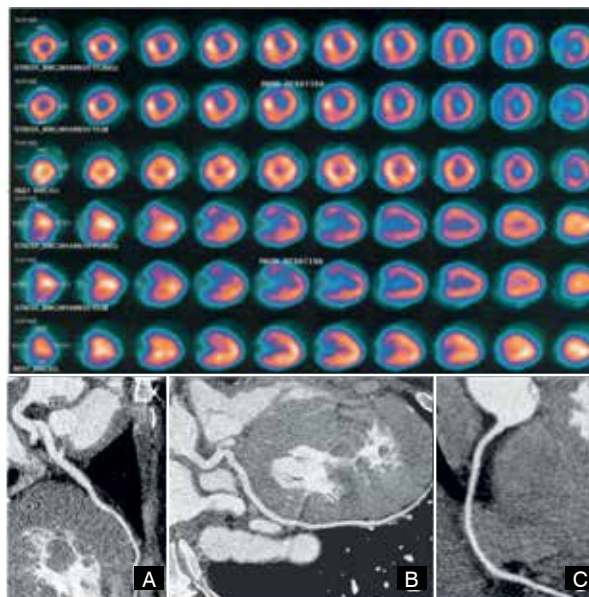


Figura 2. Cintilografia de perfusão miocárdica mostrando isquemia no segmento anterior na porção média (imagem superior) em paciente com estresse físico sem alterações; angiogramas de artérias coronárias do mesmo paciente mostrando artéria descendente anterior (A), circunflexa (B) e coronária direita (C) sem lesões.

O uso da CTA nesse contexto clínico está apoiado em estudos que avaliaram a CTA como *gatekeeper* da cinecoronariografia após testes funcionais e estudos comparativos do valor prognóstico da CTA e em relação aos testes de isquemia.

Partindo do achado de que somente um terço dos pacientes submetidos à cinecoronariografia invasiva apresentam DAC obstrutiva, o registro ACIC buscou correlacionar testes funcionais prévios com DAC obstrutiva identificada pela CTA num grupo de 6198 pacientes que incluiu 16% de pacientes com testes de isquemia inconclusivos. Os autores encontraram correlação positiva entre fatores de risco clássicos para DAC (sexo masculino, idade, tabagismo e hipertensão arterial) e estenose >50% na CTA, mas os testes funcionais não foram preditores. No subgrupo de pacientes (10%) que foi submetido à cinecoronariografia invasiva, houve forte correlação entre o achado de DAC obstrutiva pela CTA (*odds ratio* (OR) 9,08; IC 95% 5,57-14,8, $p<0,001$) mas não foi encontrada correlação com teste funcional positivo (OR 0,79; IC 95% 0,56-1,11, $p=0,17$).²⁵

Estudo retrospectivo que incluiu 2977 pacientes submetidos ao teste ergométrico e à CTA com intervalo inferior a 90 dias entre os exames e seguidos em média por 3,3 anos mostrou que o teste ergométrico melhorou a estratificação de risco de eventos cardiovasculares maiores em relação aos critérios de Diamond-Forrester modificados (área sob a curva ROC 0,79 vs. 0,746, $p<0,05$). No entanto, a CTA apresentou estratificação de risco superior (área sob a curva ROC 0,908 vs. 0,746, $p<0,05$) e a associação entre o teste ergométrico e CTA não mostrou melhor estratificação em relação à CTA isolada (área sob a curva ROC 0,907 vs. 0,908, $p=,389$). Na análise de subgrupos, o estudo mostrou ainda que a CTA com doença obstrutiva melhorou a estratificação de risco tanto de pacientes com teste positivo como negativo; já o teste positivo só identificou pacientes de maior risco entre os que tinham lesões moderadas ou importantes na CTA.²⁶

Metanálise comparando o valor prognóstico da CTA e do SPECT incluindo 25258 pacientes mostrou que a identificação de lesões obstrutivas ou de isquemia miocárdica teve valor prognóstico similar (HR 4,35; IC 95% 2,66-7,16 vs. HR 2,32; IC 95% 1,92-2,72) na predição de morte e infarto não-fatal. No entanto, quando a revascularização foi incluída como desfecho, a CTA apresentou valor prognóstico superior ao SPECT (HR 7,61; IC 95% 3,51-16,53 vs. HR 2,71; IC 95% 1,52-4,83, $p < 0,05$).²⁷

Finalmente, Azevedo e colaboradores avaliaram especificamente o valor prognóstico da CTA em 529 pacientes com testes de isquemia prévios inconclusivos (SPECT 51%, teste ergométrico 43%, ecocardiograma de estresse 6%) seguidos em média por 30 meses e mostraram que a identificação de estenose $> 50\%$ pela CTA estava associada a risco aumentado de morte e infarto não-fatal (HR 3,15; IC 95% 1,26-7,89, $p = 0,01$).²⁸

CTA NA AVALIAÇÃO PRÉ-OPERATÓRIA

O desempenho da CTA no diagnóstico e estratificação prognóstica de pacientes candidatos à cirurgia cardíaca e não-cardíaca foi avaliado por vários estudos.

Em pacientes candidatos à cirurgia cardíaca valvar, a CTA identificou lesões coronárias obstrutivas em 20-27% dos pacientes, com sensibilidade de 95-100%, especificidade 80-92%, valor preditivo positivo 55-82% e valor preditivo negativo 99-100% quando comparada à cinecoronariografia invasiva com estenose $> 50\%$.²⁹⁻³¹

Metanálise incluindo 1107 pacientes em avaliação pré-operatória de cirurgia cardíaca valvar submetidos à CTA e à cinecoronariografia invasiva mostrou sensibilidade de 93% (IC 95% 86-97), especificidade de 89% (IC 95% 86-91), razão de probabilidade negativa de 0,07 (IC 95% 0,04-0,16) e razão de probabilidade positiva de 8,44 (IC 95% 6,49-10,99).³²

Finalmente, Catalan e colaboradores detectaram o bom prognóstico dos pacientes com CTA pré-operatória sem lesões obstrutivas nos quais a cinecoronariografia invasiva foi cancelada e que foram diretamente submetidos à cirurgia cardíaca não-coronária. Após seguimento médio de 20 meses, nenhum desses pacientes (70% do grupo de estudo) apresentou o desfecho combinado de síndrome coronariana aguda fatal e não-fatal, arritmia ou insuficiência cardíaca.³³

Já no cenário da avaliação pré-operatória de pacientes candidatos à cirurgia não-cardíaca, destacamos dois estudos que avaliaram o valor prognóstico da CTA.

Ahn e colaboradores correlacionaram escore de risco cardíaco e estenose coronária $> 50\%$ identificada pela CTA pré-operatória com a incidência do desfecho combinado - morte cardíaca, síndrome coronariana aguda, edema agudo pulmonar, arritmia ventricular e bloqueio atrioventricular total - nos 30 dias após cirurgia não-cardíaca de risco intermediário em 239 pacientes. Escore de risco (OR 10,94; IC 95% 2,73-43,81, $p < 0,001$), a presença de estenose $> 50\%$ (OR 5,69; IC 95% 1,89-17,15, $p = 0,002$) e DAC multiarterial na CTA (OR 11,64; IC 95% 3,38-40,15) apresentaram correlação com o desfecho combinado, e a associação entre escore de risco e doença multiarterial foi melhor preditora de eventos que o escore de risco isolado (área sob a curva ROC 0,719; IC 95% 0,666-0,775 vs. área sob a curva ROC 0,652; IC 95% 0,587-0,713, $p < 0,001$).³⁴

Resultados similares foram detectados por Hwang e colaboradores, que avaliaram 844 pacientes candidatos à cirurgia não-cardíaca através de escore de risco cardíaco e CTA. Pacientes com DAC significativa identificada pela CTA apresentaram risco de eventos perioperatórios (morte cardíaca, infarto não-fatal ou edema agudo pulmonar) nos primeiros 30 dias de 14%, enquanto os pacientes sem DAC significativa apresentaram risco de 2,2%, independente do escore de risco cardíaco. A adição do resultado da CTA ao escore de risco cardíaco também melhorou significativamente seu valor prognóstico (área sob a curva ROC 0,757; IC 95% 0,646-0,867 vs. área sob a curva ROC 0,631; IC 95% 0,532-0,731, $p = 0,003$).³⁵

CTA NA DIFERENCIAÇÃO ENTRE CARDIOPATIAS ISQUÊMICAS E NÃO ISQUÊMICAS

Características clínicas do paciente com disfunção sistólica ventricular como a frequência cardíaca mais elevada que no paciente sem disfunção e a congestão pulmonar que pode prejudicar a capacidade de realizar apneia por períodos de até 15 segundos representam potenciais problemas para a identificação de DAC obstrutiva pela CTA.

No entanto, estudos unicêntricos mostraram que mesmo nessa população a CTA mantém elevada acurácia na detecção de estenoses coronárias significativas quando comparada à cinecoronariografia invasiva, com sensibilidade de 98-99%, especificidade 92-96,2%, valor preditivo positivo 81,2-91% e valor preditivo negativo de 98-99,8%.^{36,37}

CTA NA AVALIAÇÃO DE ORIGEM ANÔMALA DE ARTÉRIA CORONÁRIA

Apesar da sua baixa prevalência na população geral, a origem anômala de artéria coronária pode cursar com diversos sintomas como angina, palpitação, dispneia aos esforços e algumas de suas variantes podem estar relacionadas a morte súbita e insuficiência cardíaca (Figura 3).



Figura 3. Angiotomografia de artérias coronárias mostrando origem anômala do tronco da coronária esquerda (seta preta) a partir do tronco pulmonar (ALCAPA) em paciente em investigação de etiologia de insuficiência cardíaca; nota-se origem habitual da artéria coronária direita (seta branca).

O caráter não-invasivo da CTA, alta taxa de exames interpretáveis e capacidade de caracterizar a origem, trajeto e relação das artérias coronárias com as estruturas adjacentes (tronco pulmonar, raiz da aorta, septo interventricular, etc) apoiam sua recomendação nos casos de suspeita de origem anômala das artérias coronárias.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não possuir conflitos de interesse na realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- Mochizuki T, Murase K, Koyama Y, Higashino H, Ikezoe J. LAD stenosis detected by subsecond spiral CT. *Circulation*. 1999;99(11):1523.
- Budoff MJ, Dowe D, Jollis JG, Gitter M, Sutherland J, Halamert E, et al. Diagnostic performance of 64-multidetector row coronary artery computed tomographic angiography for evaluation of coronary artery stenosis in individuals without known coronary artery disease: results from the prospective multicenter ACCURACY (Assessment by Coronary Computed Tomographic Angiography of Individuals Undergoing Invasive Coronary Angiography) trial. *J Am Coll Cardiol*. 2008;52(21):1724-32.
- Meijboom WB, Meijs MF, Schuijf JD, Cramer MJ, Mollet NR, van Mieghem CA, et al. Diagnostic accuracy of 64-slice computed tomography coronary angiography: a prospective, multicenter, multivendor study. *J Am Coll Cardiol*. 2008;52(25):2135-44.
- Miller JM, Rochitte CE, Dewey M, Arbab-Zadeh A, Niinuma H, Gottlieb I, et al. Diagnostic performance of coronary angiography by 64-row CT. *N Engl J Med*. 2008;359(22):2324-36.
- Li M, Du XM, Jin ZT, Peng ZH, Ding J, Li L. The diagnostic performance of coronary artery angiography with 64-MSCT and post 64-MSCT: systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2014;9(1):e84937.
- Nielsen LH, Ortner N, Norgaard BL, Achenbach S, Leipsic J, Abdulla J. The diagnostic accuracy and outcomes after coronary computed tomography angiography vs. conventional functional testing in patients with stable angina pectoris: a systematic review and meta-analysis. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2014;15(9):961-71.
- Sara L, Szarf G, Tachibana A, Shiozaki AA, Villa AV, de Oliveira AC, et al. [II Guidelines on Cardiovascular Magnetic Resonance and Computed Tomography of the Brazilian Society of Cardiology and the Brazilian College of Radiology]. *Arq Bras Cardiol*. 2014;103(6 Suppl 3):1-86.
- Wolk MJ, Bailey SR, Doherty JU, Douglas PS, Hendel RC, Kramer CM, et al. ACCF/AHA/ASE/ASNC/HFSA/HRS/SCAI/SCCT/SCMR/STS 2013 multimodality appropriate use criteria for the detection and risk assessment of stable ischemic heart disease: a report of the American College of Cardiology Foundation Appropriate Use Criteria Task Force, American Heart Association, American Society of Echocardiography, American Society of Nuclear Cardiology, Heart Failure Society of America, Heart Rhythm Society, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Cardiovascular Computed Tomography, Society for Cardiovascular Magnetic Resonance, and Society of Thoracic Surgeons. *J Am Coll Cardiol*. 2014;63(4):380-406.
- Schroeder S, Achenbach S, Bengel F, Burgstahler C, Cademartiri F, de Feyter P, et al. Cardiac computed tomography: indications, applications, limitations, and training requirements: report of a Writing Group deployed by the Working Group Nuclear Cardiology and Cardiac CT of the European Society of Cardiology and the European Council of Nuclear Cardiology. *Eur Heart J*. 2008;29(4):531-56.
- Chest pain of recent onset: assessment and diagnosis Clinical guideline [CG95]. 2016. [Acesso em maio.2017] Disponível em: <<https://www.nice.org.uk/guidance/cg95>>
- Pundziute G, Schuijf JD, Jukema JW, Boersma E, de Roos A, van der Wall EE, et al. Prognostic value of multislice computed tomography coronary angiography in patients with known or suspected coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol*. 2007;49(1):62-70.
- Hulten EA, Carbonaro S, Petrillo SP, Mitchell JD, Villines TC. Prognostic value of cardiac computed tomography angiography: a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol*. 2011;57(10):1237-47.
- Min JK, Dunning A, Lin FY, Achenbach S, Al-Mallah M, Budoff MJ, et al. Age- and sex-related differences in all-cause mortality risk based on coronary computed tomography angiography findings results from the International Multicenter CONFIRM (Coronary CT Angiography Evaluation for Clinical Outcomes: An International Multicenter Registry) of 23,854 patients without known coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol*. 2011;58(8):849-60.
- Chow BJ, Small G, Yam Y, Chen L, McPherson R, Achenbach S, et al. Prognostic and therapeutic implications of statin and aspirin therapy in individuals with nonobstructive coronary artery disease: results from the CONFIRM (COronary CT Angiography Evaluation For Clinical Outcomes: An International Multicenter registry) registry. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2015;35(4):981-9.
- Celeng C, Maurovich-Horvat P, Ghoshhajra BB, Merkely B, Leiner T, Takx RA. Prognostic Value of Coronary Computed Tomography Angiography in Patients With Diabetes: A Meta-analysis. *Diabetes Care*. 2016;39(7):1274-80.
- Bittencourt MS, Hulten E, Ghoshhajra B, O'Leary D, Christman MP, Montana P, et al. Prognostic value of nonobstructive and obstructive coronary artery disease detected by coronary computed tomography angiography to identify cardiovascular events. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2014;7(2):282-91.
- Min JK, Koduru S, Dunning AM, Cole JH, Hines JL, Greenwell D, et al. Coronary CT angiography versus myocardial perfusion imaging for near-term quality of life, cost and radiation exposure: a prospective multicenter randomized pilot trial. *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2012;6(4):274-83.
- Jorgensen ME, Andersson C, Norgaard BL, Abdulla J, Shreibati JB, Torp-Pedersen C, et al. Functional Testing or Coronary Computed Tomography Angiography in Patients With Stable Coronary Artery Disease. *J Am Coll Cardiol*. 2017;69(14):1761-70.
- McKavanagh P, Lusk L, Ball PA, Verghis RM, Agus AM, Trinick TR, et al. A comparison of cardiac computerized tomography and exercise stress electrocardiogram test for the investigation of stable chest pain: the clinical results of the CAPP randomized prospective trial. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2015;16(4):441-8.
- Lubbers M, Dedic A, Coenen A, Galema T, Akkerhuis J, Bruning T, et al. Calcium imaging and selective computed tomography angiography in comparison to functional testing for suspected coronary artery disease: the multicentre, randomized CRESCENT trial. *Eur Heart J*. 2016;37(15):1232-43.
- Douglas PS, Hoffmann U, Patel MR, Mark DB, Al-Khalidi HR, Cavanaugh B, et al. Outcomes of anatomical versus functional testing for coronary artery disease. *N Engl J Med*. 2015;372(14):1291-300.
- Mark DB, Anstrom KJ, Sheng S, Baloch KN, Daniels MR, Hoffmann U, et al. Quality-of-Life Outcomes With Anatomic Versus Functional Diagnostic Testing Strategies in Symptomatic Patients With Suspected Coronary Artery Disease: Results From the PROMISE Randomized Trial. *Circulation*. 2016;133(21):1995-2007.

23. SCOT-HEART investigators. CT coronary angiography in patients with suspected angina due to coronary heart disease (SCOT-HEART): an open-label, parallel-group, multicentre trial. *Lancet*. 2015;385(9985):2383-91.
24. Williams MC, Hunter A, Shah AS, Assi V, Lewis S, Smith J, et al. Use of Coronary Computed Tomographic Angiography to Guide Management of Patients With Coronary Disease. *J Am Coll Cardiol*. 2016;67(15):1759-68.
25. Chinnaiyan KM, Raff GL, Goraya T, Ananthasubramaniam K, Gallagher MJ, Abidov A, et al. Coronary computed tomography angiography after stress testing: results from a multicenter, statewide registry, ACIC (Advanced Cardiovascular Imaging Consortium). *J Am Coll Cardiol*. 2012;59(7):688-95.
26. Cho I, Shim J, Chang HJ, Sung JM, Hong Y, Shim H, et al. Prognostic value of multidetector coronary computed tomography angiography in relation to exercise electrocardiogram in patients with suspected coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol*. 2012;60(21):2205-15.
27. Cantoni V, Green R, Acampa W, Petretta M, Bonaduce D, Salvatore M, et al. Long-term prognostic value of stress myocardial perfusion imaging and coronary computed tomography angiography: A meta-analysis. *J Nucl Cardiol*. 2016;23(2):185-97.
28. de Azevedo CF, Hadlich MS, Bezerra SG, Petriz JL, Alves RR, de Souza O, et al. Prognostic value of CT angiography in patients with inconclusive functional stress tests. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2011;4(7):740-51.
29. Gilard M, Cornily JC, Pennec PY, Joret C, Le Gal G, Mansourati J, et al. Accuracy of multislice computed tomography in the pre-operative assessment of coronary disease in patients with aortic valve stenosis. *J Am Coll Cardiol*. 2006;47(10):2020-4.
30. Meijboom WB, Mollet NR, Van Mieghem CA, Kluin J, Weustink AC, Pugliese F, et al. Pre-operative computed tomography coronary angiography to detect significant coronary artery disease in patients referred for cardiac valve surgery. *J Am Coll Cardiol*. 2006;48(8):1658-65.
31. Bettencourt N, Rocha J, Carvalho M, Leite D, Toschke AM, Melica B, et al. Multislice computed tomography in the exclusion of coronary artery disease in patients with presurgical valve disease. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2009;2(4):306-13.
32. Opolski MP, Staruch AD, Jakubczyk M, Min JK, Gransar H, Staruch M, et al. CT Angiography for the Detection of Coronary Artery Stenoses in Patients Referred for Cardiac Valve Surgery: Systematic Review and Meta-Analysis. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2016;9(9):1059-70.
33. Catalan P, Leta R, Hidalgo A, Montiel J, Alomar X, Vilades D, et al. Ruling out coronary artery disease with noninvasive coronary multidetector CT angiography before noncoronary cardiovascular surgery. *Radiology*. 2011;258(2):426-34.
34. Ahn JH, Park JR, Min JH, Sohn JT, Hwang SJ, Park Y, et al. Risk stratification using computed tomography coronary angiography in patients undergoing intermediate-risk noncardiac surgery. *J Am Coll Cardiol*. 2013;61(6):661-8.
35. Hwang JW, Kim EK, Yang JH, Chang SA, Song YB, Hahn JY, et al. Assessment of perioperative cardiac risk of patients undergoing noncardiac surgery using coronary computed tomographic angiography. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2015;8(3).pii:e002582.
36. Andreini D, Pontone G, Pepi M, Ballerini G, Bartorelli AL, Magini A, et al. Diagnostic accuracy of multidetector computed tomography coronary angiography in patients with dilated cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol*. 2007;49(20):2044-50.
37. Ghostine S, Caussin C, Habis M, Habib Y, Clement C, Sigal-Cinqualbre A, et al. Non-invasive diagnosis of ischaemic heart failure using 64-slice computed tomography. *Eur Heart J*. 2008;29(17):2133-40.

AVALIAÇÃO PÓS-REVASCLARIZAÇÃO CIRÚRGICA E PERCUTÂNEA POR ANGIOTOMOGRAFIA CORONARIANA

EVALUATION AFTER BYPASS GRAFTING AND CORONARY STENT BY CORONARY ANGIOTOMOGRAPHY

RESUMO

Roberto Caldeira Cury¹
Carlos Gonçalves de
Paula Júnior²
Maysa Pina Bernardes²

1. Diagnóstico das Américas (DASA) e Hospital Samaritano, Departamento de Cardiologia de São Paulo, SP, Brasil.
2. Diagnóstico das Américas (DASA), Departamento de Cardiologia de São Paulo, SP, Brasil.

Correspondência:
Delboni Auriemo - Unidade 23 de maio
- Departamento de Cardiologia de São Paulo Diagnóstico das Américas/DASA
Rua Doutor Diogo de Faria, 1379, Vila Clementino, São Paulo, SP, Brasil.
CEP: 04037-005. rccury@me.com

A angiotomografia de coronárias emergiu recentemente como ferramenta para avaliação não invasiva da anatomia coronariana, para estratificação de risco cardiovascular e para acompanhamento dos pacientes portadores de *stent* e enxerto cirúrgico, fornecendo dados diagnósticos com boa acurácia. O método apresenta boa resolução temporal e espacial, o que tem contribuído para seu avanço na prática clínica. Permite visualização direta do *stent*, quantificação de reestenose intra-*stent*, além de informar sobre a patência dos enxertos cirúrgicos, entre outros propósitos. Este artigo revisa as aplicações e possíveis contribuições deste método em pacientes submetidos à revascularização miocárdica.

Descritores: Angiotomografia de coronárias; Enxerto cirúrgico; Stent coronariano.

ABSTRACT

The coronary computed tomography angiography has recently emerged as a tool for the non-invasive evaluation of coronary anatomy, stratification of cardiovascular risk and for following up patients with coronary stent and bypass grafting, providing diagnostic data with accurate diagnostic performance. This method has a good temporal and spatial resolution, which has allowed advance in clinical practice. It enables direct visualization of stent, quantification of in-stent restenosis, besides the assessment of graft patency, among others purposes. This article reviews the applications and the potential contributions of this technique in patients submitted to myocardial revascularization.

Descriptors: Coronary tomography angiography; Bypass graft; Coronary stent

INTRODUÇÃO

A doença arterial coronariana (DAC) é uma das principais causas de morte no mundo e o tratamento com revascularização percutânea com implante de *stents* ou cirúrgica por meio de enxertos vasculares são as opções de escolha. A angiocoronariografia invasiva (CATE) é o método padrão-ouro para avaliar a patência dos *stents* e enxertos coronarianos, porém é um método de alto custo e que expõe os pacientes a alguns riscos inerentes ao procedimento tais como: sangramentos, infarto agudo do miocárdio, acidentes vasculares cerebrais e arritmias, com mortalidade relacionadas ao procedimento estimadas em até 2%.¹

A tomografia cardíaca por múltiplos detectores (TCMD) pode ser realizada utilizando duas modalidades. A primeira consiste na análise quantitativa da calcificação coronariana pelo escore de cálcio (EC) em pacientes assintomáticos, sem a administração de contraste, demonstrando de forma independente, forte correlação com risco de futuros eventos cardiovasculares, adicionalmente aos fatores de risco tradicionais e presença de isquemia miocárdica.^{2,3} A angiotomografia computadorizada (angio-TC) das artérias

coronárias é a modalidade que permite a avaliação da luz coronariana de maneira não invasiva, após a administração de contraste iodado, idealmente em equipamentos entre 64 a 320 colunas de detectores. As imagens apresentam boa resolução temporal e espacial, permitindo a visualização luminal detalhada das artérias coronárias de forma não invasiva e segura, com excelente acurácia diagnóstica, quando comparada ao CATE (padrão-ouro).^{4,5}

Vários estudos fornecem informações prognósticas importantes da TCMD em pacientes sintomáticos com suspeita de DAC crônica, incluindo a avaliação da dor torácica aguda nas unidades de emergência.⁶⁻⁸ Com base no exposto, este artigo busca rever as aplicações e potenciais contribuições da TCMD em pacientes submetidos à revascularização miocárdica (RM) cirúrgica e percutânea.

MÉTODOS

Para a realização desse estudo, utilizou-se o método de revisão sistemática através de pesquisa bibliográfica das produções científicas mais relevantes sobre angiotomografia de coronárias na avaliação de pacientes submetidos a

revascularização do miocárdio (implante de stents e enxertos cirúrgicos). Para assegurar a confiabilidade dos dados obtidos, realizou-se uma cuidadosa análise crítica dos resultados desses trabalhos. Foram selecionados 47 artigos científicos em bases de dados reconhecidas pela comunidade científica, tais como Scielo, Clinical Key, Lilacs, Pubmed, BVS e Capes.

Adicionalmente, a busca de bibliografias para esses estudos se deu em livros de autores que discursam sobre o assunto. Os descritores utilizados nas bases de dados para esse estudo são: "angiotomografia de coronárias", "enxerto cirúrgico", "angioplastia" e "stent coronariano". Para tal, algumas tarefas foram executadas, tais como: a exploração de fontes bibliográficas, a leitura do material pesquisado e a análise do material encontrado para o desenvolvimento desta revisão.

ASPECTOS TÉCNICOS

A quantificação do EC não é realizada em pacientes portadores de stents e enxertos vasculares, uma vez que o método não acrescenta informações prognósticas já que se encontram no grupo de alto risco cardiovascular.⁹ A técnica de execução de angio-TC coronariana em pacientes revascularizados exige alguns cuidados especiais em relação ao controle mais rigoroso da frequência cardíaca (FC) e à apneia. O controle da FC reduz o tempo de aquisição da imagem, o que culmina com a diminuição significativa da dose de radiação, bem como reduz artefatos de movimento, sendo, portanto, fundamental para adequada análise. A presença de pequenos movimentos nas coronárias pode, por exemplo, exacerbar os artefatos causados pelo metal do stent e dificultar a avaliação luminal.¹⁰

O preparo para o exame inclui a administração rotineira de drogas cronotrópicas negativas, sendo os betabloqueadores a primeira escolha e em caso de contra indicação, opta-se por bloqueadores de canal cálcio (diltiazem) para o controle de FC (idealmente abaixo de 65 batimentos por minuto) antes da aquisição das imagens.¹¹ A ivabradina pode ser uma opção farmacológica complementar para controle da FC em pacientes em ritmo sinusal.^{12,13} Utiliza-se também de forma rotineira nitrato sublingual para vasodilatação e melhor visualização dos vasos nativos, em especial dos segmentos não revascularizados e dos leitos nativos distais às anastomoses cirúrgicas.¹⁴

Em relação à apneia, é necessário mantê-la durante todo o período de registro das imagens, que é mais longo do que o habitual, variando até 15 segundos, a depender do tipo de equipamento disponível. O uso de cateter nasal de oxigênio, durante o intervalo necessário para a apneia, pode ser benéfico em alguns pacientes.⁹ Recomenda-se a utilização do meio de contraste não iônico com alta concentração de iodo (≥ 350 mg/mL), em volume geralmente de 60 a 100 mL, infundido com alto fluxo (4 a 6 mL/s) em acesso venoso calibroso e, de preferência, seguido pela infusão rápida de solução salina, na tentativa de se obter um alto grau de opacificação arterial com o menor volume de contraste possível.¹⁵

Vale ressaltar que em pacientes submetidos à RM cirúrgica, a janela de aquisição deve ser ampliada, incluindo todo o tórax, desde a linha supraclavicular, para visualizar a origem das artérias torácicas internas.

AValiação DE ENXERTOS CIRúRGICOS

A recorrência dos sintomas após RM cirúrgica pode ser causada pela progressão da doença nas artérias coronárias nativas ou nos enxertos venosos ou, menos frequentemente, nos enxertos arteriais.¹⁶

Liao et al.¹⁷ desenvolveram um modelo prognóstico pelo CATE em pacientes revascularizados e evidenciaram que a integridade da revascularização é um importante preditor de eventos cardíacos futuros. Posteriormente, Mushtaq et al.¹⁸ também constataram que o número de territórios arteriais com lesões desprotegidas de enxerto patente é determinante de todas as causas de mortalidade.

A recorrência de angina incide nos pacientes revascularizados em até 8% ao ano, e tem forte correlação com a patência dos enxertos cirúrgicos.¹⁹ Deve-se considerar especial atenção nos pacientes operados com alto potencial para oclusão de enxerto (diabéticos, reoperados, aterosclerose extensa, discrasias sanguíneas, entre outros). Além da angina, outros sintomas podem estar relacionados à oclusão dos enxertos, dentre eles destacam-se síncope, dispneia e fadiga. Estima-se que do total de enxertos, cerca de 25%, encontram-se ocluídos após cinco anos de cirurgia.²⁰

Faz-se necessário novo estudo da anatomia coronariana e dos enxertos em pacientes operados em algumas situações, tais como na avaliação pré-cirúrgica ou quando há resultados de testes inconclusivos em pacientes sintomáticos (investigação de equivalente isquêmico). O CATE é o método padrão-ouro para seguimento pós-cirúrgico dos enxertos vasculares utilizados para tratamento da DAC. No entanto, uma das dificuldades técnicas do CATE é a localização do trajeto dos enxertos, o que demanda maior volume de contraste, maior exposição à radiação e maior tempo de duração do exame.^{21,22} A TCMD pode ser útil, reduzindo a necessidade de CATE em pacientes selecionados, principalmente naqueles com risco aumentado para complicações relacionadas à angiografia invasiva,²² pois sua acurácia permite definir se há ou não perda dos resultados da cirurgia nesses casos.²³ A angio-TC não pode ser considerada como método substituto ao CATE, mas sim como complementar nos pacientes sintomáticos operados, auxiliando no planejamento subsequente de intervenção coronariana percutânea (ICP) e direcionando a abordagem invasiva ao informar o sítio anatômico do enxerto, economizando consideravelmente o tempo do procedimento, carga de contraste e dose de radiação.^{21,22}

Há dois aspectos importantes na avaliação de pacientes submetidos à RM cirúrgica: o estudo dos enxertos e o estudo do leito nativo.³ A avaliação da patência dos enxertos vasculares vem sendo feita com boa acurácia pela angio-TC de coronárias desde a introdução dos aparelhos de múltiplos detectores,²⁴ até mesmo em pacientes com arritmias durante a aquisição do exame.²⁵

A angio-TC de coronárias avalia bem os enxertos venosos, devido a sua menor mobilidade, menor grau de calcificação e maior calibre (Figura 1). Quanto aos enxertos de artéria torácica interna (artéria mamária), mantém-se uma boa acurácia diagnóstica apesar da presença de cliques metálicos e de seu menor diâmetro, que podem gerar artefatos de imagem e dificultar a avaliação luminal.²⁶ (Figura 2)

No estudo conduzido por Malagutti et al.²⁷ com um total de 109 enxertos (182 segmentos), 123 leitos distais à

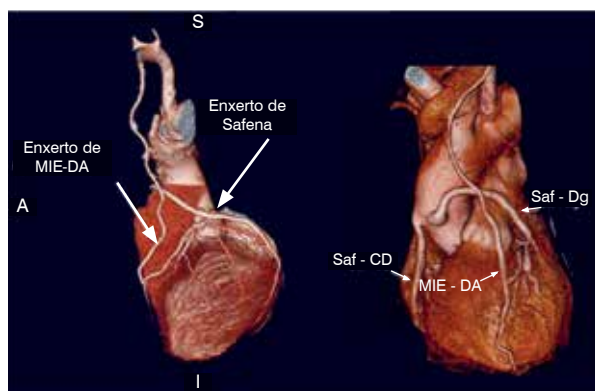


Figura 1. Reconstrução de Angiotomografia 3D de pacientes submetidos a revascularização cirúrgica do miocárdio. Observa-se trajeto de enxerto de artéria mamária interna esquerda com anastomose em artéria descendente anterior e enxertos vasculares de veia safena com anastomose nas artérias circunflexa, ramo diagonal e coronária direita.

Siglas: MIE - artéria mamária interna esquerda; Saf - enxerto de veia safena; DA - artéria descendente anterior; CD - artéria coronária direita; Dg - ramo diagonal.



Figura 2. Reconstrução bidimensional do trajeto de enxerto de artéria mamária interna esquerda com anastomose em artéria descendente anterior. Observa-se clipe metálico em enxerto.

Siglas: MIE - artéria mamária interna esquerda; DA - artéria descendente anterior. Fonte: arquivo pessoal.

anastomose cirúrgica, e 116 artérias nativas (288 segmentos coronarianos) demonstrou valores de sensibilidade e especificidade, respectivamente, de 99% e 96% para detecção de doença de enxerto significativa. Enquanto que para as lesões significativas distais, os valores de sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo foram, respectivamente, de 89%, 93% e 50%. Já nas artérias desprotegidas de enxerto, a sensibilidade e especificidade para redução luminal significativa foram de 97% e 86%. Os vasos nativos apresentam mais frequentemente segmentos com intensa calcificação o que pode acarretar em superestimação das lesões.

Weustink et al.,²¹ com um total de 152 enxertos e 142 leitos distais à anastomose cirúrgica, demonstrou sensibilidade de 100% em análise por segmento para a detecção de doença de enxerto obstrutiva significativa e sensibilidade

de 95% para a detecção de lesões significativas em leito distal à anastomose do enxerto, não sendo documentados casos falsos positivos.

No mesmo sentido, utilizando TCMD de 320 canais, De Graaf et al.²⁸ constataram sensibilidade, especificidade, valores preditivos positivo e negativo para a avaliação de lesão de enxerto de 96%, 92%, 83% e 98%, respectivamente. A acurácia diagnóstica para oclusão do enxerto, do vaso-alvo e dos vasos sem enxertos foi de 96%, 92% e 100%, respectivamente.

AVALIAÇÃO DE STENTS

Atualmente, cerca de 90% de todas as ICP corresponde ao implante de *stents*.²⁹ As principais complicações podem ser a trombose e reestenose intra-*stent* (RIS), causas potenciais de isquemia que demandam investigações adicionais com implicações clínicas e financeiras. Os *stents* coronários farmacológicos avançaram em fornecer resultados significativamente superiores em comparação aos convencionais, elevando a durabilidade tardia em taxas > 70% (redução da reestenose coronária e necessidade de nova revascularização da lesão-alvo).³⁰ Porém, a reestenose ainda ocorre em torno de 10% dos pacientes submetidos ao implante de *stent* farmacológico, enquanto o índice de trombose é cerca de 0,8%.³¹ A fratura do *stent* pode ser um importante contribuinte para o desenvolvimento de RIS, sendo que os fatores preditores mais importantes são próteses com Siro-limus, sobreposição de *stents* e tortuosidade excessiva.³² A incidência de lacunas na malha do *stent* com possível fratura ou falha de sobreposição é de 16,9%, representando 28% da população total de RIS.³³

O implante das endopróteses metálicas promove reação cicatricial. O excesso desse processo de endotelização culminará em redução da luz arterial. A reestenose pode ocorrer nas bordas proximal e distal, 10mm de suas extremidades (segmentar) e no segmento com implante prévio (intra-*stent*).³⁴ O diagnóstico pela tomografia é baseado na visualização direta da luz do vaso. A presença de hipoatenuação da imagem determina a presença de proliferação neointimal, que quando significativa ($\geq 50\%$ em relação ao tamanho do vaso previamente tratado) caracteriza reestenose.²³ Ehara et al. descreveu uma avaliação semi-quantitativa da reestenose intra-*stent* através da quantificação em graus de estenose pela Angio-TC e comparação com angiografia coronariana invasiva: Grau 1 - nenhuma ou ligeira proliferação neointimal. Grau 2 - proliferação neointimal leve, mas sem reestenose significativa (<50% de estreitamento). Grau 3 - proliferação neointimal moderada com reestenose significativa (estreitamento $\geq 50\%$). Grau 4 - proliferação neointimal com estenose severa ou oclusão total (estreitamento ou oclusão $\geq 75\%$) (Figura 3).³⁵

Em relação aos métodos diagnósticos não invasivos disponíveis, a angio-TC de coronárias é o único com a capacidade de localizar anatomicamente a DAC e de diferenciar se a redução luminal coronariana significativa se encontra na região do *stent* ou em outro segmento do leito nativo nos pacientes angioplastados.³⁶ Desta forma, a RIS tem sido amplamente avaliada por angio-TC de 64 canais.³⁷ A TCMD permite o estudo de *stents* coronarianos com boa acurácia, estimada em 91% em equipamentos de 64 detectores³⁸ especialmente

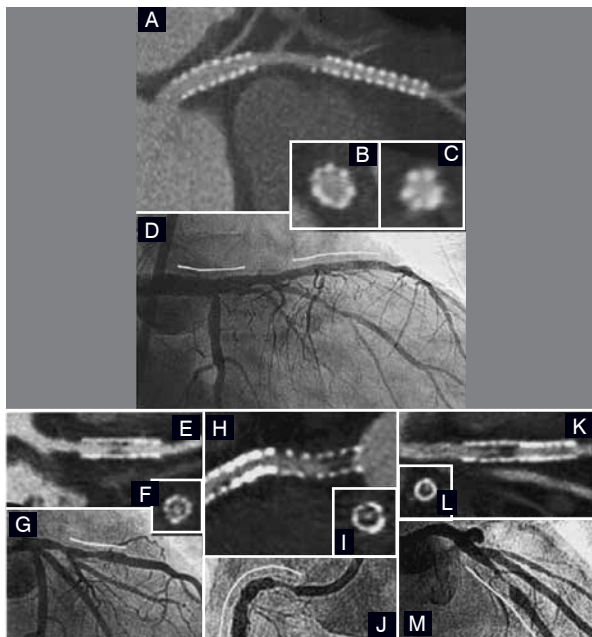


Figura 3. Classificação reestenose intra-stent pela Angio-TC e comparação com angiografia coronariana invasiva. As linhas brancas nas figuras mostram os locais dos *stents* Cypher. A a D são grau 1 (nenhuma ou ligiera proliferação neointimal). (A) Dois *stents* colocados no tronco da coronária esquerda (TCE) (3,5 x 18 mm) e na artéria descendente anterior esquerda (ADA) proximal (3,5 x 23 mm). (B) Uma secção transversal do *stent* colocado no TCE. (C) Uma secção transversal de um *stent* colocado na ADA. (D) Angiografia coronariana invasiva da artéria coronária esquerda. E a G são de grau 2 (proliferação neointimal leve, mas sem reestenose significativa [$<50\%$ de estreitamento]). (E) Um *stent* (3,5 x 23 mm) colocado na ADA proximal. (F) Uma secção transversal. (G) Uma angiografia coronariana invasiva. H a J são de grau 3 (proliferação neointimal moderada com restenose significativa [estreitamento $\geq 50\%$]). (H) *Stent* (3,5 x 23 mm) colocado na artéria coronária direita proximal (ACD). (I) Uma secção transversal. (J) Angiografia invasiva da ACD. K a M são grau 4 (proliferação neointimal com estenose severa ou oclusão total [estreitamento ou aclusão $\geq 75\%$]). (K) *Stent* (3 x 28) colocado na ADA proximal. (L) Uma secção transversal. (M) Angiografia invasiva da ADA.

Síglas: TCE - tronco da coronária esquerda; ADA - artéria descendente anterior; ACD artéria coronária direita. Fonte: Adaptado de Ehara M *et al.* Diagnostic Accuracy of Coronary In-Stent Restenosis Using 64-Slice Computed Tomography: Comparison with Invasive Coronary Angiography. Journal of the American College of Cardiology. Volume 49, Issue 9, 2007,951-9.

em portadores de próteses metálicas proximais e diâmetros ≥ 3 mm, sendo que em equipamentos mais modernos com até 320 detectores, observa-se menor número de artefatos de imagem e menor dose de radiação.³⁹

Cademartiri *et al.*⁴⁰ relataram que 20 dos 178 (11,2%) *stents* avaliados pela TCMD apresentavam reestenose significativa. Desses, 19 foram detectados corretamente após confirmação com CATE. Sendo assim, observaram sensibilidade de 95% e especificidade de 93% para a detecção de RIS pela angio-TC com valor preditivo negativo de 99%.

Hecht *et al.*³³ observaram forte associação de lacunas da malha do *stent* com RIS sugerindo que, em pacientes com *stents* farmacológicos, pode não ser falha da ação da droga em prevenir endotelização, mas sim falta de exposição do segmento arterial ao composto de elucidação da medicação em um dado local. A incapacidade da angiografia de cateter para detectar *gap* na malha dos *stents*; a natureza altamente invasiva de ultrassonografia

intracoronariana para auxiliar no implante de *stents* sobrepostos e seu potencial de confusão por placa calcificada, sugerem que TCMD como procedimento frequente possa ser utilizada.

Recentemente, Yoshimura *et al.*⁴¹ propuseram modelo quantitativo com algoritmo específico utilizando a densidade tomográfica (unidade Hounsfield) do lúmen arterial proximal e distal ao segmento do *stent* e correlacionando com o diâmetro do mesmo, com melhora na acurácia diagnóstica de RIS quando comparada à análise visual direta (de 76% para 91%), além de aumento da sensibilidade de 78% para 82% e; da especificidade de 75% para 93%.

LIMITAÇÕES

Os artefatos que dificultam a avaliação do *stent* são, em parte, devido à limitação da passagem de feixes de energia, o que produz áreas de baixa atenuação simulando lesões obstrutivas. Outro tipo de artefato comum é o *blooming* que consiste no aumento das dimensões de estruturas calcificadas ou metálicas, devido à alta densidade desses materiais, o que pode acarretar em ampliação e em sobreposição da imagem dessas estruturas sobre o lúmen do vaso, dificultando a análise luminal.³⁰ O uso de filtros de reconstrução específicos para *stent*, assim como a análise luminal em várias fases do ciclo cardíaco têm auxiliado a sobrepor essas limitações.³¹ Novos protocolos de análise quantitativa do lúmen do *stent* têm sido desenvolvidos e aprimorados para melhorar a acurácia do método.

No caso de RM cirúrgica, especificamente no enxerto de artéria torácica interna, pode haver limitação da análise de seu trajeto e da anastomose distal em virtude da presença de cliques metálicos e de seu menor calibre, sem prejuízo na acurácia diagnóstica, com a sensibilidade e especificidade próximas de 100%.²⁶

Outros fatores que podem influenciar negativamente a qualidade do exame são o índice de massa corporal alto do paciente, a FC elevada, a apneia inadequada durante a aquisição das imagens, a presença de arritmias, a presença de *stents* (< 3 mm) e de artérias de fino calibre ($< 1,5$ mm).⁴² Algumas técnicas podem corrigir parcialmente esses artefatos tais como o uso de algoritmos de reconstrução específicos para *stents* e múltiplas reconstruções em várias fases do ciclo cardíaco para encontrar a melhor imagem com menor quantidade de artefatos, além do uso de *stents* de maior diâmetro.³¹

É importante ressaltar que o controle da FC, apnéia adequada, otimização da tensão no tubo de raio X (KV) para maior penetração, além de maior velocidade de infusão de contraste são fatores importantes que podem garantir imagens de boa qualidade.²³

PERSPECTIVAS FUTURAS

Uma aplicação promissora da angio-TC em contínuo desenvolvimento é a avaliação de tomografia computadorizada de perfusão miocárdica sob estresse farmacológico (TCPM), que vem demonstrando resultados comparáveis à cintilografia miocárdica (SPECT) método da medicina nuclear para detecção de isquemia miocárdica, adicionando informações funcionais às lesões coronarianas, especialmente em casos de estenoses intermediárias.⁴³ A TCPM também foi apontada como possível estratégia para melhorar a acurácia da angio-TC em pacientes com *stents*.⁴⁴

O estudo multicêntrico internacional CORE320, com 381 pacientes de 16 diferentes centros, incluindo o Brasil, avaliou a acurácia diagnóstica da análise combinada da TCCM em comparação com o CATE combinada com SPECT e apresentou resultados promissores, sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo, valor preditivo negativo para angio-TC $\geq 50\%$ de estenose associada a defeito perfusional, foram respectivamente de 80%, 74%, 65% e 86% quando comparado à angiografia $\geq 50\%$ de estenose combinada à SPECT como método de avaliação de perfusão. A área sob a curva ROC para os primeiros desfechos (angiografia $\geq 50\%$ de estenose combinada à medicina nuclear) foi de 0,87 (intervalos de confiança de 95%: 0.84 -0.91).⁴⁵

Outro estudo avaliou a viabilidade da perfusão miocárdica sob estresse com dipiridamol pela angio-TC em comparação com a angio-TC isolada, em pacientes submetidos a implante de *stents* utilizando a angiografia invasiva como referência para estenoses coronarianas ($\geq 50\%$) com melhora da performance diagnóstica com significância estatística. Observou-se que nos territórios com *stents* com avaliação luminal limitada ou inadequada houve aumento da sensibilidade de 83% para 87%; da especificidade de 72% para 94%; e acurácia de 77% para 91% ($p = 0,03$), utilizando-se a TCCM.⁴⁴

Outro método de grande potencial para aumentar a acurácia diagnóstica da angio-TC é a avaliação da reserva de fluxo fracionada (RFF) nas artérias coronárias. Utiliza-se a teoria da dinâmica dos fluidos para obter o significado funcional da obstrução coronária de maneira não invasiva

e sem necessidade de outra aquisição ou uso adicional de contraste, além do utilizado para a aquisição de um exame de angio-TC de coronárias habitual.⁴⁶ Um estudo multicêntrico comparou o RFF pela angio-TC e o obtido invasivamente pelo CATE (padrão-ouro) demonstrando boa correlação diagnóstica. O ponto de corte para RFF pela angio-TC foi $\leq 0,8$ para definição de lesão coronariana com estenose associada à isquemia.⁴⁷

Estudos vêm demonstrando o benefício da associação de informações anatômico-funcionais em um único método diagnóstico não-invasivo, para a detecção de lesões coronarianas, bem como o grau de estenose e repercussão hemodinâmica, permitindo melhor acurácia diagnóstica e consequentemente, otimizando a terapêutica na prática clínica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o avanço tecnológico e aumento da disponibilidade da TMCD, cada vez mais, os pacientes submetidos à revascularização (cirúrgica ou percutânea) podem ter seu seguimento pela tomografia, com excelente acurácia e de maneira não invasiva, tanto para a avaliação da patência dos enxertos cirúrgicos e detecção de reestenose intra-*stent*.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não possuir conflitos de interesse na realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- Hamon M, Lepage O, Malagutti P, Riddell JW, Morello R, Agostini D, et al. Diagnostic performance of 16- and 64-section spiral CT for coronary artery bypass graft assessment: meta-analysis. *Radiology*. 2008;247(3):679-86.
- Detrano R, Guerci AD, Carr JJ, Bild DE, Burke G, Folsom AR, et al. Coronary calcium as a predictor of coronary events in four racial or ethnic groups. *N Engl J Med*. 2008;358(13):1336-45.
- Sara L, Szarf G, Tachibana A, Shiozaki AA, Villa AV, de Oliveira AC, et al. II Diretriz de Ressonância Magnética e Tomografia Computadorizada Cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia e do Colégio Brasileiro de Radiologia. *Arq Bras Cardiol*. 2014;103(6 suppl. 3):1-86.
- Miller JM, Rochitte CE, Dewey M, Arbab-Zadeh A, Niinuma H, Gottlieb I, et al. Diagnostic performance of coronary angiography by 64-row CT. *N Engl J Med*. 2008;359(22):2324-36.
- Budoff MJ, Dowe D, Jollis JG, Gitter M, Sutherland J, Halamert E, et al. Diagnostic performance of 64-multidetector row coronary computed tomographic angiography for evaluation of coronary artery stenosis in individuals without known coronary artery disease: results from the prospective multicenter ACCURACY (Assessment by Coronary Computed Tomographic Angiography of Individuals Undergoing Invasive Coronary Angiography) trial. *J Am Coll Cardiol*. 2008;52(21):1724-32.
- Chow BJ, Small G, Yam Y, Chen L, Achenbach S, Al-Mallah M, et al. Incremental prognostic value of cardiac computed tomography in coronary artery disease using CONFIRM: Coronary computed tomography angiography evaluation for clinical outcomes: an International Multicenter registry. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2011;4(5):463-72.
- Litt HI, Gatsonis C, Snyder B, Singh H, Miller CD, Entrikin DW, et al. CT angiography for safe discharge of patients with possible acute coronary syndromes. *N Engl J Med*. 2012; 366(15):1393-403.
- Hulten E, Pickett C, Bittencourt MS, Villines TC, Petrillo S, Di Carli MF, et al. Outcomes after coronary computed tomography angiography in the emergency department: a systematic review and meta-analysis of randomized, controlled trials. *J Am Coll Cardiol*. 2013;61(8):880-92.
- Pinto IMF, Szarf G. Avaliação de enxertos cirúrgicos. In: Fernandes JL, Rochitte CE, Nomura CH, et al. Ressonância e tomografia Cardiovascular. Barueri, SP: Manole, 2013, cap.11:350-57.
- Schuijff JD, Pundziute G, Jukema JW et al. Evaluation of patients with previous coronary stent implantation with 64-section CT. *Radiology*. 2007;245(2):416-23.
- Mahabadi AA, Achenbach S, Burgstahler C, Dill T, Fischbach R, Knez A, et al. Safety, efficacy, and indications of beta-adrenergic receptor blockade to reduce heart rate prior to coronary CT angiography. *Radiology*. 2010;257(3):614-23.
- Bax JJ, Achenbach S, Cademartiri F, Garot J, Tenders M, Zamorano JL, et al. A randomized double blind trial on the efficacy and safety of a single intravenous bolus of ivabradine versus placebo for heart rate control during coronary CT angiography. *Eur Heart J*. 2010;31(Suppl 1):151.
- Rochitte CE, Azevedo GS, Shiozaki AA, Azevedo CF, Kalil Filho R. Diltiazem as an alternative to beta-blocker in coronary artery computed tomography angiography. *Arq. Bras. Cardiol*. 2012; 99(2): 706-713.
- Decramer I, Vanhoenacker PK, Sarno G, Van Hoe L, Bladt O, Wijns W, et al. Effects of sublingual nitroglycerin on coronary lumen diameter and number of visualized septal branches on 64-MDCT angiography. *AJR Am J Roentgenol*. 2008;190(1):219-25.
- American College of Cardiology Foundation Task Force on Expert Consensus Documents, Mark DB, Berman DS, Budoff MJ, Carr JJ, Gerber TC, et al. ACCF/ACR/AHA/NASCI/SAIP/SCAI/SCCT 2010 expert consensus document on coronary computed tomographic angiography: a report of the American College of

- Cardiology Foundation Task Force on Expert Consensus Documents. *Circulation*. 2010;121(22): 2509-43.
16. Alderman EL, Kip KE, Whitlow PL, Bashore T, Fortin D, Bourassa MG, et al. Native coronary disease progression exceeds failed revascularization as cause of angina after five years in the Bypass Angioplasty Revascularization Investigation (BARI). *J Am Coll Cardiol*. 2004;44(4):766-74.
 17. Liao L, Kong DF, Shaw LK, Sketch MH Jr, Milano CA, Lee KL, et al. A new anatomic score for prognosis after cardiac catheterization in patients with previous bypass surgery. *J Am Coll Cardiol*. 2005;46(9):1684-92.
 18. Mushtaq S, Andreini D, Pontone G, Bertella E, Bartorelli AL, Conte E, et al. Prognostic value of coronary CTA in coronary bypass. A long-term follow-up study. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2014;7(6):580-9.
 19. Eagle KA, Guyton RA, Davidoff R, Ewy GA, Fonger J, Gardner TJ, et al. ACC/AHA guidelines for coronary artery bypass graft surgery. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to revise the 1991 guidelines for coronary artery bypass graft surgery). *American College of Cardiology/American Heart Association. J Am Coll Cardiol*. 1999;34(4):1262-347.
 20. Fitzgibbon GM, Kafka HP, Leach AJ, Keon WJ, Hooper GD, Burton JR. Coronary bypass graft fate and patient outcome: angiographic follow-up of 5,065 grafts related to survival and reoperation in 1,388 patients during 25 years. *J Am Coll Cardiol*. 1996;28(3):616-26.
 21. Weustink AC, Nieman K, Pugliese F, Mollet NR, Meijboom WB, van Mieghem C, et al. Diagnostic accuracy of computed tomography angiography in patients after bypass grafting. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2009;2(7):816-24.
 22. Maluenda G, Goldstein MA, Lemesle, Weissman G, Weigold G, Landsman MJ, G et al. Perioperative outcomes in reoperative cardiac surgery guided by cardiac multidetector computed tomographic angiography. *Am Heart J*. 2010;159(2):301-06.
 23. Zapparoli M, Magalhães TA. Avaliação de *stents* coronarianos. In: Fernandes JL, Rochhitte CE, Nomura CH, et al. *Ressonância e tomografia Cardiovascular*. Barueri, SP: Manole, 2013, cap.12: 358-62.
 24. Mannacio VA, Imbriaco M, Iesu S, et al. 64-slice multidetector computed tomography evaluation of arterial conduit patency after off-pump coronary artery bypass grafting. *Tex Heart Inst J*. 2009;36(5):409-15.
 25. Meyer TS, Martinoff S, Hadamitzky M, Will A, Kastrati A, Schomig A, Hausleiter J. Improved noninvasive assessment of coronary artery bypass grafts with 64-slice computed tomographic angiography in an unselected patient population. *J Am Coll Cardiol*. 2007;49(9):946-50.
 26. Romagnoli A, Patrei A, Mancini A, Arganini C, Vanni S, Sperandio M, et al. Diagnostic accuracy of 64-slice CT in evaluating coronary artery bypass grafts and of the native coronary arteries. *Radiol Med*. 2010;115(8):1167-78.
 27. Malagutti P, Nieman K, Meijboom WB, van Mieghem CA, Pugliese F, Cademartiri F, et al. Use of 64-slice CT in symptomatic patients after coronary bypass surgery: evaluation of grafts and coronary arteries. *Eur Heart J*. 2007;28(15):1879-85.
 28. De Graaf FR, van Velzen JE, Witkowska AJ, et al. Diagnostic performance of 320-slice multidetector computed tomography coronary angiography in patients after coronary artery bypass grafting. *Eur Radiol*. 2011;21(11):2285-96.
 29. Roger VL, Go AS, Lloyd-Jones DM, Benjamin EJ, Berry JD, Borden WB, et al. Heart disease and stroke statistics 2012 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*. 2012;125(1):e2-e220.
 30. Palmerini T, Biondi-Zoccai G, Della Riva D, Mariani A, Sabaté M, Valgimigli M, et al. Clinical outcomes with drug-eluting and bare-metal stents in patients with ST-segment elevation myocardial infarction: evidence from a comprehensive network meta-analysis. *J Am Coll Cardiol*. 2013;62(6):496-504.
 31. Jones CM, Chin Ky, Hamady M, Yang GZ, Darzi A, Athanasiou T. Coronary stent assessment with 64-slice multislice computed tomography: a literature review. *Semin Ultrasound CT MR*. 2008;29(3):214-22.
 32. Lee MS, Jurewitz D, Aragon J, Forrester J, Makkar RR, Kar S. Stent fracture associated with drug-eluting stents: clinical characteristics and implications. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2007;69(3):387-94.
 33. Hecht HS, Polena S, Jelnin V, Jimenez M, Bhatti T, Parikh M, et al. Stent gap by 64-detector computed tomographic angiography: relationship to in-stent restenosis, fracture, and overlap failure. *J Am Coll Cardiol*. 2009;54(21):1949-59.
 34. Mattos LA, Lemos Neto PA, Rassi A Jr, Marin-Neto JA, Sousa AGMR, Devito FS, et al. Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia – Intervenção Coronária Percutânea e Métodos Adjuntos Diagnósticos em Cardiologia Intervencionista (II Edição – 2008). *Arq Bras Cardiol*. 2008;91(6 supl.1):1-58.
 35. Rochitte CE. A avaliação do stent coronariano pela tomografia computadorizada cardiovascular. *Arq Bras Cardiol*. 2006;87(5):560-1.
 36. Hecht HS, Zaric M, Jelnin V, Lubarsky L, Prakash M, Roubin G. Usefulness of 64-detector computed tomographic angiography for diagnosing in-stent restenosis in native coronary arteries. *Am J Cardiol*. 2008;101(6):820-4.
 37. Andreini D, Pontone G, Mushtaq S, Pepi M, Bartorelli AL. Multidetector computed tomography coronary angiography for the assessment of coronary in-stent restenosis. *Am J Cardiol*. 2010;105(5):645-55.
 38. Yue J, Chen J, Dou W, Hu Y, Li Q, Zhou F, et al. Comparative analysis between 64- and 320-slice spiral computed tomography in the display of coronary artery stents and diagnosis of in-stent restenosis. *Exp Ther Med*. 2015;10(5):1871-6.
 39. Cademartiri F, Schuijff JD, Pugliese F, Mollet NR, Jukema JW, Maffei E, et al. Usefulness of 64-slice multislice computed tomography coronary angiography to assess in-stent restenosis. *J Am Coll Cardiol*. 2007;49(22):2204-10.
 40. Yoshimura M, Nao T, Miura T, Okada M, Nakashima Y⁴, Fujimura T, et al. New quantitative method to diagnose coronary in-stent restenosis by 64-multislice computed tomography. *J Cardiol*. 2015;65(1):57-62.
 41. Yan RT, Miller JM, Rochitte CE, Dewey M, Niinuma H, Clouse ME, et al. Predictors of inaccurate coronary arterial stenosis assessment by CT angiography. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2013;6(9):963-72.
 42. Cury RC, Magalhães TA, Borges AC, Shiozaki AA, Lemos PA, Júnior JS, et al. Dipyridamole stress and rest myocardial perfusion by 64-detector row computed tomography in patients with suspected coronary artery disease. *Am J Cardiol*. 2010;106(3):310-5.
 43. Magalhães TA, Cury RC, Pereira AC, Moreira Vde M, Lemos PA, Kalil-Filho R, et al. Additional value of dipyridamole stress myocardial perfusion by 64-row computed tomography in patients with coronary stents. *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2011;5(6):449-58.
 44. Rochitte CE, George RT, Chen MY, Arbab-Zadeh A, Dewey M, Miller JM, et al. Computed tomography angiography and perfusion to assess coronary artery stenosis causing perfusion defects by single photon emission computed tomography: the CORE320 study. *Eur Heart J*. 2014;35(17):1120-30.
 45. Koo BK, Erglis A, Doh JH, Daniels DV, Jegere S, Kim HS, et al. Diagnosis of ischemia-causing coronary stenoses by noninvasive fractional flow reserve computed from coronary computed tomographic angiograms. Results from the prospective multicenter DISCOVER-FLOW (Diagnosis of Ischemia-Causing Stenoses Obtained Via Noninvasive Fractional Flow Reserve) study. *J Am Coll Cardiol*. 2011;58(19):1989-97.
 46. Min JK, Leipsic J, Pencina MJ, Berman DS, Koo BK, van Mieghem C, et al. Diagnostic accuracy of fractional flow reserve from anatomic CT angiography. *JAMA*. 2012;308(12):1237-45.
 47. Ehara M, Kawai M, Surmely JF, Matsubara T, Terashima M, Tsuchikane E, et al. Diagnostic accuracy of coronary in-stent restenosis using 64-slice computed tomography: comparison with invasive coronary angiography. *J Am Coll Cardiol*. 2007;49(9):951-9.

O QUE O CARDIOLOGISTA PRECISA SABER SOBRE ACHADOS TORÁCICOS NA TOMOGRAFIA

WHAT CARDIOLOGIST NEEDS TO KNOW ABOUT EXTRACARDIAC FINDINGS ON TOMOGRAPHY

RESUMO

Marcelo Assis Rocha¹
Walther Yoshiharu Ishikawa²
Gilberto Szarf³

1. Radiologista do Hospital Israelita Albert Einstein, São Paulo, SP, Brasil.
2. Médico Assistente do Instituto do Coração da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.
3. Professor Adjunto do Departamento de Diagnóstico por Imagem da Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

Correspondência:
Gilberto Szarf.
Departamento de Diagnóstico por Imagem da Escola Paulista de Medicina da UNIFESP. Rua Napoleão de Barros, 800 - Vila Clementino. CEP 04024-002. São Paulo, SP, Brasil.
gszarf@yahoo.com.br

A angiotomografia das artérias coronárias é um método diagnóstico não invasivo que pode ser utilizado para avaliação da doença arterial coronariana em pacientes selecionados e pode fornecer informações quanto às demais estruturas incluídas no campo de visão tomográfico. Por vezes são identificados achados extracardíacos que, em sua maior parte, representam achados incidentais de relevância variável. A adequada detecção, interpretação e comunicação de achados extracardíacos relevantes pode, em última análise, beneficiar pacientes na detecção precoce de doenças das quais não se suspeitava, sem a necessidade de dose adicional de radiação. Revisaremos achados extracardíacos e discutiremos os principais temas deste assunto: nódulos pulmonares; doenças difusas do parênquima pulmonar; alteração das vias aéreas; espaço pleural; aorta; artérias pulmonares; linfonodos; mediastino; fígado; esôfago/estômago; adrenal; mamas; cavidade peritoneal; baço; ossos. Finalmente, a excelência na capacitação, busca, detecção e adequada interpretação dos achados de imagem extracardíacos tem impacto significativo no cuidado com o paciente.

Descritores: Tomografia computadorizada; Doenças coronárias; Angiografia digital; Achados incidentais.

ABSTRACT

Coronary artery angiotomography is a noninvasive diagnostic method that can be used to evaluate coronary artery disease in selected patients, and may provide information on other structures included in the tomographic field of vision. Extracardiac findings are occasionally identified, the majority of which represent incidental findings of varying relevance. Adequate detection, interpretation and reporting of relevant extracardiac findings may ultimately benefit patients through early detection of unsuspected diseases without the need for additional doses of radiation. Extracardiac findings will be reviewed, and main topics of the subject discussed: pulmonary nodules; diffuse pulmonary parenchyma disease; airway disease; pleural space; aorta; pulmonary arteries; lymph nodes; mediastinum; liver; esophagus/stomach; adrenal; breasts; peritoneal cavity; spleen; and bones. Finally, excellence in training, searching, detecting and adequate interpretation of extracardiac imaging findings has a significant impact on patient care.

Keywords: Computed tomography; Coronary disease; Angiography digital subtraction; Incidental findings.

INTRODUÇÃO

A angiotomografia das artérias coronárias é um método diagnóstico não invasivo que pode ser utilizado para avaliação da doença arterial coronariana em pacientes selecionados.^{1,2} Além de fornecer informações a respeito da presença de doença arterial coronariana, é possível a avaliação, ao menos parcial, de algumas estruturas extracardíacas torácicas e abdominais, incluídas dentro do campo de visão (Figura 1). Com isso, por vezes são identificados achados extracardíacos, a maior parte

deles representando achados incidentais, no entanto ocasionalmente alguns relacionados ao motivo da realização do exame.

Nesse sentido, a prevalência, a relevância e a condução dos achados extracardíacos tem sido alvo de interesse na literatura. Deve-se salientar, entretanto, que esta situação não é inédita, afinal, outros exames radiológicos convivem com achados incidentais em estruturas que não são o foco do estudo (por exemplo, lesões pulmonares e aórticas nas tomografias computadorizadas da coluna torácica).

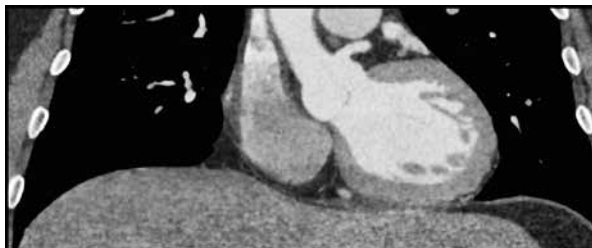


Figura 1. Reconstrução no plano coronal com FOV estendido de um exame de angiotomografia de coronárias para mostrar abrangência do estudo no eixo craniocaudal.

Vale ressaltar que o *American College of Radiology (ACR)* e a *Society of Cardiovascular Computed Tomography (SCCT)* orientam a respeito do treinamento necessário para que um médico possa avaliar angiotomografias do coração. Parte desta formação deve ser dedicada para a detecção e interpretação dos achados extracardíacos.^{3,4} Desta forma, o objetivo do presente artigo é revisar alguns dos achados de imagem extracardíacos mais comuns na angiotomografia de coronárias, assim como a interpretação dos mesmos.

DETECÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS ACHADOS EXTRACARDÍACOS EM UMA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA (TC) DO CORAÇÃO

Consideramos importante a pesquisa de alterações extracardíacas em exames de coração pois, sem a necessidade de maior dose de radiação, podem existir benefícios para os pacientes na detecção precoce de algumas doenças para as quais não havia suspeita. Isso se torna mais relevante quando consideramos o fato de que muitos pacientes que realizam TC de coração também tem perfil de risco para neoplasia pulmonar (idade e histórico de tabagismo⁵).

Para tanto, é recomendável que o médico imaginologista siga um roteiro para a avaliação do exame, que contemple, além das estruturas cardíacas, a parede torácica, os ossos, os campos pulmonares, as vias aéreas, as artérias e veias pulmonares, o mediastino (linfonodos, aorta e ramos, esôfago), as estruturas abdominais superiores (fígado, baço, adrenais, rins, estômago, cólon e cavidade peritoneal) e as estruturas cervicais (linfonodos e tireoide), algumas dessas estruturas incluídas apenas nos estudos dos pacientes revascularizados cirurgicamente.

A avaliação das imagens deve ser realizada utilizando-se diferentes "janelas", que são ajustes apropriados para se estudar todas estas estruturas contidas na região examinada.

O resultado desta análise sistematizada é a detecção de achados de relevância variada, alguns dos quais permitem um diagnóstico preciso (por exemplo: dilatação da aorta que preenche critérios para um aneurisma) e outros para os quais não é possível um pronto diagnóstico (por exemplo linfonomegalia, cujo diagnóstico diferencial é bastante amplo). Esse fato tem impacto relevante sobre a comunicação do achado e condução do caso.

Desta forma, nem sempre a relevância de um achado pode ser estabelecida apenas com base nos achados de um único estudo de imagem, podendo se tornar necessário acompanhamento ou prosseguimento na investigação

propedêutica. Um exemplo comum desta situação é a detecção de um nódulo pulmonar solitário subcentimétrico não calcificado, o qual pode representar desde uma lesão benigna até lesão neoplásica maligna (principalmente em indivíduos de alto risco).

ESTATÍSTICAS DOS ACHADOS EXTRACARDÍACOS

A meta-análise publicada por Karius et al. no *JCCT* em 2014⁶ apresenta uma prevalência geral de achados extracardíacos na angiotomografia de coronárias de 41%, variando entre 7,1% a 79,4%. A prevalência de achados extracardíacos clinicamente relevantes relatada nesse mesmo estudo é de 16%, variando entre 1,6% a 58,5%. Vale destacar que a meta-análise dividiu os achados extracardíacos em duas categorias: clinicamente relevantes, definidos como aqueles que requerem terapia imediata e/ou investigação adicional e clinicamente não relevantes, que são todos os demais que não se encaixam na categoria anterior. Dentro do grupo de achados extracardíacos clinicamente relevantes, os locais com maior frequência de achados foram os pulmões (50,2%), seguidos pelo abdome (26,7%), estruturas vasculares (13,1%), mediastino (3,6%) e outros territórios anatómicos adjacentes (6,4%).

Dentre os achados clinicamente relevantes, os mais frequentes foram nódulos pulmonares suspeitos (26,6%), hérnias gástricas hiatais (20,8%), anormalidades aórticas (10,8%), enfisema pulmonar (8,6%), infiltrados pulmonares (5,5%), linfonodos aumentados (4,6%), anormalidades hepáticas (3,8%).

A prevalência de achados potencialmente fatais (foi assumido apenas um por paciente) para toda a população do estudo foi de 2,2% e de 13,2% da população com achados relevantes. Todos esses achados foram de origem vascular (aneurisma/dissecção de aorta - 86,3% dos achados potencialmente fatais; tromboembolismo pulmonar - 8,8% dos achados potencialmente fatais).

Diagnóstico confirmado de câncer ocorreu em 0,3% da população geral do estudo e em 1,9% dos pacientes com achados relevantes. Do total de malignidades, o câncer de pulmão/metástases pulmonares foi o mais frequente (45,9%), seguido por metástases ósseas (18,9%).

ACHADOS DE IMAGEM EXTRACARDÍACOS

Nódulos pulmonares

Os nódulos pulmonares devem ser avaliados com base nas suas características (tamanho, atenuação ou densidade, localização e contornos) e no risco de malignidade do paciente. A Tabela 1 lista os fatores clínicos a serem considerados na estratificação de risco de malignidade.

Com relação às características dos nódulos pulmonares, o tamanho está entre as mais importantes. Por definição, nódulos são opacidades ovaladas menores de 3 cm, circundadas por parênquima preservado. Opacidades maiores de 3 cm são chamadas de massas e tem um risco isolado muito alto de corresponder a neoplasia. Nódulos menores que 0,6 cm usualmente não necessitam de acompanhamento. Em alguns pacientes de alto risco, no entanto, um nódulo menor que 0,6 cm, que apresenta morfologia suspeita

Tabela 1. Avaliação da probabilidade de malignidade para um nódulo pulmonar - estratificação de risco clínica.

Critério de Avaliação	Probabilidade de Malignidade		
	Baixa (<5%)	Intermediária (5%-65%)	Alta (>65%)
Fatores clínicos isolados determinados por julgamento clínico e/ou uso de modelo validado	Jovem, não tabagista, sem história de neoplasia, nódulo de menores dimensões, com bordas regulares e/ou localizado outro lobo que não o superior	Mistura de elementos de baixa e de alta probabilidade	Idade mais avançada, tabagismo pesado, histórico de neoplasia, lesão de maiores dimensões, de contornos irregulares/espiculados, localizada no lobo superior

Adaptado de Gould et al. Chest 2013.⁷

(discutido mais à frente) e/ou localização nos lobos superiores podem justificar um acompanhamento evolutivo em 12 meses.⁸ Outra característica relevante a ser considerada no nódulo pulmonar, é sua atenuação ou densidade, podendo ser sólidos ou subsólidos (Figura 2). Os sólidos se apresentam com aumento da atenuação pulmonar que obscurece os vasos e limites das vias aéreas. Os subsólidos podem se apresentar com atenuação em vidro fosco, que não obscurece vasos ou o limite da vias aéreas, configurando um nódulo em vidro fosco, ou se apresentar como uma opacidade parcialmente em vidro fosco e parcialmente sólida, configurando um nódulo parcialmente sólido. Esses conceitos são relevantes devido ao diferente risco de malignidade atribuível a cada um desses três tipos de nódulos.

O diagnóstico diferencial de nódulos sólidos (Figura 3) é composto por neoplasias benignas e malignas (primárias ou secundárias), lesão inflamatória (sequelar ou em atividade), linfonodo intrapulmonar e outras. Já os nódulos em vidro fosco que persistem ao longo do tempo, têm alta correlação histológica com lesões pré-malignas do tipo hiperplasia adenomatosa e adenocarcinoma *in situ*. Os nódulos parcialmente sólidos (Figura 4) persistentes frequentemente correspondem a lesões neoplásicas e sabe-se que quanto maior o componente sólido, maior a chance de invasão e pior o prognóstico. A Tabela 2 mostra a abordagem do nódulo pulmonar sólido e dos nódulos pulmonares subsólidos segundo a *Fleischner Society*.

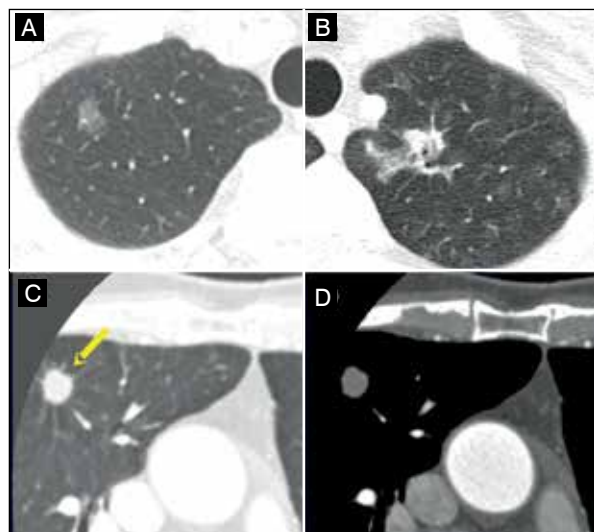


Figura 2. Exemplos de nódulos pulmonares subsólidos e sólido. Nódulo em vidro fosco em (A) e parcialmente sólido em (B). Nódulo sólido de contornos espiculados visto na janela pulmonar em (C - seta amarela) e na janela de partes moles (mediastino) em (D).

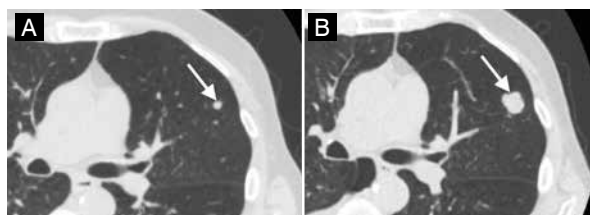


Figura 3. Nódulo pulmonar sólido indeterminado no lobo superior esquerdo (seta branca em A). Controle evolutivo realizado em 12 meses (B) evidencia crescimento significativo do nódulo (seta branca). Ressecção cirúrgica confirmou o diagnóstico de carcinoma de grandes células.

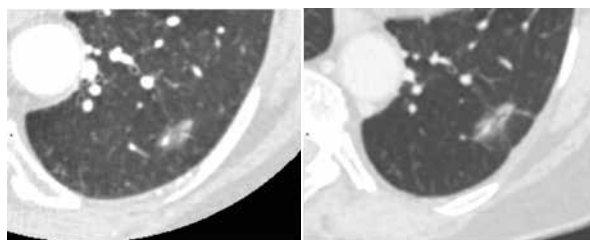


Figura 4. Nódulo pulmonar subsólido no lobo inferior esquerdo (imagem à esquerda), que apresentou crescimento detectado em um exame seis anos depois (imagem à direita). Ressecção cirúrgica confirmou o diagnóstico de adenocarcinoma de pulmão.

Ainda com relação à atenuação do nódulo, a presença de gordura no interior do mesmo apresenta correlação com lesão benigna do tipo hamartoma (Figura 5). Já a presença calcificação dos tipos difusa, lamelar, central e em pipoca também se correlacionam com benignidade do nódulo.

Além do tamanho e da atenuação, a presença de margens espiculadas é também observação relevante em um nódulo pulmonar e representa um clássico fator de risco para malignidade.

A quarta característica do nódulo pulmonar (após o tamanho, a atenuação e os contornos) a ser discutida é sua localização. Sabe-se que o câncer de pulmão ocorre mais frequentemente nos lobos superiores, com predileção pelo pulmão direito. Adenocarcinomas tendem a surgir na periferia do pulmão e carcinoma de células escamosas junto a região hilar. Metástases tendem a se apresentar como múltiplos nódulos circunscritos nas bases. Por outro lado, pequenos nódulos sólidos subpleurais e perfissurais frequentemente representam linfonodos.

Muitas vezes, a avaliação do tamanho, da atenuação, dos contornos e da localização de um nódulo não são suficientes para o estabelecimento de um diagnóstico etiológico

Tabela 2. Diretriz da Fleischner Society de 2017 de manejo de nódulos pulmonares detectados incidentalmente em adultos.

A: Nódulos sólidos*				
Tamanho				Comentários
Tipo do Nódulo	<6 mm (<100 mm ³)	6-8 mm (100-250 mm ³)	>8 mm (>250 mm ³)	
Único				
Baixo Risco**	Sem seguimento de rotina	TC em 6-12 meses, em seguida considerar TC em 18 a 24 meses	Considerar TC em 3 meses, PET-CT ou amostra tecidual	Nódulos < 6 mm não necessitam de seguimento de rotina, porém alguns pacientes de alto risco, com nódulos com morfologia suspeita, localização no lobo superior ou ambos podem se beneficiar de um seguimento em 12 meses
Alto Risco**	Opcional em 12 meses	TC em 6-12 meses, em seguida considerar TC em 18 a 24 meses	Considerar TC em 3 meses, PET-CT ou amostra tecidual	Nódulos < 6 mm não necessitam de seguimento de rotina, porém alguns pacientes de alto risco, com nódulos com morfologia suspeita, localização no lobo superior ou ambos podem se beneficiar de um seguimento em 12 meses
Múltiplos				
Baixo Risco**	Sem seguimento de rotina	TC em 3-6 meses, em seguida considerar TC em 18 a 24 meses	TC em 3 a 6 meses, em seguida considerar TC em 18 a 24 meses	Utilizar nódulo mais suspeito como guia para manejo. Intervalos de seguimento podem variar de acordo com o tamanho e o risco
Alto Risco**	Opcional em 12 meses	TC em 3-6 meses, em seguida considerar TC em 18 a 24 meses	TC em 3 a 6 meses, em seguida considerar TC em 18 a 24 meses	Utilizar nódulo mais suspeito como guia para manejo. Intervalos de seguimento podem variar de acordo com o tamanho e o risco
B: Nódulos subsólidos*				
Tamanho				Comentários
Tipo do nódulo	<6 mm (<100 mm ³)	>6 mm (>100 mm ³)		
Único				
Vidro fosco	Sem seguimento de rotina	TC em 6-12 meses para confirmar persistência, em seguida TC a cada 2 anos até 5 anos		Em alguns nódulos suspeitos <6 mm, considerar seguimento em 2 e 4 anos. Se houver componente(s) sólido(s) ou crescimento, considerar ressecção.
Parcialmente sólido	Sem seguimento de rotina	TC em 3-6 meses para confirmar persistência. Se não houver mudança e o componente sólido permanecer <6 mm, TC anual por 5 anos		Na prática, nódulos parcialmente sólidos não podem ser assim definidos até ≥6 mm, e nódulos <6 mm usualmente não requerem seguimento. Nódulos parcialmente sólidos persistentes com componentes sólidos ≥6 mm devem ser considerados altamente suspeitos
Múltiplos	TC em 3-6 meses. Se estável, considerar TC em 2 e 4 anos	TC em 3-6 meses. Manejo subsequente baseado no(s) nódulo(s) mais suspeito(s)		Múltiplos nódulos em vidro fosco <6 mm são usualmente benignos, porém pode-se considerar seguimento em 2 e 4 anos em pacientes de alto risco selecionados

Nota - Essas recomendações não se aplicam ao rastreio de câncer de pulmão, pacientes imunossuprimidos ou com neoplasia primária conhecida.

*Dimensões são a média do maior e menor eixo, arredondado para os milímetros mais próximos. **Considerar todos os fatores de risco relevantes.

Adaptado de MacMahon et al. Radiology 2017.⁸

e determinação da conduta. Nesse contexto, especialmente para nódulos com tamanho a partir de 6 mm, o acompanhamento evolutivo se torna ferramenta fundamental. Um nódulo estável em um estudo de controle tomográfico 6-12 meses após o estudo inicial de sua detecção (chamado de nódulo persistente em algumas publicações), afasta parte dos nódulos inflamatórios benignos.

O tempo de dobra de volume (uma dobra de volume corresponde ao aumento de 26% no diâmetro do nódulo) é outra evidência que pode auxiliar. Embora existam variações, classicamente se sabe que esse tempo para tumores pulmonares primários malignos sólidos varia entre 30 e 400 dias, sendo ainda maior para lesões subsólidas, estimado em três a cinco anos.⁸ Lesões abaixo e acima desses limites tendem a ser benignas. A documentação da estabilidade de tamanho de um nódulo tem tamanha importância que o primeiro tópico do sumário de recomendações da terceira edição da Diretriz de Diagnóstico e Manejo de Pacientes com

Nódulos Pulmonares do *American College of Chest Physicians (ACCP)*⁷ aborda a necessidade de se revisar exames de imagem prévios, caso eles existam. A documentação da estabilidade (retrospectiva ou prospectiva) das dimensões de um nódulo é critério definidor de benignidade quando maior ou igual a dois anos para nódulos sólidos e maior ou igual a cinco anos para nódulos subsólidos.⁸ Finalmente, a Diretriz de Manejo de Nódulos Pulmonares Incidentais da sociedade *Fleischner Society*⁸ discorre em um dos seus tópicos sobre nódulos pulmonares incidentalmente detectados em tomografias incompletas de tórax. O documento afirma que nódulos são comumente encontrados em porções pulmonares incluídas em estudos de pescoço, coração e abdome, e não recomenda seguimento adicional para nódulos pequenos (menores que 0,6 cm) devido ao baixo risco de malignidade. Já para nódulos de tamanho intermediário (0,6 a 0,8 cm), recomenda-se seguimento com um estudo completo de tomografia de tórax em um intervalo apropriado (entre três

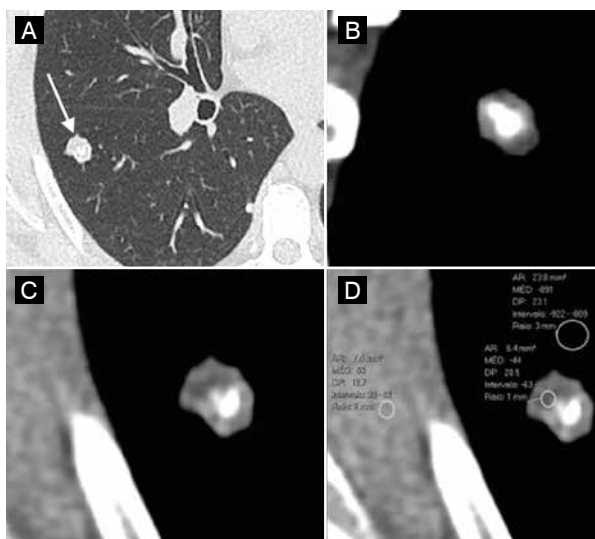


Figura 5. Nódulo pulmonar compatível com hamartoma. Imagem utilizando janela pulmonar em (A); reconstrução coronal com janela mediastinal em (B) mostrando calcificação em pipoca no nódulo; notam-se áreas de baixa atenuação correspondendo a gordura no nódulo em (C); medidas de atenuação em (D) mostram atenuação de gordura no nódulo em comparação com as atenuações da musculatura esquelética e do parênquima pulmonar (MED representa a média das atenuações dos pixels incluídos na área demarcada pelo círculo amarelo).

a 12 meses) a depender do risco clínico, para confirmar a estabilidade do nódulo e avaliar achados adicionais nas demais porções pulmonares. Em caso de nódulo grande e/ou muito suspeito, recomenda-se prosseguir com um estudo completo de tórax para avaliação adequada.

Doenças parenquimatosas difusas

Podemos dividir radiologicamente as doenças parenquimatosas pulmonares em dois grandes grupos: aquelas que reduzem e aquelas que aumentam a atenuação do parênquima pulmonar.

Dentro do primeiro grupo, destacam-se o enfisema pulmonar e as doenças pulmonares císticas. O enfisema pulmonar (Figura 6) mais comumente decorre do tabagismo, tem padrão centrolobular com predomínio apical e, portanto, indivíduos com este achado tem maior risco de câncer de pulmão. A deficiência de alfa-1-antitripsina, mais rara, é outra causa de enfisema, geralmente de padrão panlobular e predomínio inferior. As doenças pulmonares císticas são menos comuns e os expoentes desse grupo são a forma de acometimento pulmonar da histiocitose de células de Langerhans e a linfangioleiomiomatose. Deve-se lembrar que a diferenciação principal entre cistos aéreos pulmonares e enfisema é que os primeiros apresentam paredes finas e bem definidas.

Com relação ao segundo grupo (doenças que cursam com aumento da atenuação pulmonar), temos uma ampla gama de diagnósticos diferenciais que se manifestam por meio das opacidades em vidro fosco e/ou das consolidações pulmonares (as primeiras sem causar obscurecimento de vasos e brônquios e as segundas com obscurecimento dos mesmos) (Figura 7). Esses padrões radiológicos, portanto, são inespecíficos e muitas vezes estão relacionados a alterações inflamatórias e/ou infecciosas (pneumonias) (Figura 8). Esse mesmo

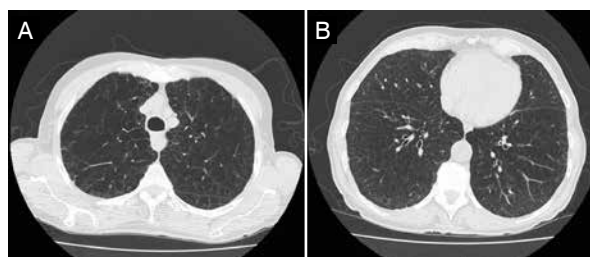


Figura 6. Enfisema pulmonar exuberante observado em tabagistas, com predomínio nos ápices pulmonares (A), onde se observam maiores bolhas, em relação às bases (B).



Figura 7. Pneumonia no lobo pulmonar inferior direito. Imagem mostra ambos padrões de aumento da atenuação pulmonar: consolidação com áreas de vidro fosco adjacentes.

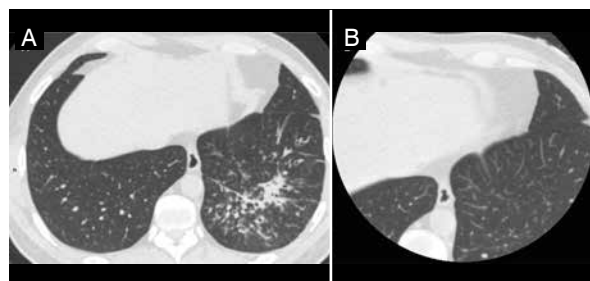


Figura 8. Pneumonia no lobo pulmonar inferior esquerdo caracterizado na tomografia de tórax pela presença de consolidação e de nódulos centrolobulares representando preenchimento de pequenas vias aéreas (A). Realizada tomografia do coração (B) 1 semana após, evidenciando melhora radiológica.

padrão de imagem pode, no entanto, surgir como resultado do acúmulo de pus, sangue, água ou células (tumores), devendo ser interpretado com cautela em pacientes assintomáticos, especialmente quando não se resolvem ao longo do tempo.

Alteração das vias aéreas

Para fins didáticos, fazemos a divisão de grandes e pequenas vias aéreas. As primeiras são representadas pelas traqueia, brônquios principais, lobares, segmentares até um diâmetro de 0,2 a 0,3 cm, todas essas com cartilagem em suas paredes;⁹ já as pequenas vias aéreas são representadas pelos bronquíolos membranosos e respiratórios, menores que 0,2 cm e ausentes em cartilagem parietal e glândulas submucosas.¹⁰ As pequenas vias aéreas não são normalmente vistas na tomografia computadorizada do tórax. Inferimos sua localização pelo fato de estarem acompanhadas de um ramo arterial pulmonar. Os achados tomográficos

relacionados às doenças de pequenas vias aéreas podem ser divididos em sinais diretos e indiretos (que podem ou não estar simultaneamente presentes). Os sinais diretos (assim chamados pois a pequena via aérea passa a ser visível na tomografia em função de suas alterações) são os micronódulos centrolobulares, as opacidades lineares ramificadas, o padrão de “árvore em brotamento” (estes três padrões representam diferentes níveis, geralmente crescentes, de preenchimento distal das vias aéreas) e as bronquiolectasias. Já o sinal indireto (assim chamado porque representa a consequência de uma alteração nas pequenas vias aéreas, que pode ou não estar visível) clássico é o aprisionamento aéreo, que frequentemente está associado ao padrão de atenuação em mosaico do parênquima pulmonar, no qual coexistem algumas áreas de maior e outras de menor atenuação pulmonar.¹⁰ Desta forma, dentre as doenças das vias aéreas, destacamos a bronquiolite infecciosa (Figura 9). Seus achados de imagem se dão nas pequenas vias aéreas e são bastante prevalentes, embora comportem outros diferenciais.

Espaço pleural

O derrame pleural transudativo (Figura 10) é a alteração mais comum do espaço pleural e pode ser decorrente de diversas entidades, principalmente congestão e doenças inflamatórias. Pode ser um derrame livre, com morfologia em menisco em função de sua distribuição determinada pela gravidade, ou um derrame loculado, com formação de lojas e não obedecendo uma distribuição gravitacional. Derrames pleurais usualmente tem atenuação entre 0 e 20 UH (unidades Hounsfield), compatível com líquido. Quando a atenuação é maior do que 20 UH pode representar um exsudato, empiema ou hemotórax. O uso do meio de contraste intravenoso pode ajudar na interpretação de alterações do espaço pleural, pois tecidos sólidos (espessamentos pleurais e pulmão atelectasiado) tendem a ser perfundidos pelo meio de contraste, com aumento da sua atenuação em relação à fase pré-contraste, enquanto líquidos não são perfundidos, persistindo com atenuação similar à fase pré-contraste.

O pneumotórax (Figura 11), muito menos frequentemente encontrado em pacientes encaminhados para tomografias cardíacas, representa uma alteração do espaço pleural de fácil diagnóstico pela tomografia computadorizada e se apresenta

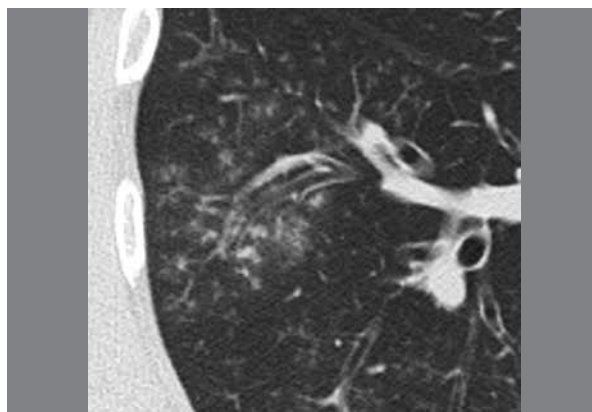


Figura 9. Bronquiolite infecciosa. Observe o padrão de árvore em brotamento caracterizado por opacidade nodulares em vidro fosco adjacentes aos ramos arteriais e bronquiolares, inferindo preenchimento das pequenas vias aéreas.

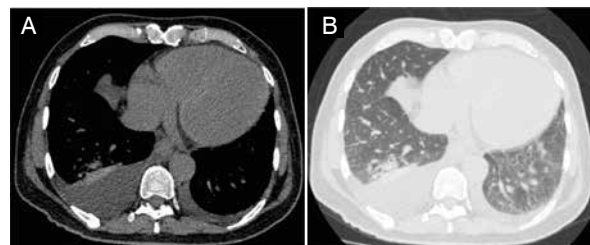


Figura 10. Pequeno derrame pleural bilateral livre (morfologia em menisco) e com atenuação de líquido nas janelas de mediastino (A) e de pulmão (B), características mais sugestivas de transudato.

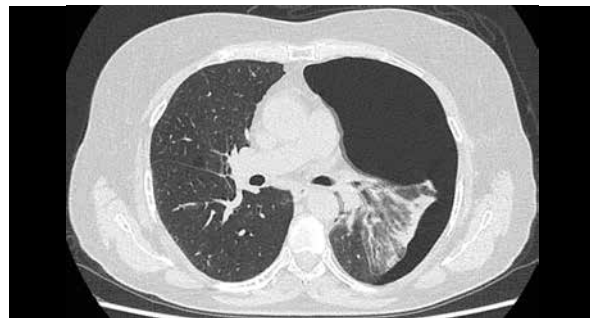


Figura 11. Volumoso pneumotórax à esquerda com atelectasia subtotal do pulmão ipsilateral e discreto desvio contralateral das estruturas mediastinais.

como uma imagem com atenuação de ar (a mais negativa das atenuações tomográficas, usualmente da ordem de -1000 UH) e distribuição antigravitacional.

Merece atenção ainda o espessamento pleural, achado inespecífico, que compreende diferenciais benignos e malignos (processos inflamatórios pulmonares ou pleurais, trauma, hemotórax, doenças ocupacionais/inflamatórias, mesotelioma, linfoma primário, metástases e tumores benignos). Do ponto de vista morfológico, pode se apresentar como espessamento difuso ou focal, associado ou não a calcificações (Figura 12), pode envolver a pleura parietal, diafragmática ou mediastinal, e pode ter aspecto nodular. Dentre essas características, destacam-se algumas que sinalizam maior probabilidade de doença maligna: espessamento pleural circunferencial, espessamento nodular, espessamento da pleura parietal maior que 1 cm e envolvimento da pleura mediastinal.¹¹

Aorta

A angiotomografia de coronárias inclui na sua varredura a raiz da aorta, parte da aorta ascendente e da descendente. É possível aferir o seu calibre, de modo a detectar ectasias e aneurismas. Aneurisma, por definição, é o aumento permanente e localizado em 50% ou mais do calibre normal da aorta para um determinado indivíduo.¹² De forma prática, no entanto, utilizam-se como valores de referência de normalidade em adultos (embora haja variabilidade desse valor) o calibre de até 4,0 cm para a aorta ascendente e de até 3,0 cm para a aorta descendente. Conforme podemos ver na Figura 13, valores acima de 4,5 para a aorta ascendente e de 3,5 para a aorta descendente, independente da faixa etária, tem alta probabilidade de representar um aneurisma. Esses valores são baseados na medida aferida no eixo axial verdadeiro do vaso, ou seja, eixo perpendicular à linha central do maior eixo



Figura 12. Paquipleurisia à esquerda. Consiste em outra alteração do espaço pleural que mais comumente decorre de processo inflamatório crônico pleuropulmonar, cursando com espessamento e calcificação dos folhetos pleurais.

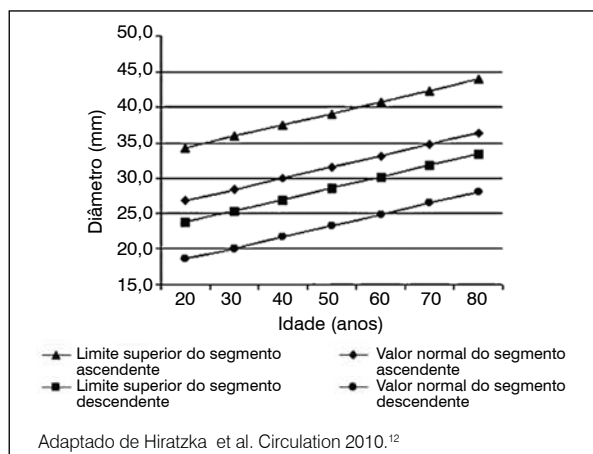


Figura 13. Diâmetros normais e limites superiores dos segmentos ascendente e descendente da aorta torácica relacionados à idade.

da aorta no segmento medido. A medida correta do diâmetro aórtico é fundamental pois é fator determinante na conduta.

As síndromes aórticas agudas consistem em três entidades correlacionadas, com apresentações clínicas similares (dor torácica aguda), que incluem a dissecação de aorta, o hematoma parietal e a úlcera aterosclerótica penetrante.

A dissecação (Figura 14) é definida como um sangramento e ruptura da camada média da parede aórtica, que se estende ao longo do seu trajeto, gerando uma separação de suas camadas (*flap* intimal ou intimomédial). Com isso, criam-se duas luzes no vaso, uma em meio à camada média (luz falsa), que pode trombosar ou permanecer pérvia, e outra envolvida por endotélio (luz verdadeira). A classificação de Stanford das dissecações aórticas é a mais relevante e é dividida nos tipos A, quando há acometimento do segmento ascendente; e tipo B, quando não há envolvimento desse segmento. Há alguma controvérsia na classificação das dissecações acometendo o arco aórtico.¹³

O hematoma parietal (Figura 15) é outra entidade correlata, consiste no sangramento na camada média, sem ruptura intimal ou criação de falsa luz. Para a detecção dessa entidade deve-se realizar uma aquisição tomográfica antes da injeção do meio de contraste (motivo pelo qual se recomenda uma fase pré-contraste frente a suspeita de síndrome aórtica aguda).

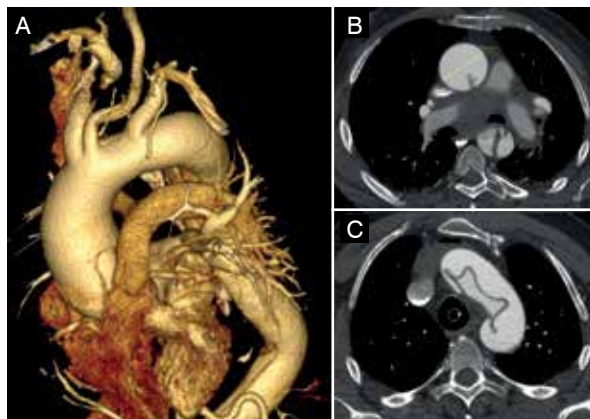


Figura 14. Dissecação da aorta com acometimento do segmento ascendente (Tipo A de Stanford). Reconstrução 3D Volume Rendering da aorta torácica em (A) evidenciando dilatação difusa, alongamento e tortuosidade aórtica. Imagem axial em (B) mostrando aneurisma importante do segmento ascendente (diâmetro > 5 cm) e flaps intinais característicos de dissecação clássica na aorta ascendente e descendente. Imagem axial do arco aórtico em (C) que evidencia o flap intimal separando a luz verdadeira (menor e mais medial) da luz falsa (maior e mais lateral).

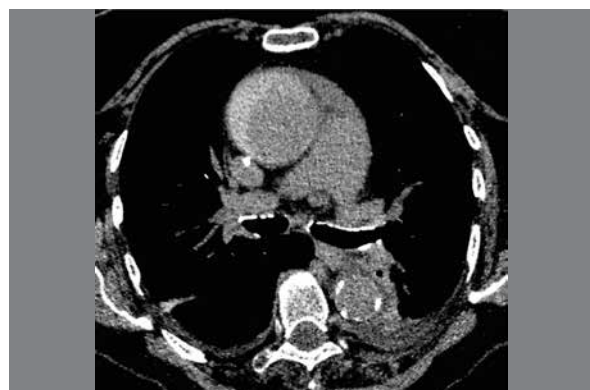


Figura 15. Hematoma intramural na aorta ascendente. Imagem axial de TC de tórax sem contraste que evidencia uma imagem hiperdensa com morfologia em crescente na face anterolateral direita da aorta ascendente, compatível com hematoma intramural.

Já a úlcera aterosclerótica penetrante geralmente se desenvolve em locais com placas ateroscleróticas onde há ulceração que penetra até a lâmina elástica interna e formação de hematoma. Pode permanecer similar a um hematoma parietal ou evoluir para dissecação clássica ou ruptura da parede do vaso. Se apresenta à tomografia como uma saculação com o formato de um cogumelo que protrui o contorno externo da aorta. A conduta nos casos de síndromes aórticas agudas é complexa, envolve diversas variáveis, como sintomas, local acometido, diâmetro da aorta no local e características do paciente.

As doenças inflamatórias da aorta são entidades mais raras, representadas principalmente pela arterite de Takayasu (Figura 16) e a arterite de Células Gigantes. Se manifestam por imagem como um espessamento parietal difuso de algum segmento aórtico (por vezes com extensão aos seus ramos), que pode regredir e recorrer com frequência, podendo ainda evoluir para estenoses, oclusões ou até mesmo dilatações.



Figura 16. Reconstrução sagital da TC de coração sem contraste de uma paciente do sexo feminino, com diagnóstico de arterite de Takayasu, apresentando extensa calcificação parietal na aorta.

Artérias pulmonares

Embora muitas vezes as câmaras cardíacas direitas e o território arterial pulmonar fiquem pouco opacificados pelo meio de contraste nas angiotomografias de coronárias, deve-se procurar ativamente sinais de tromboembolismo pulmonar, que se manifesta como falhas completas ou parciais na opacificação das artérias pulmonares e dos seus ramos. Merecem atenção ainda algumas características de opacidades pulmonares que podem sugerir infarto pulmonar, inferindo tromboembolismo pulmonar. Uma opacidade pulmonar periférica, com morfologia em cunha, tendo sua base ampla voltada para a pleura e seu ápice voltado para o hilo pulmonar, por vezes com um ramo arterial chegando nesse ápice, e com uma atenuação em vidro fosco central circundada por uma área de consolidação (sinal do halo invertido) (Figura 17) é altamente suspeita para infarto pulmonar.¹⁴

Outra observação relevante referente à artéria pulmonar é o seu calibre, que é considerado aumentado quando igual ou maior que 3,0 cm. Esse achado deve ser mencionado, pois pode estar relacionado a hipertensão pulmonar.

Linfonodos

Linfonodos normais tem formato ovalado, contornos regulares, atenuação similar à da musculatura e dimensões menores que 1,0 cm no seu menor eixo. Aumento das dimensões linfonodais podem ser decorrentes de diversas causas,

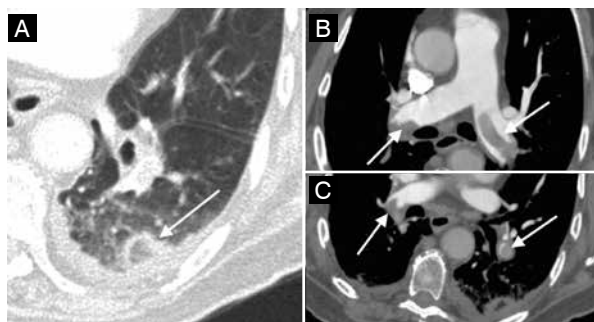


Figura 17. Tromboembolismo pulmonar (TEP) com infarto pulmonar à esquerda. Seta branca em (A) mostra o sinal do halo invertido periférico no lobo pulmonar inferior esquerdo, sugestivo de infarto pulmonar. Nas imagens da angiotomografia das artérias pulmonares observam-se falhas de enchimento bilaterais compatíveis com TEP nas artérias pulmonares principais e em seus ramos (setas brancas em B e C).

dentre elas processos inflamatórios / infecciosos pulmonares (aspecto reacional, tendem a diminuir com o tempo), congestão, sarcoidose (cursa com notório aumento bilateral de linfonodos hilares pulmonares, além dos mediastinais) (Figura 18), doenças linfoproliferativas e disseminação neoplásica de tumores pulmonares. Deve-se ter atenção não somente aos linfonodos mediastinais e hilares, mas também àqueles nas cadeias torácicas internas bilaterais (drenam as mamas), cardiofrênicos (drenam a parede torácica), periesofágicos e gástricos esquerdos (geralmente incluídos nas angiotomografias de coronárias). Comumente observam-se linfonodos com calcificações (principalmente mediastinais e hilares), achados na maior parte das vezes benigno, referido como residual ou cicatricial, secundário à infecções granulomatosas pulmonares prévias (tuberculose, principalmente).

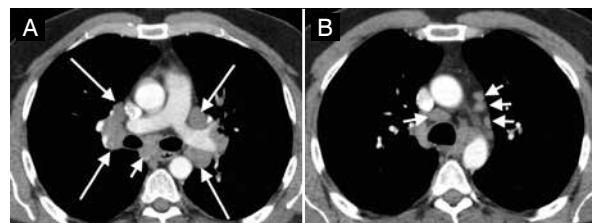


Figura 18. Sarcoidose. Linfonodomegalias mais evidentes nos hilos pulmonares (setas longas em A), porém também presentes em diversas cadeias linfonodais mediastinais (setas curtas em A e B).

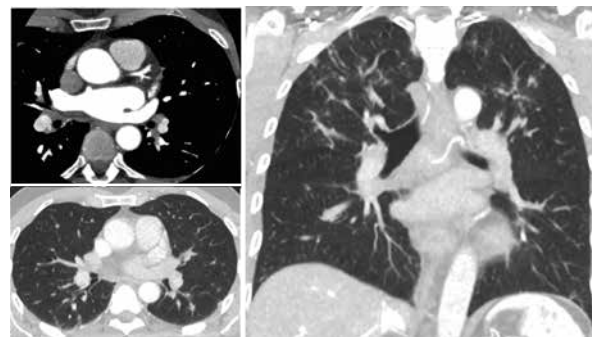


Figura 19. Diminutos nódulos e estrias nos campos pulmonares superiores. Pequenos linfonodos hilares. O conjunto dos achados nos permite sugerir o diagnóstico de sarcoidose, que foi confirmado por biópsia.

Mediastino

Massas mediastinais são incomuns porém representam um achado extracardíaco relevante e a opinião do médico imaginologista com frequência é solicitada. Incluem timoma, linfoma, teratoma, lesões císticas (principalmente cisto broncogênico, pericárdico, de duplicação esofágico, linfangioma), linfonodomegalias, lesões tireoidianas, tumores neurogênicos (Schwannoma e neurofibroma), hematopoiese extramedular, dentre outras.

O timo é uma glândula localizada no mediastino anterior em crianças e adultos jovens (não se devendo confundir com massas anormais nessa faixa etária). Com o tempo, o timo vai sendo lipossustituído e está ausente por imagem em 50% das pessoas maiores de 40 anos.¹⁵ Hiperplasia tímica pode ocorrer em decorrência de doenças graves, cursando com aumento da glândula.

Dentre as lesões neoplásicas tímicas, destacam-se as neoplasias epiteliais, que incluem o timoma e o carcinoma tímico. Os achados tomográficos mais comuns em timomas de alto risco e carcinomas tínicos são massa com contornos lobulados, invasão da gordura mediastinal e de grandes vasos.^{16,17} O diagnóstico diferencial das lesões císticas mediastinais é amplo, destacando-se os cistos congênitos: broncogênico, de duplicação esofágico e pericárdico. Representam lesões benignas, usualmente detectadas como achados incidentais. As características à TC de uma lesão cística para ser considerada benigna são paredes finas, contornos regulares, morfologia tubular ou ovalada, atenuação homogênea entre 0-20 UH, ausência de conteúdo sólido com realce e ausência de infiltração de estruturas vizinhas. Na maior partes das vezes, os cistos congênitos apresentam essas características.

Uma causa incomum porém importante para conhecimento do médico imaginologista é a necrose da gordura epipericárdica (ou pericárdica). Trata-se de uma entidade de etiologia desconhecida que cursa com dor torácica, por vezes pleurítica, aguda, benigna e autolimitada. Usualmente se apresenta como uma área nodular de densificação dos planos adiposos epipericárdicos e/ou espessamento local do folheto pericárdico. Controle radiológico nesses casos evidencia resolução parcial ou total dos achados.¹⁸

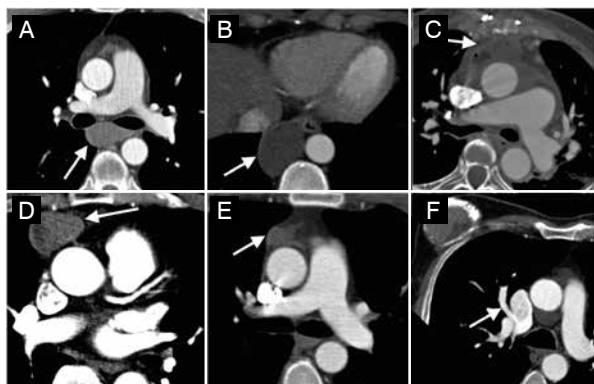


Figura 20. Outras alterações relacionadas ao mediastino. Cisto broncogênico (A) e cisto de duplicação esofágica (B) caracterizados por cistos de paredes finas e conteúdo líquido homogêneo. (C) Mediastinite, notando-se acúmulo líquido, densificação da gordura e focos gasosos no mediastino anterior. (D) Timoma caracterizado por nódulo sólido com realce no mediastino anterior. (E) Linfoma caracterizado por linfonodomegalia no mediastino anterior. (F) Drenagem venosa anômala pulmonar parcial caracterizada por veias pulmonares do lobo superior direito drenando na veia cava superior.



Figura 21. Necrose da gordura epicárdica. Imagem nodular com densidade de gordura associada a densificação dos planos adiposos adjacentes em (A), compatível com necrose da gordura epicárdica. Exame realizado 2 anos depois (B) evidencia resolução da alterações.

Em função da pericardite aguda ser um dos principais diagnósticos diferenciais de dor torácica aguda na emergência, pois é observada em cerca de 5% dos pacientes admitidos nos departamentos de emergência,¹⁹ o médico imaginologista deve estar familiarizado com essa entidade e com sua apresentação por imagem.

Na TC, a pericardite (Figura 22) se apresenta com espessamento e realce difuso do pericárdio, podendo ou não estar associado a derrame pericárdico. A atenuação do líquido do derrame segue a lógica que foi descrita para derrame pleural nos casos de transudato e exsudato, o primeiro tende a ter uma menor atenuação que o segundo. Deve-se ter atenção aos sinais de tamponamento: retificação ou inversão da curvatura das paredes do átrio direito, ventrículo direito ou septo interventricular, distensão das veias cava inferior e superior e refluxo do meio de contraste para a veia ázigos ou veias hepáticas. Nas formas crônicas de pericardite, as lâminas pericárdicas tendem a apresentar espessamento irregular e derrame loculado devido a aderências.¹⁹

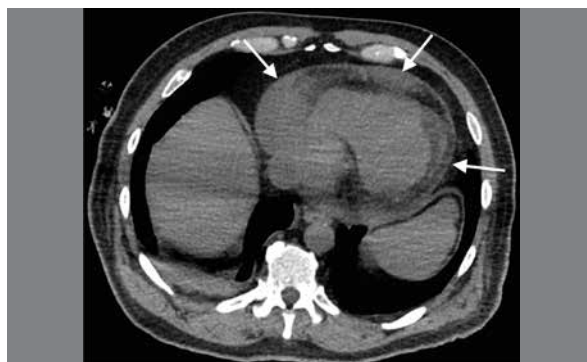


Figura 22. Pericardite. Espessamento difuso e pequeno derrame pericárdico associado a densificação dos planos adiposos.

Figado

As doenças hepáticas difusas podem eventualmente ser detectadas na pequena porção do parênquima hepático incluído na angiotomografia de coronária. Dentre as doenças que reduzem difusamente a atenuação do parênquima, destaca-se o aumento da deposição hepática de triglicerídeos, a esteatose hepática (Figura 23). Atenuação normal do parênquima hepático na tomografia sem contraste é cerca de 10 UH superior a do baço. Quando a atenuação hepática está 10 UH menor que a esplênica ou menor que 40 UH na TC sem contraste, aumento da deposição de gordura pode estar presente.^{20,21} Em casos mais exuberantes de esteatose hepática, pode-se observar uma atenuação do parênquima menor do que a de seus vasos (veias porta e hepáticas). Não se deve comparar a atenuação hepática e esplênica em estudos após a injeção do meio de contraste para se dar o diagnóstico de esteatose hepática.

Já o aumento difuso da atenuação hepática, pode decorrer do uso de medicamentos (amiodarona, principalmente) e/ou da deposição de metais, destacando-se a sobrecarga de ferro (hemocromatose/hemossiderose). Atenuação hepática igual ou maior que 72 UH apresenta alta especificidade para caracterização sobrecarga férrica hepática²² (Figura 24).

A pequena porção de parênquima hepático incluído na angiotomografia de coronária pode limitar a detecção de sinais



Figura 23. Esteatose hepática difusa. Redução difusa da atenuação do parênquima hepático, menor que a atenuação do baço e dos vasos hepáticos.



Figura 25. Cirrose hepática. Fígado com proeminência dos segmentos laterais do lobo esquerdo e do lobo caudado, contornos ondulados e bordos rombudos, inferindo hepatopatia crônica.



Figura 24. Sobrecarga férrica difusa hepática e esplênica. Aumento difuso da atenuação do parênquima hepático, medindo cerca de 74 UH, e esplênico, medindo cerca de 100 UH.

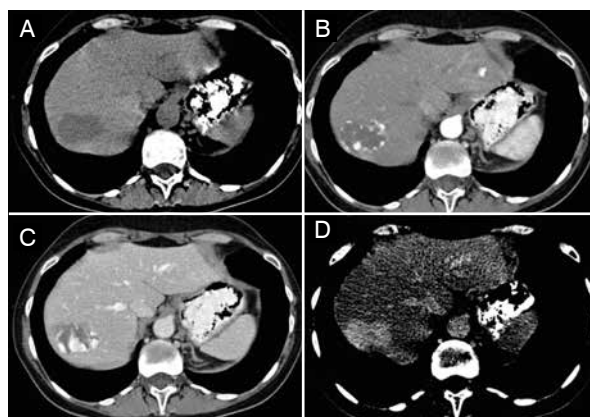


Figura 26. Hemangioma hepático. Nódulo hipoatenuante no lobo hepático direito na fase sem contraste (A), que apresenta realce globuliforme, periférico e descontínuo na fase arterial (B), enchimento progressivo nas fase portal (C) e tardia (D).

de hepatopatia crônica (Figura 25) e hipertensão portal. O achado que pode estar presente nesses casos são os sinais de redistribuição volumétrica (proeminência dos segmentos laterais do lobo esquerdo e do lobo caudado), alteração dos contornos (ondulados ou serrilhados), bordas rombudas, circulação colateral periesofágica, no leito da veia gástrica esquerda, perigástrica e periesplênica. A presença de hepatopatia crônica é relevante pois influencia na interpretação das lesões focais hepáticas devido ao maior risco de carcinoma hepatocelular.

Com relação à interpretação de lesões focais hepáticas, ela é bastante prejudicada no estudo tomográfico do coração pois não se dispõe de todas as fases necessárias para esta finalidade (fases pré-contraste e pós-contraste nas fases arterial, portal e tardia). Na angiotomografia de coronárias usualmente faz-se uma fase arterial precoce, que pode ou não ser precedida de uma fase pré-contraste (escore de cálcio). Nesse contexto, as lesões que podem ser diagnosticadas geralmente são o cisto simples e alguns hemangiomas (Figura 26) que apresentam comportamento típico na fase arterial (realce periférico, globuliforme e descontínuo). As demais lesões sólidas tendem a ficar como indeterminadas, divididas entre lesões hipervascularizadas (cujos diferenciais incluem lesões hepatocelulares benignas - adenoma e hiperplasia nodular focal - carcinoma hepatocelular, hemangioma atípico com enchimento precoce, metástases hipervascularizadas, dentre outras) e hipovascularizadas (cujos diferenciais incluem hemangioma atípico com enchimento tardio, metástases hipovascularizadas, colangiocarcinoma intrahepático, dentre outras), devendo-se considerar complementação da avaliação com estudo dirigido.

Outro achado que pode ocorrer na fase arterial da avaliação hepática é o distúrbio perfusional transitório, que consiste em uma área hipervascularizada transitória caracterizada na fase arterial (geralmente realçam igual ao restante do parênquima nas demais fases pós-contraste), sem efeito de massa (não afasta vasos ou demais estruturas hepáticas). Embora por vezes não se detecte a sua causa, o distúrbio perfusional pode decorrer da presença de lesões focais (benignas ou não), trombose de ramos portais, alterações de suprimento e drenagem venosas, alterações inflamatórias do fígado (colangite, hepatite) ou de estruturas adjacentes (colecistite pode determinar distúrbio perfusional do segmentos hepáticos adjacentes à vesícula biliar).

Esôfago/Estômago

Hérnias de hiato (Figura 27) são bastante prevalentes na população geral e sua incidência tende a aumentar com a idade. Podem ser causa de dor torácica ou epigastralgia recorrente em pacientes com coronárias normais. Usualmente, não demandam seguimento.

Adrenal

Na angiotomografia de coronárias, ocasionalmente podem ser identificadas as adrenais, o que ocorre mais frequentemente

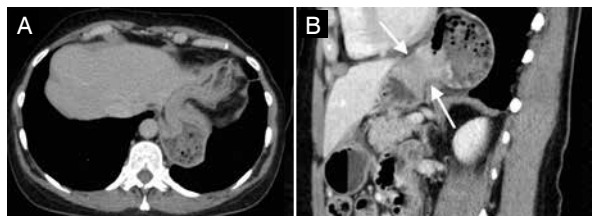


Figura 27. Hérnia gástrica hiatal. Imagem no plano axial (A) e sagital (B) mostrando a herniação do fundo e de parte do corpo gástricos pelo hiato esofágico (setas em B), que está alargado.

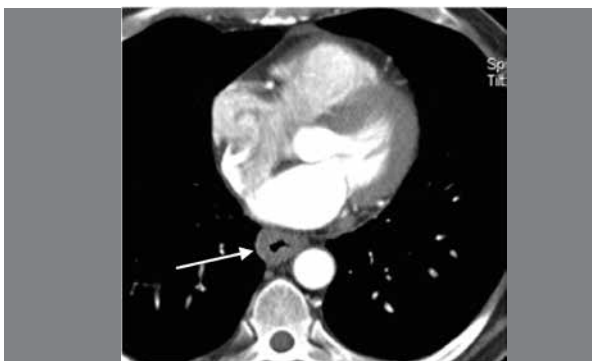


Figura 28. Esôfago de Barrett. Espessamento parietal circunferencial do esôfago médio/distal. Avaliação com endoscopia e biópsia confirmou o diagnóstico.

com a adrenal direita, pelo fato de ela ter localização mais alta e medial em relação à esquerda. Os adenomas de adrenal representam a lesão mais comum nas adrenais. Este diagnóstico pode ser feito quando um nódulo adrenal tem atenuação menor que 10 UH na tomografia sem contraste.²³ Caso o nódulo tenha mais de 10 UH ou se disponha apenas de uma fase pós-contraste para avaliar a adrenal, o nódulo é indeterminado, devendo-se considerar uma avaliação clínica e laboratorial e, caso haja indicação, complementação com um estudo de imagem para avaliação dirigida da adrenal.

Mamas

Ao menos em parte, as mamas também são comumente incluídas nas imagens da angiotomografia de coronárias. Mais frequentemente os achados consistem em nódulos e calcificações, de aspecto indeterminado. Geralmente, é necessário uma complementação com mamografia para adequada interpretação dos achados, uma vez que a tomografia não tem resolução para detectar microcalcificações típicas de neoplasias mamárias. A tomografia pode surpreender, por vezes, nódulos ou massas com aspecto suspeito ou maligno (pela sua morfologia e infiltração de estruturas vizinhas, por exemplo), achado que deve ser detectado e reportado apropriadamente de forma a prosseguir a investigação.

Cavidade peritoneal

A pequena porção da cavidade peritoneal e do retroperitônio incluídos no angiotomografia do coração podem conter achados relevantes a serem observados. Destacam-se aqui dois: o pneumoperitônio e a ascite, que podem ser achados sutis porém muito relevantes. O uso da janela de pulmão pode ajudar na detecção do pneumoperitônio.

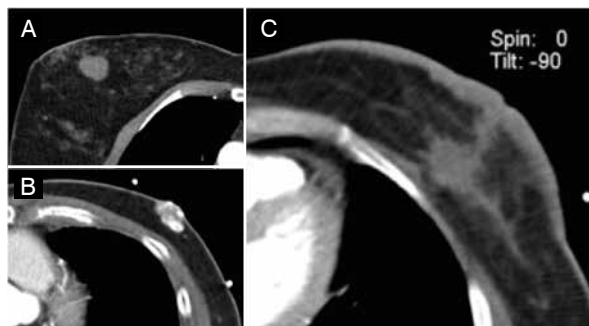


Figura 29. Nódulos mamários. O primeiro circunscrito (A), o segundo parcialmente calcificado (B) e o terceiro de contornos irregulares e associado a espessamento cutâneo (C). Tais lesões podem ser melhor avaliadas por ultrassonografia e/ou mamografia.

Em alguns estudos podemos ver parte do intestino grosso (geralmente o cólon transversos), e nele podem haver divertículos cólicos. Deve-se estar atento a sinais inflamatórios nestes, principalmente representados por densificação da gordura adjacente.

Baço

Cabe um comentário sobre o padrão heterogêneo de realce do baço na fase arterial do exame (Figura 30). Trata-se de um padrão normal, com tendência a homogeneização nas fases tardias, não devendo ser confundido com lesões.

Ossos

As lesões ósseas focais são descritas como líticas quando apresentam densidade menor do que a do osso e escleróticas quando a densidade é maior que a do osso. Neoplasias ósseas primárias e secundárias (metástases) podem se apresentar com esses dois padrões, ou ainda com padrão misto (Figura 31). A interpretação de lesões focais ósseas deve levar em consideração a idade, o contexto clínico e antecedente do paciente, bem como sinais de comportamento agressivo da lesão (rotura da cortical, componente de partes moles, dentre outros).

Fraturas no arcabouço ósseo torácico são comuns. Fraturas costais (Figura 32) e vertebrais se destacam nesse grupo e podem ser bastante sutis. As fraturas costais podem ser causa de dor torácica e, por vezes, podem acometer apenas as porções condrais (anteriores) dos arcos (Figura 33), sendo a janela de partes moles a mais indicada para essa

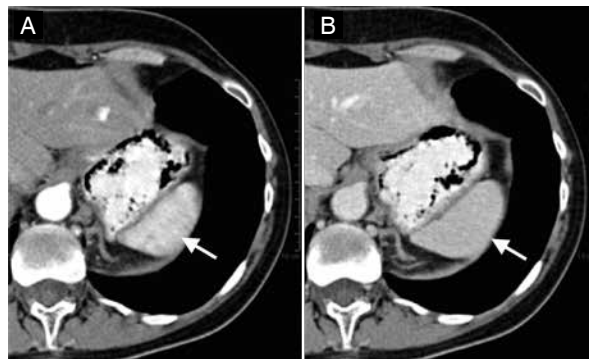


Figura 30. Realce esplênico habitual. Padrão heterogêneo normal de realce do baço na fase arterial (A), com tendência à homogeneização na fase portal (B).

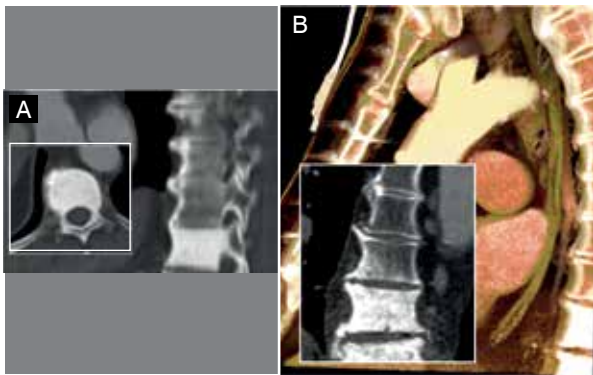


Figura 31. Lesões ósseas escleróticas metastáticas. Metástase de neoplasia de mama em (A) e próstata em (B).



Figura 33. Fratura da porção condral dos arcos costais à esquerda. Traços lineares de fratura de três arcos costais nas suas porções condrais (setas).

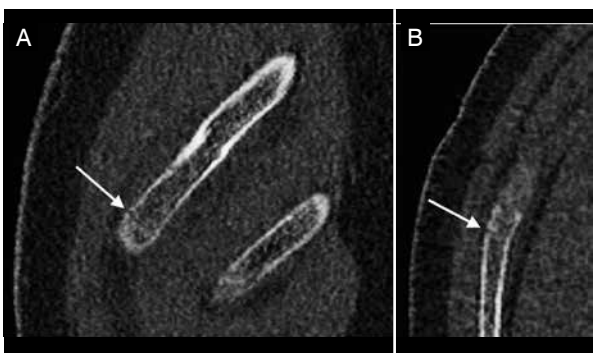


Figura 32. Fratura costal sutil. Discreta descontinuidade da cortical externa da porção anterolateral do arco costal, próximo a junção costochondral, mostrada no plano sagital oblíquo (A) e axial oblíquo (B).

deteção. Com frequência, as fraturas de corpos vertebrais cursam com redução da altura de um ou mais corpos vertebrais em relação aos demais, análise que deve ser feita no eixo sagital da coluna.

PROCURA ATIVA DE ACHADOS EXTRACARDÍACOS NO CONTEXTO DE DOR TORÁCICA AGUDA

A angiotomografia de coronárias é um método por vezes utilizado na investigação de dor torácica com suspeita de causa isquêmica em pacientes selecionados.²⁴ Nesse contexto, deve-se estender a procura de causas para a dor buscando ativamente achados extracardíacos, sobretudo nos indivíduos em que causas cardíacas foram descartadas.

Tabela 3. Resumo dos principais achados extracardíacos de imagem e suas prevalências, relevâncias, características e sugestões de conduta.

Achado de imagem	Prevalência/ Relevância	Características do achado	Sugestão de conduta	Comentários
Nódulos pulmonares	Alta prevalência / maior parte sem relevância	Sólidos ou subsólidos <6mm	Sem seguimento de rotina indicado	Nódulos sólidos <6mm não necessitam de seguimento de rotina, porém alguns pacientes de alto risco (tabela 1), com nódulos com morfologia suspeita, localização no lobo superior ou ambos podem se beneficiar de um seguimento em 12 meses Em alguns nódulos subsólidos suspeitos <6mm, considerar seguimento em 2 e 4 anos. Se houver componente(s) sólido(s) ou crescimento, considerar ressecção
		Sólidos ou subsólidos ≥6mm	Tentar aferir características de benignidade antes de indicar seguimento: estabilidade em exames tomográficos anteriores? nódulos com características benignas (calcificação de padrão benigno? gordura?)	Sugerem benignidade: estabilidade maior que 2 anos para nódulos sólidos e 5 anos para nódulos subsólidos; presença de gordura (provável hamartoma) e alguns padrões calcificações (provável nódulo residual)
		Sólidos ou subsólidos >6mm indeterminado (sem critérios de benignidade)	Realizar controle com TC de tórax conforme orientado na Tabela 2	Considerar encaminhamento à especialista, sobretudo em pacientes com alto risco clínico (tabela 1) e/ou nódulo com características suspeitas

Achado de imagem	Prevalência/ Relevância	Características do achado	Sugestão de conduta	Comentários
Opacidades em vidro fosco e consolidações alveolares	Moderada prevalência / relevância variável	Opacidades em vidro fosco e consolidações alveolares cujo aspecto e distribuição usualmente sugerem etiologia inflamatória / infecciosa	Necessário correlação clínica com o achado de imagem; considerar tratamento	Outros diferenciais para o achado: neoplasia, hemorragia alveolar, congestão / edema alveolar, pneumopatia intersticial, especialmente quando não houver clínica sugestiva de processo infeccioso
Espessamento parietal brônquico / preenchimento da via aérea distal	Moderada prevalência / relevância variável	Espessamento parietal brônquico; secreção preenchendo a via aérea; micronódulos centrolobulares (padrão de árvore em brotamento)	Maioria corresponde a bronquiolite infecciosa. Considerar tratamento caso haja correlação clínica	Além de bronquiolite infecciosa, cabem diferenciais com outras doenças que cursam com broncopatias
Derrame pleural	Baixa prevalência / relevância moderada a alta	Derrame pleural uni ou bilateral; pequeno (menos de 1/3 do volume do hemitórax), moderado ou acentuado (mais de 1/3 do volume do hemitórax)	Maioria de etiologia inflamatória / infecciosa ou congestiva; conduta dirigida a depender da causa	Considerar punção ou encaminhamento à especialista em derrame pleural de etiologia indeterminada
Aneurisma e dissecção de aorta	Baixa prevalência / alta relevância	Dilatação focal fusiforme ou sacular da aorta; hematoma parietal; úlcera aterosclerótica profunda; dissecção clássica (flap intimal; luz falsa)	Encaminhar ao especialista	
Tromboembolismo pulmonar	Baixa prevalência / alta relevância	Falha de enchimento em ramo arterial pulmonar; pode haver infarto pulmonar associado	Considerar anticoagulação; investigar fonte emboligênica	
Linfonodos aumentados	Baixa prevalência / relevância variável	Maior parte são linfonodos proeminentes (dimensões limítrofes para configurar linfonodomegalia); francas linfonodomegalias são mais raras	Em sua maioria são reacionais a processos inflamatórios / infecciosos ou relacionados a congestão	Diagnóstico diferencial de francas linfonodomegalias: sarcoidose, doença linfoproliferativa, disseminação secundária de neoplasia pulmonar ou de outros sítios
Hérnia gástrica hiatal	Alta prevalência / baixa relevância	Hérnia gástrica hiatal por deslizamento (mais comum) ou por rolamento (paraesofágica, mais rara)	Usualmente assintomática; não demandam seguimento	Pacientes com funduplicatura gástrica ou gastroplastia redutora migrada superiormente para o mediastino podem necessitar da avaliação de especialista
Lesões focais hepáticas	Moderada prevalência / maioria sem relevância	Mais comum: imagens nodulares hipoatenuantes. Protocolo de Angio-Tc de coronárias limitado para caracterização de lesões hepáticas	Lesões focais mais comuns são cistos e hemangiomas menores que 4cm, que dispensam seguimento	Considerar TC ou RM com protocolo dirigido para avaliação de lesões focais hepáticas nos casos de lesões duvidosas, em pacientes hepatopatas ou com histórico de neoplasia pelo risco maior de lesões de outra natureza
Lesões focais mamárias	Baixa prevalência / relevância variável	Nódulos ou calcificações	Complementar avaliação com mamografia ou ultrassonografia caso exista suspeita de lesão neoplásica	
Lesões focais ósseas	Baixa prevalência / maior parte sem relevância	Mais comum são as lesões escleróticas focais, das quais maior parte são ilhotas ósseas (enostose) ou alterações inespecíficas	Ilhotas ósseas não necessitam avaliação complementar ou seguimento	Lesões focais ósseas que apresentem algum sinal de agressividade podem necessitar estudo dirigido ou seguimento. Pacientes com lesões focais ósseas e histórico de neoplasia (mama ou próstata, principalmente) podem necessitar de avaliação dirigida

CONCLUSÃO

O presente artigo faz uma revisão dos achados de imagem extracardíacos mais frequentemente encontrados nas tomografias cardíacas.

A excelência na capacitação, busca, detecção e adequada interpretação dos achados de imagem extracardíacos tem impacto significativo no cuidado com o paciente.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não possuir conflitos de interesse na realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

1. Achenbach S. Computed tomography coronary angiography. *J Am Coll Cardiol*. 2006;48(10):1919-28.
2. Budoff MJ, Achenbach S, Blumenthal RS, Carr JJ, Goldin JG, American Heart Association Committee on Cardiovascular Imaging and Intervention, et al. Assessment of coronary artery disease by cardiac computed tomography: a scientific statement from the American Heart Association Committee on Cardiovascular Imaging and Intervention, Council on Cardiovascular Radiology and Intervention, and Committee on Cardiac Imaging, Council on Clinical Cardiology. *Circulation*. 2006;114(16):1761-91.
3. Jacobs JE, Box LM, Desjardins B, Fishman EK, Larson PA, American College of Radiology, et al. ACR practice guideline for the performance and interpretation of cardiac computed tomography (CT). *J Am Coll Radiol*. 2006;3(9):677-85.
4. Budoff MJ, Achenbach S, Berman DS, Fayad ZA, American Society of Nuclear Cardiology, et al. Task force 13: training in advanced cardiovascular imaging (computed tomography) endorsed by the American Society of Nuclear Cardiology, Society of Atherosclerosis Imaging and Prevention, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Cardiovascular Computed Tomography. *J Am Coll Cardiol*. 2008;51(3):409-14.
5. Earls JP. The Pros and Cons of Searching for Extracardiac Findings at Cardiac CT: Studies Should Be Reconstructed in the Maximum Field of View and Adequately Reviewed to Detect Pathologic Findings. *Radiology*. 2011;261(2):342-6.
6. Karius P, Schuetz GM, Schlattmann P, Dewey M. Extracardiac findings on coronary CT angiography: a systematic review. *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2014;8(3):174-82.e1-6.
7. Gould MK, Donington J, Lynch WR, Mazzone PJ, Midthun DE, Naidich DP, et al. Evaluation of Individuals With Pulmonary Nodules: When Is It Lung Cancer? Diagnosis and Management of Lung Cancer, 3rd ed: American College of Chest Physicians Evidence-Based Clinical Practice Guidelines. *Chest*. 2013;143(5 Suppl):e93S-e120S.
8. MacMahon H, Naidich DP, Goo JM, Lee KS, Leung AN, Mayo JR, et al. Guidelines for Management of Incidental Pulmonary Nodules Detected on CT Images: From the Fleischner Society 2017. *Radiology*. 2017. [Epub ahead of print]
9. Heidinger BH, Occhipinti M, Eisenberg RL, Bankier AA. Imaging of Large Airways Disorders. *AJR Am J Roentgenol* 2015;205(1):41-56.
10. Abbott GF, Rosado-de-Christenson ML, Rossi SE, Suster S. Imaging of Small Airways. *J Thorac Imaging*. 2009;24(4):285-298.
11. Leung AN, Muller NL, Miller RR. CT in differential diagnosis of diffuse pleural disease. *AJR Am J Roentgenol*. 1990;154(3):487-92.
12. Hiratzka LF, Bakris GL, Beckman JA, Bersin RM, Carr VF, American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, et al. 2010 ACCF/AHA/AATS/ACR/ASA/SCA/SCAI/SIR/STS/SVM guidelines for the diagnosis and management of patients with Thoracic Aortic Disease: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, American Association for Thoracic Surgery, American College of Radiology, American Stroke Association, Society of Cardiovascular Anesthesiologists, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Interventional Radiology, Society of Thoracic Surgeons, and Society for Vascular Medicine. *Circulation*. 2010;121(13):e266-e369.
13. Lempel JK, Frazier AA, Jeudy J, Kligerman SJ, Schultz R, Ninalowo HA, et al. Aortic arch dissection: a controversy of classification. *Radiology*. 2014;271(3):848-55.
14. Revel MP, Triki R, Chatellier G, Couchon S, Haddad N, Hernigou A, et al. Is it possible to recognize pulmonary infarction on multisection CT images? *Radiology*. 2007;244(3):875-82.
15. Francis IR, Glazer GM, Bookstein FL, Gross BH. The thymus: reexamination of age-related changes in size and shape. *AJR Am J Roentgenol*. 1985;145(2):249-54.
16. Tomiyama N, Johkoh T, Mihara N, Honda O, Kozuka T, Koyama M, et al. Using the World Health Organization classification of thymic epithelial neoplasms to describe CT findings. *AJR Am J Roentgenol*. 2002;179(4):881-6.
17. Jeong YJ, Lee KS, Kim J, Shim YM, Han J, Kwon OJ. Does CT of thymic epithelial tumors enable us to differentiate histologic subtypes and predict prognosis? *AJR Am J Roentgenol*. 2004;183(2):283-9.
18. Pineda V, Cáceres J, Andreu J, Vilar J, Domingo ML. Epipericardial fat necrosis: radiologic diagnosis and follow-up. *AJR Am J Roentgenol*. 2005;185(5):1234-6.
19. Bogaert J, Francone M. Pericardial disease: value of CT and MR imaging. *Radiology*. 2013;267(2):340-56.
20. Piekarski J, Goldberg HI, Royal SA, Axel L, Moss AA. Difference between liver and spleen CT numbers in the normal adult: its usefulness in predicting the presence of diffuse liver disease. *Radiology*. 1980;137(3):727-9.
21. Yajima Y, Narui T, Ishii M, Abe R, Ohtsuki M, Goto Y, et al. Computed tomography in the diagnosis of fatty liver: total lipid content and computed tomography number. *Tohoku J Exp Med*. 1982;136(3):337-42.
22. Guyader D, Gandon Y, Deugnier Y, Jouanolle H, Loreal O, Simon M, et al. Evaluation of computed tomography in the assessment of liver iron overload: a study of 46 cases of idiopathic hemochromatosis. *Gastroenterology* 1989;97(3):737-43.
23. Boland GW, Lee MJ, Gazelle GS, Halpern EF, McNicholas MM, Mueller PR. Characterization of adrenal masses using unenhanced CT: an analysis of the CT literature. *AJR Am J Roentgenol*. 1998;171(1):201-4.
24. Hoffmann U, Bamberg F, Chae CU, Nichols JH, Rogers IS, Senviratne SK, et al. Coronary computed tomography angiography for early triage of patients with acute chest pain: the ROMICAT (Rule Out Myocardial Infarction using Computer Assisted Tomography) trial. *J Am Coll Cardiol*. 2009;53(18):1642-50.

RESSONÂNCIA MAGNÉTICA E DOENÇA CORONARIANA: QUANDO O EXAME FAZ A DIFERENÇA?

*MAGNETIC RESONANCE AND CORONARY DISEASE:
WHEN DOES THE TEST MAKE A DIFFERENCE?*

RESUMO

Thiago Quinaglia A C Silva¹
Lilian Sande¹
Otavio Rizzi Coelho-Filho¹

1. Faculdade de Ciências Médicas,
Universidade Estadual de Campinas,
São Paulo, SP, Brasil.

Correspondência:
Otavio Rizzi Coelho-Filho
Disciplina de Cardiologia, Hospital das
Clínicas, Universidade Estadual de
Campinas, UNICAMP, Rua Vital Brasil,
251 - Cidade Universitária "Zeferino
Vaz" Campinas, São Paulo, SP, Brasil,
CEP: 13083-888.
tavicocoelho@gmail.com

O diagnóstico de doença coronariana e a quantificação de isquemia miocárdica tem se tornado cada vez mais necessário. Apesar de ainda haver controvérsia, estudos clínicos têm demonstrado que pacientes com carga isquêmica moderada ou alta têm pior prognóstico, a despeito de terapia clínica considerada adequada. Neste cenário, a ressonância magnética cardíaca (RMC) com estresse farmacológico tem despontado como método singular. Com relação aos outros exames disponíveis, a RMC apresenta vantagens teóricas e práticas, pois acumula características de outros métodos e os resume em um só. Proporciona excelente resolução espacial e temporal, possibilidade de avaliação da contratilidade global e segmentar e da espessura da parede do miocárdio em repouso e durante estresse, avaliação da perfusão e da viabilidade miocárdica, além de quantificação da área infartada com a técnica do realce tardio. Os avanços recentes nas sequências para avaliação da perfusão miocárdica permitiram que essa metodologia se tornasse uma importante ferramenta na prática clínica. Estudos multicêntricos confirmam a excelente sensibilidade e especificidade em pacientes submetidos à imagem de perfusão com estresse farmacológico pela RMC e o método se estabelece a passos largos como padrão-ouro na detecção da doença arterial coronária.

Descritores: Diagnóstico; Ressonância magnética; Cardiopatias; Isquemia.

ABSTRACT

The diagnosis of coronary artery disease and the quantification of myocardial ischemia has become increasingly vital. Although controversy remains, clinical studies have shown that patients with a moderate or high ischemic burden have a poorer prognosis, despite clinical therapy that is considered adequate. In this scenario, cardiac magnetic resonance imaging (CMR) with pharmacological stress has been highlighted as a unique method. In relation to the other tests available, CMR presents theoretical and practical advantages, as it takes the characteristics of other methods and combines them into one. It provides excellent spatial and temporal resolution, enabling the evaluation of global and segmental contractility and myocardial wall thickness, at rest and during stress, evaluation of perfusion and myocardial viability, and quantification of the infarcted area by the technique of delayed gadolinium enhancement. Recent advances in sequences for evaluation of myocardial perfusion have led to this method becoming an important tool in clinical practice. Multicenter studies confirm the excellent sensitivity and specificity in patients submitted to perfusion imaging with pharmacological stress by CMR, and the method is fast becoming established as the gold standard for the detection of coronary arterial disease.

Descriptors: Diagnosis; Magnetic resonance; Coronary heart disease; Ischemia.

INTRODUÇÃO

O aumento recente no número de publicações relacionadas ao uso da Ressonância Magnética Cardíaca (RMC) na pesquisa de doença arterial coronariana (DAC) se deve à maior disponibilidade deste método, ao avanço tecnológico

que permitiu aquisição mais rápida das imagens e a melhor relação sinal-ruído, além do surgimento de equipamentos com maior campo magnético. A RMC apresenta, atualmente, excelente resolução espacial e temporal, possibilidade de avaliação da contratilidade, espessura da parede do miocárdio no

repouso e durante o estresse, avaliação da perfusão além da avaliação da viabilidade miocárdica e da área infartada com a técnica do realce tardio.¹ Estudos multicêntricos²⁻⁵ demonstraram a excelente sensibilidade e especificidade na detecção de DAC em pacientes submetidos à imagem de perfusão com estresse farmacológico pela RMC. A compilação de 26 estudos realizada por Hamon,⁶ totalizando mais de 11000 pacientes, demonstrou sensibilidade de 89% e especificidade de 80% na detecção de DAC pela perfusão de estresse da RMC. Um estudo multicêntrico e multivendor realizado por Schwitzer⁵ identificou performance não inferior da RMC com perfusão e estresse em relação a cintilografia (*Single Photon Emission Computed Tomography* - SPECT) na presença de DAC em pelo menos um vaso e melhor performance quando multiarterial. Mais recentemente o estudo CE-MARC também comparou a performance diagnóstica da perfusão de estresse pela RMC com o SPECT, confirmando a superioridade diagnóstica da RMC.^{4,7} Algumas importantes limitações do SPECT com perfusão são reportadas, entre estas, vale ressaltar a sua limitada resolução espacial e possibilidade de artefatos de atenuação, principalmente na parede anterior em pacientes femininas com mamas volumosas e parede inferior em pacientes masculinos com grande circunferência abdominal. Outras desvantagens incluem o uso de radiação ionizante e a duração do estudo, sendo necessárias algumas horas entre as aquisições de repouso e com estresse.

As características que tornam único o método da RMC são a possibilidade de avaliar perfusão e viabilidade miocárdica em único exame com maior sensibilidade valor preditivo negativo que os métodos de medicina nuclear, com as características adicionais de poder avaliar motilidade da parede ventricular comparável ao ecocardiograma de estresse e determinar o prognóstico como todos os métodos indutores de isquemia.

FISIOLOGIA CORONÁRIA EM REPOUSO E EM HIPEREMIA (VASODILATAÇÃO MÁXIMA)

O raciocínio fisiológico estabelecido para a imagem de perfusão de estresse baseia-se no conceito de reserva de fluxo coronariano.⁸ A reserva de fluxo coronariano refere-se à capacidade da circulação coronária para aumentar o fluxo sanguíneo através da árvore coronária, quando o leito de perfusão está em dilatação máxima. Durante a RMC, a vasodilatação coronária é tipicamente obtida com um agente farmacológico, tal como adenosina ou dipiridamol (Figura 1). Estes fármacos resultam, em indivíduos adultos saudáveis, em aumento no fluxo de até quatro vezes e são particularmente eficazes na minimização da resistência do leito de perfusão coronária distal auxiliando na avaliação de restrição de fluxo por estenoses de artérias epicárdicas.

Em repouso, uma lesão epicárdica se tornará limitante do fluxo somente com um estreitamento luminal de aproximadamente 85% ou mais, enquanto com vasodilatação máxima esse limiar é reduzido para aproximadamente 50%.^{9,10} A resposta do fluxo coronariano ao exercício vigoroso tem a mesma magnitude que o aumento observado durante a vasodilatação máxima com um agente agonista de receptores da adenosina.¹¹

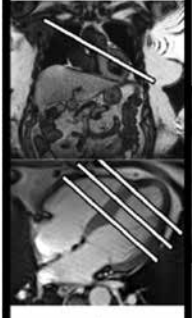
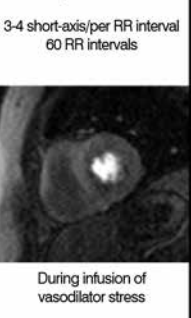
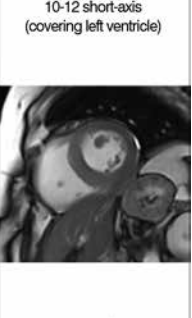
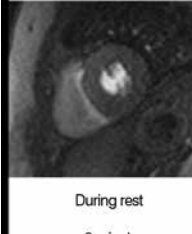
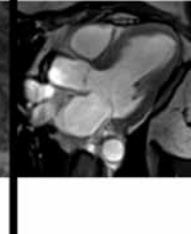
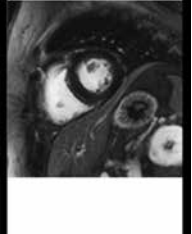
Localização cardíaca  ~3 minutes	Perfusão durante estresse farmacológico Gd-DTPA (0.03-0.1 mmol/Kg) Bolus injection at 3-5ml/s 3-4 short-axis/per RR interval 60 RR intervals  During infusion of vasodilator stress ~5 minutes	Função ventricular Cine SSFP 10-12 short-axis (covering left ventricle)  ~12-15 minutes
Perfusão durante repouso Gd-DTPA (0.03-0.1 mmol/Kg) Bolus injection at 3-5ml/s 3-4 short-axis/per RR interval 60 RR intervals  During rest ~3 minutes	Função ventricular Cine SSFP 3 long-axis  ~2 minutes	Realce tardio Inversion recovery 10-12 short-axis (covering left ventricle) 3 long-axis  ~10-15 minutes

Figura 1. Protocolo proposto para investigação de isquemia miocárdica pela RMC, incluindo as seguintes seqüências: 1) perfusão durante estresse farmacológico e repouso para investigar isquemia miocárdica, 2) cine para avaliação da função ventricular e 3) realce tardio para avaliação de viabilidade miocárdica. Reproduzido com autorização dos autores (1).

Perfusão refere-se aqui ao fluxo sanguíneo através da microcirculação coronária, ou seja, o volume de sangue que flui através de uma unidade de massa de miocárdio, por unidade de tempo. Presumindo-se que a perfusão miocárdica pode ser quantificada independentemente em repouso e durante a vasodilatação máxima, pode-se calcular a reserva de perfusão miocárdica, análoga à reserva de fluxo coronariano, como a razão de fluxo na hiperemia (vasodilatação máxima) dividido pelo fluxo de repouso. Em uma circulação coronariana saudável, a reserva de fluxo coronariano e a reserva de perfusão miocárdica concordam em magnitude, mas a presença de doença epicárdica determina uma reserva de fluxo epicárdico inferior à reserva de perfusão miocárdica medida a jusante da lesão.¹²

Uma reserva de perfusão miocárdica comprometida é, portanto, considerada um marcador substituto útil para isquemia, embora o limiar abaixo do qual a reserva de perfusão miocárdica precisa diminuir para causar isquemia clinicamente significativa não está bem definido. Um limiar de reserva de fluxo coronariano (2,5: 1) tem sido utilizado como ponto de corte, pois resulta em associação significativa com fatores de risco, presença de doença arterial coronária (DAC) ou com os resultados do paciente após a revascularização.¹³

DIAGNÓSTICO DE DOENÇA ARTERIAL CORONARIANA

Imagem de Perfusão Miocárdica para Diagnóstico de DAC pela RMC

Em um estudo de perfusão miocárdica pela RMC as imagens são adquiridas durante aproximadamente 60 batimentos cardíacos para cobrir uma fase pré-contraste, a primeira passagem do agente de contraste após a sua injeção e a recirculação do agente de contraste. O tempo total de aquisição é muito longo para uma única respiração, embora os pacientes sejam, geralmente, solicitados a prender a respiração para a fase inicial do estudo e retomar a respiração quando necessário, sem ter que respirar fundo. O movimento de respiração é suficientemente lento para que não cause artefatos de movimento, mas durante o pós-processamento torna-se necessário corrigir o movimento cardíaco e, através do movimento plano, causar o registro incorreto do corte. Como alternativa, desenvolveram-se técnicas de rastreamento do corte que utilizam um pulso de navegação para rastrear o movimento diafragmático e ajustar dinamicamente as posições dos cortes de forma que a mesma região anatômica é rastreada durante toda a imagem de perfusão. É possível que as técnicas de pós-processamento automático da imagem se mostrem mais eficazes para lidar com a correção do movimento de respiração no plano, mas a correção total de movimento por pós-processamento provavelmente requer aquisições tridimensionais (3D) em vez de imagens de múltiplas secções. As técnicas e parâmetros de sequências de Perfusão Miocárdica estão resumidas na Tabela 1.

Um número substancial de estudos em centro único¹⁴⁻¹⁷ e outros multicêntricos^{2,3} demonstraram boas sensibilidade e especificidade da imagem de perfusão miocárdica com vasodilatação coronariana para a detecção de DAC avaliada por angiografia coronária. Para isto, o teste de estresse com adenosina apresentou melhor sensibilidade para o diagnóstico de DAC do que o dipiridamol (0,90; IC 95%: 0,88 - 0,92 vs 0,86; IC 95%: 0,80 - 0,90; $p = 0,022$) e tendência para uma

melhor especificidade (0,81; IC 95%: 0,78 - 0,84 vs 0,77, IC 95%: 0,71 - 0,82, $p = 0,065$) (Figura 2). Em um estudo multicêntrico, Schwitter et al¹⁸ compararam o desempenho diagnóstico da RMC de perfusão miocárdica por estresse com a cintilografia nuclear para detecção de DAC significativa, definida como estreitamento luminal de mais de 50% em pelo menos um vaso. Os autores demonstraram a não-inferioridade da RMC de estresse de perfusão miocárdica comparada com SPECT para diagnóstico de CAD (área sob a curva ROC [AUC], $0,86 \pm 0,06$ vs $0,75 \pm 0,09$; $p = 0,12$). Duas metanálises recentes^{19,20} confirmaram o desempenho

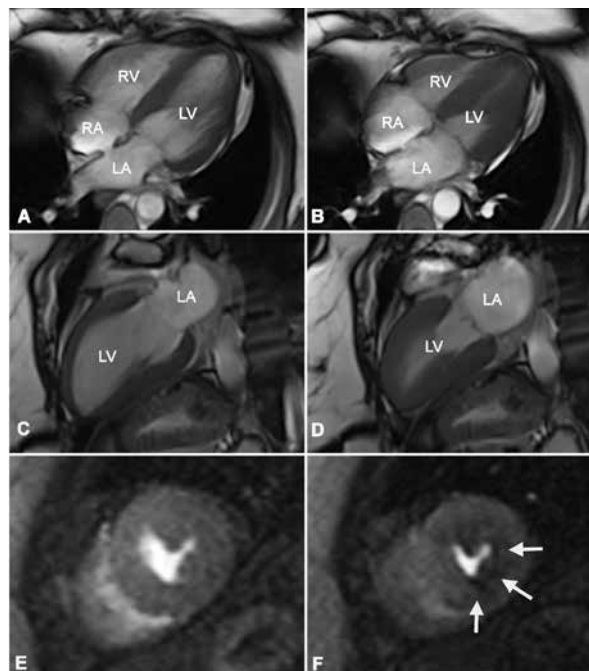


Figura 2. Exemplo de RMC de estresse com adenosina em paciente do sexo masculino de 57 anos com dor torácica aos moderados esforços, hipertensão, obesidade. O estudo revelou função biventricular normal (A, B, C e D), com defeito de perfusão durante estresse farmacológico na parede lateral do VE (E e F).

Tabela 1. Técnicas e Parâmetros de Sequências de Perfusão Miocárdica.

Siglas Técnicas	Descrição	Parâmetros e vantagens	Tempo de aquisição	Limitações
Turbo FLASH, Turbo fast field echo, GRASS	Aquisição de imagem GRE com TR e TE curtos e magnetização preparação (saturação ou inversão)	TR/TE ms, 3/1; 15° flip angle; 2D multisection; 8–10-mm sections; bandwidth, 600–800 Hz per pixel; nonsection-selective SR; relative immune against off-resonance and susceptibility effects	150–200 msec por secção	Aquisição da imagem mais lenta que com SSFP e EPI-GRE híbrido; baixo RCR e SNR comparado com SSFP
Turbo SSFP, Turbo balanced field echo, Turbo FIESTA	Aquisição SSFP com magnetização preparação (saturação ou inversão)	2/1; 40° flip angle; 2D multisection; 8-mm sections; bandwidth, 1000–12 000 Hz per pixel; SR; high CNR	130–160 msec por secção	Artefatos; bôlus induzindo alterações de frequências; não aplicável para 1.5 T
Hybrid EPI-GRE	Multiseção 2D, EPI-GRE híbrido Aquisição com distância echo-train menor que 6 e magnetização preparação	8/3; 15° flip angle; 8–10-mm sections; bandwidth, 600–800 Hz per pixel; shortest image acquisition time	100–150 msec por secção	Artefatos de suscetibilidade com echo trains longos; echo-train menor que aproximadamente 3 para 3 T

RCR = razão contraste-ruído, EPI = imagem eco-planar, FLASH = fast low-angle shot, GRASS = gradient refocused acquisition em steady state, GRE = gradiente echo, SR = saturação preparação, SSFP = steady-state free precession, TE = tempo de eco, TR = tempo de repetição, 2D = bidimensional.

diagnóstico da RM cardíaca de perfusão miocárdica sob estresse na detecção de DAC significativa testados contra angiografia coronária como padrão-ouro.

A RMC também é ao menos comparável aos métodos de medicina nuclear e possivelmente superior. Em estudo multicêntrico, o MR. IMPACT II (n= 533) foi demonstrado que a RMC é uma alternativa segura ao SPECT revelando maior sensibilidade (0,67 vs. 0,59; p= 0,024), apesar de menor especificidade (0,61 vs. 0,72; p= 0,038) da RMC comparada à SPECT⁵. No entanto, em outro estudo prospectivo ainda maior (n= 752), o CE-MARC, Greenwood et al. demonstraram uma maior sensibilidade (86,5% vs. 66,5%, p< 0,0001) e valor preditivo negativo (90,5% vs. 79,1%, p<0,0001) da CMR comparada à SPECT, enquanto especificidade (83,4% vs. 82,6%, p= 0,916; respectivamente) e valor preditivo positivo (77,2% vs. 71,4%, p= 0,061; respectivamente) foram semelhantes⁴. Estes resultados sugerem que alta sensibilidade e valor preditivo negativo da CMR para avaliação de DAC estão entre as suas principais características.

As comparações com medidas fisiológicas invasivas como Reserva de Fluxo Fracionada (FFR) também renderam resultados favoráveis. Rieber e cols. demonstraram que o cálculo do índice de reserva de perfusão miocárdica (com um corte de 1,5) permitiu a detecção de estenoses hemodinamicamente importantes, conforme determinado por FFR> 0,7510. Com a crescente ênfase na comunidade de cardiologia em dados fisiológicos para auxiliar na seleção apropriada de lesões para intervenção percutânea, e provas de que o cálculo da FFR pode melhorar a seleção²¹ a avaliação pré-procedimento não invasiva da perfusão por RMC provavelmente se revelará benéfica.

Quantificação da Perfusão Miocárdica pela RMC

A maioria das técnicas semi-quantitativas envolve análise regional da curva de intensidade por tempo. Utilizando um modelo aceito de segmentação do VE (tal como o modelo AHA de 17 segmentos),²² a parede do VE pode ser dividida em regiões correspondentes às utilizadas para analisar a anormalidade do movimento da parede ou o realce tardio. Uma região de interesse é colocada dentro do segmento miocárdico (ou dentro das diferentes camadas do miocárdio, subepicárdio ao subendocárdio, se desejado) durante as fases sequenciais, com cuidado para rastrear a mesma porção da parede do VE, assegurando-se de evitar na análise a ocorrência de batimentos ectópicos, movimentos respiratórios, e outras causas potenciais de erro. A intensidade do sinal dentro da região de interesse é representada como uma função do tempo e uma série de parâmetros relacionadas com a perfusão pode ser avaliada. Destes parâmetros, a simples elevação ou a taxa de aumento da intensidade do sinal ao longo da perfusão de primeira passagem destaca-se como a análise semi-quantitativa mais adequada à aplicação clínica, devido à validação prévia e precisão diagnóstica.^{3,16,17,23} A quantificação absoluta do fluxo sanguíneo miocárdico também é possível, embora seja mais laboriosa e esteja sujeita a diversos fatores de confusão, que dificultam seu uso rotineiro na prática clínica.

No entanto, um estudo prospectivo recente com 1.024 pacientes referidos a um serviço de RMC com estresse (todos os pacientes encaminhados eram incluídos, não houve critérios

de exclusão) sugere que a simples quantificação do número de segmentos em isquemia tem valor prognóstico e auxilia a identificar pacientes sob risco.²⁴

Utilizando como base o modelo de 16 segmentos (idêntico ao modelo de 17 segmentos excluindo-se o segmento do ápice do ventrículo), os autores demonstraram que pacientes com $\geq 1,5$ segmento em isquemia tem pior prognóstico e apresentam com maior frequência morte de causa cardíaca, infarto miocárdico não-fatal e necessidade de revascularização miocárdica após 90 dias do exame. O tempo de seguimento médio do estudo foi de 2,5 anos. No modelo de 17 segmentos, a isquemia em 2 ou mais deles corresponderiam a aproximadamente 12% de carga isquêmica. Assim, estes resultados estariam em linha com o sugerido por estudos em medicina nuclear nos quais a carga isquêmica a partir da qual se deve indicar a revascularização miocárdica é de 12.5%.²⁵

AVALIAÇÃO DA CONTRATILIDADE SEGMENTAR DA PAREDE VENTRICULAR PELA RMC

O exercício já foi empregado como mecanismo indutor de isquemia,²⁴ mas a logística para alcançar um nível suficiente de exercício é difícil dentro dos limites do magneto e o estresse farmacológico é quase universalmente empregado na prática clínica. Como a heterogeneidade do fluxo não conduz diretamente a anormalidades isquêmicas do movimento da parede exceto nos casos de anormalidade de perfusão mais grave, não surpreende que a imagem cinética durante o estresse vasodilatador associe-se a uma menor sensibilidade²⁵ e maior especificidade para a detecção de doença coronariana em comparação com o uso de drogas inotrópicas. Portanto, a avaliação da contratilidade segmentar ao estresse deve preferencialmente ser realizada com inotrópicos.

Nagel et al.²⁶ compararam as anormalidades de movimentação da parede do ventrículo esquerdo induzida por isquemia à infusão de dobutamina pela RMC com ecocardiografia de estresse também induzida por dobutamina em 208 pacientes consecutivos com suspeita de DAC antes do cateterismo cardíaco. Neste estudo, a RMC com dobutamina proporcionou melhor sensibilidade (89% vs 74%) e especificidade (86% vs 70%) do que a ecocardiografia de estresse com dobutamina para detectar estenoses de artéria coronária > 50%. Do mesmo modo, Hundley et al realizaram RMC com dobutamina em 163 pacientes com janelas ecocardiográficas desfavoráveis e demonstraram sensibilidade e especificidade de 83% na detecção de estenose coronariana > 50% por angiografia coronária.²⁷

Alguns estudos de RMC utilizando dobutamina como indutor de isquemia sugerem que a presença de alteração da contratilidade segmentar de apenas 1 segmento (6% de carga isquêmica) já é preditor de pior evolução.^{30,31} A aparente diferença entre o número de segmentos com defeito de perfusão e o número de segmentos com alterações segmentares associados ao pior prognóstico deve explicar-se pela sequência de eventos da cascata isquêmica. Como o defeito de perfusão antecede as anormalidades da contração é possível que a extensão da hipoperfusão exceda em extensão os limites dos segmentos hipocontráteis.

Avaliação da Viabilidade Miocárdica pela RMC

A RMC possui características singulares comparada a outros métodos. Permite avaliar simultaneamente a reserva contrátil cinética, a perfusão miocárdica e quantificar a extensão transmural do infarto. A demonstração de reserva contrátil, de forma semelhante ao ecocardiograma de estresse, foi a primeira abordagem para a avaliação da viabilidade de RMC, mas a técnica evoluiu consideravelmente com a introdução clínica da obtenção de imagens tardias de gadolínio.²⁸ Assim, a viabilidade pode ser estimada por uma variedade de métodos complementares entre si, principalmente a espessura de parede ventricular (repouso/estresse) e reserva contrátil, e as técnicas de realce tardio (Figura 3) que considerada atualmente como um método de excelência ou padrão ouro para viabilidade.²⁹

Espessura de Parede e Reserva Contrátil pela RMC

Em linha com os dados ecocardiográficos,³⁰ à ocorrência de miocárdio acentuadamente afilado é possível afirmar que a função contrátil daquele segmento dificilmente recuperar-se-á. Baer et al. demonstraram que uma espessura de parede diastólica de 5,5 mm poderia ser utilizada para discriminar regiões do miocárdio com função metabólica preservada daquelas sem, conforme avaliado pelo FDG PET.³¹ Em um trabalho posterior, o grupo demonstrou que quase nunca houve recuperação quando a espessura da parede diastólica fosse <5,5mm,³² no entanto, o inverso nem sempre foi verdadeiro, ou seja, a recuperação não ocorreu universalmente em regiões com espessura de parede > 5,5mm. Assim, a avaliação da espessura da parede diastólica, embora sensível, é pouco específica na detecção de recuperação da função.

Soma-se a isso a observação de que espessamento regional da parede ventricular de 2 mm durante a dose baixa de dobutamina melhora grandemente a especificidade da técnica. No estudo de Baer a dobutamina aumentou a especificidade do teste para 92% com uma sensibilidade mantida de 86% para prever a recuperação funcional pós-revascularização.³² Do mesmo modo, foram relatadas sensibilidade e especificidade elevadas em alguns,³³ mas não em todos os

estudos.³⁴ Um achado consistente em estudos de RMC de estresse com dobutamina, no entanto, é a alta especificidade da técnica, semelhante ao ecocardiograma de estresse.³⁵ Em um nível menos subjetivo, a marcação de tecidos ("tagging") e a análise da deformação miocárdica ("strain") oferecem o potencial de uma abordagem mais quantitativa.

Realce Tardio com Gadolínio

A excelente caracterização de tecidos é uma das principais vantagens da RMC e a exploração desse potencial através do uso de imagens de contraste ponderadas em T1 para definir a porção infartada e irreversivelmente danificada do miocárdio tem sido um dos passos mais significativos na RMC.²⁸ Embora as razões exatas para o hipersinal em áreas de fibrose de substituição (ou intersticial) continuem sendo um tema de intenso escrutínio, o mecanismo provável é uma combinação de cinética de chegada e saída do gadolínio do tecido inviável e diferentes volumes de distribuição de gadolínio em células viáveis e regiões não viáveis. O agente de contraste de gadolínio extracelular injetado é retido no tecido necrótico do infarto do miocárdio, enquanto que no miocárdio normal, o gadolínio é excluído do espaço intracelular dos miócitos.

Na isquemia miocárdica aguda a integridade da membrana do sarcolema é perdida, assim como na morte celular, permitindo ao gadolínio extravasar no miócito e resultando em hiperintensidade de sinal. Na doença crônica, o tecido cicatricial aumenta o colágeno extracelular e ocorre um espaço intersticial maior do que o que ocorre com o miocárdio normal. Embora alguns estudos em animais tenham demonstrado que o tamanho e a profundidade transmural do infarto possam ser ligeiramente superestimados (9-12%) no pós-infarto imediato, estes indicadores estão estáveis e mais próximos a extensão real da cicatriz após uma semana.

Utilidade Clínica do Realce Tardio do Gadolínio

Estudos experimentais e clínicos indicam que a extensão do realce tardio com gadolínio é reprodutível e está estreitamente correlacionada com o tamanho da necrose miocárdica ou cicatriz do infarto como determinado pelos métodos *in vitro* e *in vivo* estabelecidos.³⁶⁻³⁸ A resolução espacial obtida pela RMC proporciona um registro quase idêntico da cicatriz quando combinado com fatias histopatológicas. O realce tardio subendocárdico é sensível e altamente específico para a detecção de infarto do miocárdio.³⁶ Além disso, a detecção de infarto miocárdico está associada a um risco significativamente aumentado de morte subsequente e eventos cardíacos adversos, acrescentando informação prognóstica incremental à avaliação da função ventricular esquerda.^{39,40} Finalmente, a extensão do realce tardio do miocárdico está emergindo como uma ferramenta poderosa para determinar a resposta a novas terapias médicas e de intervenção.

Kim et al avaliaram o efeito da revascularização na recuperação regional da função de acordo com a extensão transmural do infarto em pacientes com disfunção isquêmica do VE. A probabilidade de recuperação funcional (por segmento) foi inversamente relacionada com a extensão transmural do infarto. Dos segmentos acinéticos e discinéticos com 0-25% de extensão transmural de 82% apresentaram recuperação de função, de segmentos similares com extensão transmural de 26-50%, 45% apresentaram recuperação de função, de segmentos com 51-75% de extensão

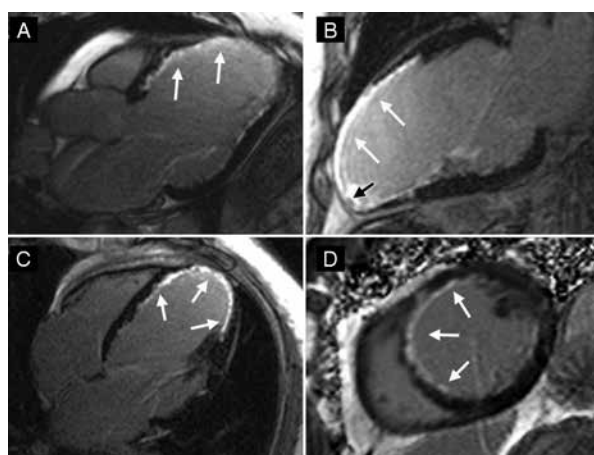


Figura 3. Exemplo de estudo de viabilidade pelo realce tardio da RMC. As setas brancas mostram presença de realce tardio transmural, ou seja, acometendo 99-100% da espessura do miocárdio na anterior o que indica ausência de viabilidade.

transmural, 7% recuperados e nenhum dos segmentos com extensão transmural de 75% demonstrou recuperação da função com padrões semelhantes para todos os segmentos disfuncionais. Estudos subsequentes de outros grupos corroboraram esses resultados.^{33,41,42}

Além da resposta à revascularização, a extensão do miocárdio viável na cardiomiopatia isquêmica também mostrou ser preditora da resposta ao bloqueio beta⁴³ e à avaliação da CMR da cicatriz miocárdica pode ser útil na seleção de pacientes que se beneficiarão da terapia de ressincronização.⁴⁴

Populações Especiais

A RM de perfusão miocárdica pode resolver os desafios de imagem colocados por populações particulares de pacientes. Coelho-Filho et al.⁴⁵ demonstraram em uma coorte relativamente grande de mulheres e homens, que não houve diferenças significativas entre os sexos para o diagnóstico de DAC ou para a estratificação de risco de eventos cardiovasculares adversos maiores, utilizando RMC de estresse. Particularmente em mulheres, são comuns artefatos de atenuação devido às mamas (em modalidades de medicina nuclear) e corações de tamanho menor ou a tolerância limitada ao exercício podem limitar a detecção não-invasiva de DAC.⁴⁶⁻⁴⁸ A RMC de estresse pode evitar estes reveses ao fornecer imagens de alta resolução sem expor os pacientes à radiação. De fato à estudos que demonstram isso. Klem et al.⁴⁹ encontraram excelente sensibilidade e especificidade (0,84 e 0,88, respectivamente) na avaliação de mulheres, confirmando a utilidade da RM nesta população.

A RMC de perfusão miocárdica também fornece uma visão sobre a fisiopatologia da dor torácica com artérias coronárias epicárdicas normais, um problema clínico aflitivo e comum em mulheres. Panting et al.⁵⁰ identificaram hipoperfusão miocárdica subendocárdica durante a infusão de adenosina em pacientes com dor torácica e sem estenose coronariana epicárdica (síndrome X), e Doyle et al.⁵¹ relataram redução na reserva de perfusão transmural em pacientes semelhantes. Também foi relatada redução da reserva miocárdica ou coronária na hipertensão e hipertrofia miocárdica^{52,53} e em algumas cardiomiopatias.⁵⁴ Portanto, a RM cardíaca de perfusão miocárdica pode ajudar a identificar anormalidades da microcirculação coronariana e explicar os sintomas em casos específicos, mesmo que o mecanismo fisiopatológico preciso não seja claramente elucidado como na disfunção endotelial, função de músculo liso vascular comprometida ou densidade capilar reduzida.

Em documento recentemente publicado contendo um consenso de especialistas da área⁵⁵ preconiza-se que a RMC de perfusão miocárdica seja indicada para (a) identificar pacientes com cardiopatia isquêmica quando há anormalidades eletrocardiográficas em repouso ou têm incapacidade de exercitar, (b) identificar pacientes com DAC de grande porte e sua distribuição que sejam candidatos a procedimentos intervencionistas, ou (c) identificar pacientes que sejam candidatos apropriados para procedimentos intervencionistas.

AVALIAÇÃO DO PROGNÓSTICO CLÍNICO

Avaliação da Dor Torácica Aguda

Evidências crescentes indicam que a RM cardíaca de perfusão miocárdica pode fornecer informações prognósticas

consistentes de eventos cardíacos em vários cenários clínicos.⁵⁶⁻⁵⁸ No cenário de dor torácica aguda, Ingkanison et al.⁵⁷ demonstraram que a RMC de estresse com adenosina pode determinar o prognóstico em pacientes com dor torácica, eletrocardiograma não conclusivo para DAC e biomarcadores séricos negativos para infarto do miocárdio. Nesses pacientes, um exame de RMC de estresse negativo associou-se a um significativo valor preditivo negativo para diagnóstico subsequente de DAC ou desfecho clínico desfavorável: nenhum paciente com um exame normal sofreu evento cardíaco adverso. Em uma população semelhante com dor torácica que se apresenta ao serviço de emergência, a perfusão de estresse mostrou ter uma sensibilidade de 100% e uma especificidade de 93% na predição de infarto do miocárdio subsequente ou na detecção de estenose coronariana durante um ano de seguimento.⁵⁶

Avaliação da Dor Torácica Crônica

Os resultados são semelhantes para pacientes com suspeita de DAC estável. Em uma coorte de 513 pacientes, Jahnke et al.⁵⁹ examinaram o valor do estresse cardíaco de perfusão miocárdica para ajudar a prever morte cardíaca e infarto do miocárdio não fatal. Aos três anos, a sobrevivência livre de eventos foi de 99,2% para pacientes com exame de RMC normal e 83,5% para aqueles com exame de perfusão anormal. Em exame de RMC anormal observou-se maior probabilidade de morte ou infarto não fatal além do risco estimado a partir da presença de fatores de risco clínicos (razão de verossimilhança, $\chi^2 = 16,0-34,3$, $P < 0,001$). Em outro estudo de 218 pacientes com estudos de perfusão negativos acompanhados por dois anos, não houve mortes ou infarto, intervenção coronariana percutânea ou revascularização cirúrgica da artéria coronária.⁶⁰

A avaliação da presença de defeitos de perfusão reversíveis e do padrão de realce tardio miocárdico à RMC de estresse fornece dados prognósticos complementares além do fornecido pela estratificação de risco.⁵⁸ Numa coorte consecutiva de pacientes encaminhados para avaliação da isquemia miocárdica com RM cardíaca de estresse, um exame cardíaco de perfusão miocárdica anormal manteve uma associação ajustada três vezes maior com morte cardíaca ou infarto agudo do miocárdio quando comparada ao grupo controle.

Em outro estudo, Jahnke et al. utilizaram RMC de estresse para avaliar perfusão miocárdica com adenosina e alterações da contratilidade segmentar da parede ventricular com dobutamina para estudar 493 pacientes que foram seguidos posteriormente por três anos.⁵⁹ Neste estudo, a RMC de estresse, seja por perfusão ou por motilidade da parede, contribuiu com valor incremental em relação a fatores tradicionais como idade, sexo, tabagismo e diabetes na estratificação de risco, embora a combinação de ambas as técnicas não aumentasse o rendimento de forma estatisticamente significativa. Um estudo de perfusão normal foi associado a uma taxa de eventos extremamente baixa, 0,7% aos dois anos, 2,3% aos três anos e um estudo de perfusão anormal com taxas correspondentes de 6,2%, 12,2% e 16,3%. Na análise multivariada, ajustando para outros riscos, a detecção de uma anormalidade de perfusão foi associada a um aumento de dez vezes no risco de eventos cardiovasculares (morte ou infarto do miocárdio).

CONCLUSÕES

A RMC proporciona excelente resolução temporal (≤ 45 msec como padrão para avaliação da função ventricular) e espacial (1,5 mm x 1,5 mm em resolução plana) sem as limitações associadas a janelas desfavoráveis do ecocardiograma e baixas resoluções temporal e espacial da medicina nuclear e, além disso, não produz radiação ionizante. A perfusão miocárdica cardíaca por RMC permite ainda a integração da imagem de perfusão miocárdica com uma avaliação abrangente da função biventricular, função regional (espessamento de parede, contratilidade segmentar e imagem de deformação miocárdica—“*myocardial strain*”), edema e fibrose. Estas características

não estão presentes, em conjunto em outros métodos como na medicina nuclear, ecocardiografia de estresse ou tomografia computadorizada com multidetectores de estresse. Isto torna o exame único e potencialmente o padrão-ouro para avaliação de isquemia miocárdica em diferentes cenários.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não possuir conflitos de interesse na realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- Coelho-Filho OR, Rickers C, Kwong RY, Jerosch-Herold M. MR myocardial perfusion imaging. *Radiology*. 2013;266(3):701-15.
- Wolff SD, Schwitzer J, Coulden R, Friedrich MG, Bluemke DA, Biederman RW, et al. Myocardial first-pass perfusion magnetic resonance imaging: a multicenter dose-ranging study. *Circulation*. 2004;110(6):732-7.
- Giang TH, Nanz D, Coulden R, Friedrich M, Graves M, Al-Saadi N, et al. Detection of coronary artery disease by magnetic resonance myocardial perfusion imaging with various contrast medium doses: first European multi-centre experience. *Eur Heart J*. 2004;25(18):1657-65.
- Greenwood JP, Maredia N, Younger JF, Brown JM, Nixon J, Everett CC, et al. Cardiovascular magnetic resonance and single-photon emission computed tomography for diagnosis of coronary heart disease (CE-MARC): a prospective trial. *Lancet*. 2012;379(9814):453-60.
- Schwitzer J, Wacker CM, Wilke N, Al-Saadi N, Sauer E, Huettler K, et al. MR-IMPACT II: Magnetic Resonance Imaging for Myocardial Perfusion Assessment in Coronary artery disease Trial: perfusion-cardiac magnetic resonance vs. single-photon emission computed tomography for the detection of coronary artery disease: a comparative multicentre, multivendor trial. *Eur Heart J*. 2013;34(10):775-81.
- Hamon M, Fau G, Née G, Ehtisham J, Morello R, Hamon M. Meta-analysis of the diagnostic performance of stress perfusion cardiovascular magnetic resonance for detection of coronary artery disease. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2010;12(1):29.
- Greenwood JP, Motwani M, Maredia N, Brown JM, Everett CC, Nixon J, et al. Comparison of cardiovascular magnetic resonance and single-photon emission computed tomography in women with suspected coronary artery disease from the Clinical Evaluation of Magnetic Resonance Imaging in Coronary Heart Disease (CE-MARC) Trial. *Circulation*. 2014;129(10):1129-38.
- Klocke FJ. Measurements of coronary flow reserve: defining pathophysiology versus making decisions about patient care. *Circulation*. 1987;76(6):1183-9.
- Gould KL, Kirkeeide RL, Buchi M. Coronary flow reserve as a physiologic measure of stenosis severity. *J Am Coll Cardiol*. 1990;15(2):459-74.
- Gould KL, Lipscomb K. Effects of coronary stenoses on coronary flow reserve and resistance. *Am J Cardiol*. 1974;34(1):48-55.
- Duncker DJ, Bache RJ. Regulation of coronary blood flow during exercise. *Physiol Rev*. 2008;88(3):1009-86.
- Geldof MJ, Schalij MJ, Manger Cats V, van der Zwet PM, Steendijk P, van der Velde ET, et al. Comparison between regional myocardial perfusion reserve and coronary flow reserve in the canine heart. *Eur Heart J*. 1995;16(12):1860-71. PubMed PMID: 8682019.
- Serruys PW, di Mario C, Piek J, Schroeder E, Vrints C, Probst P, et al. Prognostic value of intracoronary flow velocity and diameter stenosis in assessing the short- and long-term outcomes of coronary balloon angioplasty: the DEBATE Study (Doppler Endpoints Balloon Angioplasty Trial Europe). *Circulation*. 1997;96(10):3369-77.
- Panting JR, Gatehouse PD, Yang GZ, Jerosch-Herold M, Wilke N, Firmin DN, et al. Echo-planar magnetic resonance myocardial perfusion imaging: parametric map analysis and comparison with thallium SPECT. *J Magn Reson Imaging*. 2001;13(2):192-200.
- Klem I, Heitner JF, Shah DJ, Sketch MH, Jr., Behar V, Weinsaft J, et al. Improved detection of coronary artery disease by stress perfusion cardiovascular magnetic resonance with the use of delayed enhancement infarction imaging. *J Am Coll Cardiol*. 2006;47(8):1630-8.
- Schwitzer J, Nanz D, Kneifel S, Bertschinger K, Buchi M, Knusel PR, et al. Assessment of myocardial perfusion in coronary artery disease by magnetic resonance: a comparison with positron emission tomography and coronary angiography. *Circulation*. 2001;103(18):2230-5.
- Al-Saadi N, Nagel E, Gross M, Bornstedt A, Schnackenburg B, Klein C, et al. Noninvasive detection of myocardial ischemia from perfusion reserve based on cardiovascular magnetic resonance. *Circulation*. 2000;101(12):1379-83.
- Schwitzer J, Wacker CM, van Rossum AC, Lombardi M, Al-Saadi N, Ahlstrom H, et al. MR-IMPACT: comparison of perfusion-cardiac magnetic resonance with single-photon emission computed tomography for the detection of coronary artery disease in a multicentre, multivendor, randomized trial. *Eur Heart J*. 2008;29(4):480-9.
- Nandalur KR, Dwamena BA, Choudhri AF, Nandalur MR, Carlos RC. Diagnostic performance of stress cardiac magnetic resonance imaging in the detection of coronary artery disease: a meta-analysis. *J Am Coll Cardiol*. 2007;50(14):1343-53.
- Hamon M, Fau G, Née G, Ehtisham J, Morello R, Hamon M. Meta-analysis of the diagnostic performance of stress perfusion cardiovascular magnetic resonance for detection of coronary artery disease. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2010;12:29.
- Pijls NH, van Schaardenburgh P, Manoharan G, Boersma E, Bech JW, van't Veer M, et al. Percutaneous coronary intervention of functionally nonsignificant stenosis: 5-year follow-up of the DEFER Study. *J Am Coll Cardiol*. 2007;49(21):2105-11.
- Lerqueira MD, Weissman NJ, Dilsizian V, Jacobs AK, Kaul S, Laskey WK, et al. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart. A statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association. *Circulation*. 2002;105(4):539-42.
- Nagel E, Klein C, Paetsch I, Hettwer S, Schnackenburg B, Wegscheider K, et al. Magnetic resonance perfusion measurements for the noninvasive detection of coronary artery disease. *Circulation*. 2003;108(4):432-7.
- Rerkpattanapipat P, Gandhi SK, Darty SN, Williams RT, Davis AD, Mazur W, et al. Feasibility to detect severe coronary artery stenoses with upright treadmill exercise magnetic resonance imaging. *Am J Cardiol*. 2003;92(5):603-6.
- Pennell DJ, Underwood SR, Ell PJ, Swanton RH, Walker JM, Longmore DB. Dipyridamole magnetic resonance imaging: a comparison with thallium-201 emission tomography. *Br Heart J*. 1990;64(6):362-9.
- Nagel E, Lehmkuhl HB, Bocksch W, Klein C, Vogel U, Frantz E, et al. Noninvasive diagnosis of ischemia-induced wall motion abnormalities with the use of high-dose dobutamine stress MRI: comparison with dobutamine stress echocardiography. *Circulation*. 1999;99(6):763-70.

27. Hundley WG, Hamilton CA, Thomas MS, Herrington DM, Salido TB, Kitzman DW, et al. Utility of fast cine magnetic resonance imaging and display for the detection of myocardial ischemia in patients not well suited for second harmonic stress echocardiography. *Circulation*. 1999;100(16):1697-702.
28. Kim RJ, Fieno DS, Parrish TB, Harris K, Chen EL, Simonetti O, et al. Relationship of MRI delayed contrast enhancement to irreversible injury, infarct age, and contractile function. *Circulation*. 1999;100(19):1992-2002.
29. Schinkel AF, Poldermans D, Elhendy A, Bax JJ. Assessment of myocardial viability in patients with heart failure. *J Nucl Med*. 2007;48(7):1135-46.
30. Schinkel AF, Bax JJ, Boersma E, Elhendy A, Vourvouri EC, Roelandt JR, et al. Assessment of residual myocardial viability in regions with chronic electrocardiographic Q-wave infarction. *Am Heart J*. 2002;144(5):865-9.
31. Baer FM, Voth E, Schneider CA, Theissen P, Schicha H, Sechtem U. Comparison of low-dose dobutamine-gradient-echo magnetic resonance imaging and positron emission tomography with [18F] fluorodeoxyglucose in patients with chronic coronary artery disease. A functional and morphological approach to the detection of residual myocardial viability. *Circulation*. 1995;91(4):1006-15.
32. Baer FM, Theissen P, Schneider CA, Voth E, Sechtem U, Schicha H, et al. Dobutamine magnetic resonance imaging predicts contractile recovery of chronically dysfunctional myocardium after successful revascularization. *J Am Coll Cardiol*. 1998;31(5):1040-8.
33. Wellnhofer E, Olariu A, Klein C, Grafe M, Wahl A, Fleck E, et al. Magnetic resonance low-dose dobutamine test is superior to SCAR quantification for the prediction of functional recovery. *Circulation*. 2004;109(18):2172-4.
34. Kim RJ, Manning WJ. Viability assessment by delayed enhancement cardiovascular magnetic resonance: will low-dose dobutamine dull the shine? *Circulation*. 2004;109(21):2476-9.
35. Kaandorp TA, Lamb HJ, van der Wall EE, de Roos A, Bax JJ. Cardiovascular MR to assess myocardial viability in chronic ischaemic LV dysfunction. *Heart*. 2005;91(10):1359-65.
36. Rehwaldt WG, Fieno DS, Chen EL, Kim RJ, Judd RM. Myocardial magnetic resonance imaging contrast agent concentrations after reversible and irreversible ischemic injury. *Circulation*. 2002;105(2):224-9.
37. Bulow H, Klein C, Kuehn I, Hollweck R, Nekolla SG, Schreiber K, et al. Cardiac magnetic resonance imaging: long term reproducibility of the late enhancement signal in patients with chronic coronary artery disease. *Heart*. 2005;91(9):1158-63.
38. Ibrahim T, Nekolla SG, Hornke M, Bulow HP, Dirschinger J, Schomig A, et al. Quantitative measurement of infarct size by contrast-enhanced magnetic resonance imaging early after acute myocardial infarction: comparison with single-photon emission tomography using Tc99m-sestamibi. *J Am Coll Cardiol*. 2005;45(4):544-52.
39. Kwong RY, Chan AK, Brown KA, Chan CW, Reynolds HG, Tsang S, et al. Impact of unrecognized myocardial scar detected by cardiac magnetic resonance imaging on event-free survival in patients presenting with signs or symptoms of coronary artery disease. *Circulation*. 2006;113(23):2733-43.
40. Kwong RY, Sattar H, Wu H, Vorobiof G, Gandla V, Steel K, et al. Incidence and prognostic implication of unrecognized myocardial scar characterized by cardiac magnetic resonance in diabetic patients without clinical evidence of myocardial infarction. *Circulation*. 2008;118(10):1011-20.
41. Selvanayagam JB, Kardos A, Francis JM, Wiesmann F, Petersen SE, Taggart DP, et al. Value of delayed-enhancement cardiovascular magnetic resonance imaging in predicting myocardial viability after surgical revascularization. *Circulation*. 2004;110(12):1535-41.
42. Lauerma K, Niemi P, Hanninen H, Janatuinen T, Voipio-Pulkki LM, Knuuti J, et al. Multimodality MR imaging assessment of myocardial viability: combination of first-pass and late contrast enhancement to wall motion dynamics and comparison with FDG PET-initial experience. *Radiology*. 2000;217(3):729-36.
43. Bello D, Shah DJ, Farah GM, Di Luzio S, Parker M, Johnson MR, et al. Gadolinium cardiovascular magnetic resonance predicts reversible myocardial dysfunction and remodeling in patients with heart failure undergoing beta-blocker therapy. *Circulation*. 2003;108(16):1945-53.
44. Bleeker GB, Kaandorp TA, Lamb HJ, Boersma E, Steendijk P, de Roos A, et al. Effect of posterolateral scar tissue on clinical and echocardiographic improvement after cardiac resynchronization therapy. *Circulation*. 2006;113(7):969-76.
45. Coelho-Filho OR, Seabra LF, Mongeon FP, Abdullah SM, Francis SA, Blankstein R, et al. Stress myocardial perfusion imaging by CMR provides strong prognostic value to cardiac events regardless of patient's sex. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2011;4(8):850-61.
46. Kwok Y, Kim C, Grady D, Segal M, Redberg R. Meta-analysis of exercise testing to detect coronary artery disease in women. *Am J Cardiol*. 1999;83(5):660-6.
47. Mieres JH, Shaw LJ, Arai A, Budoff MJ, Flamm SD, Hundley WG, et al. Role of noninvasive testing in the clinical evaluation of women with suspected coronary artery disease: Consensus statement from the Cardiac Imaging Committee, Council on Clinical Cardiology, and the Cardiovascular Imaging and Intervention Committee, Council on Cardiovascular Radiology and Intervention, American Heart Association. *Circulation*. 2005;111(5):682-96.
48. Hansen CL, Crabbe D, Rubin S. Lower diagnostic accuracy of thallium-201 SPECT myocardial perfusion imaging in women: an effect of smaller chamber size. *J Am Coll Cardiol*. 1996;28(5):1214-9.
49. Klem I, Greulich S, Heitner JF, Kim H, Vogelsberg H, Kispert EM, et al. Value of cardiovascular magnetic resonance stress perfusion testing for the detection of coronary artery disease in women. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2008;1(4):436-45.
50. Panting JR, Gatehouse PD, Yang GZ, Grothues F, Firmin DN, Collins P, et al. Abnormal subendocardial perfusion in cardiac syndrome X detected by cardiovascular magnetic resonance imaging. *N Engl J Med*. 2002;346(25):1948-53.
51. Doyle M, Fuisz A, Kortright E, Biederman RW, Walsh EG, Martin ET, et al. The impact of myocardial flow reserve on the detection of coronary artery disease by perfusion imaging methods: an NHLBI WISE study. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2003;5(3):475-85.
52. Kelm M, Strauer BE. Coronary flow reserve measurements in hypertension. *Med Clin North Am*. 2004;88(1):99-113.
53. Laine H, Raitakari OT, Niinikoski H, Pitkanen OP, Iida H, Viikari J, et al. Early impairment of coronary flow reserve in young men with borderline hypertension. *J Am Coll Cardiol*. 1998;32(1):147-53.
54. Weismuller S, Czernin J, Sun KT, Fung C, Phelps ME, Schelbert HR. Coronary vasodilatory capacity is impaired in patients with dilated cardiomyopathy. *Am J Card Imaging*. 1996;10(3):154-62.
55. American College of Cardiology Foundation Task Force on Expert Consensus D, Hundley WG, Bluemke DA, Finn JP, Flamm SD, Fogel MA, et al. ACCF/ACR/AHA/NASCI/SCMR 2010 expert consensus document on cardiovascular magnetic resonance: a report of the American College of Cardiology Foundation Task Force on Expert Consensus Documents. *Circulation*. 2010;121(22):2462-508.
56. Ingkanisorn WP, Kwong RY, Bohme NS, Geller NL, Rhoads KL, Dyke CK, et al. Prognosis of negative adenosine stress magnetic resonance in patients presenting to an emergency department with chest pain. *J Am Coll Cardiol*. 2006;47(7):1427-32.
57. Kwong RY, Schussheim AE, Rekhraj S, Aletras AH, Geller N, Davis J, et al. Detecting acute coronary syndrome in the emergency department with cardiac magnetic resonance imaging. *Circulation*. 2003;107(4):531-7.
58. Steel K, Broderick R, Gandla V, Larose E, Resnic F, Jerosch-Herold M, et al. Complementary prognostic values of stress myocardial perfusion and late gadolinium enhancement imaging by cardiac magnetic resonance in patients with known or suspected coronary artery disease. *Circulation*. 2009;120(14):1390-400.
59. Jahnke C, Nagel E, Gebker R, Kokocinski T, Kelle S, Manka R, et al. Prognostic value of cardiac magnetic resonance stress tests: adenosine stress perfusion and dobutamine stress wall motion imaging. *Circulation*. 2007;115(13):1769-76.
60. Pilz G, Jeske A, Klos M, Ali E, Hoefling B, Scheck R, et al. Prognostic value of normal adenosine-stress cardiac magnetic resonance imaging. *Am J Cardiol*. 2008;101(10):1408-12.

QUANDO A RESSONÂNCIA MAGNÉTICA IMPORTA PARA A AVALIAÇÃO DAS CARDIOPATIAS

WHEN MAGNETIC RESONANCE IMAGING MATTERS FOR THE EVALUATION OF CARDIOPATHIES

RESUMO

Adriano Camargo de
Castro Carneiro¹
Carlos Eduardo Elias
dos Prazeres^{1, 2, 3}
Carlos Eduardo Rochitte^{1, 4}

1. Hospital do Coração – HCor
São Paulo, SP, Brasil.
2. Instituto Dante Pazzanese de
Cardiologia, São Paulo, SP.
3. Hospital TotalCor, São Paulo,
SP, Brasil.
4. Instituto do Coração – InCor, HC
FMUSP, São Paulo, SP, Brasil.

Correspondência:
Carlos Eduardo Rochitte, Rua
Desembargador Eliseu Guilherme,
147, CEP: 04004-030, São Paulo
SP, Brasil.
rochitte@gmail.com

A ressonância magnética cardíaca (RMC) é uma modalidade de imagem não invasiva capaz de fornecer informações precisas e, muitas vezes, únicas na investigação de cardiopatias em geral e, em especial, nas cardiomiopatias. A capacidade de caracterizar precisamente o miocárdio do ponto de vista de sua contratilidade e suas características teciduais, diferenciando precisamente o miocárdio normal da fibrose miocárdica e identificando o edema miocárdio nas situações de agressão aguda ou recente do miocárdio, tornam a RMC indispensável hoje em qualquer serviço terciário e avançado de cardiologia do mundo. Neste artigo revisamos as aplicações clássicas e mais recentes da RMC em cardiopatias não isquêmicas, dividindo o uso das técnicas de RMC em dois grandes grupos: investigação da insuficiência cardíaca e das arritmias ventriculares. Dentro destes dois grupos pontuamos as etiologias mais importantes e frequentemente envolvidas. Na síndrome da insuficiência cardíaca destacam-se a cardiomiopatia dilatada com a fibrose mesocárdica linear septal e a miocardite viral com a manifestação de fibrose multifocal e mesoepicárdica. Uma proporção das cardiomiopatias dilatadas pode ter origem em uma miocardite viral prévia. A sarcoidose cardíaca pode apresentar uma variedade de tipos de realce tardio de padrão não isquêmico e isquêmico, e ser associada tanto ao quadro clínico de IC como de arritmia. A presença de sarcoidose pulmonar ou sistêmica pode ou não estar presente. A amiloidose cardíaca é o protótipo da cardiomiopatia restritiva e pode ser identificada pela RMC pelo padrão de realce tardio miocárdico global circunferencial (tipo AL) ou difuso, poupando o ápex do ventrículo esquerdo (tipo transtirretina). Finalmente, uma entidade ainda pouco entendida, a não compactação do ventrículo esquerdo (VE), em geral não apresenta realce tardio, mas tem fenótipo de trabeculação ventricular típico. No grupo das síndromes arrítmicas revisamos várias etiologias frequentemente associadas a esta apresentação clínica. Na hemossiderose cardíaca os valores de T2* abaixo de 20 ms indicam precisamente sobrecarga significativa de ferro miocárdico e associação com disfunção ventricular e arritmia ventricular. Na cardiomiopatia hipertrófica, a hipertrofia assimétrica e a fibrose miocárdica difusa, heterogênea e que acomete focalmente as inserções ventriculares, constituem o padrão clássico. Quantidade de fibrose acima de 15% da massa ventricular esquerda indica risco duas vezes maior de morte súbita. Na cardiomiopatia/displasia arritmogênica do ventrículo direito (VD), os volumes e a função ventricular direita global e segmentar pela RMC são partes fundamentais dos critérios diagnósticos da displasia pelo consenso atual. A cardiomiopatia chagásica tem mostrado intensa fibrose miocárdica desde as fases iniciais, mais intensa em homens que mulheres e frequentemente associada à edema miocárdico, marcador de provável inflamação crônica. A endomiocardiofibrose apresenta imagem patognomônica no realce tardio, o sinal do duplo V, caracterizando a fibrose miocárdica e trombo/calcificação preenchendo o ápex do VE e/ou VD. Nas valvopatias, além da detecção de fibrose miocárdica, que tem valor prognóstico, a RMC é precisa em quantificar as regurgitações, sendo indicada sua realização na insuficiência mitral antes da decisão de procedimento cirúrgico de troca ou correção valvar, eliminado um número significativo de casos em que a insuficiência mitral é superestimada pela ecocardiografia. Com esta revisão, cobrimos uma vasta gama de cardiopatias para as quais as técnicas de RMC realmente importam no diagnóstico e na estratificação prognóstica.

Descritores: Ressonância magnética cardíaca; Cardiopatias não isquêmicas; Insuficiência cardíaca; Arritmia ventricular.

ABSTRACT

Cardiovascular magnetic resonance (CMR) imaging is a noninvasive form of imaging capable of providing accurate and often unique information in the investigation of heart disease in general, and especially in cardiomyopathies. The ability to accurately characterize the myocardium in terms of its contractility and tissue characteristics, precisely differentiating normal myocardium from myocardial fibrosis and identifying myocardial edema in situations of acute or recent myocardial injury, has made CMR indispensable in any tertiary and advanced cardiology service around the World. In this paper, we review the classical and more recent applications of CMR in non-ischemic heart diseases, dividing the use of CMR techniques into two main groups: heart failure (HF) and ventricular arrhythmia investigations. Within these two groups, we highlight the most important and frequently involved etiologies. In heart failure syndrome, we focused on dilated cardiomyopathy with septal linear mesocardial fibrosis and viral myocarditis with the manifestation of multifocal and mesoepicardial fibrosis. A proportion of dilated cardiomyopathies may have originated with an ancient viral myocarditis. Cardiac sarcoidosis may present a variety of late enhancement types of non-ischemic and ischemic patterns, and is associated with clinical signs of both HF and arrhythmia. The presence of pulmonary or systemic sarcoidosis may or may not be present. Cardiac amyloidosis is the prototype of restrictive cardiomyopathy, and can be identified in CMR by the global circumferential subendocardial (AL type) or diffuse myocardial enhancement pattern sparing the left ventricle (LV) apex (transthyretin type). Finally, a poorly understood entity, LV non-compaction generally does not present late enhancement, but has a typical ventricular trabeculation phenotype. In the group of arrhythmic syndromes, we reviewed several etiologies frequently associated with this clinical presentation. In cardiac siderosis, values of T2* below 20 ms accurately indicate a significant overload of myocardial iron and association with ventricular dysfunction and ventricular arrhythmia. In hypertrophic cardiomyopathy, asymmetric hypertrophy and diffuse myocardial fibrosis, which is heterogeneous and focally affects the ventricular insertions, constitute the classic pattern. An amount of fibrosis above 15% of the left ventricular mass indicates a two-fold increased risk of sudden death. In arrhythmogenic right ventricle (RV) cardiomyopathy/dysplasia, global and segmental right ventricular function and volumes by CMR are fundamental parts of the diagnostic criteria of dysplasia, according to current consensus. Chagasic cardiomyopathy has shown intense myocardial fibrosis since the early stages, which is more intense in men than women, and is frequently associated with myocardial edema, a marker of probable chronic inflammation. Endomyocardial fibrosis presents a pathognomonic image in late enhancement, the double V sign, characterizing myocardial fibrosis and thrombus/calcification filling the LV and/or RV apex. In valve diseases, in addition to the detection of myocardial fibrosis that has prognostic value, CMR is precise in quantifying regurgitations, and is indicated in mitral regurgitation prior to the decision for surgical valve replacement/correction, eliminating a significant number of cases in which mitral insufficiency is overestimated by the echocardiogram. This review covers a wide range of cardiopathies in which CMR techniques are extremely important in the diagnosis and prognostic stratification.

Descriptors: Cardiovascular magnetic resonance; Non-ischemic cardiomyopathies; Heart failure; Ventricular arrhythmias.

INTRODUÇÃO

A ressonância magnética cardíaca (RMC) é um método estabelecido na investigação das cardiopatias isquêmicas e não isquêmicas, podendo em um único exame obter informações precisas sobre a anatomia cardíaca, os volumes e funções de ambos os ventrículos, perfusão miocárdica de repouso e de estresse se necessário, análise de fluxos e da função valvar, sobrecarga miocárdica de ferro, infiltração gordurosa dos ventrículos, edema miocárdico, avaliação de fibrose intersticial (mapa T1), avaliação de infarto/fibrose (realce tardio) e da viabilidade miocárdica. Esta multimodalidade do método, sua caracterização tecidual inigualável pelos outros métodos, e o fato de realizar o exame sem limitação pelo biótipo do

paciente e sem radiação ionizante, tornaram a RMC um exame essencial na avaliação diagnóstica e prognóstica de diversas cardiopatias, sendo que abordaremos nesta seção as etiologias não isquêmicas dividindo primeiramente nas síndromes de insuficiência cardíaca e arritmia ventricular, e depois em alguns diagnósticos etiológicos específicos com maior detalhamento.

A imagem por ressonância magnética, basicamente, é resultado da interação entre um forte campo magnético gerado pelo equipamento com os prótons de hidrogênio do tecido humano que, após um estímulo de radiofrequência, emitem outro sinal codificado por gradientes, processado e convertido em imagens. Essas imagens podem ser ponderadas em T1 e T2, que são sequências de contraste que medem as diferenças dos parâmetros T1 e T2 de cada tecido (que são

intrínsecos ao tecido em estudo). Os parâmetros T1 e T2 se referem as constantes de tempo de relaxamento do núcleo do hidrogênio após o estímulo com radiofrequência. O T1, conhecido como relaxamento longitudinal representa as trocas de energia do núcleo de hidrogênio com o seu meio ambiente e o T2, conhecido como relaxamento transversal representa as trocas de energia entre núcleos adjacentes. O T2*, lê-se “te dois estrela”, representa o T2 real medido no ambiente de ressonância considerando a falta de homogeneidade de campo. Além disso, antes de prosseguirmos, é fundamental entender como funciona a técnica de realce tardio (RT) miocárdico, a qual é realizada após a injeção de contraste baseado em gadolínio, e que possui diversas contribuições no diagnóstico, prognóstico e implicações terapêuticas de diversas cardiopatias. O gadolínio é um agente extracelular que se acumula em áreas de necrose miocárdica, tanto no cenário agudo com a morte de miócitos em que ocupa o espaço intracelular pela ruptura da membrana plasmática de tais células, quanto no cenário crônico em que ocupa o espaço da matriz extracelular expandida pela substituição dos miócitos por fibras de colágeno.¹ Com a técnica adequada, as imagens de realce tardio mostram o músculo viável preto, e as áreas de necrose ou fibrose miocárdicas em que há acúmulo do gadolínio brancas (Figura 1).

O padrão do realce tardio correlaciona-se com a etiologia da cardiopatia, e basicamente podemos dividi-lo em padrões isquêmico e não isquêmico. Durante uma oclusão coronariana, a área de risco começa a apresentar necrose primeiramente no subendocárdio, em que há menor fluxo sanguíneo, e aumenta progressivamente para o sentido do epicárdio até se tornar transmural.¹ Dessa forma, o realce tardio isquêmico sempre acomete o subendocárdio (podendo ser subendocárdico ou transmural), e obedece um possível território de uma artéria coronária epicárdica. Já o realce tardio de padrão não isquêmico geralmente poupa o subendocárdio (podendo ser mesocárdico ou epicárdico) ou não obedece o território de uma artéria coronária (por exemplo subendocárdico circunferencial na amiloidose). A Figura 1 mostra diversos padrões de realce tardio que podem ser encontrados na RMC.

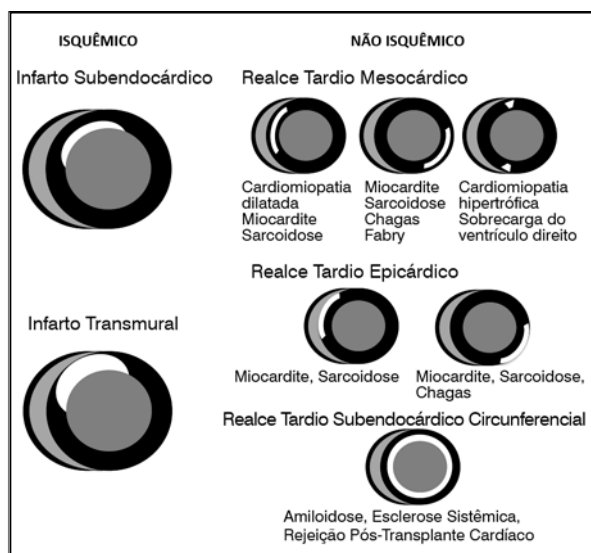


Figura 1. Padrões de realce tardio miocárdico.

INVESTIGAÇÃO DE PACIENTES COM INSUFICIÊNCIA CARDÍACA

A insuficiência cardíaca (IC) é uma síndrome complexa decorrente de alterações estruturais ou funcionais que comprometem o enchimento ou a ejeção das cavidades ventriculares. Antes dos sintomas clínicos tornarem-se aparentes, os pacientes podem apresentar estas alterações cardíacas, que são as precursoras da síndrome clínica. Portanto, o reconhecimento dessas alterações em estágios iniciais é de fundamental importância porque está relacionado com o prognóstico e, iniciando-se o tratamento nesta fase inicial, pode implicar em redução da mortalidade, taxas que chegam a 50% dentro de 5 anos do diagnóstico.²

A causa mais comum de IC avançada incluem a cardiomiopatia dilatada isquêmica e as cardiomiopatias dilatadas não isquêmicas. Histologicamente, o principal achado é o desenvolvimento de fibrose intersticial e a substituição de tecido viável por fibrose. A expansão da matriz extracelular, que é observada em indivíduos com fibrose miocárdica, associa-se com piora da contração ventricular e é substrato de reentrada para as arritmias ventriculares, que representam um fator de risco para desfechos cardíacos adversos.³

A ressonância magnética cardíaca (RMC) é o método padrão ouro para a mensuração dos volumes, massas e fração de ejeção de ambos os ventrículos, sendo usada em uma grande variedade de indicações clínicas na cardiologia. Com o uso do contraste a base de gadolínio, é o método não invasivo mais acurado para detectar a presença de RT e sua distribuição, sabendo-se que há padrões característicos para diferentes cardiomiopatias, portanto, direcionando a etiologia da IC. Na última diretriz do Colégio Americano de Cardiologia, a RMC é recomendada como um teste diagnóstico para os pacientes com diagnóstico novo ou já estabelecido de IC (classe IIa), assim como na diretriz da Sociedade Europeia de Cardiologia (classe I e IIa) e da Sociedade Brasileira de Cardiologia.⁴⁻⁶

Nesta seção, abordaremos o papel da RMC na avaliação etiológica das cardiomiopatias não isquêmicas associadas à IC e seu potencial prognóstico.

INVESTIGAÇÃO DE PACIENTES COM ARRITMIA VENTRICULAR

Na investigação de pacientes com arritmias ventriculares, a avaliação de cardiopatias estruturais como substrato para as arritmias tem importância no manejo destes pacientes e é fundamental para uma decisão terapêutica mais apropriada na prevenção de morte súbita cardíaca (MSC). A RMC por vantagens já citadas anteriormente, tem alta acurácia no diagnóstico destas cardiopatias, tanto nas isquêmicas quanto nas não isquêmicas como a cardiomiopatia hipertrófica, a cardiomiopatia/displasia arritmogênica do ventrículo direito (C/DAVD), a doença de Chagas, a cardiomiopatia não compactada e as cardiomiopatias inflamatórias (miocardite e sarcoidose). Além do mais, a presença de realce tardio, seja ele isquêmico ou não isquêmico, esta independentemente correlacionado com o risco de taquicardia ventricular sustentada (TVS) e mortalidade cardíaca.⁷⁻⁹

Em estudo de White que avaliou a capacidade diagnóstica em 82 pacientes com TVS ou MSC abortada através exames convencionais (100% realizaram ecocardiograma

e 77% realizaram cinecoronariografia, além de outros exames como cintilografia e tomografia de coronárias) contra a RMC isolada, foi demonstrado uma melhor capacidade diagnóstica da RMC, realizando diagnóstico em 74% dos pacientes contra 51% do grupo dos exames convencionais, e reclassificando 50% do outro grupo em uma nova categoria diagnóstica como infarto, miocardite, sarcoidose, C/DAVD e cardiomiopatia não compactada, incluindo 18% em que não foi visto nenhuma anormalidade estrutural sem o uso da RMC.¹⁰ (Figura 2).

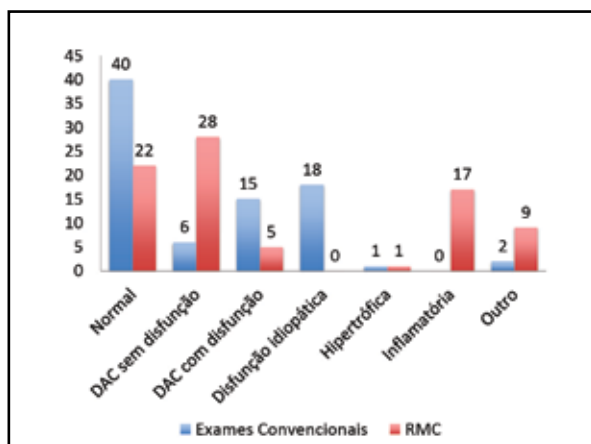


Figura 2. Categorias diagnósticas de 82 pacientes com TVS e MSC abortada por exames convencionais x RMC em estudo de White et al (adaptado).¹⁰ TVS, taquicardia ventricular sustentada; MSC, morte súbita cardíaca; RMC, ressonância magnética cardíaca; DAC, doença arterial coronariana.

DIAGNÓSTICOS ETIOLÓGICOS

Cardiomiopatia Dilatada

A cardiomiopatia dilatada (CMD) é definida como dilatação do ventrículo esquerdo (VE) associada à disfunção sistólica na ausência de doença arterial coronariana significativa ou condições de sobrecarga do VE que levem a estas alterações (Figura 3 e Filme 1). Uma das principais causas de IC, a CMD afeta predominantemente adultos jovens e é a indicação mais frequente de transplante cardíaco. A despeito dos avanços terapêuticos, a taxa de mortalidade permanece alta, atingindo as cifras de 20% em cinco anos.¹¹

Deste modo, a estratificação de risco na CMD é fundamental no manejo destes pacientes. Atualmente, a estratificação de risco baseia-se fundamentalmente na fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE), sendo usada como um dos pontos determinantes no implante de dispositivos. Embora a FEVE seja um importante fator prognóstico, a estratificação de risco permanece um desafio, sobretudo com respeito à morte súbita cardíaca (MSC), já que a maioria dos pacientes vítimas de MSC não tem disfunção sistólica do VE substancialmente reduzida, e alguns pacientes com este grau de disfunção podem ser de baixo risco.^{12,13}

Sendo assim, como a fibrose miocárdica associa-se com a disfunção ventricular e com a arritmia ventricular, e a sua mensuração através do realce tardio pela ressonância magnética é uma ferramenta diagnóstica não invasiva, segura e acurada, avaliou-se seu potencial no cenário da CMD.

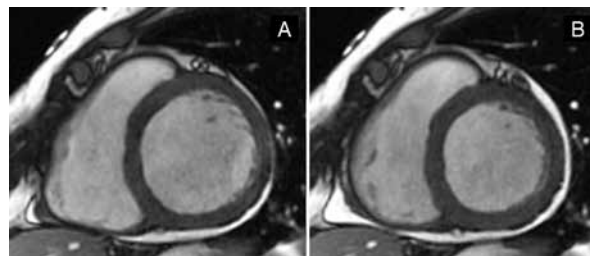


Figura 3. Imagens de cine-ressonância em eixo curto. Figura A corresponde à diástole máxima e B à sístole máxima. A dilatação é tão importante, associado à disfunção sistólica, que a diferença entre os diâmetros é mínima.

Filme 1. CMD Cine Eixo Curto.

Acesse pelo QR Code, ou pelo link abaixo.

<https://www.youtube.com/watch?v=OlnDO40e0nk>



O achado característico encontrado pela RMC através da técnica de RT é um padrão de RT mesocárdico, principalmente nos segmentos septais. A base histológica desse realce é uma cicatriz reparadora que segue à morte dos miócitos, encontrada em até 1/3 das autopsias de pacientes com CMD, prevalência também encontrada nos exames de RMC.^{14,15}

Inicialmente, estudos com uma pequena amostra de pacientes com CMD já sinalizavam o papel da mensuração da fibrose miocárdica pelo RT como marcador prognóstico. Em 2013, Gulati et al. com uma amostra de 472 pacientes seguidos prospectivamente por até 5,3 anos, demonstrou que a presença e a extensão da fibrose mesocárdica foram preditores independentes de mortalidade por todas as causas (HR 2,43).⁹ A fibrose mesocárdica também teve relação de risco independente com os desfechos secundários de MSC ou MSC abortada (HR 4,61), hospitalização por IC ou morte por IC ou transplante cardíaco (HR 1,62), e transplante cardíaco ou morte cardiovascular (HR 3,22). Além disso, adicionando-se a fibrose mesocárdica à FEVE, houve uma melhora significativa na reclassificação de risco destes pacientes para mortalidade por todas as causas e arritmias.

Em 2014, uma metanálise compilando 9 artigos também demonstrou o papel prognóstico do realce tardio na CMD.¹⁶ A presença do RT aumentou o risco em 3,27 vezes para mortalidade por todas as causas, 2,91 para hospitalização por IC, e 5,23 para MSC, MSC abortada ou terapia apropriada pelo CDI. Corroborando estes achados, em metanálise recente com um total de 2948 pacientes, o RT foi associado com arritmia ventricular e morte súbita em 4,3 vezes nos pacientes com fibrose.¹⁷ E esta associação manteve-se forte tanto nos pacientes com FEVE < 35% (OR 4,2), quanto nos pacientes com FEVE > 35% (OR 5,2). Observou-se também que no subgrupo de pacientes com RT a taxa de eventos arritmicos foi similar quando os pacientes foram separados pela FEVE maior ou menor a 35%. Do ponto de vista clínico, estes resultados nos fazem refletir se a prevenção primária com implante de CDI pode trazer mais benefícios nos pacientes com RT, independentemente da FEVE. O estudo DANISH revelou a falha de benefício em sobrevida nos pacientes com implante de CDI para prevenção primária de MSC em virtude do baixo risco de arritmia da população envolvida.¹⁸ Deste modo, reforça-se a necessidade por uma melhor estratificação de risco nestes pacientes com CMD,

ressaltando os resultados robustos e concordantes dos diversos estudos a respeito do RT nessa patologia, resultando em melhor alocação dos recursos em saúde e implicando sobretudo na melhora da sobrevida dos pacientes.

Miocardite

Miocardite é uma doença inflamatória do miocárdio causada por agentes infecciosos e não infecciosos, sendo a infecção viral o agente etiológico mais frequentemente associado. Em até 12% dos casos de morte súbita em adultos jovens tem-se relacionado à miocardite, e estudo acompanhando pacientes com miocardite aguda tem documentado o desenvolvimento de CMD em até 21% dos pacientes.^{19,20}

A manifestação clínica da miocardite varia desde um curso assintomático, a apresentações com sinais e sintomas de infarto agudo do miocárdio, até um quadro muito grave com choque cardiogênico. Com isso, o diagnóstico baseado somente na apresentação clínica geralmente não é possível.

A biópsia endomiocárdica permanece o método padrão ouro para o diagnóstico, mas é recomendada para os casos mais graves, com isso excluindo a maioria dos casos que se vê na prática clínica. Além disso, trata-se de um procedimento invasivo com seus riscos inerentes, tem sensibilidade limitada devido a natureza focal da inflamação, e não fornece informações prognósticas para o melhor seguimento do paciente.^{21,22}

A RMC tem despontado como a técnica de imagem não invasiva mais importante para o diagnóstico de miocardite. Além de fornecer os parâmetros funcionais como volumes e função ventricular, fornece dados sobre a inflamação miocárdica e a presença de fibrose devido a capacidade de caracterização tecidual. As imagens ponderadas em T2 detectando edema miocárdico (Figura 4), o realce miocárdico precoce que reflete a hiperemia do tecido inflamado, e o realce miocárdico tardio refletindo a injúria miocárdica irreversível (Figura 5), constituem os critérios diagnósticos de Lake Louise (CLL), que mostram melhor acurácia quando usados em conjunto.²³ Se presentes 2 ou mais destes 3 critérios, a inflamação miocárdica pode ser confirmada com acurácia de 78%, ao passo que se somente o RT estiver presente a acurácia cai para 68%.

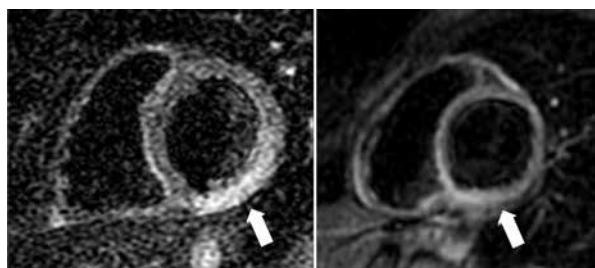


Figura 4. Imagens em corte eixo curto ponderadas em T2 para detecção de edema miocárdico (setas).

Critérios de Lake Louise²³

1. Presença de edema miocárdico nas imagens adquiridas pelas sequências ponderadas em T2.
2. Aumento da intensidade de sinal do miocárdio em relação ao músculo esquelético nas imagens adquiridas precocemente sequências após infusão do meio de contraste.
3. Pelo menos uma lesão focal na técnica de realce tardio com padrão não isquêmico.

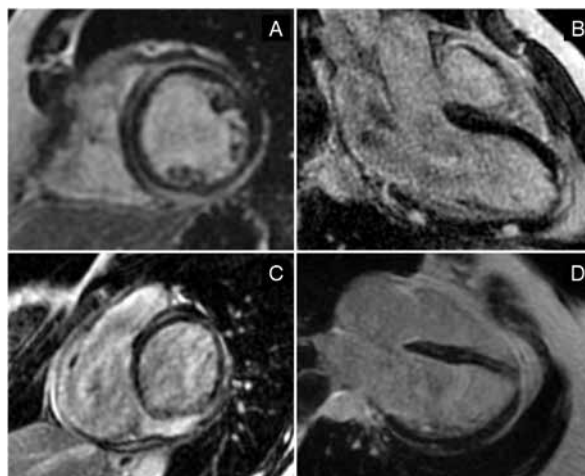


Figura 5. Imagens de realce tardio mostrando os vários padrões de fibrose miocárdica na miocardite: padrão meso e epicárdico difuso (A), multifocal (B), mesocárdico septal e epicárdico inferior (C), e mesocárdico septal (D).

Recentemente, com novas técnicas de imagem conhecidas como mapa T1 e mapa T2, que detectam a fibrose intersticial e o volume extracelular, tem sido sugerido que possam superar algumas limitações dos CLL. O MyoRacer Trial avaliou a performance diagnóstica destas técnicas comparada à biópsia endomiocárdica em uma coorte de pacientes com suspeita de miocardite.²⁴ Em pacientes com sintomas agudos, a performance diagnóstica foi significativamente maior com o mapa T1 nativo (81%), seguido pelo mapa T2 (80%) e pela fração do volume extracelular (75%) comparado aos CLL (59%). No subgrupo de pacientes com sintomas crônicos, no entanto, somente os valores do mapa T2 mostraram performance diagnóstica superior aos CLL ($p=0,002$). Os valores de T1 estão aumentados na presença de edema intra e extracelular, hiperemia e necrose/fibrose miocárdica. Embora estes achados não sejam específicos da miocardite aguda, são mais comuns neste cenário do que em outras cardiomiopatias, como a CMD, justificando a melhor performance diagnóstica destas técnicas frente aos CLL. Já nos casos crônicos, estas técnicas não foram capazes de distinguir a miocardite de outras cardiomiopatias, justamente porque o processo patológico final é a presença da fibrose difusa. Nas condições crônicas, o mapa T2 mostrou melhor performance diagnóstica porque hoje é a técnica mais adequada para detecção de edema.²⁵ Assumindo que a miocardite difere das cardiomiopatias não inflamatórias pelo edema e não pela quantidade de fibrose, os tempos de T2 estarão aumentados nos pacientes com miocardite muito mais do que nos pacientes com cardiomiopatias não inflamatórias, resultando numa maior especificidade para miocardite com mapa T2 do que com mapa T1 ou fração do volume extracelular.

Com relação ao prognóstico, Grun et al. acompanhando por 4,7 anos 203 pacientes com miocardite confirmada por biópsia, observaram uma mortalidade total de 19,2%, 15% de mortalidade cardíaca, e 9,9% de MSC.²⁶ O realce tardio foi o maior preditor de mortalidade total e cardíaca (HR de 8,4 e 12,8, respectivamente), e o único preditor na análise multivariada, e em relação à MSC que correspondeu a mais

da metade da mortalidade total, somente ocorreu em pacientes que apresentaram realce tardio pela RMC, mostrando a relevante importância clínica do método no seguimento desta patologia.

Sarcoidose

A sarcoidose é uma doença granulomatosa sistêmica onde o envolvimento cardíaco pode variar desde um curso assintomático, até um quadro de IC avançada com necessidade de transplante cardíaco ou morte súbita. Nos locais da infiltração granulomatosa, podem surgir fibrose que servem como substratos para os eventos arrítmicos. Estima-se que quase 2/3 das mortes relacionadas a sarcoidose sejam atribuídas ao envolvimento miocárdico.²⁷ Com isso, o diagnóstico clínico de sarcoidose cardíaca é crucial para o manejo terapêutico e consideração de início de terapia imunossupressora. Além disso, o melhor entendimento dos fatores de risco cardiovasculares nesta população pode ter implicações na prevenção primária de MSC.

A RMC tem mostrado excelente acurácia diagnóstica e tornou-se o método padrão-ouro para o diagnóstico (54, 55).^{28,29} A RMC pode detectar edema cardíaco e inflamação através das imagens ponderadas em T2, e a fibrose através da técnica de RT.

Em revisão recente a presença de fibrose pelo RT forneceu informações prognósticas substanciais neste grupo de pacientes.³⁰ Em relação a arritmia ventricular, MSC, MSC abortada por disparo apropriado do CDI e mortalidade por todas as causas, os pacientes com RT tiveram uma taxa de eventos muito maior quando comparados aos pacientes sem RT (OR 10,74), sendo representado por uma taxa de eventos/ano de 11,9% x 1,1%, respectivamente. Estes dados demonstram que pacientes com sarcoidose e RT tem uma chance muito maior de morte por todas as causas, assim como por eventos arritmogênicos. A correlação do RT e eventos adversos parece suportar o papel da RMC para a detecção do envolvimento miocárdico, inclusive no subgrupo de pacientes sem manifestação cardíaca evidente.

Amiloidose

O envolvimento cardíaco é frequente na amiloidose sistêmica e é determinante quanto ao tratamento e ao prognóstico. O acúmulo de proteínas com conformação amiloide fibrilar insolúvel ocorre principalmente no interstício miocárdico levando a um espessamento miocárdico com disfunção diastólica, e eventualmente resultando em cardiomiopatia restritiva (Filme 2).

O diagnóstico definitivo de amiloidose cardíaca é feito através da biópsia endomiocárdica, porém é um procedimento invasivo com seu uso limitado na prática clínica. A ecocardiografia é o teste não invasivo de escolha, porém a performance diagnóstica é limitada na ausência de doença sistêmica ou quando outras causas de hipertrofia ventricular esquerda coexistirem.³¹

A RMC, por se tratar de uma ferramenta diagnóstica com análise sequencial de diversos parâmetros, tem a capacidade de avaliar os diagnósticos diferenciais quanto a hipertrofia miocárdica, e através da técnica de RT, pode caracterizar inclusive os subtipos de amiloidose.³²

O RT é muito comum na amiloidose cardíaca e representa a expansão intersticial pelo depósito amiloide mais do que a fibrose por si. O padrão mais característico é um RT subendocárdico e circunferencial (Figura 6), o qual está associado a maior depósito de proteína amiloide e pior perfil clínico. Padrões de RT focal ou a anulação do sinal do miocárdio de forma subótima (Filme 3) foram associados a graus menores de depósito da proteína amiloide. Além disso, a presença de RT foi observada em uma proporção de pacientes com espessura miocárdica normal ao ecocardiograma, sugerindo que a caracterização tecidual pelo RT pode identificar o envolvimento cardíaco antes de alterações morfológicas.³³

Ademais, a presença de RT foi associada com marcadores prognósticos, como classe funcional do NYHA, ECG de baixa voltagem, índice de massa ventricular, espessura da parede do ventrículo direito, níveis séricos de troponina e peptídeo natriurético tipo B, expandindo seu uso não somente para o diagnóstico, como também para o prognóstico destes pacientes.³³

No entanto, a técnica de RT tem algumas limitações na amiloidose. Primeiro, como se trata de uma doença sistêmica e que pode comprometer a função renal, a injeção de contraste a base de gadolínio pode ser proibitiva. Segundo, os padrões de RT vistos na amiloidose não são uniformes e apresentam grande variabilidade de apresentação, levando a dificuldade de interpretação.³³ Finalmente, o RT pode ser difícil de quantificar na amiloidose pois como o depósito amiloide é difuso, a diferença na intensidade de sinal pode estar ausente. Como a técnica de mapa T1 permite a quantificação absoluta dos valores de T1 miocárdico e quantifica a matriz extracelular, e a base fisiopatológica da amiloidose é o depósito da proteína no espaço intersticial, o papel desta nova técnica foi avaliado por Karamitsos et al.³⁴ Estes autores demonstraram maiores valores de T1 (média 1140ms) nos pacientes com amiloidose quando comparados com sujeitos saudáveis (958ms) ou com estenose aórtica (979ms), e um valor de corte do mapa T1 de 1020ms atingiu acurácia diagnóstica de 92%. A medida do espaço extracelular derivada do mapa T1 miocárdico pré e 15 a 20 minutos após o

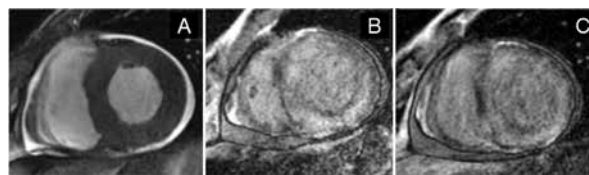


Figura 6. Cine-ressonância em eixo curto mostrando a hipertrofia global do ventrículo esquerdo (A) e imagens em realce tardio mostrando o padrão difuso e circunferencial, sem zonas de miocárdio sadio (preto) em um paciente com diagnóstico de amiloidose (B e C).

Filme 2. Amiloidose Cine Eixo Curto.

Acesse pelo QR Code, ou pelo link abaixo.

https://www.youtube.com/watch?v=0zpTHqs_ewc



Filme 3. Amiloidose Cine IR.

Acesse pelo QR Code, ou pelo link abaixo.

https://www.youtube.com/watch?v=XXjs8xiD_SY



contraste demonstra valores em geral muito elevados nos casos de amiloidose, sendo não somente um importante critério diagnóstico pela RMC, como um método que permite quantificar a magnitude do depósito amilóide no miocárdio.³⁵

Deste modo, a RMC tem-se mostrado como uma ferramenta diagnóstica não invasiva acurada no diagnóstico dessa patologia, sobretudo com o desenvolvimento dessas novas técnicas de mapa T1, fornecendo inclusive, informações prognósticas para o clínico.

Não Compactação do Ventrículo Esquerdo

A não compactação do ventrículo esquerdo (NCVE) é uma entidade rara caracterizada por uma trabeculação proeminente, com recessos intertrabeculares profundos que se comunicam com a cavidade ventricular e com uma porção compactada epicárdica fina.³⁶ A doença pode ser assintomática, ou pode se apresentar como IC, arritmias ventriculares ou eventos tromboembólicos.

A NCVE tem etiopatogenia pouco compreendida e uma hipótese considerada é a falha do processo de compactação do miocárdio fetal. O fenótipo de trabeculação aumentada pode aparecer associado com outras cardiomiopatias, doença cardíaca congênita, hipertrofia do VE, coração de atleta ou ser decorrentes de variações relacionadas à raça/etnia, porém não são considerados como NCVE, e constituem um diagnóstico diferencial importante.^{37,38} Assim, o diagnóstico de NCVE é um diagnóstico de exclusão após se afastar causas diversas que possam causar trabeculação secundária. Embora não haja atualmente um método diagnóstico padrão-ouro, a RMC é a melhor ferramenta disponível para caracterizar com detalhes este fenótipo, e na exclusão de outras causas, concluir-se pelo provável diagnóstico de NCVE.

Ao fornecer informações anatômicas e funcionais com alta reprodutibilidade, a RMC através do contraste entre os tecidos, consegue delimitar a quantidade exata da porção compactada e não compactada de todo o volume cardíaco. O critério diagnóstico base é a relação entre o músculo não compactado/compactado $> 2,3$ em pelo menos um segmento miocárdico que não o ápex.³⁹ No entanto, uma trabeculação aumentada pode ser um achado incidental, por exemplo em atletas.³⁷ Pesquisadores do estudo MESA demonstraram que 43% de 329 pacientes sem cardiopatias ou hipertensão atingiram esta relação em 1 segmento e 6% em pelo menos dois segmentos do VE.⁴⁰ Ademais, em indivíduos assintomáticos, esta relação $> 2,3$ não está associada com deterioração dos volumes ou disfunção ventricular.⁴¹ Outros critérios, portanto, são utilizados para o diagnóstico de NCVE e, em conjunto, tem uma maior acurácia:

Critérios diagnósticos para NCVE pela RMC⁴²

1. Massa do miocárdio não compactado $> 25\%$ da massa total do VE.
2. Índice massa não compactada $> 15 \text{ g/m}^2$.
3. Relação da espessura do miocárdio não compactado/compactado $\geq 3:1$ em pelo menos um dos segmentos do VE excluindo o ápex.
4. Relação da espessura do miocárdio não compactado/compactado $\geq 2:1$ nos segmentos inferior e lateral basais do VE.

Frente a um paciente com NCVE, portanto, o elemento chave na tomada de decisão não é trabeculação acentuada

por si, mas a associação com dilatação e/ou disfunção do VE, e/ou a presença de arritmia ou evento tromboembólico, o que confere ao quadro a denominação de cardiomiopatia não compactada.

Nesse sentido, é importante a estratificação de risco. Em estudo recente de Andreini *et al*, a presença de RT foi um forte preditor de eventos, enquanto o grau de trabeculação do VE não parece ter tido impacto prognóstico além da dilatação do VE, da disfunção do VE e da presença de RT.⁴³

Hemossiderose Cardíaca

Em pacientes com anemias dependentes de transfusão sanguínea, como no caso da talassemia *major*, a principal causa de óbito ocorre pela insuficiência cardíaca secundária à sobrecarga de ferro miocárdico. A RMC é capaz de medir o depósito de ferro miocárdico através da técnica T2* (lê-se T2 estrela), sendo que valores normais são acima de 20ms, e valores menores que 10ms indicam depósito importante de ferro no miocárdio e estão associados com disfunção sistólica, insuficiência cardíaca e arritmias.⁴⁴ Como cerca de 50% dos pacientes com talassemia *major* possuem hemossiderose cardíaca, o uso da técnica de T2* é essencial tanto no diagnóstico desta complicação, como para indicar e monitorar o tratamento com quelantes de ferro, estratégia que reduziu em 71% a mortalidade de pacientes com talassemia *major* no Reino Unido.⁴⁵

No nosso meio a indicação mais frequente deste estudo tem sido na investigação de sobrecarga miocárdica de ferro em pacientes com hemocromatose hereditária. Nestes casos é mais frequente a presença de depósito de ferro hepático, sendo raro os casos com depósito miocárdico.

Cardiomiopatia Hipertrófica

A cardiopatia hipertrófica (CMH) é a cardiopatia hereditária mais comum com prevalência de 1:500 da população geral, e é a principal causa de MSC em indivíduos jovens e atletas jovens. A RMC além de ser superior à ecocardiografia para o diagnóstico da CMH devido sua alta resolução espacial e excelente definição das bordas musculares, mais evidente na avaliação do segmento anteroseptal basal e da sua forma apical, também realiza a técnica de realce tardio que é fundamental na estratificação de risco destes pacientes.^{46,47} (Figura 7).

A RMC pode identificar obstrução do VE, tanto em sua via de saída como da cavidade medioventricular, avaliar insuficiência mitral associada (muitas com jato excêntrico),

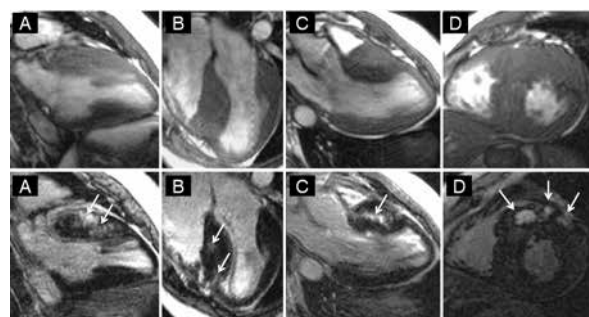


Figura 7. Exemplos de pacientes com CMH (A, B, C e D). Acima as imagens da cine-ressonância em diástole mostrando hipertrofia assimétrica, e abaixo as imagens de realce tardio com fibrose miocárdica (setas). CMH, cardiomiopatia hipertrófica.

avaliar acometimento do VD, e identificar pacientes com morfologias de maior risco, como aqueles com massa ventricular extensamente aumentada, pacientes com disfunção sistólica, e aqueles com formação de aneurisma apical por obstrução medioventricular (2% das CMH avaliadas pela RMC).^{46,47}

Em relação ao realce tardio na CMH, pode haver acometimento das junções das paredes anterior e posterior do VD com o septo interventricular, padrão benigno e não associado com pior prognóstico, ou o padrão mesocárdico e heterogêneo geralmente encontrado, porém nem sempre, nos locais de maior hipertrofia. Este padrão mesocárdico e heterogêneo, correspondente à fibrose miocárdica, ocorre em cerca de metade dos pacientes com o diagnóstico de CMH pela RMC, e está associado com arritmias ventriculares, MSC, mortalidade, disfunção sistólica e fibrilação atrial.^{46,47} Chan et al. estudando 1293 pacientes com CMH que realizaram RMC e foram seguidos por uma média de 3,3 anos, encontraram realce tardio em 42% dos pacientes, e sua extensão foi independentemente relacionada com o risco de MSC.⁴⁸ Um valor de fibrose miocárdica $\geq 15\%$ da massa do VE esteve associado com um risco duas vezes maior de MSC, mesmo naqueles pacientes considerados de baixo risco (HR 2,14).

De acordo com as evidências mostrando o valor diagnóstico e prognóstico da RMC nesta patologia, Rowin e Maron sugeriram que a RMC seja usada de rotina na avaliação de pacientes com CMH, e que a fibrose miocárdica extensa pelo realce tardio ($\geq 15\%$ da massa do VE) seja incluída como um novo fator de risco maior para MSC, e considerada na indicação de CDI como prevenção primária (Figura 8).⁴⁹

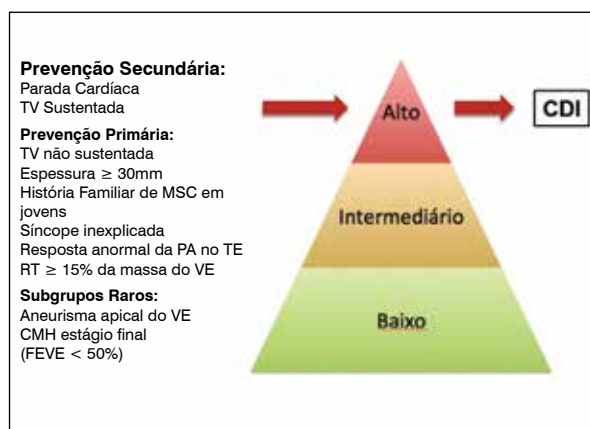


Figura 8. Modelo de estratificação de risco na CMH para identificar pacientes de alto risco de MSC e que podem ser candidatos ao implante de CDI. Adaptado de Rowin e Maron.⁴⁹ CMH, cardiomiopatia hipertrófica; MSC, morte súbita cardíaca; CDI, cardioversor desfibrilador implantável; TV, taquicardia ventricular; PA, pressão arterial; TE, teste ergométrico; RT, realce tardio; VE, ventrículo esquerdo; FEVE, fração de ejeção do ventrículo esquerdo.

Cardiomiopatia Arritmogênica do Ventrículo Direito

A cardiomiopatia/dislipasia arritmogênica do ventrículo direito (C/DAVD) é uma cardiomiopatia hereditária em que ocorre substituição progressiva de miócitos por tecido fibrogorduroso, podendo cursar com arritmias ventriculares e MSC, geralmente durante esforços. No fenótipo clássico ocorre acometimento do ventrículo direito (VD) com disfunção sistólica regional e

global e a sua dilatação, mas é não é incomum o acometimento associado do ventrículo esquerdo, e formas em que há acometimento predominante deste último. A RMC é o melhor método de imagem na avaliação desta patologia, sendo capaz de uma ótima análise da anatomia e função do VD, além de caracterizar infiltração gordurosa nas imagens pesadas em T1, e fibrose miocárdica nas imagens de realce tardio.

O consenso (Task Force) publicado em 2010 para o diagnóstico de C/DAVD, sugere a combinação de critérios de imagem, clínicos e eletrofisiológicos para uma melhor acurácia, sendo os seguintes critérios de imagem pela RMC:⁵⁰ (Figura 9).

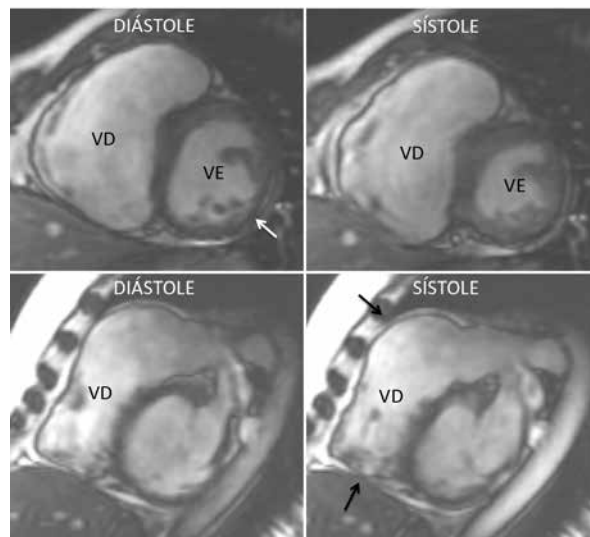


Figura 9. Exemplo de C/DAVD. Nos cortes superiores em eixo curto observam-se a dilatação do VD, e o acometimento associado da parede inferolateral do VE que se encontra afilada (seta branca). Nos cortes inferiores da via de saída do VD, observam-se dois aneurismas regionais na via de saída e na parede inferior do VD (setas pretas). C/DAVD, cardiomiopatia/dislipasia arritmogênica do ventrículo direito; VD, ventrículo direito; VE, ventrículo esquerdo.

Critério Maior

Acinesia ou discinesia regional do VD ou contração dissíncrona do VD associado com um dos seguintes:

- Índice de volume diastólico final do VD $\geq 110\text{ml/m}^2$ em homens ou $\geq 100\text{ml/m}^2$ em mulheres.
- Fração de ejeção do VD $\leq 40\%$.

Critério Menor

Acinesia ou discinesia regional do VD ou contração dissíncrona do VD associado com um dos seguintes:

- Índice de volume diastólico final do VD $\geq 100\text{ml/m}^2$ e $< 110\text{ml/m}^2$ em homens ou $\geq 90\text{ml/m}^2$ e $< 100\text{ml/m}^2$ em mulheres.
- Fração de ejeção do VD $\leq 45\%$ e $> 40\%$.

Doença de Chagas

A doença de Chagas é uma infecção causada pelo *Trypanosoma cruzi*, com prevalência estimada de 1,9 milhão no Brasil, podendo causar acometimento cardíaco em 30% dos pacientes soropositivos, e uma importante causa de morte por insuficiência cardíaca e arritmia ventricular na América Latina.

Rochitte *et al* investigaram 51 pacientes soropositivos para doença de Chagas, sendo 15 com a forma indeterminada (assintomáticos com eletrocardiograma e ecocardiograma normais), 26 pacientes com acometimento cardíaco conhecido sem taquicardia ventricular (alteração no eletrocardiograma e/ou disfunção do VE) e 10 pacientes com acometimento cardíaco e TV previamente registrada.⁵¹ Ele mostrou maior prevalência de acometimento segmentar do VE nas paredes inferolateral e inferior, além ápex do VE, e presença de realce tardio em todos os grupos, acometendo 20% dos pacientes com a forma indeterminada, 84,6% daqueles com a forma cardíaca sem TV, e 100% dos pacientes com TV conhecida. O realce tardio pode ter padrão não isquêmico (mesocárdico e epicárdico), porém também podendo simular o padrão isquêmico (subendocárdico ou transmural), e tem correlação inversa com a função segmentar e global do VE. Em outro estudo, Uellendahl demonstrou o valor prognóstico do realce tardio na doença de Chagas, com forte correlação entre a extensão da fibrose miocárdica e o escore de Rassi.⁵² (Figura 10)

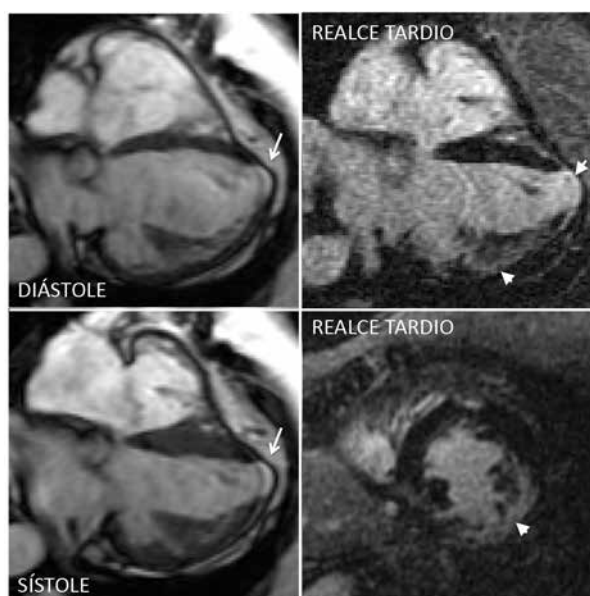


Figura 10. Exemplo de doença de Chagas. Nos cortes à esquerda em diástole e sístole, observa-se o típico aneurisma apical em “dedo de luva” (setas). Nos cortes à direita de realce tardio, observam-se áreas de fibrose miocárdica transmural (cabecinhas de seta) no ápex (acima) e na parede inferolateral (abaixo) do ventrículo esquerdo.

Endomiocardiofibrose

A endomiocardiofibrose (EMF) é caracterizada por obliteração apical de um ou ambos os ventrículos (50% biventricular, 40% do VE e 10% do VD), causada por espessamento fibrótico endocárdico que pode estar sobreposto por trombo e/ou calcificação, e cursar clinicamente com cardiomiopatia restritiva, insuficiência cardíaca, fibrilação atrial e tromboembolismo. A RMC pode facilmente identificar esta patologia nas imagens de cine-ressonância, não possuindo limitação por janela acústica desfavorável que pode ocorrer nos segmentos apicais pela ecocardiografia, e realizar o diagnóstico diferencial com a cardiomiopatia hipertrófica apical. A EMF também tem um padrão habitual de realce tardio identificado como uma imagem linear hiperintensa (branca) com o

formato da letra “V” representando a fibrose endocárdica, ou como o sinal do “duplo V”, formado por esta imagem hiperintensa recoberta internamente por outra camada hipointensa (preta) correspondente ao trombo/calcificação associado.⁵³ (Figura 11).

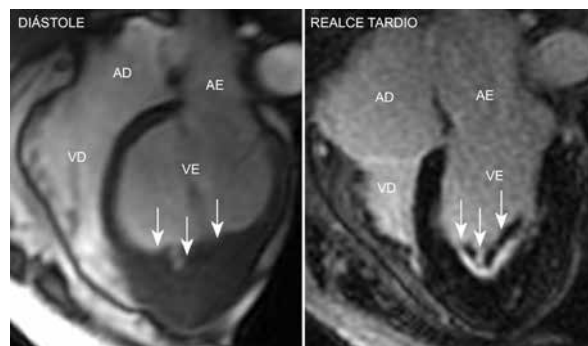


Figura 11. Exemplo de Endomiocardiofibrose. À esquerda imagem da cine-ressonância em diástole mostrando a obliteração apical do VE compatível com o diagnóstico de EMF. À direita imagem de realce tardio mostrando o sinal do “duplo V”. AD, átrio direito; VD, ventrículo direito; AE, átrio esquerdo; VE, ventrículo esquerdo; EMF, endomiocardiofibrose.

Valvopatias

A RMC tem grande valor na investigação das valvopatias, possuindo há mais de uma década indicação apropriada em casos em que a ecocardiografia é inapropriada, podendo também ser usada em caso de exames discordantes entre si ou discordantes com o exame físico, e sendo em alguns casos superior à ecocardiografia quando realizado de forma direcionada para a avaliação valvar.^{54,55}

Na investigação das valvas aórtica e pulmonar, pode-se realizar uma sequência de análise de fluxos logo acima do plano valvar, técnica simples e altamente reprodutível, em que podemos através de *softwares* direcionados medir os volumes anterógrados e retrógrados por aquela valva, obtendo-se o volume e a fração regurgitante, e desta forma avaliar a gravidade da insuficiência valvar. Esta técnica é superior à análise pela ecocardiografia, sendo usada na insuficiência aórtica quando há dúvidas após a ecocardiografia, porém sendo a primeira linha de investigação para insuficiência pulmonar junto com a avaliação dos volumes e função do VD, pois geralmente existe limitação da ecocardiografia neste cenário.⁵⁵

Para avaliação das estenoses aórtica e pulmonar, a realização de cortes finos direcionados nos planos valvares para se determinar sua menor abertura e realizar a medição direta da planimetria, permite acurada definição da gravidade da estenose valvar. No caso da estenose aórtica, também é possível avaliar a gravidade da estenose valvar através da medição da velocidade máxima e do gradiente estimado, porém sendo menos reprodutível e habitualmente subestimando a gravidade da estenose, ou através do cálculo da planimetria pela equação de continuidade, assim como realizado pela ecocardiografia, porém dispensável quando se pode medir a planimetria diretamente pela RMC, e como a equação de continuidade depende de mais medidas para ser calculada, está mais sujeita a erros.⁵⁵

No caso das valvopatias aórticas graves com indicação de cirurgia, Azevedo *et al* acompanharam 54 pacientes que

realizaram RMC para avaliação de fibrose miocárdica por realce tardio antes da cirurgia de troca valvar, e biópsia miocárdica durante a cirurgia para se determinar fibrose miocárdica pela histopatologia.⁵⁶ Foi observado uma boa correlação na extensão da fibrose miocárdica pelas duas técnicas, e que estas foram preditores independentes de maior mortalidade e menor recuperação da função sistólica do VE após a cirurgia.

Na investigação de estenose das valvas mitral e tricúspide, também se pode realizar a medição da gravidade através da planimetria direta das mesmas. Para se fazer isto, também é preciso realizar cortes finos direcionados nas bordas valvares durante a sístole para se determinar suas maiores aberturas, o que é mais difícil tecnicamente pela anatomia complexa das valvas atrioventriculares.⁵⁵

E para avaliação de insuficiência das valvas mitral e tricúspide, pode se inferir qualitativamente a gravidade do refluxo através da análise visual, no caso da insuficiência mitral validada por alguns simples parâmetros e comparada à ecocardiografia e ao cateterismo, ou através da medição direta ou indireta do volume regurgitante.^{55,57} A medição direta do volume regurgitante das valvas atrioventriculares também pode ser realizada pela sequência de análise de fluxos nestas valvas, entretanto também mais difícil tecnicamente pela sua anatomia complexa. O método mais usado quando a resposta sobre a gravidade da insuficiência valvar nestes casos é fundamental, é a medição indireta através da diferença entre o volume de ejeção ventricular (este calculado na cine-ressonância pela técnica de Simpson) e o volume anterógrado pela valva semilunar (este calculado pela análise de fluxos), por exemplo no caso de insuficiência mitral,

o volume regurgitante será o volume de ejeção do VE menos o volume anterógrado pela valva aórtica.

Uretsky *et al* avaliaram a gravidade da insuficiência mitral pela ecocardiografia e RMC em 103 pacientes adultos, sendo a determinação da gravidade pela RMC realizada da forma indireta conforme citado acima e classificada pelo volume regurgitante em discreta (< 30ml), moderada (30 a < 60ml) e importante ($\geq$ 60ml).⁵⁸ Todos os exames foram realizados por operadores experientes e com qualidade técnica julgada adequada, observando-se apenas uma modesta correlação ($r=0,6$) entre os métodos, com superestimação da gravidade da insuficiência pela ecocardiografia em relação à RMC. Por exemplo, de 58 pacientes com insuficiência grave pela ecocardiografia, apenas 13 (22%) era grave pela RMC, sendo que em 20 (34%) foi graduada como apenas discreta. Dos pacientes em que foi realizada cirurgia valvar mitral, foi avaliado o remodelamento do VE após a cirurgia como referência padrão, que apresentou uma forte correlação com a graduação da insuficiência mitral pela RMC ($r=0,85$; $p < 0,0001$), porém não observada correlação pela ecocardiografia ($r=0,32$; $p=0,1$), mostrando melhor acurácia da RMC em relação à ecocardiografia para graduação da insuficiência mitral, devendo o método ser considerado na avaliação de pacientes antes da indicação cirúrgica, principalmente daqueles assintomáticos.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não possuir conflitos de interesse na realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

1. Senthilkumar A, Majmudar MD, Shenoy C, Kim HW, Kim RJ. Identifying the etiology: a systematic approach using delayed-enhancement cardiovascular magnetic resonance. *Heart Failure Clin*. 2009;5(3):349-67.
2. Levy D, Kenchaiah S, Larson MG, Benjamin EJ, Kupka MJ, Ho KK, et al. Long-term trends in the incidence of and survival with heart failure. *N Engl J Med*. 2002;347(18):1397-402.
3. Liu T, Ma X, Liu W, Ling S, Zhao L, Xu L, et al. Late Gadolinium Enhancement Amount As an Independent Risk Factor for the Incidence of Adverse Cardiovascular Events in Patients with Stage C or D Heart Failure. *Front Physiol*. 2016;7:484.
4. Yancy CW, Jessup M, Bozkurt B, Butler J, Casey DE Jr, Drazner MH, et al. 2013 ACCF/AHA guideline for the management of heart failure: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol*. 2013;62(16):e147-239.
5. Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, Bueno H, Cleland JG, Coats AJ, et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). Developed with special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of ESC. *Eur Heart J*. 2016;37(27): 2129-200.
6. Bocchi EA, Marcondes-Braga FG, Bacal F, Ferraz AS, Albuquerque D, Rodrigues Dde A, et al. Atualização da Diretriz Brasileira de Insuficiência Cardíaca Crônica - 2012. *Arq Bras Cardiol*. 2012; 98(1 supl. 1):1-33.
7. Bello D, Fieno DS, Kim RJ, Pereles FS, Passaman R, Song G, et al. Infarct Morphology Identifies Patients With Substrate for Sustained Ventricular Tachycardia. *J Am Coll Cardiol*. 2005;45(7):1104-8.
8. Bello D, Einhorn A, Kaushal R, Kenchaiah S, Raney A, Fieno D, et al. Cardiac magnetic resonance imaging: infarct size is an independent predictor of mortality in patients with coronary artery disease. *Magn Reson Imaging*. 2011;29(1):50-6.
9. Gulati A, Jabbour A, Ismail TF, Guha K, Khwaja J, Raza S, et al. Association of Fibrosis With Mortality and Sudden Cardiac Death in Patients With Nonischemic Dilated Cardiomyopathy. *JAMA*. 2013;309(9): 896-908.
10. White JA, Fine NM, Gula L, Yee R, Skanes A, Klein G, et al. Utility of Cardiovascular Magnetic Resonance in Identifying Substrate for Malignant Ventricular Arrhythmias. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2012; 5(1):12-20.
11. Felker GM, Thompson RE, Hare JM, Hruban RH, Clemetson DE, Howard DL, et al. Underlying causes and long-term survival in patients with initially unexplained cardiomyopathy. *N Engl J Med*. 2000;342(15):1077-84.
12. Goldberger JJ, Buxton AE, Cain M, Costantini O, Exner DV, Knight BP, et al. Risk stratification for arrhythmic sudden cardiac death: identifying the roadblocks. *Circulation*. 2011;123(21):2423-30.
13. Stecker EC, Chugh SS. Prediction of sudden cardiac death: next steps in pursuit of effective methodology. *J Interv Card Electrophysiol*. 2011; 31(2):101-7.
14. de Leeuw N, Ruiter DJ, Balk AH, de Jonge N, Melchers WJ, Galama JM. Histopathologic findings in explanted heart tissue

- from patients with end-stage idiopathic dilated cardiomyopathy. *Transpl Int*. 2001;14(5):299-306.
15. McCrohon JA, Moon JC, Prasad SK, McKenna WJ, Lorenz CH, Coats AJ, et al. Differentiation of heart failure related to dilated cardiomyopathy and coronary artery disease using gadolinium - enhanced cardiovascular magnetic resonance. *Circulation*. 2003;108(1):54-9.
 16. Kuruvilla S, Adenaw N, Katwal AB, Lipinske MJ, Kramer CM, Salerno M. Late gadolinium enhancement on cardiac magnetic resonance predicts adverse cardiovascular outcomes in nonischemic cardiomyopathy: a systematic review and meta-analysis. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2014;7(2):250-8.
 17. Di Marco A, Anguera I, Schimitt M, Klem I, Neilan TG, White JA, et al. Late Gadolinium Enhancement and the Risk for Ventricular Arrhythmias or Sudden Death in Dilated Cardiomyopathy: Systematic Review and Meta-Analysis. *JACC Heart Fail*. 2017;5(1):28-38.
 18. Køber L, Thune JJ, Nielsen JC, Haerbo J, Videbaek L, Korup E, et al. Defibrillator Implantation in Patients with Nonischemic Systolic Heart Failure. *N Engl J Med*. 2016;375(13):1221-30.
 19. Puranik R, Chow CK, Duflo JA, Kilborn MJ, McGuire MA. Sudden death in the young. *Heart Rhythm*. 2005;2(12):1277-82.
 20. D'Ambrosio A, Patti G, Manzoli A, Sinagra G, Lenarda A, Silvestri F, et al. The fate of acute myocarditis between spontaneous improvement and evolution to dilated cardiomyopathy: a review. *Heart*. 2001;85(5):499-504.
 21. Cooper LT, Baughman KL, Feldman AM, Frustaci A, Jessup M, et al. The role of endomyocardial biopsy in the management of cardiovascular disease: a scientific statement from the American Heart Association, the American College of Cardiology, and the European Society of Cardiology. *Circulation*. 2007;116(19):2216-33.
 22. Kindermann I, Kindermann M, Kandolf R, Klingel K, Bültmann B, Müller T, et al. Predictors of outcome in patients with suspected myocarditis. *Circulation*. 2008;118(6):639-48.
 23. Friedrich MG, Sechtem U, Schulz-Menger J, Holmvang G, Alakija P, Cooper LT, et al. Cardiovascular magnetic resonance in myocarditis: A JACC White Paper. *J Am Coll Cardiol*. 2009;53(17):1475-87.
 24. Lurz P, Luecke C, Eitel I, Föhrenbach F, Frank C, Grothoff M, et al. Comprehensive Cardiac Magnetic Resonance Imaging in Patients With Suspected Myocarditis. *J Am Coll Cardiol*. 2016;67(15):1800-11.
 25. Thavendiranathan P, Walls M, Giri S, Verhaert D, Rajagopalan S, Moore S, et al. Improved detection of myocardial involvement in acute inflammatory cardiomyopathies using T2 mapping. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2012;5(1):102-10.
 26. Grün S, Schumm J, Greulich S, Wagner A, Schneider S, Bruder O, et al. Long-term follow-up of biopsy-proven viral myocarditis: predictors of mortality and incomplete recovery. *J Am Coll Cardiol*. 2012;59(18):1604-15.
 27. Yazaki Y, Isobe M, Hiroe M, Morimoto S, Hiramamitsu S, Nakano T, et al. Prognostic determinants of long-term survival in Japanese patients with cardiac sarcoidosis treated with prednisone. *Am J Cardiol*. 2001;88(9):1006-10.
 28. Smedema JP, Snoep G, van Kroonenburgh MP, van Geuns RJ, Dassen WR, Gorgels AP, et al. Evaluation of the accuracy of gadolinium enhanced cardiovascular magnetic resonance in the diagnosis of cardiac sarcoidosis. *J Am Coll Cardiol*. 2005;45(10):1683-90.
 29. Patel MR, Cawley PJ, Heitner JF, Klem I, Parker MA, Jaroudi WA, et al. Detection of myocardial damage in patients with sarcoidosis. *Circulation*. 2009;120(20):1969-77.
 30. Coleman GC, Shaw PW, Balfour PC Jr, Gonzalez JA, Kramer CM, Patel AR, et al. Prognostic Value of Myocardial Scarring on CMR in Patients With Cardiac Sarcoidosis: a systematic review and meta-analysis. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2017;10(4): 411-420.
 31. Falk RH, Plehn JF, Deering T, Schirck EC Jr, Boanay P, Rubinow A, et al. Sensitivity and specificity of the echocardiographic features of cardiac amyloidosis. *Am J Cardiol*. 1987;59(5):418-22.
 32. Dzung J, Whelan CJ, Gibbs SD, et al. Patterns of late gadolinium enhancement in 94 patients with AL or transthyretin cardiac amyloidosis. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance* 2012; 14(Suppl 1):O87.
 33. Syed IS, Glockner JF, Feng D, Araoz PA, Martinez MW, Edwards WD, et al. Role of cardiac magnetic resonance imaging in the detection of cardiac amyloidosis. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2010; 3(2):155-64.
 34. Karamitsos TD, Piechnik SK, Banypersad SM, Banypersad SM, Fontana M, Ntusi NB, et al. Noncontrast T1 mapping for the diagnosis of cardiac amyloidosis. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2013; 6(4):488-97.
 35. Banypersad SM, Sado DM, Flett AS, Gibbs SD, Pinney JH, Maestrini V, et al. Quantification of myocardial extracellular volume fraction in systemic AL amyloidosis: an equilibrium contrast cardiovascular magnetic resonance study. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2013;6(1):34-9.
 36. Jenni R, Oechslin EN, van der Loo B. Isolated ventricular non-compaction of the myocardium in adults. *Heart*. 2007;93(1):11-5.
 37. Gati S, Chandra N, Bennett RL, Kervio G, Panoulas VF, Ghani S, et al. Increased left ventricular trabeculation in highly trained athletes: do we need more stringent criteria for the diagnosis of left ventricular non-compaction in athletes? *Heart*. 2013;99(6):401-8.
 38. Captur G, Zemrak F, Muthurangu V, Petersen SE, Li C, Bassett P, et al. Fractal analysis of myocardial trabeculations in 2547 study participants: Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. *Radiology*. 2015; 277:707-15.
 39. Petersen SE, Selvanayagam JB, Wiesmann F, Robson MD, Francis JM, Anderson RH, et al. Left ventricular non-compaction: insights from cardiovascular magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol*. 2005;46(1):101-5.
 40. Kawel N, Nacif M, Arai AE, Gomes AS, Hundley WG, Johnson WG, et al. Trabeculated (noncompacted) and compact myocardium in adults: the multi-ethnic study of atherosclerosis. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2012;5(3):357-66.
 41. Zemrak F, Ahlman MA, Captur G, Mohiddin SA, Kawel-Boehm N, Prince MR, et al. The relationship of left ventricular trabeculation to ventricular function and structure over a 9.5-year follow-up: the MESA study. *J Am Coll Cardiol*. 2014;64(19):1971-80.
 42. Grothoff M, Pachowsky M, Hoffmann J, Posch M, Klaassen S, Lehmkuhl L, et al. Value of cardiovascular MR in diagnosing left ventricular non-compaction cardiomyopathy and in discriminating between other cardiomyopathies. *Eur Radiol* 2012; 22(12):2699-709.
 43. Andreini D, Pontone G, Bogaert J, Roghi A, Barison A, Schwitter J, et al. Long-Term Prognostic Value of Cardiac Magnetic Resonance in Left Ventricle Noncompaction: A Prospective Multicenter Study. *J Am Coll Cardiol*. 2016;68(20):2166-81.
 44. Pennell DJ. Cardiovascular magnetic resonance. *Circulation*. 2010;121(5):692-705.
 45. Modell B, Khan M, Darlison M, Westwood MA, Ingram D, et al. Improved survival of thalassaemia major in the UK and relation to T2* cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2008;10:42.
 46. Noureldin RA, Liu S, Nacif MS, Judge DP, Halushka MK, Abraham TP, et al. The diagnosis of hypertrophic cardiomyopathy by cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2012;14:17.

-
47. Maron MS. Clinical utility of cardiovascular magnetic resonance in hypertrophic cardiomyopathy. *J Cardiovasc Magn Reson* 2012;14:13.
48. Chan RH, Maron BJ, Olivetto I, Pencina MJ, Assenza GE, Haas T, et al. Prognostic value of quantitative contrast-enhanced cardiovascular magnetic resonance for the evaluation of sudden death risk in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation*. 2014;130(6):484-495.
49. Rowin EJ, Maron MS. The Role of Cardiac MRI in the Diagnosis and Risk Stratification of Hypertrophic Cardiomyopathy. *Arrhythm Electrophysiol Rev*. 2016;5(3):197-202.
50. Marcus FI, McKenna WJ, Sherrill D, Basso C, Bause B, Bluemke DA, et al. Diagnosis of arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy/dysplasia: proposed modification of the task force criteria. *Circulation*. 2010;121(13):1533-41.
51. Rochitte CE, Oliveira PF, Andrade JM, Ianni BM, Parga JR, Avila LF, et al. Myocardial delayed enhancement by magnetic resonance imaging in patients with Chagas' disease: a marker of disease severity. *J Am Coll Cardiol*. 2005;46(8):1553-8.
52. Uellendahl M, Siqueira ME, Calado EB, Kalil-Filho R, Sobral D, Ribeiro C, et al. Cardiac Magnetic Resonance-Verified Myocardial Fibrosis in Chagas Disease: Clinical Correlates and Risk Stratification. *Arq Bras Cardiol*. 2016;107(5):460-466.
53. Carneiro AC, Mochiduky RI, Zancaner LF, et al. A new typical finding in late gadolinium enhanced images for the diagnosis of endomyocardial fibrosis – the double V sign. *J Cardiovasc Magn Reson* 2011; 3(Suppl 1):O40.
54. Hendel RC, Patel MR, Kramer CM, Poon M, Hendel RC, Carr JC, et al. ACCF/ACR/SCCT/SCMR/ASNC/NASCI/SCAI/SIR 2006 appropriateness criteria for cardiac computed tomography and cardiac magnetic resonance imaging: a report of the American College of Cardiology Foundation Quality Strategic Directions Committee Appropriateness Criteria Working Group, American College of Radiology, Society of Cardiovascular Computed Tomography, Society for Cardiovascular Magnetic Resonance, American Society of Nuclear Cardiology, North American Society for Cardiac Imaging, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Interventional Radiology. *J Am Coll Cardiol*. 2006;48(7):1475-97.
55. Myerson SG. Heart valve disease: investigation by cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2012;14:7.
56. Azevedo CF, Nigri M, Higuchi ML, Pomerantzeff PM, Spina GS, Sampaio RO et al. Prognostic significance of myocardial fibrosis quantification by histopathology and magnetic resonance imaging in patients with severe aortic valve disease. *J Am Coll Cardiol*. 2010;56(4):278-87.
57. Heitner J, Bhumireddy GP, Crowley AL, Weinsaft J, Hag SA, Klem I, et al. Clinical application of cine-MRI in the visual assessment of mitral regurgitation compared to echocardiography and cardiac catheterization. *PLoS One*. 2012;7(7):e40491.
58. Uretsky S, Gillam L, Lang R, Chaudhry FA, Arqulian E, Supariwala A, et al. Discordance between echocardiography and MRI in the assessment of mitral regurgitation severity: a prospective multi-center trial. *J Am Coll Cardiol*. 2015;65(11):1078-88.

AVALIAÇÃO DAS CARDIOPATIAS CONGÊNITAS NO ADULTO: ECOCARDIOGRAFIA, RESSONÂNCIA E TOMOGRAFIA

EVALUATION OF GROWN-UP CONGENITAL HEART DISEASE: ECHOCARDIOGRAPHY, MRI AND COMPUTED TOMOGRAPHY

RESUMO

Avanços recentes na cardiologia pediátrica permitem que uma população crescente com cardiopatias congênitas chegue à idade adulta, muitos deles necessitando de seguimento por toda a vida. Um elemento chave desse seguimento é a avaliação seriada com métodos diagnósticos por imagem. O cardiologista pediátrico moderno dispõe atualmente de um vasto leque de opções não invasivas para a investigação desses pacientes, das quais se destaca como método principal a ecocardiografia e, como duas técnicas complementares, a ressonância magnética e a tomografia computadorizada. Neste artigo, faremos uma breve revisão dos princípios, indicações, vantagens e desvantagens de cada um destes métodos, em especial na investigação de indivíduos adultos com cardiopatias congênitas.

Descritores: Cardiopatia congênita; Ecocardiografia; Ressonância magnética; Tomografia computadorizada.

ABSTRACT

Recent advances in pediatric cardiology allow an increasing population with congenital heart defects to reach adulthood, many of them requiring lifelong follow-up. A key element of this follow-up is serial evaluation by diagnostic imaging methods. The modern pediatric cardiologist currently has a wide range of noninvasive options for the investigation of these patients, the Echocardiogram stands out as the main tool, and as two complementary techniques, Magnetic Resonance and Computed Tomography. In this article we will briefly review the principles, indications, advantages and disadvantages of each of these methods, especially in the investigation of adult individuals with congenital heart diseases.

Descriptors: Grown-up congenital heart disease; Echocardiography; Magnetic resonance; Computed tomography.

INTRODUÇÃO

Cardiopatias Congênitas no Adulto e Multimodalidade

Avanços na cardiologia pediátrica nas últimas décadas permitem que uma crescente população portadora de cardiopatias congênitas (CC) chegue à idade adulta, mesmo aqueles com os defeitos mais complexos.^{1,2} A maioria destes indivíduos foram submetidos a procedimentos paliativos ou curativos, muitas vezes com múltiplas intervenções, e raramente as operações para as CC mais complexas são curativas.³ Desta forma, estes pacientes necessitam seguimento por toda a vida.⁴ Estes indivíduos têm maior risco de algumas complicações (como arritmias e endocardites), e também podem desenvolver cardiopatias adquiridas, da mesma forma que o restante da população.^{1,3}

Assim, estes indivíduos necessitam de atendimento muito especializado, com profissionais não somente com

conhecimento de CC, mas também de doenças cardíacas da vida adulta.^{1,5} O manejo destes pacientes tem-se modificado, de simplesmente permitir a sobrevivência destas crianças durante a infância, para um seguimento em longo prazo, com objetivos não somente de melhora da expectativa de vida, mas também da sua qualidade.

Um elemento-chave deste seguimento é a avaliação seriada por métodos de imagem diagnósticos. Além da avaliação invasiva por Angiografia Diagnóstica, em algumas situações insubstituível, o cardiologista pediátrico moderno dispõe atualmente de um vasto arsenal não-invasivo para a investigação destes pacientes, onde claramente se destaca como método principal e imprescindível o Ecocardiograma (Eco). Duas outras técnicas que têm ganhado cada vez mais importância são a Ressonância Magnética (RM) e a Tomografia Computadorizada (TC).⁶⁻¹⁰

Cada método pode contribuir com informações relevantes, e cada um apresenta vantagens e desvantagens,

seja em questões envolvendo potenciais efeitos deletérios (invasibilidade, radiação ionizante, contrastes venosos com potencial alérgico e nefrotóxico, tempo de sedação), seja quanto a preço, disponibilidade e portabilidade.⁶⁻¹⁰

ECOCARDIOGRAFIA

Toda avaliação por imagem de portadores de CC deve ser iniciada através do Eco, uma ferramenta com claras vantagens técnicas e práticas sobre as demais modalidades, onde se destaca sua biossegurança, portabilidade e disponibilidade. O método tem também elevada precisão no estudo da morfologia e função cardíaca, e muitas vezes a avaliação somente pelo Eco é suficiente para o diagnóstico e definição de manuseio clínico.

O Eco é um exame completamente não-invasivo e inócuo, que pode ser feito em qualquer paciente, inclusive estudos fetais, e repetido com a frequência e intervalo que forem necessários. É realizado em equipamentos portáteis, permitindo exames à beira do leito, mesmo em pacientes graves e instáveis. Pode ser levado a UTIs e realizar exames durante procedimentos cirúrgicos e intervencionistas. Além da via transtorácica habitual, pode ser feita através de outros acessos, como o transesofágico. Adquire imagens em tempo real, que podem ser analisadas instantaneamente, sem interferência de arritmias, e é menos dependente da colaboração do paciente do que os outros métodos. Fornece informações anatômicas e funcionais precisas, incluindo parâmetros hemodinâmicos contribuindo para a decisão clínica e o planejamento cirúrgico. Outras vantagens são sua disponibilidade e custo relativamente baixo.

A imagem do Eco é baseada na reflexão de ondas sonoras de alta frequência, e sua ampla aplicação no sistema cardiovascular é fruto do excelente contraste natural ecográfico que existe entre o sangue (fluido em cavidades cardíacas e luz vascular) e as demais estruturas. Diversas técnicas de aquisição de imagem e análise são disponíveis nos modernos equipamentos de Eco, são ferramentas complementares que permitem uma análise integral da morfologia e função cardíaca. A principal técnica é o Eco bidimensional, que gera imagens seccionais anatômicas em tempo real, proporcionando uma análise espacial das estruturas cardíacas, e sua movimentação ao longo do ciclo cardíaco. Técnicas harmônicas e o uso do meio de contraste intravascular permitem melhorar ainda mais a qualidade de imagem. O modo M fornece uma avaliação temporal da variação da espessura das paredes e tamanho das cavidades, e também o movimento das valvas.

Além da avaliação morfológica e cinética, o Eco agrega técnicas derivadas do Doppler que permitem uma análise qualitativa e quantitativa de fluxo, como o Mapeamento de Fluxo em Cores, Doppler pulsado e de onda contínua. Equipamentos mais modernos contam com a possibilidade de realizar imagens tridimensionais, ou mesmo imagens cinéticas tridimensionais em tempo real (RT3D, 4D). Outros recursos são o Doppler tecidual, que aplica os mesmos princípios do Doppler para estudar a movimentação de segmentos miocárdicos possibilitando uma fina avaliação das funções regionais sistólica e diastólica dos ventrículos.

Via de regra, o Eco fornece uma adequada avaliação da anatomia cardiovascular básica, incluindo orientação e

posição do coração, retornos venosos, conexões atrioventriculares, e ventrículo-arteriais. Permite avaliar a dimensão e morfologia das câmaras cardíacas, função ventricular, hipertrofias, detecção e avaliação de *shunts*, além da morfologia e função valvar. Com o Doppler, uma série de dados hemodinâmicos são fornecidos, como gradientes pressóricos através de obstruções, relações pressóricas entre o ventrículo direito e artéria pulmonar, etc. Porém, há a necessidade de um alinhamento adequado do ângulo de insonação, sendo assim, também dependente de janelas acústicas. Em geral, quando há acesso ecográfico adequado, a avaliação de estruturas intracardíacas é excelente pelo Eco. Por exemplo, defeitos septais, valvares e vegetações podem ser estudados de forma completa, sem necessidade de exames adicionais.

Porém, existem circunstâncias onde a investigação pelo Eco pode ser incompleta e inconclusiva, relacionadas a janelas acústicas inadequadas, o que é ainda mais comum em pacientes adultos, em especial naqueles já submetidos a múltiplos procedimentos operatórios. É um método mais operador-dependente do que os demais exames, necessitando ecografistas especializados, ainda mais tratando-se de adultos com CC. Também podem haver limitações inerentes ao método, quantificação precisa de volumetria, massa miocárdica e função ventricular pode ser dificultada em geometrias complexas, especialmente no ventrículo direito (VD) e ventrículos únicos. Pode haver imprecisão na quantificação de gradientes pressóricos, como na obstrução de via de saída de VD, e estenoses sequenciais em vasos. Vasos mediastinais de localização mais periférica também podem ser difíceis de avaliar.¹¹⁻¹³

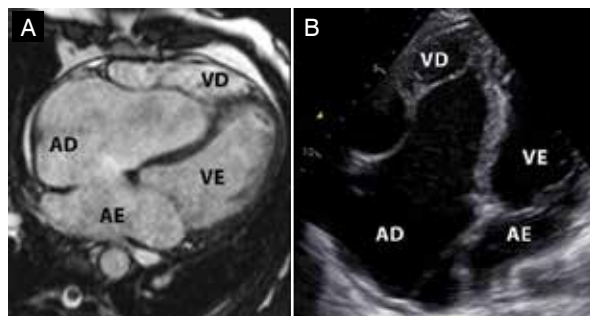


Figura. Paciente de 45 anos, Anomalia de Ebstein, imagens de RM (A) e Eco (B) do mesmo paciente, cortes em quatro câmaras demonstrando a inserção apical do folheto septal tricúspide, com atrialização parcial da cavidade ventricular direita. Há também uma ampla CIA.

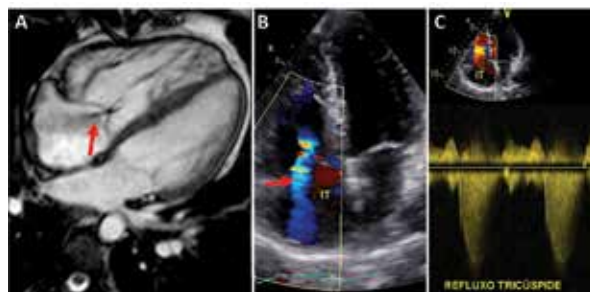


Figura. Paciente de 20 anos, Anomalia de Ebstein e estenose valvar pulmonar após correção cirúrgica, imagens de RM e Eco do mesmo paciente, demonstrando plastia valvar e regurgitação tricúspide. RM em A, Eco em B e C. A regurgitação está demonstrada com setas.

Desta forma, o grande desafio é identificar as situações onde o Eco não é suficiente, e integrar de forma inteligente o Eco com outras modalidades. Não há regra absoluta de quando o Eco será insuficiente para a avaliação completa destes pacientes, e cada caso deve ser julgado de forma individual, baseado nas dúvidas a serem respondidas pelo estudo, e por um conjunto de fatores relacionados ao paciente, à modalidade de exame e às circunstâncias clínicas.^{14,15}

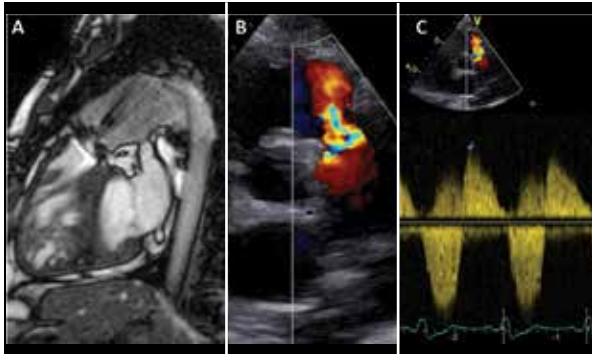


Figura. O mesmo paciente das imagens anteriores (Anomalia de Ebstein e estenose valvar corrigidas), RM (A) e Eco (B e C) demonstrando prótese valvar pulmonar com sinais de estenose.

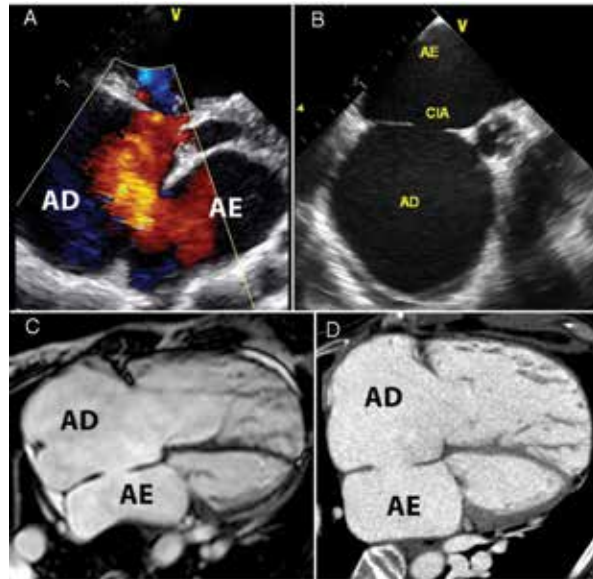


Figura. Paciente de 59 anos, ampla comunicação interatrial (CIA) septum secundum e drenagem venosa anômala pulmonar parcial, evolução tardia com acentuada dilatação de câmaras cardíacas. Imagens da CIA, comparação entre Eco transtorácico (A, mapeamento Doppler em cores), Eco transesofágico (B), RM (C) e TC (D).

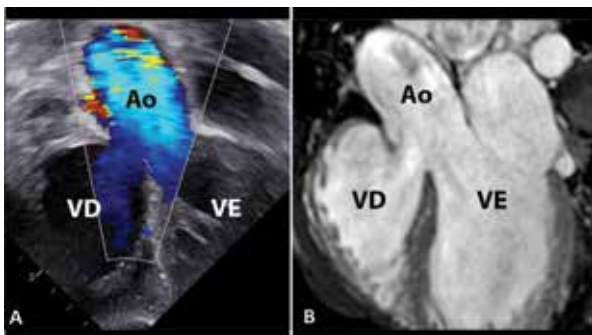


Figura. Paciente de 33 anos, Tetralogia de Fallot, evolução tardia sem abordagem cirúrgica. Dextroposição da raiz da aorta e comunicação interventricular por mau alinhamento, comparação entre Eco com mapeamento Doppler em cores (A) e RM (B).

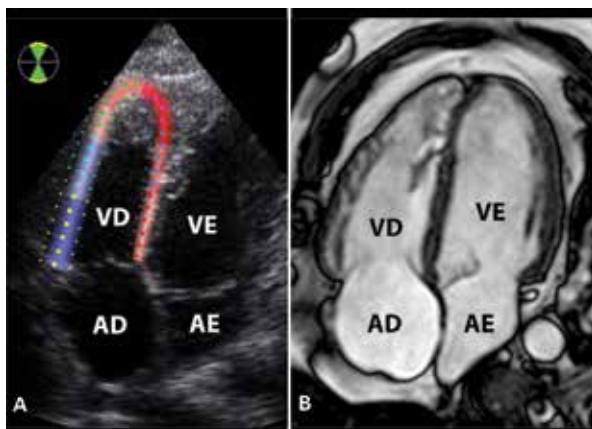


Figura. Paciente de 35 anos, controle pós-operatório de Tetralogia de Fallot, imagens em quatro câmaras através de Eco em A, e RM em B. Embora a dilatação e disfunção sejam discretas, a análise de *strain* sistólico de pico longitudinal demonstrou alteração (-12,1%), sugerindo uma pior evolução.

RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

A RM já é um método bem estabelecido na investigação de CC, e vem sendo cada vez mais utilizada também na população adulta. Vantagens da RM incluem seu grande campo de visão, com acesso irrestrito à anatomia cardiovascular, com total liberdade na escolha do plano de aquisição de imagem, inclusive em estruturas localizadas mais periféricamente. Permite imagens tridimensionais de alta qualidade, sem depender de janelas acústicas ou biótipo.

Seu princípio físico é baseado na forma como os prótons de hidrogênio reagem a potentes campos magnéticos, desta forma, não envolvem a utilização de radiação ionizante. Assim, é um método seguro para exames seriados, podendo ser repetido em seguimentos ambulatoriais. Pode ser feito em mulheres grávidas, desde que não se utilize o meio de contraste.

É uma ferramenta com grande versatilidade, onde é possível a aquisição de uma grande variedade de informações complementares, permitindo uma avaliação bastante completa da CC. Nestes pacientes, a sequência mais importante é a Cine-RM em gradiente-eco (precessão livre no estado estacionário), que permite uma análise cinética da contratilidade ventricular e movimentação das diversas estruturas cardíacas, vistas na forma de animações ao longo do ciclo cardíaco, muito similar ao Eco bidimensional. São úteis para avaliação qualitativa e quantitativa dos volumes cavitários e função contrátil ventricular, análise qualitativa da função valvar, e distensibilidade vascular. Nestas sequências, há um contraste vascular espontâneo ("sangue claro"), cavidades preenchidas por sangue aparecem com alto sinal, mesmo sem o uso do contraste venoso. Diferente do Eco, não são imagens cinéticas em tempo real, mas reconstruções baseadas no pareamento de dados com o traçado eletrocardiográfico. Desta forma, arritmias podem comprometer a qualidade destas

imagens. Permite medidas precisas de volumetria e função biventricular, sem interferência da sua geometria, mesmo em anatomias bizarras.¹⁶⁻¹⁸ Por causa desta sequência de pulso, a RM é considerada o método padrão-ouro para a medida de massa, volume e função ventricular, tendo um papel fundamental quando for necessária uma volumetria precisa de cavidades, como no seguimento de pacientes com ventrículos únicos, VD sistêmicos e Tetralogia de Fallot, neste último sendo fundamental na decisão do momento de reintervenção cirúrgica.¹⁹⁻²²

Existem também sequências para mensuração do sentido e velocidade de fluxo sanguíneo, de forma bastante análoga ao recurso Doppler do Eco. São chamadas de Contraste de Fase (também uma forma de gradiente-eco), onde são possíveis medidas de fluxo, com cálculo do débito cardíaco, de gradientes pressóricos em obstruções, frações de regurgitação valvar e mensuração de shunts (Qp:Qs).²³ É considerada inferior ao Eco para quantificar velocidades (e, por consequência, gradientes pressóricos), mas superior na quantificação de volumes de fluxo (por exemplo, na avaliação de regurgitação pulmonar, onde é considerado o método padrão-ouro).^{19,24}

A RM permite ainda a realização de imagens angiográficas de forma semelhante à angiografia invasiva. Estas imagens são possíveis sem o contraste venoso, mas em baixa resolução. Idealmente, deve-se utilizar um contraste metálico paramagnético (Gadolinio) injetado numa veia periférica. Este contraste é considerado seguro, associado a menos complicações se comparado ao contraste iodado utilizado na angiografia invasiva ou TC. Entretanto, seu uso é contraindicado em pacientes com insuficiência renal, devido ao risco de desenvolvimento de Fibrose Nefrogênica Sistêmica, uma doença rara, mas de alta morbi-mortalidade.²⁵

A RM é um estudo extremamente versátil, muitas outras sequências de pulso existem, e podem ser utilizadas em casos específicos. Temos como exemplo imagens anatômicas spin-eco em "sangue escuro", onde o sangue em movimento se mostra como ausência de sinal, com aspecto escuro nas imagens. São usadas para avaliar estenoses vasculares, ou ainda para caracterização tecidual (T1 para pesquisa de gordura, ou T2 para edema miocárdico). Também há aquelas desenhadas para a avaliação dinâmica de perfusão miocárdica (inclusive com estresse farmacológico), realce tardio para pesquisa de fibrose miocárdica, e outras sequências para estudo de composição tecidual (supressão de gordura, multi-eco T2* para quantificação férrica, mapeamento T1, dentre outros). Destaca-se uma clara vantagem da RM sobre o Eco e TC em situações onde é necessária caracterização tecidual (como análise de viabilidade miocárdica, cardiomiopatias e tumores cardíacos). A detecção de fibrose miocárdica pela técnica do realce tardio é relacionada a um pior prognóstico em diversas CC.²⁶⁻²⁸ Fica claro também que o exame de RM é realizado de forma bastante individualizada, com protocolos e sequências sendo escolhidas de forma específica para responder dúvidas pontuais do médico solicitante.

Outras desvantagens da RM incluem seu maior preço e menor disponibilidade, além do tempo de exame extremamente longo (pelo menos 20 minutos, mas em geral excedendo uma hora), limitando bastante o seu uso em pacientes graves e em condições hemodinâmicas limítrofes. É necessária a

colaboração do paciente, com múltiplas apneias. Este fato limita seu uso em crianças pequenas, onde geralmente há a necessidade de sedação ou anestesia, mas tem menor peso na decisão em pacientes adultos. Historicamente considerou-se contraindicação à realização de RM a presença de marca-passos e desfibriladores, mas este fato tem sido revisto, em geral o exame pode ser feito com segurança, respeitando-se algumas condições.²⁹ Algumas outras situações contraindicam a realização da RM, como a presença de implantes cocleares, grampos vasculares intracranianos e corpo estranho metálico intraocular.

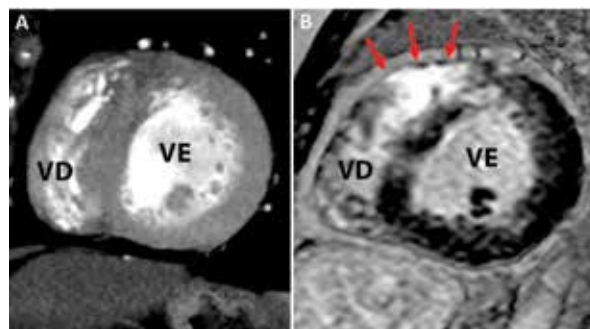


Figura. Procedimento de Damus-Kaye-Stansel, comparação das imagens de TC (A) e RM (B). A RM mostra uma imagem de realce tardio após o uso intravenoso de Gadolinio, demonstrando extensa fibrose (infarto) no ventrículo direito (setas). Também há hipertrofia ventricular esquerda.

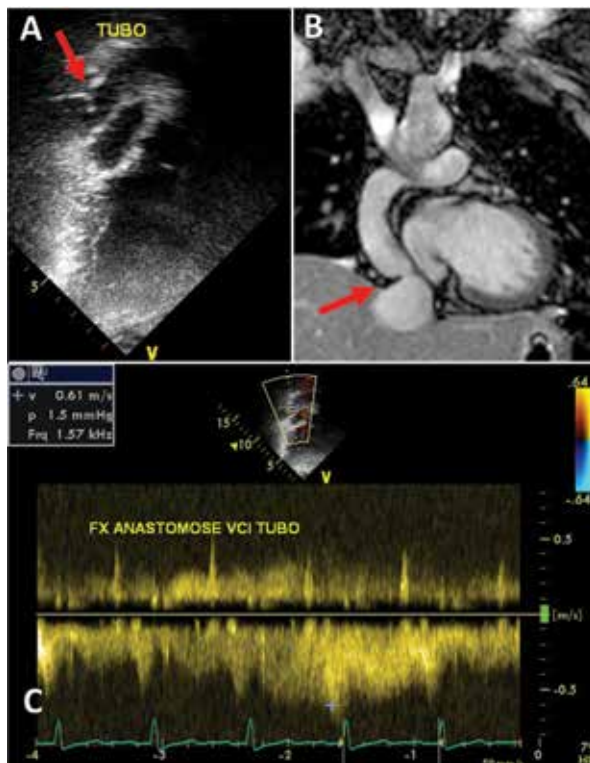


Figura. Paciente de 30 anos, após cirurgia de Fontan, estenose na anastomose caudal do tubo extra-cardíaco. Em A, Eco biplanar demonstrando o local da estenose (seta). Em B, imagem de RM também mostrando a lesão (seta). Em C, Doppler espectral mostrando aceleração e turbulência de fluxo no local da estenose.

Outras estruturas metálicas não contraindicam o estudo, não representando risco à realização do exame. Aqui estão incluídos outros grampos cirúrgicos (revascularização miocárdica, colecistectomia, etc.), fios de esternotomia, a maioria das próteses ortopédicas, e a maioria das próteses valvares. Endopróteses metálicas também são seguras, exceto as de maiores dimensões (aórticas e carótídeas), que devem ser evitadas durante o primeiro mês após implante. Mesmo não representando risco à realização da RM, vale lembrar que todas aquelas que forem ferromagnéticas irão gerar artefatos que degradam o sinal local, impossibilitando uma análise adequada na região adjacente ao metal. Por exemplo, impossibilitando a avaliação da patência de endopróteses aórticas.¹⁶⁻¹⁸

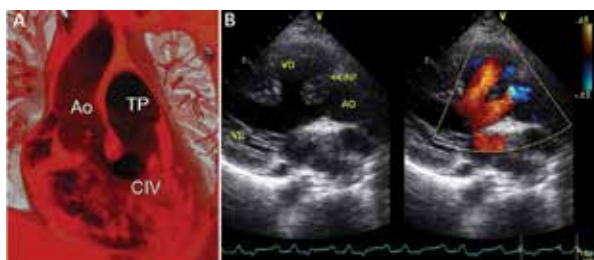


Figura. Paciente de 17 anos, dupla via de saída de ventrículo direito, com comunicação interventricular (CIV) duplamente relacionada. Comparação da avaliação por TC (A) e Eco (B). As CIVs supracristais são uma das poucas exceções onde a TC pode acrescentar informações relevantes em relação ao Eco, com melhor definição da anatomia. Note a relação topográfica entre as margens da CIV e o septo infundibular.

TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

A TC é um método excelente para a avaliação de grandes vasos mediastinais, equivalente ou discretamente superior à RM, e deve ser cogitada especialmente quando for necessária a avaliação de vasos de menor calibre, como artérias coronárias (cirurgias com reimplante como Jatene e Ross, ou proximidade a conduites que serão dilatados) e colaterais sistêmico-pulmonares. É superior na avaliação de calcificações, vias aéreas e parênquima pulmonar (compressões de vias aéreas, anéis vasculares, etc), com informações que são obtidas simultaneamente ao estudo angiográfico, sem necessidade de uma segunda aquisição. Tem a grande vantagem de ser um estudo extremamente rápido, possível de ser feito até em indivíduos graves e em condições hemodinâmicas limítrofes, minimizando a necessidade de sedação, inclusive em crianças.

Porém, dificuldades em quantificar de forma precisa a função cardíaca (por exemplo, devido à frequência cardíaca elevada), a incapacidade de quantificar fluxo e pior caracterização tecidual são claras desvantagens da TC sobre a RM, especialmente porque muitas vezes são estas as informações mais importantes que são necessárias para o seguimento destes indivíduos em longo prazo.

O princípio físico da TC é baseado na atenuação tecidual aos raios-X, ou seja, é um método que envolve radiação ionizante, com potenciais riscos carcinogênicos em longo prazo. Este fato certamente deve ser levado em consideração, especialmente ao lembrarmos que este risco é dose-dependente, e idade dependente, pacientes pediátricos são mais susceptíveis aos seus efeitos deletérios pela maior radio-sensibilidade dos seus tecidos, e também pelo maior tempo de vida onde podem surgir estes efeitos. Vale lembrar também que muitas vezes

estes indivíduos necessitam de exames seriados, tornando mais crítico o uso de métodos de imagem que envolvem radiação. Aquisições rápidas com doses cada vez mais baixas são possíveis nos novos tomógrafos multidetectores, além de recursos adicionais como sincronização eletrocardiográfica prospectiva, protocolos de modulação de dose e reconstruções iterativas, mas sempre que possível, deve-se priorizar métodos que não envolvam radiação ionizante.

Ao contrário da RM, a TC é essencialmente um estudo angiográfico. Para adequada análise vascular, sempre deve ser utilizado um contraste iodado injetado num acesso venoso periférico, o mesmo meio de contraste utilizado em angiografias invasivas. A aquisição das informações é feita durante o pico de opacificação vascular, em tempos diferentes dependendo da estrutura a ser analisada (artérias pulmonares, aorta, veia sistêmica, etc.). Desta forma, seu uso é limitado em indivíduos com contraindicações para o uso de contrastes iodados, como pacientes com insuficiência renal, alergia a iodo, asmáticos graves, etc.

Por outro lado, justamente pelo seguimento pós-tratamento destes indivíduos, não é incomum que tenham sido

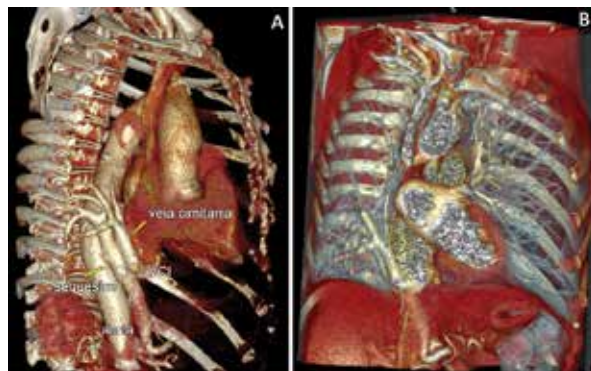


Figura. Paciente de 67 anos, síndrome venolobar congênita (Cimitarra), avaliada por TC. Em A, a drenagem venosa anômala pulmonar para veia cava inferior, e a calibrosa artéria sistêmica irrigando parte do pulmão direito, com origem no tronco celiaco. Em B, imagem coronal dos mesmos achados, e também mostrando a hipoplasia pulmonar direita com desvio das estruturas mediastinais.

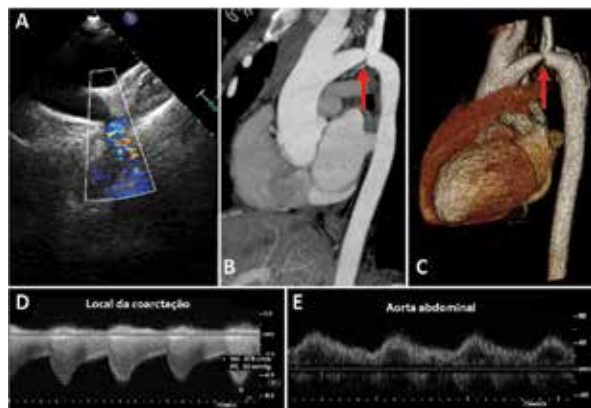


Figura. Paciente de 21 anos, estenose acentuada ("coarctação") de arco aórtico, imediatamente antes da origem da artéria subclávia esquerda. Em A, mapeamento em cores de Eco demonstrando o local da lesão, com aceleração e turbulência de fluxo. Em B e C, angioTC demonstrando a estenose (setas). Em D e E, análise espectral de velocidades, no local da coarctação e na aorta abdominal.

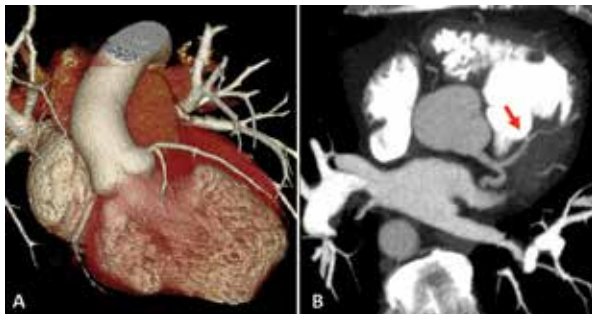


Figura. Angiotomografia de artérias coronárias, dois pacientes em pós-operatório de cardiopatias congênitas, rastreamento devido a antecedente familiar importante. Em A, paciente de 30 anos, Transposição de Grandes Artérias, cirurgia de Senning, exame normal. Em B, paciente de 44 anos, após correção de Tetralogia de Fallot, placa calcificada não-obstrutiva proximal na artéria descendente anterior (seta), escore de cálcio de 15 (percentil 75).

utilizados endopróteses metálicas e outros dispositivos ferromagnéticos no tratamento. Diferente da RM, a avaliação por TC é muito menos prejudicada pela presença destes artefatos, permitindo inclusive a avaliação da patência de *stents*. Outra conduta relativamente comum é o implante de marca-passos e desfibriladores, o que pode contraindicar a realização de RM, tornando a TC uma alternativa atrativa.³⁰⁻³³

O QUE MUDA EM RELAÇÃO À POPULAÇÃO PEDIÁTRICA?

Os adultos com CC possuem algumas peculiaridades que devem ser levadas em consideração ao planejar uma estratégia de investigação por imagem.

Assim como na população pediátrica, a avaliação sempre deve ser iniciada com o Eco, por todos os motivos já discutidos. Porém, em adultos, a chance de acesso ecográfico inadequado é maior, devido às características morfológicas do tórax, especialmente em pacientes submetidos a cirurgias. Desta forma, a possibilidade de se necessitar de um método complementar é maior do que em crianças. Pacientes adultos oferecem algumas outras vantagens em relação às crianças, com maior colaboração e menor necessidade de sedação.

Embora a preocupação com radiação ionizante e seus potenciais efeitos maléficos deva estar sempre presente ao elaborarmos estratégias de investigação por métodos de imagem, é certo que quanto menor a idade, maior deve ser esta preocupação. Desta forma, evitar métodos que envolvam radiação ionizante (como a TC) deve ser uma prioridade maior em crianças, e menos crítico em adultos com CC. Porém, é interessante recordar que uma das grandes vantagens práticas da TC em relação à RM em crianças com CC é a grande velocidade de aquisição de imagem, sendo útil em

CC complexas e graves, que poderiam não suportar um exame longo como a RM. Desta forma, em adultos, já investigados, muitas vezes já tratados, estáveis e colaborativos, a necessidade de se realizar TC em detrimento à RM é menor.

Há duas últimas peculiaridades em relação à TC em adultos com CC. A indicação primordial de TC em adultos é a investigação de doença arterial coronária (DAC). Assim, com o crescimento destes pacientes com CC, há a necessidade de avaliação destas doenças adultas não-relacionadas à CC. Há maior incidência de sedentarismo e sobrepeso em adultos com CC, e algumas doenças podem cursar com outros fatores de risco, como hipertensão arterial sistêmica.¹ Porém, ainda não é claro se existe maior risco de DAC em adultos com CC.^{34,35}

Adultos com CC necessitam seguimento por imagem a longo prazo, geralmente por toda a vida. Via de regra são colaborativos, suportando um exame de longa duração como a RM. Desta forma, a RM é um excelente método para o acompanhamento destes indivíduos. Porém, não raro, adultos com CC possuem dispositivos que podem contraindicar a RM, ou limitar sua análise, como marca-passos e desfibriladores implantáveis (como já mencionado, atualmente uma contraindicação relativa), e estruturas ferromagnéticas como *stents* e molas de embolização. Nestes casos selecionados, a TC pode ser cogitada como alternativa. Em aparelhos multidetectores, a TC pode ser adquirida com dados ao longo de todo o ciclo cardíaco, permitindo uma análise de volumes cavitários e função contrátil, de forma similar à RM, porém, à custa de uma maior dose de radiação.³⁶ Em crianças pequenas e com frequência cardíaca elevada, esta análise é limitada pela pior resolução temporal da TC, o que não ocorre nos adultos com CC.

CONCLUSÕES

Adultos com CC formam uma crescente população com necessidades bastante específicas, e particularidades também na estratégia de investigação por imagem. O Eco permanece a modalidade de estudo de primeira linha, a escolha dos demais métodos depende de questões clínicas que permanecerem sem elucidação. Como principais métodos complementares destaca-se a RM e TC, que, assim como o Eco, possuem indicações específicas, vantagens e desvantagens. Para um adequado seguimento destes indivíduos, há a necessidade de associar de forma racional estas técnicas de exame não-invasivas.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não possuir conflitos de interesse na realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

1. Jatene IB. Cardiopatias congênitas em adultos: um problema em ascensão. *Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo*. 2015;25(3):156-9.
2. Warnes CA. The adult with congenital heart disease: Born to be bad? *J Am Coll Cardiol*. 2005;46:1-8.
3. Atik E, Atik FA. Congenital heart disease in adults. Considerations about evolution, natural and in operated patients. *Arq Bras Cardiol*. 2001;76(5):430-6.
4. Mackie AS, Ionescu-Iltu R, Therrien J, Pilote L, Abrahamowicz M, Marelli AJ. Children and adults with congenital heart disease lost to follow-up: who and when? *Circulation*. 2009;120(4):302-9.
5. Grown-up congenital heart (GUCH) disease: current needs and provision of service for adolescents and adults with congenital heart disease in the UK. Report of the British Cardiac Society Working Party. *Heart*. 2002;88:i1-i14.

6. Sara L, Szarf G, Tachibana A, Shiozaki AA, Villa AV, Oliveira AC, et al. Il Diretriz de Ressonância Magnética e Tomografia Computadorizada Cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia e do Colégio Brasileiro de Radiologia. *Arq. Bras. Cardiol.* 2014;103(6 Suppl 3):1-86.
7. Baumgartner H, Bonhoeffer P, De Groot NM, de Haan F, Deanfield JE, Galie N, et al. ESC Guidelines for the management of grown-up congenital heart disease (new version 2010): The Task Force on the Management of Grown-up Congenital Heart Disease of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J.* 2010;31 (23): 2915-57.
8. Warnes CA, Williams RG, Bashore TM, Child JS, Connolly HM, Dearani JA, et al. ACC/AHA 2008 Guidelines for the Management of Adults with Congenital Heart Disease: Executive Summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (writing committee to develop guidelines for the management of adults with congenital heart disease). *Circulation.* 2008;118(23):2395-451.
9. Orwat S, Diller GP, Baumgartner H. Imaging of congenital heart disease in adults: choice of modalities. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2014;15(1):6-17.
10. Kilner PJ. Imaging congenital heart disease in adults. *Br J Radiol.* 2011;84 Spec No 3:S258-68.
11. Martins TC, Ishikawa WY. Diagnóstico por imagem nas cardiopatias congênitas no adulto. In: Moreira SM, Paola AV; Sociedade Brasileira de Cardiologia. Livro Texto da Sociedade Brasileira de Cardiologia. 2ª. ed. São Paulo: Manole; 2015.p.1527-43.
12. Houston A, Hillis S, Lilley S, Richens T, Swan L. Echocardiography in adult congenital heart disease. *Heart.* 1998;80(Suppl 1):S12-S26.
13. Lai WW, Geva T, Shirali GS, Frommelt PC, Humes RA, Brook MM, et al. Guidelines and standards for performance of a pediatric echocardiogram: a report from the Task Force of the Pediatric Council of the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2006;19(12):1413-30.
14. Truong UT, Kutty S, Broberg CS, Sahn DJ. Multimodality Imaging in Congenital Heart Disease: an Update. *Curr Cardiovasc Imaging Rep.* 2012;5:481-90.
15. Kutty S, Danford DA. Pediatric and adult congenital heart disease imaging: choices and considerations. *J Ultrasound Med.* 2013;32(8):1351-2.
16. Kilner PJ, Geva T, Kaemmerer H, Trindade PT, Schwitter J, Webb GD. Recommendations for cardiovascular magnetic resonance in adults with congenital heart disease from the respective working groups of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J.* 2010; 31(7):794-805.
17. Fratz S, Chung T, Greil GF, Samyn MM, Taylor AM, Valsangiacomo Buechel ER, et al. Guidelines and protocols for cardiovascular magnetic resonance in children and adults with congenital heart disease: SCMR expert consensus group on congenital heart disease. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2013;15:51.
18. Partington SL, Valente AM. Cardiac Magnetic Resonance In Adults With Congenital Heart Disease. *Methodist DeBakey Cardiovasc J.* 2013;9(3):156-62.
19. Valente AM, Cook S, Festa P, Ko HH, Krishnamurthy R, Taylor AM, et al. Multimodality imaging guidelines for patients with repaired tetralogy of fallot: a report from the American Society of Echocardiography: developed in collaboration with the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance and the Society for Pediatric Radiology. *J Am Soc Echocardiogr.* 2014;27(2):111-41.
20. Cohen MS, Eidem BW, Cetta F, Fogel MA, Frommelt PC, Ganame J, et al. Multimodality Imaging Guidelines of Patients with Transposition of the Great Arteries: A Report from the American Society of Echocardiography Developed in Collaboration with the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance and the Society of Cardiovascular Computed Tomography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2016;29(7):571-621.
21. Roos-Hesselink JW, Meijboom FJ, Spitaels SE, van Domburg R, van Rijen EH, Utens EM, et al. Decline in ventricular function and clinical condition after Mustard repair for transposition of the great arteries (a prospective study of 22-29 years). *Eur Heart J.* 2004;25:1264-70.
22. Rathod RH, Prakash A, Kim YY, Germanakis IE, Powell AJ, Gaurvrau K, et al. Cardiac magnetic resonance parameters predict transplantation free survival in patients with fontan circulation. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2014;7:502-9.
23. Goldberg A, Jha S. Phase-contrast MRI and applications in congenital heart disease. *Clin Radiol.* 2012;67:399-410.
24. Gabbour M, Schnell S, Jarvis K, Robinson JD, Markl M, Rigsby CK. 4-D flow magnetic resonance imaging: blood flow quantification compared to 2-D phase-contrast magnetic resonance imaging and Doppler echocardiography. *Pediatr Radiol.* 2015;45(6):804-13.
25. Thomsen HS. Nephrogenic systemic fibrosis: a serious adverse reaction to gadolinium - 1997-2006-2016. Part 1. *Acta Radiol.* 2016;57(5):515-20.
26. Babu-Narayan SV, Goktekin O, Moon JC, Broberg CS, Pantely GA, Pennell DJ, et al. Late gadolinium enhancement cardiovascular magnetic resonance of the systemic right ventricle in adults with previous atrial redirection surgery for transposition of the great arteries. *Circulation.* 2005;111:2091-8.
27. Babu-Narayan SV, Kilner PJ, Li W, Moon JC, Goktekin O, Davlouros PA, et al. Ventricular fibrosis suggested by cardiovascular magnetic resonance in adults with repaired tetralogy of fallot and its relationship to adverse markers of clinical outcome. *Circulation.* 2006;113:405-13.
28. Rathod RH, Prakash A, Powell AJ, Geva T. Myocardial fibrosis identified by cardiac magnetic resonance late gadolinium enhancement is associated with adverse ventricular mechanics and ventricular tachycardia late after Fontan operation. *J Am Coll Cardiol.* 2010;55:1721-8.
29. Nazarian S, Hansford R, Roguin A, Goldsher D, Zviman MM, Lardo AC, et al. A prospective evaluation of a protocol for magnetic resonance imaging of patients with implanted cardiac devices. *Ann Intern Med.* 2011;155:415-24.
30. Samyn MM. A review of the complementary information available with cardiac magnetic resonance imaging and multi-slice computed tomography (CT) during the study of congenital heart disease. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2004;20(6):569-78.
31. Hughes D Jr, Siegel MJ. Computed tomography of adult congenital heart disease. *Radiol Clin North Am.* 2010 Jul;48(4):817-35.
32. Han BK, Rigsby CK, Hlavacek A, Leipsic J, Nicol ED, Siegel MJ, et al. Society of Cardiovascular Computed T, Society of Pediatric R and North American Society of Cardiac I. Computed Tomography Imaging in Patients with Congenital Heart Disease Part I: Rationale and Utility. An Expert Consensus Document of the Society of Cardiovascular Computed Tomography (SCCT): Endorsed by the Society of Pediatric Radiology (SPR) and the North American Society of Cardiac Imaging (NASCI). *J Cardiovasc Comput Tomogr.* 2015;9:475-92.
33. Han BK, Rigsby CK, Leipsic J, Bardo D, Abbata S, Ghoshhajra B, et al. Society of Cardiovascular Computed T, Society of Pediatric R and North American Society of Cardiac I. Computed Tomography Imaging in Patients with Congenital Heart Disease, Part 2: Technical Recommendations. An Expert Consensus Document of the Society of Cardiovascular Computed Tomography (SCCT): Endorsed by the Society of Pediatric Radiology (SPR) and the North American Society of Cardiac Imaging (NASCI). *J Cardiovasc Comput Tomogr.* 2015;9:493-513.
34. Yalonetsky S, Horlick EM, Osten MD, Benson LN, Oechslin EN, Silversides CK. Clinical characteristics of coronary artery disease in adults with congenital heart defects. *Int J Cardiol.* 2013;164(2):217-20.
35. Giannakoulas G, Dimopoulos K, Engel R, Goktekin O, Kucukdurmaz Z, Vatankulu MA, et al. Burden of coronary artery disease in adults with congenital heart disease and its relation to congenital and traditional heart risk factors. *Am J Cardiol.* 2009;103(10):1445-50.
36. Asferg C, Usinger L, Kristensen TS, Abdulla J. Accuracy of multi-slice computed tomography for measurement of left ventricular ejection fraction compared with cardiac magnetic resonance imaging and two-dimensional transthoracic echocardiography: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Radiol.* 2012;81:e757-e762.

MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA PERFUSÃO MIOCÁRDICA

MYOCARDIAL PERFUSION EVALUATION METHODS

RESUMO

Paola Emanuela Poggio
Smanio^{1,2}

André Schmidt^{3,4}

1. Instituto Dante Pazzanese de
Cardiologia. São Paulo, SP, Brasil.

2. Fleury Medicina e Saúde. São
Paulo, SP, Brasil.

3. Faculdade de Medicina de Ribeirão
Preto, Universidade de São Paulo,
SP, Brasil.

4. Hospital das Clínicas da Faculdade
de Medicina de Ribeirão Preto da
Universidade de São Paulo, SP Brasil.

Correspondência:

Av Dante Pazzanese, 500 . Seção de
Medicina Nuclear. CEP 04012-090.
São Paulo, SP, Brasil.
paola.smanio@grupofleury.com.br
pgmsmanio@gmail.com

A doença arterial coronariana é altamente prevalente. A caracterização anatômica apenas não é suficiente para determinar o grau de isquemia que uma estenose acarreta, especialmente nos momentos de demanda aumentada. Os métodos de avaliação da perfusão miocárdica permitem caracterizar a repercussão funcional de uma estenose coronariana e auxiliam na escolha da conduta médica a ser adotada. Os métodos de imagem utilizados atualmente desenvolveram formas de avaliar a adequação da perfusão miocárdica em repouso e em estresse. Na presente revisão, são discutidas as diversas modalidades não invasivas de avaliação da perfusão miocárdica.

Descritores: Imagem; Perfusão miocárdica; Doença arterial coronariana; Técnicas de imagem cardíacas.

ABSTRACT

Coronary artery disease is highly prevalent. Anatomical characterization alone is not sufficient to establish the degree of ischemia caused by an obstruction, especially in moments of high myocardial demand. Myocardial perfusion evaluation methods enable the functional repercussion of a coronary stenosis to be characterized, and assist in the choice of medical conduct to be adopted. The imaging methods currently in use have developed ways of evaluating the adequacy of myocardial perfusion at rest and in stress. This revision article discusses the various non-invasive modalities of myocardial perfusion evaluation.

Descriptors: Imaging; Myocardial perfusion; Coronary artery disease; Cardiac imaging techniques.

INTRODUÇÃO

Há muito foi caracterizada a capacidade dos vasos coronarianos em manter fluxo adequado em repouso e mesmo no estresse, apesar da presença de estenose em distintos graus sem que ocorra isquemia miocárdica.^{1,2} Esta “reserva coronariana” avaliada por meio da perfusão miocárdica tem sido amplamente investigada, notadamente no campo da Doença Arterial Coronariana (DAC), já que implicações diagnósticas e prognósticas estão a ela vinculadas.

Após o grande avanço ocorrido com a cineangiocoronariografia, que permitiu uma avaliação anatômica ainda que invasiva, a questão que se impôs a seguir foi: qual a repercussão funcional da estenose visibilizada? No início esta questão era crucial para o correto encaminhamento do paciente para o tratamento cirúrgico, que apresentava risco significativo. Em seguida, com o surgimento da angioplastia coronariana, especialmente após a incorporação dos *Stents*, a caracterização da repercussão funcional e da viabilidade do miocárdio a jusante de uma estenose coronariana passou a ser relevante face os riscos de reestenose e os custos financeiros envolvidos com o procedimento.

Ao longo dos anos, com o desenvolvimento de métodos de imagem não invasivos para exploração anatômica e funcional do coração, técnicas de avaliação da

perfusão miocárdica foram implantadas e validadas.³ Assim, a Dopplerecografiografia, cintilografia miocárdica, ressonância magnética cardíaca (RMC) e tomografia computadorizada e a tomografia por emissão de pósitrons (PET) permitem uma avaliação funcional não-invasiva com base na perfusão miocárdica. Mais recentemente, a cineangiocoronariografia incorporou uma avaliação funcional da perfusão miocárdica, a reserva de fluxo coronariano (FFR). Esta metodologia não será discutida neste artigo por se tratar de técnica invasiva.

Este artigo revisa as diversas metodologias não-invasivas à disposição do cardiologista para determinar a integridade ou o grau de desarranjo na perfusão miocárdica, como forma de prover uma precisa avaliação diagnóstica e, em alguns casos, prognóstica da DAC.

AVALIAÇÃO DA PERFUSÃO PELA ECOCARDIOGRAFIA

Ecocardiograma Transtorácico Sob Estresse

A ecocardiografia transtorácica é um método de baixo custo e alta disponibilidade, que fornece informações sobre as funções sistólica e diastólica do ventrículo esquerdo, assim como sobre os fluxos transvalvares. Vale ressaltar, entretanto,

que a avaliação em repouso apresenta baixo valor preditivo positivo para detecção de doença arterial coronária.⁴

A utilidade da ecocardiografia com estresse pela dobutamina, na localização e na extensão da DAC foi demonstrada, precocemente, pela primeira vez em 1986, após o infarto agudo do miocárdio (IAM), em 30 pacientes. Os autores notaram excelente perfil de tolerabilidade, com sensibilidade e especificidade global de 85% e 88% na detecção de DAC distante da área de infarto.⁵ Seu uso está estabelecido para avaliação de pacientes com DAC obstrutiva suspeita ou conhecida, exercendo importante papel na determinação do diagnóstico e prognóstico, no impacto da terapia de revascularização, na detecção de viabilidade miocárdica e no auxílio às decisões terapêuticas.

Os métodos disponíveis para a indução do estresse são o esforço físico (esteira ou bicicleta ergométrica), o uso de drogas vasodilatadoras (dipiridamol e adenosina) ou de estimulantes adrenérgicos (dobutamina), e a estimulação atrial transesofágica. A indução de isquemia miocárdica por esforço físico, dobutamina e marcapasso transesofágico baseia-se no aumento do duplo produto cardíaco e, consequentemente, do consumo miocárdico de oxigênio.⁴ Os agentes vasodilatadores aumentam o fluxo sanguíneo coronário e podem levar a perfusão miocárdica heterogênea em decorrência de roubo de fluxo, suficiente para causar isquemia miocárdica, e não pelo aumento no duplo-produto.^{4,6}

O método pode ser de grande auxílio diagnóstico, especialmente quando a história clínica e o eletrocardiograma não são conclusivos, ao demonstrar alterações reversíveis ou não da motilidade segmentar em pacientes com quadro clínico de DAC. Como a ecocardiografia possibilita a avaliação em tempo real da motilidade ventricular esquerda, técnicas que utilizam estresse pelo esforço físico ou farmacológico, seja ele inotrópico ou vasodilatador, possibilitam a documentação da extensão e da gravidade das alterações transitórias da motilidade ventricular esquerda. Embora não definam o grau de estenose das artérias coronárias, os testes de estresse cardiovascular determinam a importância fisiológica de determinada obstrução ao fluxo sanguíneo. Em pacientes com DAC suspeita ou conhecida, a avaliação ecocardiográfica das funções global e regional do ventrículo esquerdo durante o estresse permite não só o diagnóstico, mas também a determinação da gravidade e da extensão da isquemia miocárdica, de acordo com o período necessário para indução e recuperação das alterações de motilidade e com o número de segmentos miocárdicos acometidos.^{4,6} Uma das principais limitações da ecocardiografia sob estresse é a necessidade de adequada visualização e delineamento das bordas endocárdicas para a detecção de alterações transitórias e, algumas vezes, bastante discretas da mobilidade miocárdica. A não definição adequada das bordas do endocárdio do ventrículo esquerdo é uma possível causa de falso resultado, e aumenta a variabilidade intra e interobservador na interpretação do exame.⁴ A ecocardiografia com contraste ultrassônico à base de microbolhas é importante avanço no diagnóstico desse grupo de pacientes. Essas microbolhas se comportam no sangue como hemácias, preenchem a cavidade ventricular esquerda permitindo precisa avaliação de alterações da motilidade segmentar, e, após preencherem a microcirculação coronária, permitem

a avaliação do fluxo sanguíneo intramiocárdico, ou seja, da perfusão miocárdica. Novos avanços tecnológicos, como Doppler tecidual, imagem em segunda harmônica, uso de agentes de contraste e imagem tridimensional, têm tornado a ecocardiografia sob estresse um método com alta exequibilidade e reprodutibilidade para a avaliação de doença arterial coronária.^{4,6}

VALOR DIAGNÓSTICO DA ECOCARDIOGRAFIA SOB STRESSE

A ecocardiografia sob estresse apresenta boa acurácia para detecção de isquemia miocárdica induzida, em pacientes com probabilidade pré-teste intermediária ou alta.⁷ Quando comparada ao teste ergométrico, a ecocardiografia sob estresse pela dobutamina tem maior sensibilidade.^{4,8} Enquanto a ecocardiografia pela dobutamina e a ecocardiografia pelo exercício apresentam acurácia diagnóstica semelhante, a ecocardiografia sob estresse pelo dipiridamol parece apresentar acurácia diagnóstica um pouco menor, e essa diferença pode ser atribuída à menor sensibilidade do dipiridamol na identificação de pacientes com doença uniarterial.⁹

A adição de atropina à ecocardiografia sob estresse farmacológico aumenta a acurácia do teste e diminui o número de testes ineficazes, especialmente sob uso de betabloqueador.^{4,8,10}

A presença ou a ausência de isquemia miocárdica induzida pela ecocardiografia sob estresse físico ou farmacológico apresentam importante valor prognóstico. A presença de um resultado negativo está associada a baixo risco de eventos cardiovasculares durante o acompanhamento, sendo este menor que 1% em um ano, enquanto um teste positivo pode implicar em risco anual de eventos superior a 15%.^{4,11}

ECOCARDIOGRAFIA NA SÍNDROME CORONÁRIA AGUDA

A ecocardiografia transtorácica é um excelente método de triagem em pacientes com doença arterial coronária, pois as alterações da motilidade segmentar ocorrem em segundos após a oclusão coronária. Apesar de poderem significar isquemia ou infarto antigo ao invés de agudo, as alterações da motilidade segmentar nos ajudam a afastar outras causas de dor precordial, como dissecação de aorta, pericardite e embolia pulmonar maciça.¹² A ecocardiografia sob estresse tem sido utilizada em pacientes admitidos na unidade de emergência com dor torácica, eletrocardiograma não diagnóstico, enzimas cardíacas normais e suspeita de angina instável de risco baixo ou intermediário.^{4,12,13}

AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE MIOCÁRDICA

No contexto da cardiomiopatia isquêmica, a ecocardiografia em repouso fornece uma série de informações sobre função ventricular esquerda e viabilidade. Por outro lado, segmentos na região de infarto antigo com menos de 6 mm e com ecogenicidade aumentada podem ser considerados tecido cicatricial com alta especificidade.^{4,14} Outras informações classicamente conferidas pela ecocardiografia transtorácica estão relacionadas a complicações, como

presença de disfunção ventricular esquerda, gravidade de insuficiência mitral, presença de aneurismas e pseudoa-
neurismas ventriculares, trombos e outras comorbidades,
como valvopatias aórtica e mitral e hipertensão arterial
pulmonar.^{4,14} Na doença arterial coronária crônica estabele-
cida, a função contrátil miocárdica pode estar deprimida
em decorrência da necrose miocárdica ou como resultado
do miocárdio hibernado. Em pacientes com doença multiar-
terial e função ventricular esquerda deprimida, a melhora da
motilidade miocárdica segmentar durante baixas doses de
dobutamina é considerada indicativa de reserva contrátil e
é preditor de melhora da função ventricular após cirurgia
de revascularização miocárdica.¹⁵

Na pesquisa de viabilidade miocárdica a ecocardiogra-
fia com fármacos tem se mostrado de grande valor.
Uma resposta bifásica, isto é, um aumento da contrati-
lidade miocárdica com baixas doses de dobutamina e
diminuição da mesma em dose mais alta, é considerada
importante fator preditor de recuperação do miocárdio
após revascularização.^{14,15}

A acurácia do método tem valores bastante diversos
na literatura. Estudo de Monin JL e col. mostrou valores de
sensibilidade e especificidade de 81% e 82%, respectiva-
mente para o ecocardiograma sob estresse com dobuta-
mina na detecção de viabilidade miocárdica.¹⁶ Foi descrito
anteriormente que a espessura da parede miocárdica ao
final da diástole é um marcador importante de viabilidade
do miocárdio em pacientes com suspeita de hibernação
e isto é capaz de prever a recuperação de função seme-
lhante ao que é descrito para a cintilografia miocárdica
com TI-201.^{14,15} Estudo demonstrou que aumento de 0,8
na espessura da parede incrementou a sensibilidade de
60% para 90% e o valor preditivo negativo de 78% para
92% quando se refere à recuperação funcional após a
revascularização.¹⁷

AVALIAÇÃO DA PERFUSÃO PELA MEDICINA NUCLEAR

A Medicina Nuclear é uma especialidade médica que
emprega materiais radioativos com finalidade diagnóstica e
terapêutica. Para tal, são administradas ao paciente fontes
abertas de radionuclídeos e substâncias denominadas ra-
diofármacos, compostas por elementos químicos emissores
de radiação, cuja distribuição para determinados órgãos é
revelada por um equipamento chamado gama-câmara. A
maior ou menor captação dos radiofármacos pelo órgão
avaliado permite estudar sua função, trazendo informações
que contribuem sobremaneira para o diagnóstico precoce,
estratificação de risco, escolha terapêutica, controle medi-
camentoso e evolutivo de algumas doenças.¹⁸

A Medicina Nuclear diagnóstica integra o conjunto de
especialidades de diagnóstico por imagem, tendo como
seus principais métodos, a cintilografia e a tomografia por
emissão de pósitrons (PET).

Na Cardiologia, os procedimentos de Medicina Nuclear se
aplicam à propedêutica armada não-invasiva. Vários exames
estão padronizados para diferentes cardiopatias, mas a maior
contribuição é dada à doença arterial coronária, sendo que
os exames clínicos mais importantes são a cintilografia de
perfusão do miocárdio associada ao teste ergométrico ou ao

estresse farmacológico, a pesquisa de viabilidade miocárdica,
o protocolo de dor torácica aguda e a cintilografia com pirofos-
fato para detecção de necrose, menos usado na atualidade.¹⁶

CINTILOGRAFIA DE PERFUSÃO MIOCÁRDICA

A cintilografia de perfusão miocárdica avalia indiretamente
o fluxo sanguíneo e a reserva de fluxo do miocárdio de forma
não-invasiva, após a injeção de uma substância que contém
um isótopo radioativo. A perfusão miocárdica no estado basal
e após estresse são comparadas com a finalidade de avaliar
possíveis áreas com alterações sugestivas de isquemia.

O miocárdio tem três territórios de irrigação, o da artéria
descendente anterior e seus ramos; o da artéria circunflexa e
seus ramos (ambas sendo originadas no tronco da coronária
esquerda) e o da artéria coronária direita e seus ramos. Desta
forma estudamos a perfusão das paredes anterior, septal,
apical, lateral e inferior.¹⁷

Os estudos da perfusão miocárdica são adquiridos e
analisados em cortes tomográficos (SPECT) no sentido verti-
cal e horizontal segundo seus eixos maior e menor. As fases
de estresse e basal são dispostas de forma comparativa e
pareadas entre si.

A interpretação pode ser feita de forma qualitativa des-
crevendo-se apenas a intensidade e a extensão da área
hipocaptante quando presente (discreta, moderada e acen-
tuada) ou através de análise semi-quantitativa.¹⁸

Desta forma, na análise qualitativa, quando a distribui-
ção do radiofármaco é homogênea em ambas as fases a
perfusão esta normal, se há hipoperfusão apenas após a
etapa de estresse o exame é sugestivo de isquemia e se a
hipoperfusão ocorre desde a fase basal possivelmente há
fibrose miocárdica. Pode ocorrer hipoperfusão parcialmente
reversível sugestiva de isquemia associada à área de fibrose.¹⁸

As Figuras 1,2,3 e 4 ilustram os padrões existentes
de perfusão.

Na análise semiquantitativa, programas de computador
dividem as paredes miocárdicas em 17 segmentos que
recebem escores variando de 0 a 4 conforme o grau de
hipoperfusão.¹⁸ Sendo o zero representativo de ausência
de alterações perfusionais; 1 alteração perfusional discreta;
2 moderada; 3 importante e o 4 ausência de perfusão no
segmento miocárdico avaliado. Desta forma, a soma desses
escores reflete a intensidade e a extensão da área acometi-
da que pode ser expressa pelos números SSS, SRS e SDS
(*Summed Stress Score*; *Summed Rest Score* e *Summed Dif-
ference Score*, respectivamente). Esta análise também pode
ser realizada pela percentagem de área acometida. Figura 5

Após a publicação do estudo COURAGE,¹⁹ a análise
semiquantitativa por percentagem de área acometida vem
sendo muito utilizada no auxílio à decisão terapêutica.

Com a evolução da técnica, ainda na década de 1990,²⁰
o estudo da perfusão passou a ser sincronizado com o
eletrocardiograma (*gated-SPECT*). Passou-se, desde então,
a obter informações da perfusão e da função do ventrículo
esquerdo em repouso e após o estresse, com avaliação
do espessamento sistólico e da contratilidade global e
segmentar, dos índices de fração de ejeção do ventrículo
esquerdo (FEVE) e dos volumes sistólico e diastólico finais
em ambas as etapas.

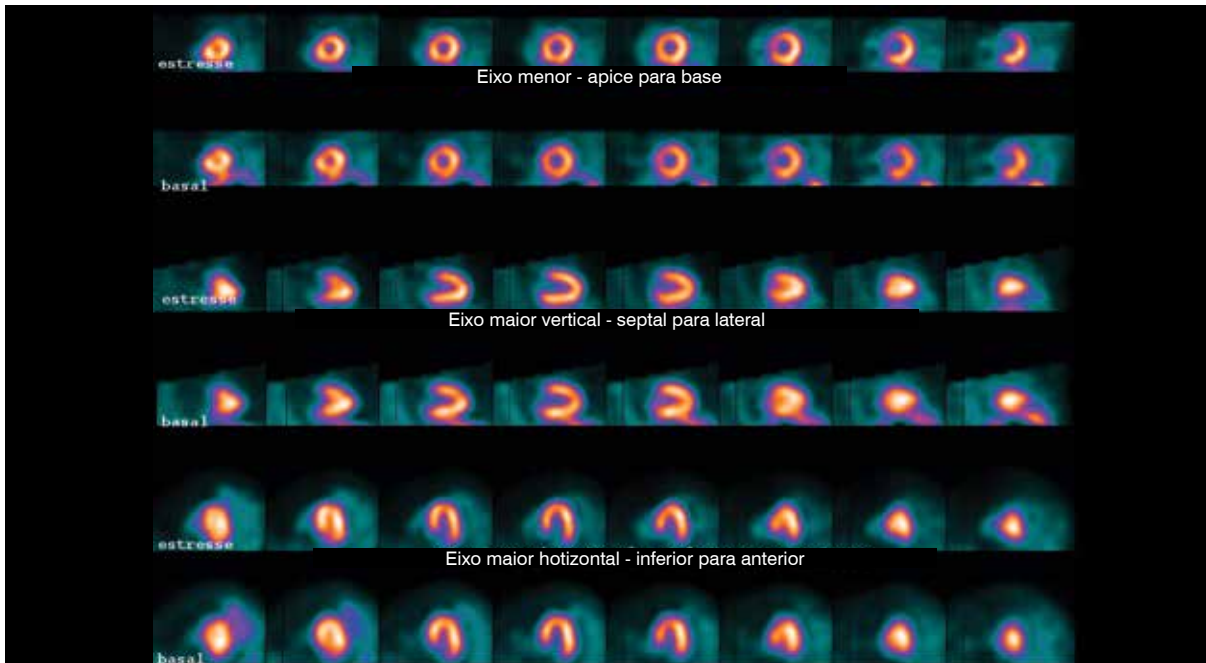


Figura 1. Perfusão miocárdica normal.

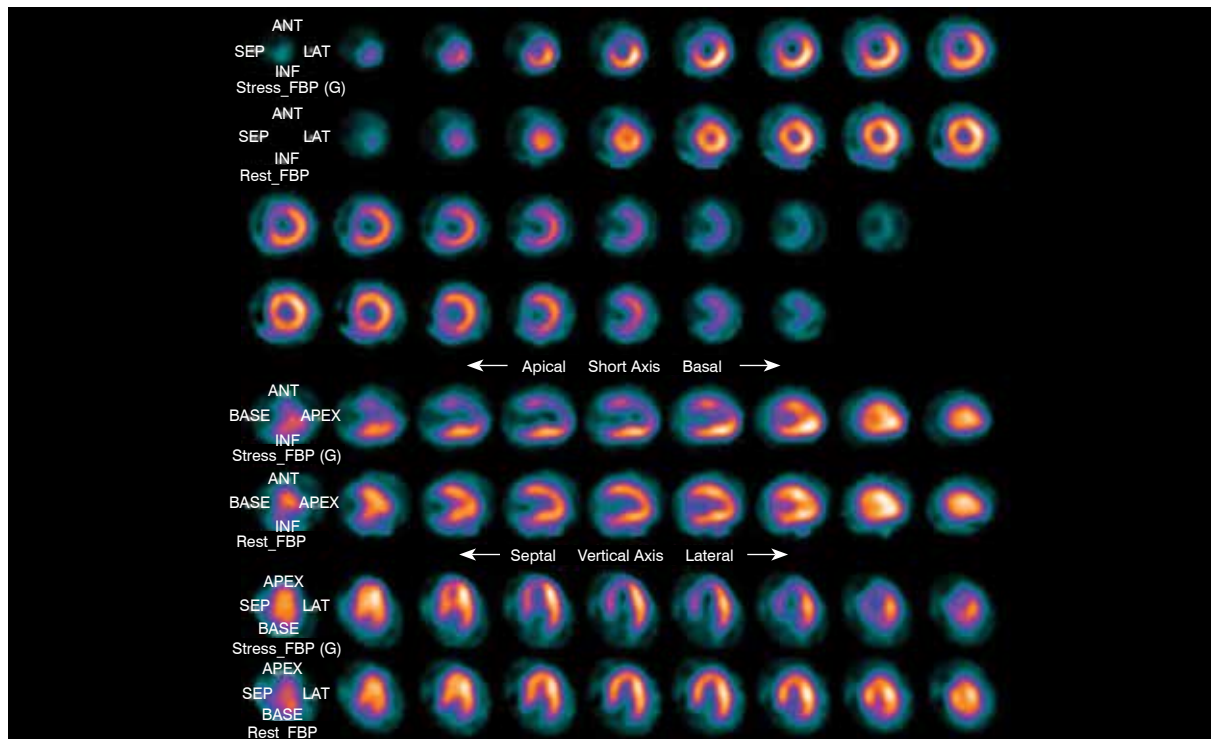


Figura 2. Hipoperfusão reversível nas paredes anterior e anterosséptal sugestiva de isquemia.

Considerações Sobre os Indicadores de Perfusão

Os complexos catiônicos intracelulares marcados com o emissor gama ^{99m}Tc fixam-se às mitocôndrias. São de maior praticidade e de logística mais favorável e universalmente os mais usados, com destaque para a isonitrila sestamibi (MIBI) e tetrofosmin.²¹

Tálio-201 distribui-se no compartimento potássio. Sua passagem através da membrana celular para o interior das

células do miocárdio se dá por transporte ativo, pelo sistema Na- K, ATPase. Tem a propriedade de se redistribuir entre o compartimento intracardíaco e o sangue, podendo transportar-se tardiamente para miocárdio que se recuperou de isquemia ou em miocárdio com fluxo sanguíneo muito reduzido. Devido à radiação relativamente mais elevada do paciente e à logística mais desfavorável, atualmente seu uso é restrito aos casos de pesquisa de viabilidade miocárdica.²²

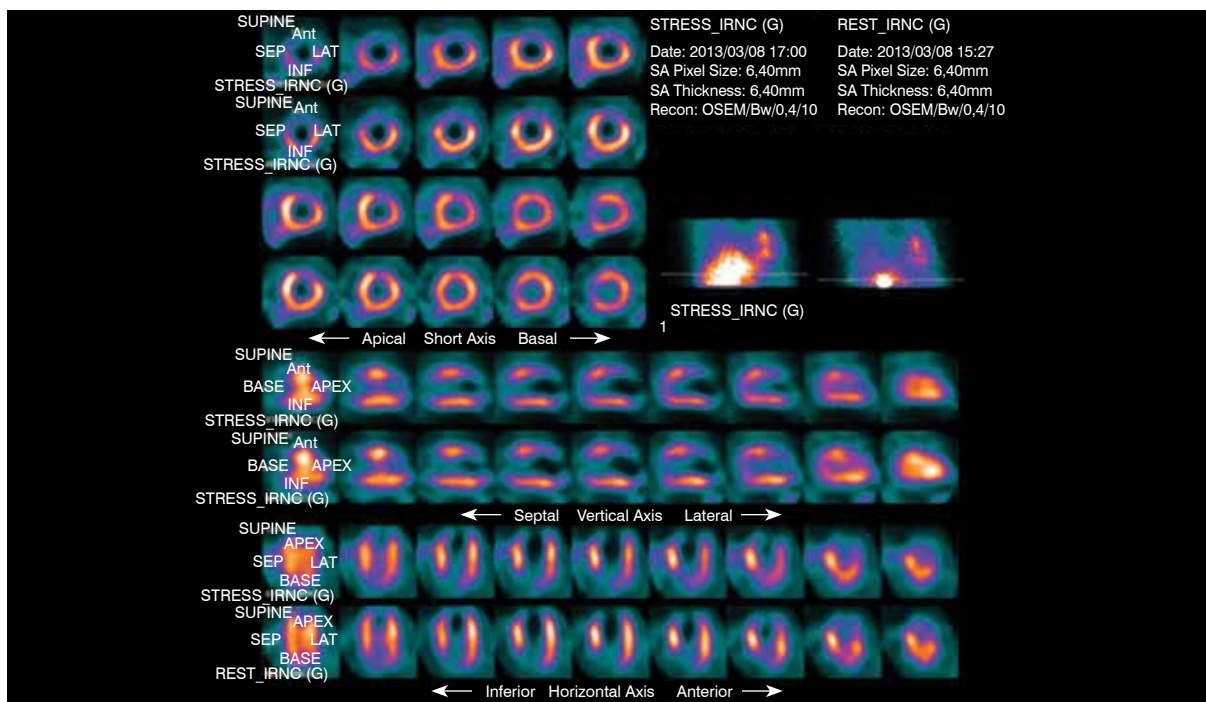


Figura 3. Hipoperfusão persistente nas paredes anterior e apical sugestiva de fibrose.

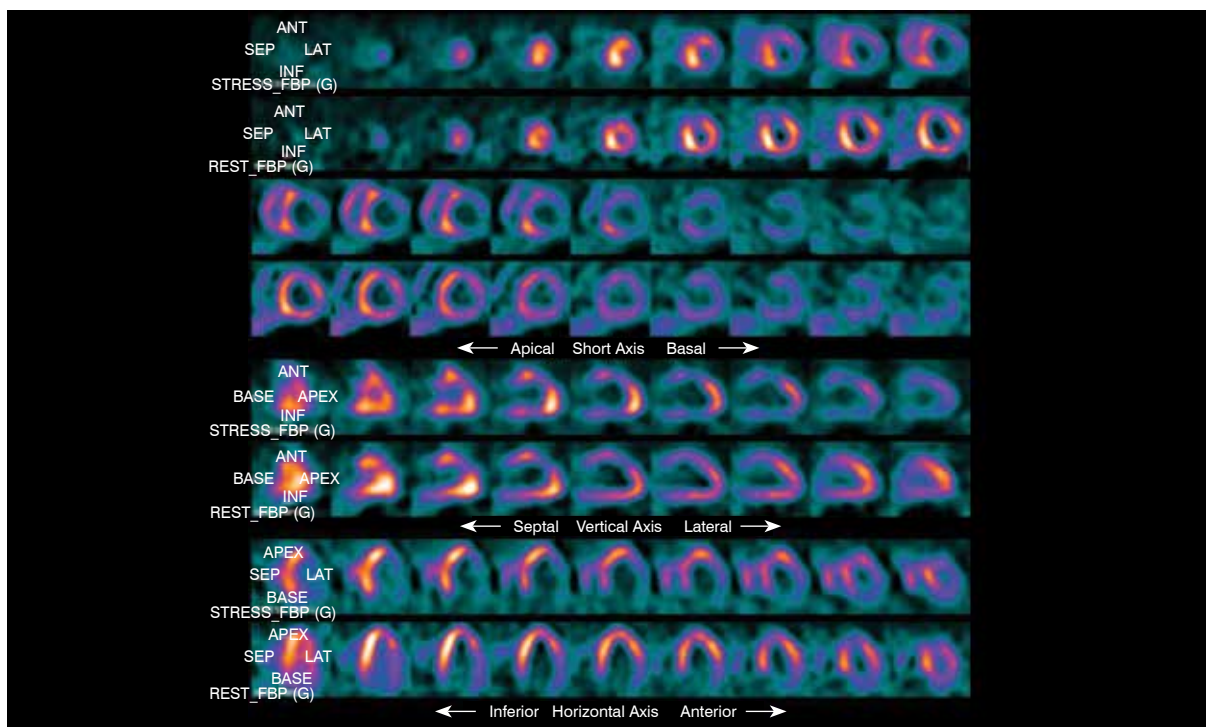


Figura 4. Hipoperfusão parcialmente reversível nas paredes anterior, lateral e inferior sugestiva de fibrose e importante isquemia peri-fibrose associada.

Rubídio-82 e amônia- ^{13}N são traçadores de perfusão emissores de pósitrons; as imagens são adquiridas em um equipamento de PET, o que limita os testes de indução de isquemia ao estresse farmacológico. Porém a tecnologia de PET permite quantificar a perfusão cardíaca global ou por regiões em ml/g/min e determinar a reserva de fluxo coronário,

o que aumenta a sensibilidade do teste de perfusão com estes indicadores.²³ O seu custo, a meia-vida extremamente curta dos radionuclídeos emissores de pósitrons ($^{82}\text{Rb} = 75\text{s}$, $^{13}\text{N} = 9,9\text{min}$) assim como a disponibilidade restrita de equipamentos de PET ainda são as principais causas da pouca difusão, principalmente em nosso meio.

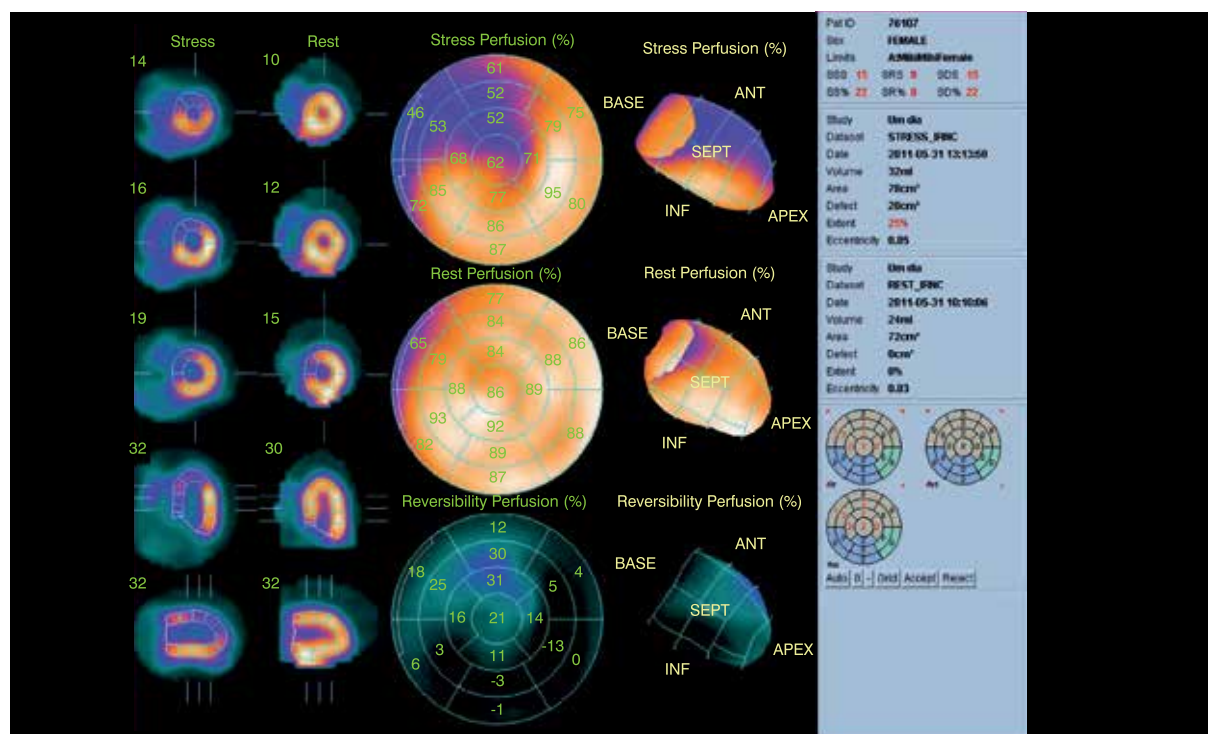


Figura 5. Exemplo de isquemia na parede anterosséptal acometendo 25% do miocárdio.

EVOLUÇÃO DA TÉCNICA

Recentemente, gama-câmaras convencionais com cristais de NaI (TI) têm sido substituídas por sistemas de imagem com detectores eletrônicos estacionários de estado sólido, mais conhecidas como gama-câmaras CZT (detectores de cádmio, zinco e telúrio). Como os detectores são múltiplos e estacionários, as várias projeções do coração necessárias para a obtenção de cortes tomográficos são adquiridas simultaneamente e não em imagens sequenciais como na gama câmera convencional, como consequência, o sistema CZT é mais rápido e eficiente, permitindo realização de imagens em menor tempo e de melhor qualidade com menor dose de atividade administrada. Os benefícios são menor exposição à radiação e menos artefatos de movimentos, pois os pacientes toleram melhor aquisições mais rápidas.²⁶

APLICAÇÕES CLÍNICAS DA CINTILOGRAFIA DE PERFUSÃO MIOCÁRDICA

Diagnóstico de Doença Arterial Coronária

A aplicação da cintilografia de perfusão miocárdica em pacientes com suspeita de DAC já está bem definida.¹⁶ Estabelecer a presença ou ausência de estenose coronária significativa (maior que 50% ou 70% nos vasos epicárdicos) é um dos principais objetivos da técnica. A definição de estenose superior a 50% como significativa resulta de estudos demonstrando que, a partir desse valor, ocorre perda da reserva de fluxo sanguíneo miocárdico, com o possível aparecimento de sintomas desencadeados pelo esforço.²⁷⁻²⁹ A cintilografia mostra se há diferenças na perfusão relativa das paredes do ventrículo esquerdo entre as imagens de repouso

e as de estresse. Pelos princípios fisiológicos da cascata isquêmica, a perfusão se mostra alterada antes das alterações da função ventricular, das alterações eletrocardiográficas e até mesmo do aparecimento de sintomas.²⁴ Desta forma, é considerada método funcional de investigação diagnóstica não-invasiva de grande valor no diagnóstico precoce. Na literatura, estudos sugerem sensibilidade média para detecção de DAC de 87% e especificidade de 73%, baseada em pacientes encaminhados para cinecoronariografia.²⁰ No entanto, como poucos pacientes com perfusão normal realizam avaliação anatômica, esse valor está prejudicado pelo pós-teste *referral bias*.¹⁸ Neste caso, usa-se como indicador a razão de normalidade, definida como a porcentagem de pacientes com probabilidade pré-teste menor que 5% e com cintilografia normal e que tem média de valores de 91%.¹⁷

São também conhecidas as limitações dos valores que usam métodos anatômicos como padrão de referência para se estimar valores de sensibilidade e especificidade de método basicamente funcional. Muitos territórios irrigados por artérias com estenoses importantes são nutridos por circulação colateral ou por outras artérias.²⁵

Para finalidade diagnóstica, a cintilografia está bem indicada, em geral, para indivíduos com probabilidade intermediária pré-teste decorrente de discordâncias entre a clínica e a prova funcional previamente realizada.²⁶

Pacientes incapazes de realizar teste ergométrico (por restrições funcionais, músculo-esqueléticas, neurológicas, vasculares ou respiratórias) ou que possuem alterações eletrocardiográficas de base que impedem a análise do segmento ST ao esforço (bloqueio de ramo esquerdo, sobrecarga do ventrículo esquerdo, pré-excitação, fibrilação atrial e marcapasso) apresentam indicação formal para realização da cintilografia. Em pacientes assintomáticos e de baixo risco

com teste ergométrico positivo a cintilografia pode ser útil para excluir a presença de isquemia.²⁷

A cintilografia vem sendo cada vez mais empregada especialmente em alguns grupos, como pacientes do sexo feminino, diabéticos, idosos, portadores de insuficiência renal crônica, entre outros. Sabe-se que no sexo feminino o teste ergométrico tem valor limitado para mulheres com baixa capacidade funcional ou com alterações no eletrocardiograma basal, a cintilografia, nesses casos, é técnica de grande auxílio. Os diabéticos, considerados portadores de equivalente coronário e em decorrência de frequentes vasculopatia e neuropatia periférica, têm na cintilografia sob estímulo farmacológico técnica de grande utilização.²⁶ Sabe-se, também, que idosos podem apresentar maiores fatores de co-morbidade e pior prognóstico cardiovascular, devendo, portanto, ter investigação de isquemia. Pelas limitações funcionais à atividade física, são também candidatos frequentes à cintilografia sob estímulo farmacológico, sendo a realização dessa técnica segura em idosos.²⁶ O único cuidado a ser tomado é a avaliação de estenoses carótídeas consideradas importantes, nestes casos dar preferência para realização de cintilografia com estresse físico ou quando farmacológico, realizar com agentes inotrópicos, já que a cintilografia com dipiridamol pode provocar roubo de fluxo também em artérias cerebrais nos casos de estenoses carótídeas cujo grau de estenose for maior ou igual a 70% da luz do vaso. Portadores de insuficiência renal crônica apresentam eventos isquêmicos com frequência durante a diálise, mesmo quando assintomáticos do ponto de vista cardiovascular, devendo realizar investigação de isquemia, sendo a cintilografia método seguro por não empregar contraste iodado.

Vale salientar, que a cintilografia é um método com boa acurácia para avaliar pacientes portadores de doença multiarterial.²⁸ A dúvida é baseada no fato da análise da perfusão miocárdica na cintilografia quando realizada apenas pela avaliação do padrão perfusional, se todas as paredes apresentam o mesmo grau de isquemia o exame pode parecer normal. Em nossa experiência, imagens completamente normais em pacientes multiarteriais é uma ocorrência rara. É preciso lembrar que para que a imagem seja normal, o impacto funcional de todas as lesões deve ser completamente semelhante, o que não é comum, visto que geralmente um território é mais isquêmico que o outro. Mas mesmo que a perfusão seja completamente homogênea outros dados podem indicar presença de isquemia grave, como por exemplo, alterações nos testes funcionais (teste ergométrico ou prova farmacológica), que podem variar de alterações clínicas (dor, dispneia, comportamento inadequado da pressão arterial ou da frequência cardíaca e baixa capacidade funcional) a alterações eletrocardiográficas. As imagens, mesmo com distribuição homogênea, podem evidenciar queda da fração de ejeção do ventrículo esquerdo ou dilatação transitória da cavidade após o estresse, que podem ser sinais de disfunção sistólica estresse induzida e isquemia subendocárdica difusa.²⁹

Avaliação Prognóstica e Estratificação de Risco

A principal aplicação da cintilografia na prática clínica atual está relacionada à avaliação prognóstica e à

estratificação de risco para eventos cardiovasculares, com auxílio na escolha terapêutica e no acompanhamento clínico. Não basta dizer quem é possivelmente portador de estenose coronária significativa, mas deve-se também dizer quem apresenta risco de eventos cardíacos adversos, orientando o manejo clínico.

Essa aplicação clínica cada vez mais empregada resulta de estudos prévios envolvendo grande número de pacientes e sugerem que a tomada de decisão clínica seja baseada no risco de cada paciente e não na anatomia coronária apenas.³⁰⁻³²

O principal objetivo da estratificação de risco em pacientes com dor torácica e DAC conhecida é identificar os que possuem elevado risco de eventos cardíacos adversos, tais como, morte e infarto do miocárdio, pois são estes que devem ser rapidamente encaminhados para cinecoronariografia e, posteriormente, para terapia de revascularização. Por outro lado, aqueles de baixo risco baseado nos achados da cintilografia podem, em geral, ser mantidos em terapia conservadora.³⁰

Algumas variáveis da cintilografia revelam importante comprometimento funcional e grande risco de eventos, como múltiplos defeitos de perfusão em território irrigado por mais de uma artéria coronária (sugerindo doença multiarterial), área de hipoperfusão extensa após o estresse (sugerindo acometimento mais proximal na artéria), dilatação transitória isquêmica da cavidade ventricular esquerda após o estresse, índices de fração de ejeção do ventrículo esquerdo inferiores a 40%, queda dos índices da fração de ejeção do ventrículo esquerdo e aumento da captação pulmonar do radiofármaco. Esses parâmetros, associados a sintomas sugestivos de isquemia durante o teste de estresse, alterações eletrocardiográficas em baixo nível de exercício ou a alterações eletrocardiográficas durante o estímulo farmacológico com vasodilatadores, conferem risco ainda maior.^{31,32}

As diretrizes do *American College of Cardiology/American Heart Association/American Society for Nuclear Cardiology* (ACC/AHA/ASNC) para imagem com radionuclídeos demonstram dados de evolução em 21 mil pacientes com perfusão normal em período de dois anos a razão de eventos maiores foi de aproximadamente 0,7% ao ano.^{18,20,32} Esse conceito pode ser aplicado independentemente do radiofármaco usado, do protocolo e do agente de estresse. Pacientes com probabilidade pré-teste alta, como é o caso dos diabéticos, apresentam risco discretamente maior.^{31,32} Mesmo em portadores de DAC conhecida, na ausência de sintomas a cintilografia mostra aproximadamente 0,9% de eventos ao ano quando normal. Por outro lado, quando anormal está associada a maior risco de eventos adversos na evolução, podendo chegar a 7,4% ao ano.³³

Avaliação Funcional de Lesões Anatômicas Conhecidas

A cintilografia miocárdica vem sendo cada vez mais empregada na avaliação da repercussão funcional de lesões anatômicas documentadas, seja pela cinecoronariografia seja pela angiotomografia de artérias coronárias.³

Para pacientes com lesões consideradas moderadas e, principalmente para os assintomáticos, faz-se necessária a avaliação da repercussão funcional das referidas obstruções para que a conduta seja definida.

Avaliação Após Revascularização Miocárdica Cirúrgica

Estudos anteriores realizados em pacientes que apresentam sintomas recorrentes após revascularização miocárdica cirúrgica demonstraram que a cintilografia miocárdica identificou com acurácia a presença e a localização das estenoses, mesmo nos portadores de sintomas atípicos ou em indivíduos assintomáticos.³⁴⁻³⁶

A extensão das alterações da perfusão está associada a risco de eventos cardíacos, como morte e infarto não-fatal, tendo a cintilografia valor incremental em comparação ao teste ergométrico.³⁷

Como o risco de eventos na evolução é relativamente baixo nos primeiros cinco anos após a revascularização miocárdica cirúrgica, a investigação de rotina para pacientes assintomáticos com revascularização completa não é recomendada. Para os sintomáticos, a investigação de isquemia pode guiar a necessidade de cateterismo cardíaco e de nova intervenção.

Os critérios de uso apropriado da ACC/AHA/ASNC descrevem como apropriada a cintilografia após o 5º ano para aqueles sem sintomas.^{17,18}

Avaliação Após Revascularização Percutânea

A extensão da alteração da perfusão em pacientes que realizaram cintilografia após dilatação percutânea está associada a risco de morte e infarto não-fatal na evolução. Hecht e cols.³⁷ avaliaram a presença e a extensão de isquemia em pacientes assintomáticos comparados a sintomáticos após intervenção coronária. A restenose funcional, avaliada pela cintilografia, estava presente em 61% dos assintomáticos e em 59% dos sintomáticos.

Assim, mesmo que a avaliação de rotina para pacientes assintomáticos após dilatação percutânea não seja recomendada, ela oferece informações importantes para os que apresentam sintomas, podendo, inclusive, ser de grande auxílio na decisão de nova intervenção e na seleção de pacientes de maior risco para eventos adversos.

Estudo prévio³⁸ sugere, entretanto, que a cintilografia muito precoce após dilatação percutânea pode, ainda, demonstrar alterações da perfusão em território do vaso tratado (em geral, de menor gravidade que as alterações anteriores à dilatação). Esses achados podem ser decorrentes de um retorno lento da reserva coronária após a angioplastia/implante de *Stent*, o chamado "atordoamento miocárdico" e deve ser considerado fenômeno fisiológico.

A avaliação de pacientes após revascularização percutânea deve ser realizada de forma seletiva, baseada na presença de sintomas, na complexidade da intervenção realizada, na probabilidade de restenose, nos casos em que a revascularização foi incompleta sempre com a finalidade de estratificar o risco de eventos cardíacos futuros e de auxiliar na decisão terapêutica.³⁸

Os critérios de uso apropriado da ACC/AHA/ASNC descrevem como duvidosa a cintilografia após o 2º ano para aqueles sem sintomas^{17,18}.

Monitorização Terapêutica

Apesar de alguns estudos relatarem que a extensão e a magnitude das alterações da perfusão estão associadas

à evolução, poucos estudos documentaram redução de risco de eventos segundo uma terapia em particular. O subgrupo do estudo COURAGE,¹⁹ que avalia o papel da cintilografia no auxílio à decisão terapêutica, sugere que magnitudes moderadas a importantes de isquemia devam ser conduzidas à terapia intervencionista, sendo esses pacientes candidatos à revascularização. Foi demonstrada a redução do risco de morte com revascularização em comparação à terapia medicamentosa em pacientes com isquemia maior que 10%.¹⁹

O acompanhamento após cinco anos do estudo *Detection of Ischemia in Asymptomatic Diabetics* (DIAD)³¹ também sugere benefício do controle dos fatores de risco e da mudança dos hábitos de vida na redução da área em risco para pacientes diabéticos sem sintomas cardiovasculares que aderiram à terapia medicamentosa.

Muitas vezes não se tem a intenção de alterar o manejo clínico do paciente portador de DAC. Pode-se, então, realizar uma prova terapêutica, em que a cintilografia é realizada na vigência da medicação proposta para se verificar se está sendo suficiente para proteger o miocárdio ou se precisa ser otimizada.

O estudo ISCHEMIA³⁹ estabelece como critério de inclusão uma carga isquêmica maior ou igual a 10%. Pacientes com isquemia moderada ou acentuada (acima de 10%) serão randomizados para terapia medicamentosa otimizada com revascularização ou terapia medicamentosa otimizada isolada. Espera-se que o estudo ISCHEMIA seja capaz de mostrar definitivamente qual a melhor estratégia para tratar pacientes com isquemia moderada a grave. Caso o benefício seja maior para o grupo tratado de forma invasiva, a detecção e quantificação da carga isquêmica pela medicina nuclear atingirá um novo patamar de importância na definição do tipo de terapia em pacientes com síndrome isquêmica crônica.

Avaliação em Síndromes Coronárias Agudas

A avaliação da dor torácica ainda permanece um desafio para o médico de forma geral e, em especial, para o profissional de emergência, que necessita de modo rápido e seguro diagnosticar situações clínicas que põem em risco a vida do paciente e, paralelamente, fazer uso racional dos recursos diagnósticos de modo a evitar internações desnecessárias e procedimentos de alto custo inadequados. Muitos pacientes chegam às emergências hospitalares com dor torácica, mas com eletrocardiograma inicial não-diagnóstico.

A cintilografia miocárdica fornece informação sobre a perfusão miocárdica e indiretamente sobre o fluxo sanguíneo, sendo assim importante na diferenciação da dor torácica ocasionada por obstrução coronária, pois se mostra alterada já no exato momento em que há diminuição do fluxo coronário. E como as alterações da perfusão dependem das alterações do fluxo, podem ser identificados pacientes durante os episódios de isquemia e eventos isquêmicos agudos.⁴⁰

O uso da cintilografia em repouso nos pacientes com síndrome coronária aguda não é um conceito novo. Foi utilizada pela primeira vez no diagnóstico de infarto há mais de 40 anos.⁴¹ A técnica voltou a ser amplamente utilizada com o advento dos agentes de perfusão marcados com tecnécio-99m em 1989. Com sensibilidade variando entre 90% e 100% e especificidade entre 65% e 80% para infarto agudo do miocárdio, a cintilografia de

repouso negativa praticamente exclui síndrome coronária aguda, com valor preditivo negativo > 98%, permitindo a liberação imediata desses pacientes com consequente redução dos custos hospitalares.²⁴

O protocolo de dor torácica aguda apresenta melhores resultados em pacientes sem histórico prévio de DAC. Pacientes com DAC prévia podem apresentar área de hipoperfusão na cintilografia em parede com alteração crônica e que não tem relação com a dor atual. Caso o protocolo seja realizado nesses pacientes é fundamental o conhecimento da história e a análise criteriosa das alterações, preferencialmente comparando o exame com estudos prévios.⁴² Vale salientar que é importante que a administração do radiofármaco seja realizada antes do tratamento com drogas anti-isquêmicas e durante o episódio de dor torácica ou em até 6 horas do seu término para que as alterações perfusionais ainda possam ser observadas na cintilografia.⁴⁰

Investigação de Viabilidade Miocárdica

O termo “miocárdio viável” é usado frequentemente quando, na realidade, queremos nos referir a uma das suas formas, o “miocárdio hibernante”, que é uma condição crônica de disfunção ventricular esquerda resultante de fluxo sanguíneo coronariano cronicamente reduzido, insuficiente para aporte de oxigênio adequado, onde os miócitos se adaptam ao metabolismo anaeróbico, mantendo um mínimo de viabilidade.⁴³ Esta disfunção, no entanto, pode ser revertida parcial ou totalmente pela revascularização do miocárdio.⁴⁴

No manejo clínico dos pacientes com insuficiência cardíaca é importante determinar se a disfunção ventricular esquerda é secundária à doença arterial coronária ou se está relacionada a outras etiologias.

A investigação não invasiva de isquemia e viabilidade miocárdica identifica subgrupo de pacientes que podem se beneficiar da revascularização recuperando a função ventricular, diminuindo sintomas e aumentando a sobrevida. Outro benefício esperado é a prevenção de novos episódios de infarto do miocárdio que é a principal causa de morte em pacientes com insuficiência cardíaca.

O prognóstico de pacientes portadores de cardiomiopatia isquêmica grave continua pobre apesar dos avanços da terapia médica.⁴⁴ O tratamento de escolha ainda é o transplante cardíaco, porém esbarra no pequeno número de doadores. A cirurgia de revascularização miocárdica é considerada de risco nesse grupo de pacientes, portanto, faz-se importante determinar previamente se haverá realmente benefício com o procedimento. Para tal é necessário saber se há músculo viável e se a extensão de músculo potencialmente recuperável é significativa.⁴⁴

Para a investigação de viabilidade miocárdica três tipos de análises são importantes: a magnitude das alterações na perfusão miocárdica, a função ventricular esquerda e, ainda, as imagens do metabolismo miocárdico.

O padrão ouro para a presença de viabilidade miocárdica é, na verdade, a presença de recuperação funcional após sua detecção e tratamento.

Os casos onde a função do miocárdio é recuperada têm em comum a preservação da integridade da membrana celular e da atividade metabólica, que mantém a função celular mesmo na ausência de contratilidade dos miócitos. Na área

da medicina nuclear tais informações podem ser obtidas, mais comumente, pela cintilografia de perfusão miocárdica com tálio-201 ou pela tomografia por emissão de pósitrons (PET) com fluordesoxiglicose-¹⁸F (¹⁸FDG).⁴⁵

Muitos estudos utilizaram a presença de metabolismo preservado com PET com fluordesoxiglicose-¹⁸F como preditor de recuperação funcional, sendo os valores de sensibilidade e especificidade médios obtidos iguais a 88% e 73%, respectivamente.^{45,46}

A presença de captação regional na imagem inicial com Tálio-201 indica que perfusão está preservada e a imagem de redistribuição de 4 horas sugere integridade da membrana celular. Apesar de algumas diferenças nos protocolos empregados com Tálio, o mais empregado é o de estresse-redistribuição de 4 horas, reinjeção e nova imagem após 24 horas como preditor de recuperação funcional em nosso meio. A literatura descreve detecção de viabilidade em 31% das 49% áreas descritas como portadoras de danos irreversíveis⁴⁵ Bonow e cols⁴⁴ mostraram concordância de 88% entre este protocolo e PET com ¹⁸FDG. Valores médios de sensibilidade e especificidade obtidos para esta técnica foram 86% e 47%, respectivamente.

TOMOGRAFIA POR EMISSÃO DE PÓSITRONS

Imagens de perfusão miocárdica com PET têm melhor qualidade e resolução comparada com a cintilografia convencional, além de permitir a quantificação absoluta do fluxo sanguíneo coronariano em ml/min/g e a determinação da reserva da microcirculação coronariana. Além de traçadores como amônia, água marcada e rubídio-82, outros radiofármacos marcados com flúor-18, como o Flurpiridaz, poderão estar disponíveis para realização de imagens em nosso meio.⁴⁶

A imagem cardíaca com PET apresenta grande acurácia na análise da perfusão miocárdica com sensibilidade e especificidade da ordem de 90%.⁴⁷

Artefatos por atenuação são sabidamente um grande problema para as imagens tomográficas promovendo uma menor especificidade. Devido à maior atividade do radiofármaco e à correção de atenuação, as imagens cardíacas com PET é bem menos suscetível a artefatos por atenuação o que torna a técnica excelente para pacientes obesos. É considerada também de grande utilidade para avaliar pacientes portadores de doença multiaarterial, pelo fato de ser técnica que possibilita determinar medidas quantitativas de fluxo em cada território de irrigação coronária. O valor prognóstico da técnica também já foi estabelecido.⁴⁷ A taxa de eventos cardíacos maiores em pacientes com perfusão miocárdica normal no PET é de apenas 0,4% ao ano, sendo que quanto menores os valores da fração de ejeção do ventrículo esquerdo e maior a magnitude da área acometida maior a taxa de eventos na evolução.⁴⁷

A imagem cardíaca com PET é, ainda, técnica muito útil para investigação de processos inflamatórios e de Sarcoidose cardíaca.

Ressonância Magnética Cardíaca

A Ressonância Magnética Cardíaca (RMC) tem sido reputada como o método de imagem mais completo na avaliação da DAC.⁴⁸ Naturalmente, apresenta como limitações

importantes o elevado custo operacional e baixa disponibilidade, mas elevada precisão (especificidade e sensibilidade) na avaliação anatômica, funcional e tecidual, associada ao fato de não utilizar radiação ionizante compensam fortemente as limitações anteriormente citadas. O tempo para realização do exame tem sido grandemente reduzido (30 a 40 minutos) e isto passou a ser uma vantagem associada com sua não-invasividade. No que tange à avaliação de perfusão miocárdica, a RMC utiliza geralmente contraste não iodado à base de gadolínio, que apresenta baixa toxicidade, devendo, contudo, ser evitado em portadores de insuficiência renal avançada.

Diagnóstico e Prognóstico de Doença Arterial Coronariana com a RMC

Em casos onde o uso do contraste determine risco, a utilização de inotrópicos com a dobutamina pode estar indicada, apesar de neste caso não se avaliar diretamente a perfusão miocárdica, e sim a mobilidade segmentar, nas imagens de função (“cines”), que se altera com a ocorrência de isquemia. Como podem ser realizados cortes em posições exatas repetidamente, a comparação entre as diversas etapas (repouso vs. estresse) torna-se muito adequada. Comparações entre a RMC e a ecocardiografia de estresse devem ser avaliadas com cuidado. O estressor geralmente utilizado na ecocardiografia é o exercício físico, que fornece diversas outras informações, mas a ausência de limitação por “janela acústica” fala a favor da RMC. Comparação direta entre os métodos foi feita em pequeno estudo feito no Brasil que mostrou capacidade diagnóstica semelhante, que se elevou consistentemente nos dois métodos quando do uso de técnicas de avaliação da perfusão miocárdica.⁴⁸

No diagnóstico de DAC, técnicas de estresse com o uso de vasodilatadores como a adenosina são as mais utilizadas. Novos produtos (Regadenason, por ex) que causam menos desconforto estão sendo lançados e os testes iniciais são promissores. Do mesmo modo como ocorre com os métodos anteriormente descritos, a vasodilatação seletiva faz com que a passagem do contraste ocorra de modo distinto no miocárdio, determinando áreas de hipocontraste (mais escuras) onde ocorre o fenômeno de “roubo”, enquanto as regiões sem isquemia ficam com maior intensidade de sinal (mais claras) já que o contraste se concentra mais nelas. (Figura 6)

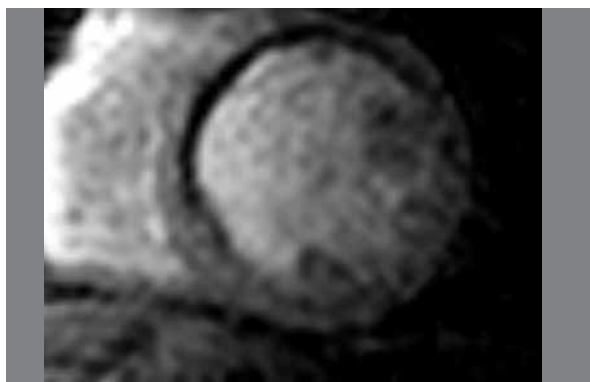


Figura 6. Exemplo de RMC de estresse com imagem de eixo curto médio-ventricular onde a área com hipointensidade na região ântero-septal indicando o fenômeno de “roubo”, correspondendo à área de isquemia.

Exemplo de RMC de estresse com imagem de eixo curto médio-ventricular onde a área com hipointensidade na região ântero-septal indicando o fenômeno de “roubo”, correspondendo à área de isquemia.

Metanálise recente de mais de 35 estudos com esta técnica evidenciaram elevada sensibilidade (89%, variando entre 88 e 91%) e especificidade média de 76% (73 a 78%)⁴⁹. Quando cotejado frente à reserva fracional de fluxo houve elevada correlação entre os métodos⁵⁰. Seu valor preditivo negativo também é superior a 90% na maioria dos estudos e não difere por gênero. Em uma metanálise com mais de 10 mil casos, a taxa anual de eventos foi de 0,8% nos casos com teste negativo.⁵¹

Avaliação da Viabilidade Miocárdica pela RMC.

A perfusão miocárdica avaliada diretamente pela infusão de contraste a base de gadolínio acima descrita permite, em imagens coletadas 10 a 20 minutos após caracterizar a viabilidade miocárdica. O princípio envolvido é o trajeto extracelular do contraste, que se difundem a nível capilar e, caso a matriz extracelular esteja normal, apresenta pequena dimensão e este é rapidamente eliminado. Em casos onde haja aumento ou desarranjo da matriz, como no caso de infiltrações ou inflamação/fibrose, o contraste permanece por mais tempo. Assim, imagens coletadas com a técnica de “realce tardio” evidenciam a extensão da retenção do contraste no tecido pela hiperintensidade do sinal. (Figura 7)

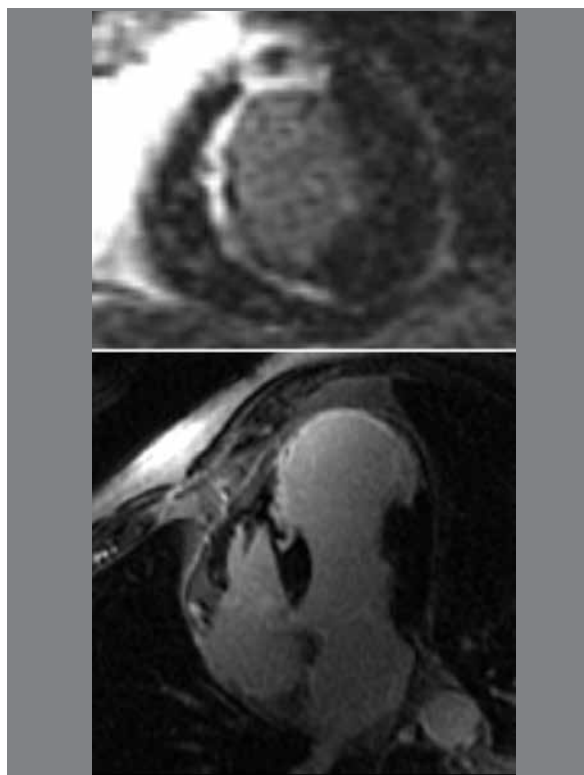


Figura 7. A. Corte em eixo curto médio-ventricular evidenciando área de hiperintensidade de sinal, correspondendo a fibrose, acomete 40% da parede ventricular septal. B. Corte em eixo longo (4 câmaras) onde a fibrose é transmural, ocupando toda extensão entre o endocárdio e epicárdio na região apical do VE.

Elegante estudo determinou que, em casos onde 75% ou mais de acometimento transmural de um segmento indicam ausência de viabilidade.⁵² Uma metanálise de diversos estudos que empregaram esta classificação indicou elevada sensibilidade e especificidade moderada quando isoladamente avaliada a transmuralidade. A ausência de realce tardio apresenta elevado valor preditivo positivo para recuperação da contratilidade, mas segmentos que apresentem realce tardio entre 0 e 50% têm grau de recuperação muito variável e contribuem de maneira distinta na função global do ventrículo.⁵³ Desse modo, a associação com provas funcionais, como o estresse com dobutamina em baixa dose, pode contribuir para melhor caracterizar a viabilidade miocárdica.⁵⁴ Nestes casos, o incremento de 2mm na espessura miocárdica com 5-10 microgramas/kg/min de dobutamina indicam viabilidade. Recente metanálise evidenciou uma sensibilidade média de 91% (IC:88 a 93%) e especificidade média de 80% (76-83%).⁵⁵

Tomografia Computadorizada de Coração

A avaliação anatômica obtida com este exame é de elevado valor preditivo negativo para o diagnóstico de Doença Arterial coronariana, mesmo que eventualmente um elevado escore de cálcio, decorrente do acúmulo deste elemento no trajeto coronariano, determine algum prejuízo para a análise quantitativa do grau de estenose. Recentemente foram desenvolvidos protocolos para perfusão miocárdica no exame de tomografia computadorizada, o que agregou valor ao diagnóstico anatômico ao adicionar a avaliação funcional ao método. A perfusão miocárdica é registrada em dois momentos: geralmente a fase de estresse é avaliada em primeiro lugar pela infusão de vasodilatador (adenosina ou dipiridamol) e registro das imagens, seguida, cerca de 20 minutos após pela obtenção das imagens em repouso após o efeito estressor ter desaparecido. A análise do resultado é, na maioria dos casos, visual. Áreas com perfusão diminuída durante o uso do vasodilatador ficam hipocontrastadas (mais escuras), comparativamente às regiões com perfusão normal e, no estudo em repouso voltam a apresentar perfusão semelhante ao restante do miocárdio não isquêmico. Análise quantitativa também pode ser realizada, mas com pouca aplicação clínica até o momento.

O estudo CORE 320 foi um marco na caracterização do valor diagnóstico da perfusão miocárdica com tomografia computadorizada de coração. Foi avaliada a acurácia diagnóstica do método (anatômico e funcional) na caracterização de DAC significativa (>50%) com cintilografia positiva. A

acurácia diagnóstica para excluir DAC com isquemia significativa foi de 0,87, em curvas ROC, e a associação da avaliação anatômica e funcional para o diagnóstico de estenoses >50% com perfusão miocárdica alterada teve sensibilidade de 80% (IC:72-86%), especificidade de 74% (IC:68-80%), valor preditivo positivo de 65% (IC:58-72%) e valor preditivo negativo de 86% (IC:80-90%).⁵⁶

Recentemente surgiram estudos onde a avaliação da reserva fracional de fluxo foi avaliada por meio da tomografia computadorizada do coração. De maneira geral, em uma metanálise publicada houve excelente correspondência com a técnica invasiva e seu uso melhorou a especificidade diagnóstica da avaliação da perfusão miocárdica de modo visual.⁵⁷

Do ponto de vista prognóstico, a identificação pela tomografia computadorizada de coração de estenose >50% adiciona valor na caracterização prognóstica de pacientes que tenham uma avaliação funcional indicando presença de isquemia miocárdica.⁵⁸ Inexistem estudos com a tomografia computadorizada de coração isoladamente até o momento, mas vislumbra-se o valor do método para prover a avaliação anatômica e funcional em um mesmo procedimento.⁵⁹

No que tange à viabilidade miocárdica, a análise tecidual com este método é ainda incipiente. Da mesma maneira que o realce tardio é detectado na ressonância magnética cardíaca, é possível vislumbrar a retenção do contraste iodado no tecido infartado e estudos estão sendo realizados para determinar seu potencial.⁶⁰

CONCLUSÕES

A perfusão miocárdica pode ser avaliada por diversos métodos de imagem e, consistentemente entre eles, mostra seu valor incremental na caracterização da repercussão funcional de uma estenose coronariana e na caracterização de viabilidade miocárdica.

Em que pese a diversidade dos métodos acima apresentados, há grande reprodutibilidade entre eles e, eventuais comparações não devem ter o propósito de encontrar o método mais preciso e sim o que melhor se adequa ao perfil do paciente e à relação custo-benefício esperada.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não possuir conflitos de interesse na realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

1. Gould KL, Lipscomb K, Hamilton GW. Physiologic basis for assessing critical coronary stenosis. Instantaneous flow response and regional distribution during coronary hyperemia as measures of coronary flow reserve. *Am J Cardiol.* 1974;33(1):87-94.
2. Gould KL, Lipscomb K. Effects of coronary stenoses on coronary flow reserve and resistance. *Am J Cardiol.* 1974;34(1):48-55.
3. Johnson NP, Kirkeeide RL, Gould KL. Coronary anatomy to predict physiology: fundamental limits. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2013;6(5):817-32.
4. Mathias Junior W, Tsutsui JM, Ambrosio MV. Ecocardiografia na doença arterial coronária. *Rev Soc. Cardiol Estado de São Paulo.* 2009;19(3):274-83.
5. Berthe C, Pierard LA, Hiernaux M, Trotteur G, Lempereur P, Carlier J, et al. Predicting the extent and location of coronary artery disease in acute myocardial infarction by echocardiography during dobutamine infusion. *Am J Cardiol.* 1986;58(13):1167-72.
6. Armstrong WF, Pellikka PA, Ryan T, Crouse L, Zoghbi WA. Stress echocardiography: recommendations for performance and interpretation of stress echocardiography. Stress Echocardiography Task Force of the Nomenclature and Standards Committee of the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 1998;11(1):97-104.
7. Crouse LJ, Harbrecht JJ, Vacek JL, Rosamond TL, Kramer PH. Exercise echocardiography as a screening test for coronary artery

- disease and correlation with coronary arteriography. *Am J Cardiol*. 1991;67(15):1213-8.
8. Previtali M, Lanzarini L, Fetiveau R, Poli A, Ferrario M, Falcone C, et al. Comparison of dobutamine stress echocardiography, dipyridamole stress echocardiography and exercise stress testing for diagnosis of coronary artery disease. *Am J Cardiol*. 1993;72(12):865-70.
 9. Salustri A, Fioretti PM, McNeill AJ, Pozzoli MM, Roelandt JR. Pharmacological stress echocardiography in the diagnosis of coronary artery disease and myocardial ischaemia: a comparison between dobutamine and dipyridamole. *Eur Heart J*. 1992;13(10):1356-62.
 10. Tsutsui JM, Osorio AF, Lario FA, Fernandes DR, Sodre G, Andrade JL, Ramires JA, Mathias W, Jr. Comparison of safety and efficacy of the early injection of atropine during dobutamine stress echocardiography with the conventional protocol. *Am J Cardiol*. 2004;94(11):1367-72.
 11. Marcovitz PA, Shayna V, Horn RA, Hepner A, Armstrong WF. Value of dobutamine stress echocardiography in determining the prognosis of patients with known or suspected coronary artery disease. *Am J Cardiol*. 1996;78(4):404-8.
 12. Mathias W Jr., Arruda AL, Andrade JL, Filho OC, Porter TR. Endocardial border delineation during dobutamine infusion using contrast echocardiography. *Echocardiography*. 2002;19(2):109-14.
 13. Tsutsui JM, Xie F, O'Leary EL, Elhendy A, Anderson JR, McGrain AC, et al. Diagnostic accuracy and prognostic value of dobutamine stress myocardial contrast echocardiography in patients with suspected acute coronary syndromes. *Echocardiography*. 2005;22(6):487-95.
 14. Caldas MA, Tsutsui JM, Kowatsch I, Andrade JL, Nicolau JC, Ramires JF, et al. Value of myocardial contrast echocardiography for predicting left ventricular remodeling and segmental functional recovery after anterior wall acute myocardial infarction. *J Am Soc Echocardiogr*. 2004;17(9):923-32.
 15. Mulvagh SL, Rakowski H, Vannan MA, Abdelmoneim SS, Becher H, Bierig SM, et al. American Society of Echocardiography Consensus Statement on the Clinical Applications of Ultrasonic Contrast Agents in Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2008;21(11):1179-201.
 16. Thom AF, Smanio PEP. *Medicina Nuclear em Cardiologia. Da metodologia à clínica*. São Paulo: Editora Atheneu; 2007.
 17. Braunwald E, Bonow RO, Mann DL, Zipes DP, Libby P. *Braunwald's Heart Disease: A textbook of Cardiovascular Medicine*; 2014.
 18. Klocke FJ, Baird MG, Lorell BH, Bateman TM, Messer JV, Berman DS, et al. ACC/AHA/ASNC guidelines for the clinical use of cardiac radionuclide imaging--executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (ACC/AHA/ASNC Committee to Revise the 1995 Guidelines for the Clinical Use of Cardiac Radionuclide Imaging). *J Am Coll Cardiol*. 2003;42(7):1318-33.
 19. Shaw LJ, Berman DS, Maron DJ, Mancini GB, Hayes SW, Hartigan PM, et al. Optimal medical therapy with or without percutaneous coronary intervention to reduce ischemic burden: results from the Clinical Outcomes Utilizing Revascularization and Aggressive Drug Evaluation (COURAGE) trial nuclear substudy. *Circulation*. 2008;117(10):1283-91.
 20. Smanio PE, Watson DD, Segalla DL, Vinson EL, Smith WH, Beller GA. Value of gating of technetium-99m sestamibi single-photon emission computed tomographic imaging. *J Am Coll Cardiol*. 1997;30(7):1687-92.
 21. Toohey RE, Stabin MG, Watson EE. The AAPM/RSNA physics tutorial for residents: internal radiation dosimetry: principles and applications. *Radiographics*. 2000;20(2):533-46.
 22. Garcia EV, Faber TL, Esteves FP. Cardiac dedicated ultrafast SPECT cameras: new designs and clinical implications. *J Nucl Med*. 2011;52(2):210-7.
 23. Gimelli A, Liga R, Duce V, Kusch A, Clemente A, Marzullo P. Accuracy of myocardial perfusion imaging in detecting multivessel coronary artery disease: A cardiac CZT study. *J Nucl Cardiol*. 2017;24(2):687-95.
 24. Nesto RW, Kowalchuk GJ. The ischemic cascade: temporal sequence of hemodynamic, electrocardiographic and symptomatic expressions of ischemia. *Am J Cardiol*. 1987;59(7):23C-30C.
 25. Phillips LM, Hachamovitch R, Berman DS, Iskandrian AE, Min JK, Picard MH, et al. Lessons learned from MPI and physiologic testing in randomized trials of stable ischemic heart disease: COURAGE, BARI 2D, FAME, and ISCHEMIA. *J Nucl Cardiol*. 2013;20(6):969-75.
 26. Hachamovitch R, Kang X, Amanullah AM, Abidov A, Hayes SW, Friedman JD, et al. Prognostic implications of myocardial perfusion single-photon emission computed tomography in the elderly. *Circulation*. 2009;120(22):2197-206.
 27. Ruano Perez R, Gomez-Camirero Lopez F, Diego Dominguez M, Martin De Arriba A, Martin Luengo C, Garcia-Talavera Fernandez JR. [Incidence and prognostic value of ischemic heart disease in high risk cardiovascular asymptomatic diabetic patients detected by gated myocardial perfusion SPECT study]. *Rev Esp Med Nucl Imagen Mol*. 2012;31(2):83-8.
 28. Siqueira ME, Segundo Neto EM, Kelendjian JF, Smanio PE. Diagnostic value of myocardial radionuclide imaging in patients with multivessel coronary disease. *Arq Bras Cardiol*. 2011;97(3):194-8.
 29. Smanio PE, Carvalho AC, Tebexreni AS, Thom A, Rodrigues F, Meneghelo R, et al. Coronary artery disease in asymptomatic type-2 diabetic women. A comparative study between exercise test, cardiopulmonary exercise test, and dipyridamole myocardial perfusion scintigraphy in the identification of ischemia. *Arq Bras Cardiol*. 2007;89(5):263-9,290-7.
 30. Schinkel AF, Boiten HJ, van der Sijde JN, Ruitinga PR, Sijbrands EJ, Valkema R, et al. 15-Year outcome after normal exercise (9/9) mTc-sestamibi myocardial perfusion imaging: what is the duration of low risk after a normal scan? *J Nucl Cardiol*. 2012;19(5):901-6.
 31. Wackers FJ, Chyun DA, Young LH, Heller GV, Iskandrian AE, Davey JA. Resolution of asymptomatic myocardial ischemia in patients with type 2 diabetes in the Detection of Ischemia in Asymptomatic Diabetics (DIAD) study. *Diabetes Care*. 2007;30(11):2892-8.
 32. Shaw LJ, Iskandrian AE. Prognostic value of gated myocardial perfusion SPECT. *J Nucl Cardiol*. 2004;11(2):171-85.
 33. Cremer P, Hachamovitch R, Tamarappoo B. Clinical decision making with myocardial perfusion imaging in patients with known or suspected coronary artery disease. *Semin Nucl Med*. 2014;44(4):320-9.
 34. Acampa W, Petretta MP, Daniele S, Perrone-Filardi P, Petretta M, Cuocolo A. Myocardial perfusion imaging after coronary revascularization: a clinical appraisal. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2013;40(8):1275-82.
 35. Hwang HY, Paeng JC, Oh HC, Kim YH, Kim KB. Comparison of perfusion and thickening between vein and right internal thoracic artery composite grafts from a randomized trial substudy. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2015;150(5):1187-94.
 36. Mabuchi M, Kubo N, Morita K, Makino Y, Matsui Y, Murashita T, et al. Prediction of functional recovery after coronary bypass surgery using quantitative gated myocardial perfusion SPECT. *Nucl Med Commun*. 2003;24(6):625-31.
 37. Hecht HS, Shaw RE, Chin HL, Ryan C, Stertzer SH, Myler RK. Silent ischemia after coronary angioplasty: evaluation of restenosis and extent of ischemia in asymptomatic patients by tomographic thallium-201 exercise imaging and comparison with symptomatic patients. *J Am Coll Cardiol*. 1991;17(3):670-7.
 38. Georgoulas P, Demakopoulos N, Tzavara C, Giannakou S, Valotassiou V, Tsougos I, et al. Long-term prognostic value of Tc-99m tetrofosmin myocardial gated-SPECT imaging in asymptomatic patients after percutaneous coronary intervention. *Clin Nucl Med*. 2008;33(11):743-7.
 39. Cheng-Torres KA, Desai KP, Sidhu MS, Maron DJ, Boden WE. Conservative versus invasive stable ischemic heart disease management strategies: what do we plan to learn from the ISCHEMIA trial? *Future Cardiol*. 2016;12(1):35-44.

40. Duca MD, Giri S, Wu AH, Morris RS, Cyr GM, Ahlberg A, et al. Comparison of acute rest myocardial perfusion imaging and serum markers of myocardial injury in patients with chest pain syndromes. *J Nucl Cardiol*. 1999;6(6):570-6.
41. Wackers FJ, Schoot JB, Sokole EB, Samson G, Niftrik GJ, Lie KI, et al. Noninvasive visualization of acute myocardial infarction in man with thallium-201. *Br Heart J*. 1975;37(7):741-4.
42. Shaw LJ, Hachamovitch R, Heller GV, Marwick TH, Travin MI, Iskandrian AE, et al. Noninvasive strategies for the estimation of cardiac risk in stable chest pain patients. The Economics of Noninvasive Diagnosis (END) Study Group. *Am J Cardiol*. 2000;86(1):1-7.
43. Allman KC, Shaw LJ, Hachamovitch R, Udelson JE. Myocardial viability testing and impact of revascularization on prognosis in patients with coronary artery disease and left ventricular dysfunction: a meta-analysis. *J Am Coll Cardiol*. 2002;39(7):1151-8.
44. Bonow RO, Castelvich S, Panza JA, Berman DS, Velazquez EJ, Michler RE, et al. Severity of Remodeling, Myocardial Viability, and Survival in Ischemic LV Dysfunction After Surgical Revascularization. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2015;8(10):1121-9.
45. Bax JJ, Poldermans D, Elhendy A, Boersma E, Rahimtoola SH. Sensitivity, specificity, and predictive accuracies of various non-invasive techniques for detecting hibernating myocardium. *Curr Probl Cardiol*. 2001;26(2):147-86.
46. Berman DS, Maddahi J, Tamarappoo BK, Czernin J, Taillefer R, Udelson JE, et al. Phase II safety and clinical comparison with single-photon emission computed tomography myocardial perfusion imaging for detection of coronary artery disease: flurpiridaz F 18 positron emission tomography. *J Am Coll Cardiol*. 2013;61(4):469-77.
47. Schindler TH, Schelbert HR, Quercioli A, Dilsizian V. Cardiac PET imaging for the detection and monitoring of coronary artery disease and microvascular health. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2010;3(6):623-40.
48. Falcao SN, Rochitte CE, Junior WM, Quaglia L, Lemos PA, Sbrano JC, et al. Incremental value of perfusion over wall-motion abnormalities with the use of dobutamine-atropine stress myocardial contrast echocardiography and magnetic resonance imaging for detecting coronary artery disease. *Echocardiography*. 2013;30(1):45-54.
49. Jaarsma C, Leiner T, Bekkers SC, Crijns HJ, Wildberger JE, Nagel E, et al. Diagnostic performance of noninvasive myocardial perfusion imaging using single-photon emission computed tomography, cardiac magnetic resonance, and positron emission tomography imaging for the detection of obstructive coronary artery disease: a meta-analysis. *J Am Coll Cardiol*. 2012;59(19):1719-28.
50. Li M, Zhou T, Yang LF, Peng ZH, Ding J, Sun G. Diagnostic accuracy of myocardial magnetic resonance perfusion to diagnose ischemic stenosis with fractional flow reserve as reference: systematic review and meta-analysis. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2014;7(11):1098-105.
51. Lipinski MJ, McVey CM, Berger JS, Kramer CM, Salerno M. Prognostic value of stress cardiac magnetic resonance imaging in patients with known or suspected coronary artery disease: a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol*. 2013;62(9):826-38.
52. Kim RJ, Chen EL, Lima JA, Judd RM. Myocardial Gd-DTPA kinetics determine MRI contrast enhancement and reflect the extent and severity of myocardial injury after acute reperfused infarction. *Circulation*. 1996;94(12):3318-26.
53. Romero J, Xue X, Gonzalez W, Garcia MJ. CMR Imaging Assessing Viability in Patients With Chronic Ventricular Dysfunction Due to Coronary Artery Disease: A Meta-Analysis of Prospective Trials. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2012;5(5):494-508.
54. Nagel E, Schuster A. Myocardial Viability: dead or alive Is not the question!. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2012;5(5):509-512.
55. de Jong MC, Genders TS, van Geuns RJ, Moelker A, Hunink MG. Diagnostic performance of stress myocardial perfusion imaging for coronary artery disease: a systematic review and meta-analysis. *Eur Radiol*. 2012;22(9):1881-95.
56. Rochitte CE, George RT, Chen MY, Arbab-Zadeh A, Dewey M, Miller JM, et al. Computed tomography angiography and perfusion to assess coronary artery stenosis causing perfusion defects by single photon emission computed tomography: the CORE320 study. *Eur Heart J*. 2014;35(17):1120-30.
57. Gonzalez JA, Lipinski MJ, Flors L, Shaw PW, Kramer CM, Salerno M. Meta-Analysis of Diagnostic Performance of Coronary Computed Tomography Angiography, Computed Tomography Perfusion, and Computed Tomography-Fractional Flow Reserve in Functional Myocardial Ischemia Assessment Versus Invasive Fractional Flow Reserve. *Am J Cardiol*. 2015;116(9):1469-78.
58. van Werkhoven JM, Schuijff JD, Gaemperli O, Jukema JW, Boersma E, Wijns W, et al. Prognostic value of multislice computed tomography and gated single-photon emission computed tomography in patients with suspected coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol*. 2009;53(7):623-32.
59. Yang DH, Kim YH. CT myocardial perfusion imaging: current status and future perspectives. *Int J Cardiovasc Imaging* 2017;1-12.
60. Jang Y, Cho I, Hartaigh BWÓ, Park S-I, Hong Y, Shin S, et al. Viability assessment after conventional coronary angiography using a novel cardiovascular interventional therapeutic CT system: Comparison with gross morphology in a subacute infarct swine model. *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2015;9(4):321-8.

USO RACIONAL DOS EXAMES DIAGNÓSTICOS EM CARDIOLOGIA

RATIONAL USE OF DIAGNOSTIC EXAMS IN CARDIOLOGY

RESUMO

Ibraim Masciarelli F Pinto¹

1. Serviço de Métodos
Complementares do Instituto Dante
Pazzanese de Cardiologia e Grupo
Fleury, São Paulo, SP, Brasil.

Correspondência:
Serviço de Métodos Complementares
Instituto Dante Pazzanese de
Cardiologia. Av Dante Pazzanese, 500,
CEP 04012-909, São Paulo, SP, Brasil.
ibraim.pinto@grupofleury.com.br

O cardiologista dispõe hoje de um amplo arsenal de exames diagnósticos, cada um baseado em diferentes princípios físicos e que tentam atender às necessidades da prática clínica. A falta de trabalhos comparativos entre eles em muitos cenários clínicos pode gerar incertezas quanto à real utilidade de cada um e pode levar à subutilização desses exames, mesmo quando eles são indicados, ou a seu emprego indiscriminado e exagerado. A ecocardiografia pode avaliar a função ventricular e a morfologia cardíaca em casos de cardiopatias congênitas, valvopatias e cardiomiopatias. A ressonância pode complementar esse exame e até ser o único método empregado em casos de coarctação da aorta, bem como pode ter grande utilidade na identificação etimológica das cardiomiopatias. Já a medicina nuclear tem seu grande uso na identificação da isquemia miocárdica e a tomografia é fundamental no planejamento do tratamento percutâneo da estenose aórtica, assim como tem sido um exame de grande utilidade em diferentes estágios de doença coronariana. Este artigo tem o objetivo de rever as principais evidências disponíveis em cada condição clínica e apresentar uma sugestão do uso racional e eficaz dos exames de imagem em cardiologia.

Descritores: Diagnóstico por imagem; Tomografia computadorizada; Ressonância magnética; Ecocardiografia; Medicina nuclear.

ABSTRACT

The cardiologist today has an extensive arsenal of diagnostic exams, each based on different physical principles, aimed at meeting the demands of clinical practice. The lack of comparative works on these exams in many clinical scenarios may generate uncertainties as to the real usefulness of each one, and can lead to their underuse, even when they are indicated, or to their indiscriminate and exaggerated use. Echocardiography can evaluate ventricular function and cardiac morphology in cases of congenital cardiopathies, valvopathies and cardiomyopathies. Magnetic resonance imaging can complement this exam, and may even be the only method used in cases of coarctation of the aorta. It may also be very useful in the etymological identification of cardiomyopathies. Nuclear medicine, meanwhile, is useful in identifying myocardial ischemia, and tomography is fundamental in the planning of percutaneous treatment of aortic stenosis, as well as having been a very useful exam in different stages of coronary disease. The aim of this article is to review the main evidence available in each clinical condition, and to present a suggestion for rational and effective use of imaging exams in cardiology.

Descriptors: Diagnostic imaging; Computed tomography; Magnetic resonance; Echocardiography; Nuclear medicine.

INTRODUÇÃO

A tecnologia influenciou diversas áreas do conhecimento humano e a medicina não é exceção. Graças às modernas técnicas de computação, exames diagnósticos são cada vez mais rápidos e precisos, geram pouco desconforto aos pacientes e são cada vez mais disponíveis. Contudo, a facilidade de solicitação não torna obrigatória a realização dos exames em todos os pacientes, pois isto pode gerar gastos

desnecessários e desperdício de tempo, além de provocar lotação dos serviços diagnósticos, um problema que é mais acentuado na rede pública. Além de tal atitude não ter base racional, ela pode impedir o acesso aos procedimentos diagnósticos, no momento oportuno, de pacientes que realmente se beneficiariam de tais técnicas. Finalmente, exames complementares devem ser vistos como ferramentas de auxílio à decisão clínica e ao planejamento terapêutico, não

devem ser empregados na esperança de substituir anamnese pormenorizada, nem o exame clínico cuidadoso. O objetivo deste artigo é discutir as potenciais aplicações dos diferentes exames nas diferentes cardiopatias, com a intenção de auxiliar a prática clínica do cardiologista.

CARDIOPATIAS CONGÊNITAS

Nos pacientes que apresentam defeitos congênitos há a necessidade de se aplicar exames que nos permitam realizar todo o diagnóstico anatômico das malformações, uma vez que é o conhecimento da anatomia cardíaca que ditará a melhor conduta para cada caso. A radiografia de tórax e o eletrocardiograma não podem ser desprezados, pois quando interpretados com a devida atenção eles fornecem dados importantes no esclarecimento diagnóstico, mas podem ser insuficientes necessitando com frequência da complementação por propedêutica armada. A Doppler-ecocardiografia, na prática, logra responder a maior parte das dúvidas clínicas e também fornece as informações necessárias para o planejamento do tratamento. Em especial, no que se refere aos defeitos intracardíacos e dos planos valvares, a resolução temporal deste exame possibilita a análise das diferentes estruturas e atende às necessidades médicas. A utilidade da ecocardiografia, na atualidade, vem crescendo já no período de vida intrauterino. A despeito do fato de que, nesta fase da vida, o exame apresenta sensibilidade moderada e especificidade elevada, a *performance* do exame é melhor em cardiopatias mais graves, o que tem feito deste exame um elemento fundamental para a realização de procedimentos terapêuticos intra-uterinos e na fase precoce da vida neonatal. Em etapa tão precoce da vida, a tomografia apresenta sérias limitações relacionadas à necessidade do emprego de radiação ionizante e do meio de contraste iodado. A ressonância, por sua vez, pode, em centros especializados e nas mãos de observadores experientes, auxiliar na avaliação de defeitos vasculares, particularmente quando eles comprometem a aorta.^{1,2}

Após o nascimento, por sua vez, a ecocardiografia permanece como o exame diagnóstico de eleição para complementar o exame clínico inicial e tem indicação de nível I em elevado número de doenças cardíacas congênitas.^{3,4} Já a maior contribuição da ressonância magnética pode ser vista em situações específicas, tais como quando há dúvidas ao ecocardiograma ou quando existem exames ecocardiográficos conflitantes, quando se deseja avaliar a aorta, sem necessidade de expor o paciente à radiação e se existe interesse na determinação de fibrose miocárdica.⁴ Isto pode acontecer quando há disfunção contrátil de algumas das cavidades ventriculares, sem que tenha uma outra causa clara e objetiva para a queda do desempenho miocárdico. Em tais situações o uso da ressonância traz benefícios que superam os custos.⁴

A Tabela 1 traz um resumo das potenciais contribuições clínicas dos exames diagnósticos nos portadores de cardiopatias congênitas.

FUNÇÃO VENTRICULAR E CARDIOMIOPATIAS

A avaliação da função ventricular esquerda é vital para estabelecer o prognóstico e definir o tratamento em numerosas condições clínicas. A radiografia de tórax tem pouca utilidade

Tabela 1. Principais usos práticos dos exames diagnósticos em pacientes com cardiopatias congênitas.^{3,4, 22}

Tipo de Exame	Uso mais habitual
Ecocardiograma	Método inicial para avaliação anatômica e funcional
Ressonância magnética	Coartação da aorta
	Dúvidas na avaliação funcional ou anatômica pelo ecocardiograma
	Avaliação do ventrículo direito
	Avaliação pós-operatória de cardiopatias congênitas complexas
	Avaliação pós-operatória que envolvam a aorta ou a artéria pulmonar e seus ramos
Tomografia	Complementação diagnóstica em adultos
	Avaliação da circulação pulmonar
	Complementação de investigação anatômica em cardiopatias complexas com dúvidas à ecocardiografia

e sua maior contribuição se dá no sentido de determinar causas não cardíacas para sintomas de dispnéia e fadiga. O eletrocardiograma, se alterado, pode auxiliar a definir a presença e o tipo de cardiopatia associada aos sintomas do paciente, mas sua especificidade é baixa. Por outro lado, a confirmação da alteração da contratilidade ventricular, a análise da função diastólica a avaliação da presença de defeitos contráteis e da sincronia de contração, tornam a realização de exames de imagem essenciais nestes pacientes. A ecocardiografia é o exame mais amplamente disponível e o mais utilizado para este fim, por fornecer dados sobre a morfologia das cavidades cardíacas, os volumes ventriculares, espessura miocárdica, função sistólica e função diastólica de ambos os ventrículos, bem como informa sobre a circulação pulmonar e a presença de defeitos valvares.⁵

Habitualmente, realiza-se a ecocardiografia transtorácica, com avaliação dos itens descritos no parágrafo anterior, mas parâmetros mais recentemente introduzidos, com a medida da deformação ventricular (*strain* e *strain rate*) tem mostrado eficiência em especial na determinação de disfunção ventricular em fases precoces ou até subclínicas. Uma informação fundamental a ser obtida por esta técnica é a análise dos diferentes parâmetros de função diastólica. A ecocardiografia é atualmente o exame que melhor atinge este objetivo, mas é importante ressaltar o fato de que nenhum parâmetro isolado da análise da função ventricular basta. Isto é, há necessidade de se aferir todos os índices que revelam a condição desta fase do ciclo cardíaco para caracterizá-lo como normal ou alterado. Já condições nas quais o exame inicial pode não ter sido de excelência, a complementação do estudo com técnicas tridimensionais podem auxiliar de modo relevante, em particular quando se procede à quantificação de volumes ventriculares. Já a modalidade transesofágica fica reservada para casos em que é necessária a avaliação mais pormenorizada das valvas mitral e aórtica e, principalmente, quando se busca identificar a presença ou ausência de trombos atriais.⁵

A ressonância magnética por sua vez, pode complementar a ecocardiografia em casos selecionados. O exame é

considerado o padrão ouro para a determinação dos volumes e da função contrátil do ventrículo esquerdo e, exatamente por esta razão pode ser empregado para avaliar pacientes cujo quadro não foi totalmente esclarecido pela ecocardiografia.^{4,5} Por outro lado, é possível que a principal contribuição da ressonância se dê na pesquisa de fibrose miocárdica. Com o uso do meio de contraste específico, gadolínio, um metal paramagnético, esse exame tem grande sensibilidade na pesquisa e na determinação de fibrose miocárdica um parâmetro de valor diagnóstico e prognóstico. Quando há necrose ou fibrose miocárdica, o gadolínio é eliminado mais lentamente das áreas afetadas do que nas regiões normais, de modo que entre 10 a 20 minutos após sua injeção, é possível identificar onde este material encontra-se retido. Esse fenômeno, conhecido como realce tardio, é útil no estabelecimento de diagnósticos diferenciais (Figura 1), pois cardiomiopatias distintas mostram impregnações diferentes mesmo em pacientes com aspectos morfológicos semelhantes no que se refere a espessura miocárdica, volumes ventriculares e contração do coração.^{6,7} Essa propriedade pode ser muito útil em pacientes com evolução clínica atípica ou ainda em casos que não respondem do modo adequado ao tratamento habitual e nos quais a definição precisa da etiologia pode permitir a adoção do esquema terapêutico correto e, desta forma, influenciar a evolução destes casos. Uma das situações clínicas em que a avaliação por ressonância se mostra mais útil é na distinção entre cardiomiopatia hipertrofia e coração de atleta, uma situação que muitas vezes representa um desafio clínico.^{4,8}

Além do esclarecimento diagnóstico o realce tardio também traz informações prognósticas importantes. Em diversas alterações do miocárdio a presença de áreas extensas de realce tardio indica pior prognóstico, estando associada à maior incidência de morte súbita por arritmia e em outros casos, por insuficiência cardíaca. Exemplos desta aplicação das técnicas de realce são a cardiomiopatia hipertrófica, a sarcoidose e as miocardites.^{4,5} Em adição a esta propriedade única de estratificação de risco, em algumas condições, como nos casos de suspeita de inflamação miocárdica, inclusive, a ressonância tem maior poder

de esclarecimento diagnóstico e o comportamento evolutivo do padrão de realce tardio muito informa sobre a expectativa quanto à evolução desta população.⁴

Já a tomografia computadorizada e as técnicas de medicina nuclear podem ser consideradas quando sintomas de insuficiência cardíaca surgem em pacientes nos quais não se pode excluir que a causa seja a presença de doença obstrutiva das artérias coronárias. Em pacientes de perfil de risco alto ou moderado alto para a presença de doença coronária, exames de avaliação da perfusão cardíaca, tais como a cintilografia do miocárdio podem demonstrar a presença de áreas extensas de isquemia, tendo portanto impacto no tratamento, que pode até incluir procedimentos de revascularização miocárdica. Já a tomografia pode ser considerada como a forma principal de investigação quando o perfil do paciente é de risco intermediário ou intermediário-baixo. A tomografia pode, em casos especiais ser empregada para a análise da função ventricular contrátil e para a caracterização miocárdica por meio do realce tardio. Contudo, estas aplicações ficam reservadas para os casos em que há contraindicações ao uso da ressonância, uma vez que a tomografia exige maior exposição à radiação ionizante e utiliza dupla injeção do meio de contraste iodado para tipificar o realce tardio, além de apresentar menor resolução de contraste do que a ressonância magnética.^{4,5,8-10}

A Tabela 2 resume as principais indicações dos exames diagnósticos por imagem em pacientes com insuficiência cardíaca em pacientes com insuficiência cardíaca ou com suspeita de cardiomiopatias.

PERICARDIOPATIAS E TUMORES

A despeito dos excelentes resultados da ecocardiografia na avaliação de pacientes com suspeita clínica de doenças pericárdicas ou de tumores cardíacos, estas situações clínicas correspondem a indicações classe I tanto para ressonância como para tomografia.⁴ A tomografia tem melhor desempenho no diagnóstico de pericardites crônicas, com calcificações, enquanto que a ressonância tem melhor desempenho para estimar a natureza de derrames pericardíacos, processos inflamatórios bem como para revelar a localização e auxiliar na determinação do tipo histológico de tumores que afetem o coração ou o pericárdio.

Tabela 2. Principais usos práticos dos exames diagnósticos em pacientes com disfunção ventricular e suspeita de cardiomiopatias.^{4,6,7,9,12}

Tipo de Exame	Uso mais habitual
Ecocardiograma	Avaliação inicial da função diastólica, sistólica e da morfologia cardíaca
Ressonância magnética	Dúvidas à avaliação ecocardiográfica
	Ecocardiogramas conflitantes
	Avaliação do ventrículo direito
	Identificação da etiologia (técnica do realce tardio)
Medicina nuclear	Avaliação da função ventricular em casos selecionados
Tomografia	Pesquisa de doença coronária como causa da disfunção contrátil do ventrículo esquerdo

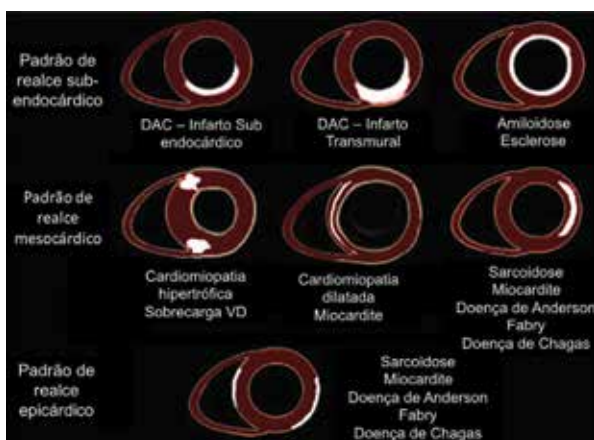


Figura 1. Os diferentes padrões de realce tardio podem ser úteis na realização do diagnóstico diferencial entre cardiomiopatias. Neste esquema as zonas brancas representam as regiões nas quais mais encontram-se padrões de realce na região subendocárdica, mesocárdica e transmural e quais os diagnósticos mais comumente associados a este tipo de imagem.

VALVOPATIAS

Nos portadores de anormalidades de valvopatias, a avaliação inicial composta de exame clínico, eletrocardiograma e radiografia do tórax tem como complementação preferencial a ecocardiografia. Este exame fornece os dados relativos à presença e a gravidade das alterações anatômicas e funcionais tanto nos casos de estenose, quando também faculta a quantificação dos gradientes transvalvares, como quando existe insuficiência esta técnica possibilita a determinação do volume regurgitante. Outras informações importantes adveem da análise dos volumes ventriculares e da função sistólica e diastólica de ambos os ventrículos, assim como da volumetria atrial esquerda. Estes parâmetros são fundamentais no acompanhamento destes pacientes e podem ser os elementos que indicarão, em muitos casos, a necessidade de intervenção cirúrgica ou percutânea.¹¹

Nos últimos anos vem ganhando importância de estimar o aumento do átrio esquerdo preferencialmente pela obtenção da volumetria atrial e não pela medida de diâmetros daquelas cavidades. Este é um índice mais fidedigno da repercussão do defeito mitral e pode ser obtido pela ecocardiografia transtorácica. Por outro lado, caso existam incertezas após a realização deste exame as informações também podem ser obtidas, ou confirmadas, pelo ecocardiograma transesofágico, cujas principais indicações nas valvopatias incluem o esclarecimento de ecocardiogramas transtorácicos de qualidade subótima, o aperfeiçoamento da medida do átrio esquerdo, a pesquisa de trombos intra-atriais, além da avaliação de endocardites e fístulas aorto-cavitárias que podem surgir como complicações desta entidade.¹¹

Outros exames têm uso mais restrito nestes pacientes. Casos especiais podem ter a volumetria ventricular obtida pelas técnicas de medicina nuclear. A ressonância, por sua vez pode auxiliar nos casos em que ainda há dúvidas relativas à função ventricular, faculta a estimativa do volume regurgitante, a planimetria direta da área valvar e pode também ser útil na quantificação do volume atrial, mas tem, nos últimos anos, mostrado uma aplicação única no sentido de auxiliar na indicação de intervenção cirúrgica ou percutânea de portadores de insuficiência mitral ou aórtica que, por vezes, podem representar um desafio na prática diária. Essa contribuição advém da aplicação das técnicas de realce tardio que pode mostrar a existência de pequenas áreas de fibrose ventricular, consequente ao dano secundário à sobrecarga de volume típica destas entidades. Alguns trabalhos demonstraram que quando há indicação de fibrose por ressonância os pacientes se beneficiam da troca valvar cirúrgica que teria impacto positivo na sobrevida destes casos. Este mesmo tipo de achado pode ser útil diante de estenose aórtica oligossintomática.^{4,12}

A tomografia computadorizada, por sua vez, pode ser empregada para duas finalidades. A primeira é a exclusão de doença coronária significativa em pacientes com doenças alvares nos quais não se deseja realizar a cinecoronariografia. O elevado poder preditivo negativo deste exame dá essa possibilidade, com a lembrança de que a confiabilidade do resultado depende da qualidade de imagem que pode ser comprometida, em alguns equipamentos, pela presença de arritmias, em especial da fibrilação atrial, que pode comprometer alguns destes pacientes.⁴ Por outro lado, a grande aplicação deste exame para pacientes com valvopatias, se dá nos

portadores de estenose aórtica. A elevada resolução espacial da tomografia faz com que ela seja um exame fundamental para a seleção e o planejamento terapêutico de casos que podem ser tratados por via percutânea. Esse exame tem-se mostrado fundamental, em associação com a ecocardiografia, para a quantificação precisa das dimensões do anel valvar aórtico, da raiz da aorta, para a avaliação da aorta torácica e, de modo muito especial, para a análise pormenorizada e escolha criteriosa da via de acesso. A tomografia oferece a visualização de todas as potenciais vias de acesso ao coração, fazendo com que o procedimento seja mais seguro, leve menos tempo e atinja os melhores resultados possíveis. A boa prática clínica atualmente exige que a tomografia seja feita antes da escolha final por esse tipo de procedimento, a fim de se garantir os melhores resultados.^{4,13}

A Tabela 3 resume as principais indicações de cada exame em pacientes com valvopatias.

DOENÇA ARTERIAL CORONÁRIA

Devido à sua elevada prevalência e importância como causa de morte em todo o mundo, é fundamental que não se negligencie a exploração diagnóstica em pacientes sob risco ou com suspeita clínica de apresentar doença coronária. Por outro lado, o uso indiscriminado de métodos de imagem pode levar a custos injustificados e pode até mesmo criar incertezas clínicas. Devido a isso, é essencial que se escolha a forma correta de investigação na dependência das características do paciente e da fase evolutiva em que se suspeita que a doença se encontre.

ESTRATIFICAÇÃO DE RISCO EM PACIENTES ASSINTOMÁTICOS

Uma vez que medidas de mudança de estilo de vida e o tratamento clínico atual podem ser efetivos em diminuir ou retardar a ocorrência de desfechos adversos, há interesse

Tabela 3. Principais usos práticos dos exames diagnósticos em pacientes com valvopatias.^{4,11-13}

Tipo de Exame	Uso mais habitual
Ecocardiograma	Identificação do defeito valvar e graduação do defeito
	Avaliação inicial da função diastólica e sistólica
Ressonância magnética	Dúvidas à avaliação ecocardiográfica (em especial da função ventricular)
	Ecocardiogramas conflitantes
	Pesquisa de lesão miocárdica (técnica do realce tardio) em pacientes com estenose aórtica
Medicina nuclear	Pesquisa de lesão miocárdica (técnica do realce tardio) em pacientes com insuficiência aórtica e insuficiência mitral
	Avaliação da função ventricular em casos selecionados
Tomografia	Seleção de pacientes e planejamento do tratamento para tratamento percutâneo de valvopatias (estenose aórtica)

em avaliar pacientes assintomáticos de forma a identificar casos de risco mais elevado e que poderiam se beneficiar do tratamento instituído. O ultrassom de artérias carótida pode ser utilizado para esse fim, uma vez que já se demonstrou que quanto maior a espessura médio-intimal das artérias carótidas, maior a chance de acontecerem eventos cardíacos adversos. Quando há aumento da espessura parietal que coloque o paciente acima do percentil 75, após ajuste para sexo, etnia e idade ou se a parede do vaso medir mais do que 1,0 mm, o exame é considerado anormal e pode ser utilizado para re-estratificar o risco do paciente avaliado. O impacto prognóstico é ainda maior se ao invés de valorizarmos apenas a medida da parede da artéria, buscarmos a presença de placas obstrutivas de qualquer grau. Este achado caracteriza a presença de aterosclerose arterial o que os permite caracterizar como sendo de alto risco. A facilidade de uso associado ao fato do exame não usar radiação e dar informações úteis fazem com que esta seja uma opção para a estratificação de risco em pacientes assintomáticos, que se encontrem na faixa de risco intermediário conforme os escores utilizados para este fim, tais como o escore de Framingham e o escore de risco global.¹⁴⁻¹⁶

Outro método diagnóstico que permite a revisão do grupo de risco a que o paciente pertence é a medida do escore de cálcio coronário. Esta técnica já é conhecida e aplicada há mais de 20 anos e compreende a aquisição de imagens por tomografia, sem contraste, do coração, com o objetivo de identificar a presença de pontos de calcificação no trajeto das artérias coronárias. Trata-se de modalidade diagnóstica que emprega doses diminutas de radiação ionizante, e que conta com extensa literatura que documenta o seu poder de levar à reclassificação dos pacientes, tendo portanto, influência no manejo clínico dos pacientes.⁴ O escore de cálcio, quando comparado a outros fatores de risco para doença coronária mostrou ser preditor independente de eventos e o parâmetro capaz de melhor discriminar os casos de maior risco que poderiam assim ser abordados de forma mais intensa.¹⁷ Quando comparado à pesquisa de aterosclerose nas artérias carótidas, o escore de cálcio coronário mostrou-se um preditor mais forte de eventos adversos cardíacos, enquanto que a avaliação da aterosclerose carotídea teve correlação mais próxima com a incidência de acidentes cerebrovasculares.

DIAGNÓSTICO

A grande variedade de exames diagnósticos, o avanço tecnológico e a excelência dos resultados apresentados em congressos são elementos que podem dificultar a escolha do exame diagnóstico mais adequado frente a suspeita clínica de doença arterial coronária. Esta pode, por outro lado, basear-se nas características do paciente, da forma de apresentação clínica e da estratificação de risco anterior à realização dos exames. Isso se deve ao fato de que testes funcionais, tais como a cintilografia, a avaliação da perfusão por ressonância e a ecocardiografia de estresse, tem como principal característica o poder preditivo positivo e, desta forma, terão melhor desempenho em pacientes de risco moderado-alto ou alto. Já a avaliação anatômica, mais habitualmente representada pela tomografia, mostra elevado poder preditivo negativo, sendo, portanto mais útil em casos de risco intermediário - baixo/ baixo.^{18,19}

Pacientes com risco intermediário alto/alto são os casos nos quais há grande probabilidade de existir aterosclerose coronária que leve à presença de obstruções que tenham impacto sobre o fluxo de sangue. A dúvida clínica nestes casos não costuma ser se há ou não aterosclerose, mas sim se há, ou não estenoses hemodinamicamente significativas e, portanto, provas diagnósticas que avaliem este aspecto têm maior relevância clínica. A cintilografia do miocárdio tem como pontos fortes o fato de poder ser associada a esforço físico, seja com esteiras ou com bicicleta ergométrica, que podem fornecer informações adicionais à avaliação de perfusão por imagem. O exame nuclear também apresenta como ponto forte o fato de se ter grande experiência com sua aplicação, uma vez que vem sendo utilizado na prática há mais de cinquenta anos. As desvantagens deste exame incluem o fato de utilizar radiação ionizante e poder ser limitado quando há bloqueio de ramo esquerdo ou em alguns casos de lesão de tronco da coronária esquerda e quando há lesão coronária significativa na porção proximal da artéria descendente anterior, circunflexa e coronária direita. A ecocardiografia também pode ser realizada sob estresse físico ou pode ser utilizado o estímulo farmacológico, com o uso de fármacos inotrópicos e cronotrópicos positivos (dobutamina) ou vasodilatadores (adenosina ou dipiridamol). As principais vantagens do exame residem no fato de não utilizar radiação ionizante e ser de fácil execução, sendo totalmente não invasivo. Suas desvantagens incluem o fato de que os resultados podem variar conforme a janela acústica, quando há bloqueio de ramo esquerdo e de ter sua acurácia algo reduzida em pacientes multiarteriais. A ressonância magnética avalia a perfusão miocárdica apenas sob estresse farmacológico e não pode ser realizada em pacientes com disfunção renal, ou que apresentem marca-passo ou outros dispositivos de estimulação cardíaca artificial não compatíveis com os equipamentos de ressonância. Também são contraindicações ao exame existirem clips metálicos cerebrais. Como pontos fortes, destacam-se o fato de ser eficaz em pacientes com bloqueio de ramo esquerdo, não utilizar radiação ionizante e de não apresentar limitações para janelas acústicas. Testes de perfusão miocárdica também podem ser feitos por tomografia, com o uso de fármacos vasodilatadores como o Dipiridamol e a Adenosina. Contudo, este exame tem como desvantagem o fato de necessitar de dupla exposição à radiação e duas injeções do meio de contraste iodado.^{2,4,18}

A despeito das vantagens e desvantagens citadas anteriormente, o desempenho de todos os métodos de avaliação não-invasiva de isquemia miocárdica é semelhante e a escolha pode variar conforme a disponibilidade, a experiência da equipe que realiza os exames e as características dos exames já mencionadas.¹⁸ Pacientes mais jovens e, em especial, do sexo feminino, podem se beneficiar de exames que não utilizam radiação enquanto que pacientes mais velhos e que são capazes de realizar exercício físico eficaz, podem ser dirigidos para outros testes.¹⁸ Pacientes que necessitarão exames de repetição podem também se beneficiar de testes que não empregam radiação, assim como questões relativas ao custo. Contudo, mais do que o valor cobrado pelo exame, é importante valorizar a relação custo benefício que por vezes pode indicar que a melhor opção é a que dá informações relevantes, com menor grau de incerteza.¹⁸

Devido a este fato, a ressonância pode ser considerada a escolha mais favorável, em especial nos pacientes que não podem realizar exercícios, ou que não conseguem atingir a frequência cardíaca máxima preconizada, o que é um aspecto fundamental para se obter um bom resultado dos exames que avaliam a perfusão a partir da realização de esforço físico, seja em esteira, seja em bicicleta ergométrica.^{2,4,18} Qualquer que seja o exame escolhido, porém, é importante lembrar que eles devem quantificar o porcentual de miocárdio isquêmico pois esse é um dado fundamental para indicar se o tratamento deve ser clínico ou se há necessidade de se realizar procedimentos de revascularização.

Nos pacientes de risco pré-teste intermediário-baixo, a dúvida clínica que existe é se há, ou não aterosclerose coronária. Em tais situações, o mais importante é que analise a anatomia das artérias coronárias, buscando encontrar, em suas paredes, placas que revelem a presença de ateromas naqueles vasos. A tomografia computadorizada é o exame mais indicado neste tipo de condição, por seu elevado poder preditivo negativo, isto é, pela elevada precisão do exame em excluir a existência de aterosclerose significativa. Há de se notar que a grande diferença entre a quantificação do escore de cálcio e a angiometografia é que o primeiro tem como uso exclusivo a estratificação de risco em assintomáticos e o exame angiográfico é utilizado primariamente para diagnosticar a presença ou ausência de doença arterial coronária. A tomografia de artérias coronárias, portanto, tem como base de indicação as condições nas quais o principal objetivo é excluir a presença de obstruções anatômicas naqueles vasos.^{4,20,21}

Uma vez que a tomografia computadorizada mostra com precisão não apenas as artérias coronárias, mas também as demais estruturas ao seu redor, esse exame é uma excelente opção para o diagnóstico de origem anômala de artérias coronárias, em especial em crianças a partir do primeiro ano de vida. Com este tipo de exame pode-se avaliar se o posicionamento anormal destes vasos leva a angulações excessivas ou se sofre compressões significativas que possam levar à redução significativa da luz arterial.^{4,22} Essas informações são fundamentais para se decidir sobre a necessidade de tratamento cirúrgico ou invasivo e podem ser obtidas pela tomografia.

A tomografia também pode ser utilizada para determinar se pacientes que apresentam sintomas de insuficiência cardíaca de início súbito ou nos que apresentam bloqueio de ramo esquerdo ao eletrocardiograma, que não existisse anteriormente, podem ter como causa a presença de doença coronária. A avaliação não invasiva pode permitir que se defina que o motivo das alterações encontradas é a presença de ateromas coronárias significativas.^{4,21}

O elevado poder preditivo negativo do exame faz com que ele seja uma opção útil para avaliar se existe doença coronária significativa em pacientes que apresentem resultados conflitantes de outras avaliações não invasivas. Por exemplo, caso o paciente tenha apresentado alterações ao eletrocardiograma obtido durante o esforço, mas não apresente alterações isquêmicas à cintilografia. Como a tomografia permite identificar os casos nos quais há lesão de tronco da coronária esquerda ou obstruções significativas em múltiplos vasos, e diferenciar estes pacientes daqueles que não apresentam lesões significativas nos vasos coronários,

ela pode dispensar a necessidade do estudo invasivo nestas situações que não são raras na prática clínica.^{4,20,21}

Outra condição clínica na qual a tomografia é indicada, é na avaliação de pacientes com dor torácica que se apresentam na sala de emergência e nos quais o diagnóstico de síndrome coronária aguda não pode ser estabelecido, mas ao mesmo tempo, não pode ser definitivamente excluído. Isto é uma condição importante, pois caso estes pacientes sejam dispensados antes de se estabelecer o diagnóstico correto, eles apresentam mortalidade muito elevada e isso pode acontecer em até 8% dos casos. Nestas condições, o uso da tomografia pode reduzir custo e tempo de internação, sem que aconteça qualquer prejuízo para os pacientes e esta indicação vem apresentando relevância clínica crescente.^{23,24}

Finalmente, a tomografia vem ganhando espaço como opção de análise não-invasiva inicial em pacientes com dor torácica e risco pré-teste intermediário, em especial no grupo que se apresenta entre 30 e 70% de acordo com a classificação de Diamond-Forrester. Neste grupo, a tomografia pode revelar quais são os casos nos quais podem existir obstruções significativas nas artérias coronárias, ao mesmo tempo em que permite excluir com segurança os casos nos quais não há estenoses significativas. Trabalhos randomizados multicêntricos foram concordes em apontar que, nestas circunstâncias, o uso da tomografia permite que se adote a conduta correta mais precocemente, que se identifique quais casos efetivamente necessitam de estudo invasivo e que poderiam se beneficiar de estudo invasivo, ao mesmo tempo em que eles facultam dispensar com segurança a realização de exames não invasivos nos casos em que não há sinais de lesões obstrutivas significativas. O uso da tomografia implicou na redução de custos, da necessidade de exames invasivos, sem implicar em maior quantidade de eventos cardiovasculares adversos.^{21,25-27}

Desta forma, há fortes evidências de que o uso da tomografia de artérias coronárias nos pacientes de risco intermediário pode ter impacto positivo no manejo de pacientes com angina crônica. Por outro lado, quando há estenoses significativas, não se pode esquecer que a indicação de revascularização percutânea ou cirúrgica ainda deve ter como base a existência de isquemia miocárdica extensa, conforme discutimos na seção anterior.

O uso da tomografia para avaliar pacientes já submetidos a procedimentos de revascularização pode ser considerado, mas deve-se lembrar que o desempenho do exame varia conforme as características técnicas do aparelho utilizado, da experiência do grupo médico e do tipo de procedimento. Habitualmente os resultados conseguidos para a avaliação de pacientes submetidos à revascularização cirúrgica é considerado muito satisfatório, mas a qualidade das imagens em pacientes submetidos ao implante de stents mostra maior variabilidade. A discussão pormenorizada destes itens foge ao escopo deste artigo e pode ser encontrado em outras publicações.^{4,28-30}

A Tabela 4 mostra as principais indicações da tomografia de artérias coronárias.

AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE PÓS-INFARTO

A despeito de alguma controvérsia surgida nos últimos anos, a pesquisa de viabilidade em pacientes com doença arterial coronária e disfunção contrátil do ventrículo esquerdo,

Tabela 4. Principais usos práticos da tomografia em pacientes com suspeita de doença arterial coronária.^{21,22}

Indicações
Pesquisa e avaliação de origem anômala de artérias coronárias
Diagnóstico de doença coronária significativa como causa de insuficiência cardíaca de recente começo ou no surgimento de bloqueio de ramo esquerdo
Avaliação de pacientes com resultados conflitantes de outros exames não invasivos
Avaliação de pacientes com dor torácica e risco intermediário na sala de emergência, sem o diagnóstico definitivo de síndrome coronária aguda
Método de avaliação inicial de dor torácica, em pacientes ambulatoriais ou de consultório, com risco pré--teste intermediário (Diamond-Forrester 30 - 70%)

continua sendo um item importante da prática diagnóstica. Isso é verdade, em especial para que não se deixe de tratar da maneira adequada pacientes com sintomas de insuficiência cardíaca que poderiam se beneficiar de procedimentos de revascularização, que efetivamente reduzem a mortalidade nestes casos.³¹ A ecocardiografia, a medicina nuclear tanto por meio das técnicas de cintilografia como com o uso da tomografia por emissão de pósitrons e a ressonância com o emprego das técnicas de realce tardio tem sido utilizadas para essa finalidade. Na falta de trabalhos comparativos entre os três exames, a escolha recai muito sobre as características técnicas dos equipamentos disponíveis, na experiência do grupo médico que realiza os exames e na disponibilidade do exame nos locais acessíveis para o paciente. Por outro lado, alguns trabalhos tem apontado a ressonância magnética

como o exame com maior potencial de aplicação clínica e pode ser considerada para este fim, em especial pela consistência dos resultados, o não uso de radiação ionizante e pela efetividade dos resultados, tanto na fase precoce após episódios de síndrome coronária aguda, como em pacientes com disfunção ventricular e isquemia miocárdica crônica.^{4,19,31}

CONCLUSÃO

Métodos diagnósticos por imagens são aliados importantes na prática clínica, tanto para confirmar o diagnóstico suspeitado clinicamente, como para auxiliar na estratificação de risco e no planejamento do tratamento. Faltam artigos, porém, que avaliem a contribuição de cada um deles, levando em conta os cenários clínicos onde cada um deles pode contribuir de modo mais relevante. Esta revisão procurou considerar as vantagens e os pontos negativos das diferentes opções de diagnóstico por imagem e, desta forma, auxiliar na escolha e no melhor uso de cada um deles pelos clínicos que solicitam exames. Naturalmente, o avanço da tecnologia pode, em breve, trazer mudanças ao cenário aqui apresentado, mas parece perene o conceito de que devemos empregar em cada situação clínica o exame que pode ter melhor resultado ao se considerar a eficácia e o custo, sem esquecer de sempre levar em conta os aspectos da segurança do paciente.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não possuir conflitos de interesse na realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- Zhang YF, Zeng XL, Zhao EF, Lu HW. Diagnostic Value of Fetal Echocardiography for Congenital Heart Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2015;94:e1759.
- von Knobelsdorff-Brenkenhoff F, Schulz-Menger J. Role of cardiovascular magnetic resonance in the guidelines of the European Society of Cardiology. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2016;18:6.
- Baumgartner H, Bonhoeffer P, De Groot NM, de Haan F, Deanfield JE, Galie N, et al. Task Force on the Management of Grown-up Congenital Heart Disease of the European Society of Cardiology, Association for European Paediatric Cardiology and Guidelines ESCCfP. ESC Guidelines for the management of grown-up congenital heart disease (new version 2010). *Eur Heart J*. 2010;31:2915-57.
- Sara L, Szarf G, Tachibana A, Shiozaki AA, Villa AV, de Oliveira AC, et al. Sociedade Brasileira de Cardiologia and Colegio Brasileiro de Radiologia. [II Guidelines on Cardiovascular Magnetic Resonance and Computed Tomography of the Brazilian Society of Cardiology and the Brazilian College of Radiology]. *Arq Bras Cardiol*. 2014;103:1-86.
- Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, Bueno H, Cleland JG, Coats AJ, et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur Heart J*. 2016;37:2129-200.
- Mahrholdt H, Wagner A, Judd RM, Sechtem U and Kim RJ. Delayed enhancement cardiovascular magnetic resonance assessment of non-ischaemic cardiomyopathies. *Eur Heart J*. 2005;26:1461-74.
- Olivas-Chacon CI, Mullins C, Stewart K, Akle N, Calleros JE, Ramos-Duran LR. Magnetic Resonance Imaging of Non-ischemic Cardiomyopathies: A Pictorial Essay. *J Clin Imaging Sci*. 2015;5:37.
- Maron BJ, Ommen SR, Semsarian C, Spirito P, Olivetto I, Maron MS. Hypertrophic cardiomyopathy: present and future, with translation into contemporary cardiovascular medicine. *J Am Coll Cardiol*. 2014;64:83-99.
- Shiozaki AA, Senra T, Arteaga E, Martinelli Filho M, Pita CG, Avila LF, et al. Myocardial fibrosis detected by cardiac CT predicts ventricular fibrillation/ventricular tachycardia events in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2013;7:173-81.
- Chan RH, Maron BJ, Olivetto I, Pencina MJ, Assenza GE, Haas T, et al. Prognostic value of quantitative contrast-enhanced cardiovascular magnetic resonance for the evaluation of sudden death risk in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation*. 2014;130:484-95.
- Tarasoutchi F, Montera MW, Grinberg M, Pineiro DJ, Sanchez CR, Bacelar AC, et al. [Brazilian Guidelines for Valve Disease - SBC 2011 / I Guideline Inter-American Valve Disease - 2011 SIAC]. *Arq Bras Cardiol*. 2011;97:1-67.
- Van De Heyning CM, Magne J, Pierard LA, Bruyere PJ, Davin L, De Maeyer C, et al. Late gadolinium enhancement CMR in primary mitral regurgitation. *Eur J Clin Invest*. 2014;44:840-7.
- Cocchia R, D'Andrea A, Conte M, Cavallaro M, Riegler L, Citro R, et al. Patient selection for transcatheter aortic valve replacement: A combined clinical and multimodality imaging approach. *World J Cardiol*. 2017;9:212-229.

14. Corti R, Fuster V, Fayad ZA, Worthley SG, Helft G, Chaplin WF, et al. Effects of aggressive versus conventional lipid-lowering therapy by simvastatin on human atherosclerotic lesions: a prospective, randomized, double-blind trial with high-resolution magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol*. 2005;46:106-12.
15. Sillesen H, Muntendam P, Adourian A, Entekin R, Garcia M, Falk E et al. Carotid plaque burden as a measure of subclinical atherosclerosis: comparison with other tests for subclinical arterial disease in the High Risk Plaque BioImage study. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2012;5:681-9.
16. Darabian S, Hormuz M, Latif MA, Pahlevan S, Budoff MJ. The role of carotid intimal thickness testing and risk prediction in the development of coronary atherosclerosis. *Curr Atheroscler Rep*. 2013;15:306.
17. Yeboah J, McClelland RL, Polonsky TS, Burke GL, Sibley CT, O'Leary D, Carr JJ, et al. Comparison of novel risk markers for improvement in cardiovascular risk assessment in intermediate-risk individuals. *JAMA*. 2012;308:788-95.
18. Collaborative THEaTA. The Relative Cost-effectiveness of Five Non-invasive Cardiac Imaging Technologies for Diagnosing Coronary Artery Disease in Ontario. Toronto Health Economics and Technology Assessment Collaborative Report. 2010.
19. Campbell F, Thokala P, Uttley LC, Sutton A, Sutton AJ, Al-Mohammad A, Thomas SM. Systematic review and modelling of the cost-effectiveness of cardiac magnetic resonance imaging compared with current existing testing pathways in ischaemic cardiomyopathy. *Health Technol Assess*. 2014;18:1-120.
20. Genders TS, Steyerberg EW, Alkadhi H, Leschka S, Desbiolles L, and Consortium CAD, et al. A clinical prediction rule for the diagnosis of coronary artery disease: validation, updating, and extension. *Eur Heart J*. 2011;32:1316-30.
21. ANS Gdt. Rol de procedimentos e eventos em saúde. Diretrizes de utilização para cobertura de procedimentos na saúde suplementar. 2016
22. Grani C, Buechel RR, Kaufmann PA, Kwong RY. Multimodality Imaging in Individuals With Anomalous Coronary Arteries. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2017;10:471-481.
23. Goldstein JA, Chinnaiyan KM, Abidov A, Achenbach S, Berman DS, Hayes SW, et al. and Investigators C-S. The CT-STAT (Coronary Computed Tomographic Angiography for Systematic Triage of Acute Chest Pain Patients to Treatment) trial. *J Am Coll Cardiol*. 2011;58:1414-22.
24. Truong QA, Hayden D, Woodard PK, Kirby R, Chou ET, Nagurney JT, et al. Sex differences in the effectiveness of early coronary computed tomographic angiography compared with standard emergency department evaluation for acute chest pain: the rule-out myocardial infarction with Computer-Assisted Tomography (ROMICAT)-II Trial. *Circulation*. 2013;127:2494-502.
25. Neglia D, Chiappino D, Magnoni M. [The SCOT-HEART study]. *G Ital Cardiol (Rome)*. 2015;16:601-7.
26. Fordyce CB, Newby DE, Douglas PS. Diagnostic Strategies for the Evaluation of Chest Pain: Clinical Implications From SCOT-HEART and PROMISE. *J Am Coll Cardiol*. 2016;67:843-52.
27. Williams MC, Hunter A, Shah AS, Assi V, Lewis S, et al., Newby DE and Investigators S-H. Use of Coronary Computed Tomographic Angiography to Guide Management of Patients With Coronary Disease. *J Am Coll Cardiol*. 2016;67:1759-68.
28. Cui X, Li T, Li X, Zhou W. High-definition computed tomography for coronary artery stents imaging: Initial evaluation of the optimal reconstruction algorithm. *Eur J Radiol*. 2015;84:834-9.
29. Gabriel J, Klimach S, Lang P, Hildick-Smith D. Should computed tomography angiography supersede invasive coronary angiography for the evaluation of graft patency following coronary artery bypass graft surgery? *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2015;21:231-9.
30. Machida H, Tanaka I, Fukui R, Shen Y, Ishikawa T, Tate E, et al. Current and Novel Imaging Techniques in Coronary CT. *RadioGraphics*. 2015;35:991-1010.
31. Gerber BL, Rousseau MF, Ahn SA, le Polain de Waroux JB, Poulleur AC, Philips T, et al. Prognostic value of myocardial viability by delayed-enhanced magnetic resonance in patients with coronary artery disease and low ejection fraction: impact of revascularization therapy. *J Am Coll Cardiol*. 2012;59:825-35.



ESTEJA PREPARADO PARA SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

Participe dos cursos do Centro de Treinamento

Com objetivo de treinar profissionais da saúde e a população leiga para reconhecer e lidar com situações de emergência cardíaca, os treinamentos ministrados pelo centro utilizam equipamentos e salas modernas, o que garante o máximo realismo à situação simulada. Os instrutores são altamente capacitados e credenciados, de acordo com as regras e especificações da American Heart Association (AHA). Conheça mais sobre os cursos e inscreva-se!

- ACLS - Suporte Avançado de Vida em Cardiologia
- ACLS EP (EXPERIENCED PROVIDER)
- BLS - Suporte Básico de Vida
- FIRST AID - Primeiros Socorros e Salva-Corações com DEA / DAE
- PALS - Suporte Básico de Vida em Pediatria
- SAVIC - Suporte Avançado de Vida em Insuficiência Cardíaca

Saiba mais e inscreva-se em:

WWW.SOCESP.ORG.BR/CENTRO_TREINAMENTO/

Credenciamento:



**AUTHORIZED
TRAINING
CENTER**





TODOS JUNTOS POR UMA SOCESP MAIS FORTE!

REGIONAIS SOCESP

- ABCDM
- Araçatuba
- Araraquara
- Araras
- Bauru
- Botucatu
- Campinas
- Franca
- Jundiaí
- Marília
- Piracicaba
- Presidente Prudente
- Ribeirão Preto
- Santos
- São Carlos
- São José do Rio Preto
- Sorocaba
- Vale do Paraíba

Saiba onde cada regional atua, conheça seus membros e eventos. Acesse o site da Sociedade e clique em "Regionais".

WWW.SOCESP.ORG.BR

