

Leonardo Paschoal Camacho Varoni

**Estudo eletrovetorcardiográfico dos aneurismas ventriculares
na cardiopatia isquêmica**

São Paulo

2023

Leonardo Paschoal Camacho Varoni

**Estudo eletrovectrocardiográfico dos aneurismas ventriculares
na cardiopatia isquêmica**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo para obtenção do título de
Doutor em Ciências

Programa de Cardiologia

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Pastore

São Paulo

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Varoni, Leonardo Paschoal Camacho
Estudo eletrovetorcardiográfico dos aneurismas
ventriculares na cardiopatia isquêmica / Leonardo
Paschoal Camacho Varoni. -- São Paulo, 2023.
Tese (doutorado) -- Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo.
Programa de Cardiologia.
Orientador: Carlos Alberto Pastore.

Descritores: 1.Aneurisma cardíaco 2.Cardiopatia
isquêmica 3.Eletrocardiografia 4.Vetorcardiografia
5.Ecocardigrafia de contraste 6.Fração de ejeção
7.Técnicas de diagnóstico cardiovascular

USP/FM/DBD-098/23

Responsável: Erinalva da Conceição Batista, CRB-8 6755

Dedicatória

Aos meus pais, por me guiarem no caminho da fidelidade a Deus. Pelos valores, pelos exemplos e por serem os pilares da minha educação.

À minha esposa Gabriela, pelo amor e apoio incondicional. Aos meus filhos, Pedro e Cecília, razões da minha vida. Não há conquista que não seja nossa.

Às minhas irmãs, Andreza e Priscila, eternas companheiras.

Agradecimientos

Ao Prof. Dr. Carlos Alberto Pastore, meu orientador, por ser fonte de inspiração e entusiasmo. Minha referência de profissionalismo e dedicação ao ensino.

Ao Dr. Nelson Samesima, meu exímio coorientador, por todo conhecimento e determinação empregados nesta tese, também pelo incentivo ao longo de todos os anos.

Ao Dr. Horácio Gomes Pereira Filho, Dra. Nancy Maria Martins de Oliveira Tobias, Dra. Mirella Esmanhotto Facin e Dra. Bruna Affonso Madaloso, pela amizade e convívio harmonioso.

Ao Prof. Dr. Wilson Mathias Jr., por disponibilizar o serviço de Ecocardiografia do Instituto do Coração para a realização deste projeto. A todos os médicos do grupo de Ecocardiografia, por contribuírem para a minha formação.

A todos os funcionários dos setores de Eletrocardiografia de Repouso e Ecocardiografia do Instituto do Coração, pela atenção e assistência nesse período.

Epígrafe

“This above all: to thine own self be true;
And it must follow, as the night the day,
Thou canst not then be false to any man.
Farewell: my blessing season this in thee.”

William Shakespeare

Normatização Adotada

Esta tese está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Divisão de Biblioteca e Documentação. Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3a ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação; 2011.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

Sumário

SUMÁRIO

Lista de abreviaturas e siglas

Lista de símbolos

Lista de figuras

Lista de tabelas

Resumo / Abstract

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. OBJETIVOS | 7 |
| 2.1 Objetivo primário | 8 |
| 2.2 Objetivo secundário | 8 |
| 3. MÉTODOS | 9 |
| 3.1 Delineamento do estudo | 10 |
| 3.1.1 Critérios de inclusão | 12 |
| 3.1.2 Critérios de exclusão | 13 |
| 3.2 Ecocardiograma | 13 |
| 3.3 Eletrocardiograma de repouso | 15 |
| 3.4 Vetorcardiograma | 16 |
| 3.5 Variáveis estudadas | 28 |
| 3.6 Análise estatística | 28 |
| 4. RESULTADOS | 30 |
| 5. DISCUSSÃO | 40 |
| 6. LIMITAÇÕES | 48 |
| 7. CONCLUSÕES | 50 |
| 8. PERSPECTIVAS FUTURAS | 52 |
| 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 54 |
| 10. ANEXOS | 61 |

Listas

ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|----------------------|---|
| CAPPesq | Comitê de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa |
| CDI | Cardioversor desfibrilador implantável |
| CEPEC | Centro de Pesquisa em Ecocardiografia e Cardiologia |
| DP | Desvio padrão |
| E | Especificidade |
| ECG | Eletrocardiograma |
| FAPESP | Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo |
| FEVE | Fração de ejeção do ventrículo esquerdo |
| IC | Intervalo de confiança |
| InCor-HCFMUSP | Instituto do Coração do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo |
| RMC | Ressonância magnética cardíaca |
| S | Sensibilidade |
| TCLE | Termo de consentimento livre e esclarecido |
| VCG | Vetorcardiograma |
| VPN | Valor preditivo negativo |
| VPP | Valor preditivo positivo |

SÍMBOLOS

| | |
|-------------|----------------------------|
| σ | tensão parietal |
| h | espessura parietal |
| κ | coeficiente Kappa de Cohen |
| P | pressão da cavidade |
| r | raio |
| cm | centímetro |
| mm | milímetro |
| mmHg | milímetros de mercúrio |
| mm/s | milímetro por segundo |
| ms | milissegundo |
| mV | milivolt |
| $>$ | maior que |
| $<$ | menor que |
| \geq | maior ou igual |
| \leq | menor ou igual |
| $=$ | igual |
| \pm | mais ou menos |
| % | porcentagem |

FIGURAS

| | | |
|--------------------------|---|----|
| Figura 1 | Classificação da onda T no eletrocardiograma | 16 |
| Figura 2 | Posição dos eletrodos no sistema de derivações ortogonais corrigidas de Frank | 17 |
| Figura 3 | Alça vetorcardiográfica da onda P | 18 |
| Figura 4 | Alça vetorcardiográfica do QRS | 18 |
| Figura 5 | Alça vetorcardiográfica de T | 19 |
| Figura 6 | Alça vetorcardiográfica de T no plano horizontal; relação com derivações eletrocardiográficas | 20 |
| Figura 7 | Projeção posterior da alça de T em V2 no vetorcardiograma ... | 21 |
| Figura 8 | Projeção posterior da alça de T em V3 no vetorcardiograma ... | 21 |
| Figura 9 | Projeção posterior da alça de T em V4 no vetorcardiograma ... | 22 |
| Figura 10 | Limites posteriores da alça de T para as derivações V2, V3 e V4 no vetorcardiograma | 23 |
| Figura 11 | Limites anteriores da alça de T para as derivações V2, V3 e V4 no vetorcardiograma | 23 |
| Figura 12 | Régua-transferidora: análise do padrão anterior-posterior da alça de T em V2 e/ou V3 e/ou V4 | 24 |
| Figura 13 | Projeção anterior da alça de T no vetorcardiograma | 25 |
| Figura 14 | Projeção posterior da alça de T no vetorcardiograma | 25 |
| Figura 15 | Projeção posterior-anterior da alça de T no vetorcardiograma | 26 |
| Figuras 16a / 16b | Projeção anterior-posterior da alça de T no vetorcardiograma | 27 |
| Figura 17 | Fluxograma de seleção dos pacientes na fase de teste | 32 |

TABELAS

| | | |
|-----------------|---|----|
| Tabela 1 | Variáveis demográficas dos grupos aneurisma e acinesia na fase de teste | 33 |
| Tabela 2 | Identificação de pacientes do grupo aneurisma, segundo a presença de <i>plus-minus</i> (onda T) / anterior-posterior (alça de T) na fase de teste | 34 |
| Tabela 3 | Identificação de pacientes com redução da fração de ejeção do ventrículo esquerdo de grau moderado ou importante, segundo a presença de <i>plus-minus</i> (onda T) / anterior-posterior (alça da onda T) na fase de teste | 36 |
| Tabela 4 | Identificação de pacientes do grupo aneurisma, segundo a presença de <i>plus-minus</i> (onda T) / anterior-posterior (alça de T) na fase de validação | 38 |

Resumo

RESUMO

Varoni LPC. Estudo eletrovetorcardiográfico dos aneurismas ventriculares na cardiopatia isquêmica. [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2023.

O aneurisma ventricular é uma das complicações crônicas da síndrome coronariana aguda e relaciona-se com insuficiência cardíaca congestiva, angina, eventos tromboembólicos e arritmias ventriculares. Diversos estudos estabeleceram critérios diagnósticos eletrocardiográficos para identificá-los, entretanto com baixa acurácia. Assim, buscamos caracterizar o padrão eletrovetorcardiográfico dos aneurismas ventriculares na cardiopatia isquêmica através da análise da repolarização ventricular em duas etapas (fases de teste e validação). Também associamos os diferentes padrões morfológicos da onda T com a fração de ejeção do ventrículo esquerdo da população estudada. Na fase de teste, foram incluídos 33 pacientes, que realizaram ecocardiograma transtorácico com contraste à base de microbolhas (SonoVue®), eletrocardiograma e vetorcardiograma em um único dia. Através da análise da contratilidade segmentar pelo ecocardiograma, os pacientes foram alocados em 2 grupos: grupo aneurisma – n=22 e grupo acinesia – n=11. Ao eletrocardiograma, a análise e classificação da onda T nas derivações precordiais evidenciou a presença do padrão *plus-minus* da onda T em V2 e/ou V3 e/ou V4, no grupo aneurisma, com sensibilidade de 91%, especificidade de 91%, valor preditivo positivo de 95% e valor preditivo negativo de 83% ($p<0,0001$). A análise do vetorcardiograma no plano horizontal identificou o grupo aneurisma através do padrão anterior-posterior da alça de T (correspondente ao padrão *plus-minus* do eletrocardiograma) em V2 e/ou V3 e/ou V4 com sensibilidade de 95%, especificidade de 91%, valor preditivo positivo de 95% e valor preditivo negativo de 91% ($p<0,0001$). Os aspectos eletrovetorcardiográficos (*plus-minus* / anterior-posterior) evidenciaram maior comprometimento sistólico do ventrículo esquerdo ($34,3 \pm 4,4\%$ vs $43,5 \pm 8,0\%$, $p=0,002$ e $34,3 \pm 4,3\%$ vs $44,2 \pm 7,9\%$, $p=0,002$, respectivamente). Na fase de validação, foram incluídos 16 pacientes (grupo aneurisma – n=8 e grupo acinesia – n=8), cuja análise da contratilidade segmentar do ventrículo esquerdo foi

determinada através da ressonância magnética cardíaca. O reconhecimento eletrocardiográfico do grupo aneurisma através do padrão *plus-minus* da onda T em V2 e/ou V3 e/ou V4, demonstrou sensibilidade de 87,5%, especificidade de 87,5%, valor preditivo positivo de 87,5% e valor preditivo negativo de 87,5% ($p=0,01$). Ao vetorcardiograma, a presença da morfologia anterior-posterior da alça de T identificou o grupo aneurisma com sensibilidade de 75%, especificidade de 87,5%, valor preditivo positivo de 85,7% e valor preditivo negativo de 77,7% ($p=0,04$). Assim, ambos os métodos apresentaram elevada acurácia na identificação do aneurisma ventricular em pacientes isquêmicos. Houve concordância perfeita na interpretação eletrocardiográfica entre o examinador principal e o avaliador 1, com $\kappa=1,0$ ($p<0,001$), enquanto a concordância da análise vetorcardiográfica entre o examinador principal e os avaliadores 1 e 2 foi considerada forte (avaliador 1 - $\kappa=0,625$; $p=0,012$ e avaliador 2 - $\kappa=0,613$; $p=0,013$). Concluímos assim, que a presença de onda T com padrão *plus-minus* em V2 e/ou V3 e/ou V4 ao eletrocardiograma, bem como a expressão vetorcardiográfica da alça de T anterior-posterior em V2 e/ou V3 e/ou V4 no plano horizontal, mostraram elevada acurácia no reconhecimento do aneurisma ventricular em pacientes portadores de cardiopatia isquêmica.

Descritores: Aneurisma cardíaco; Cardiopatia isquêmica; Eletrocardiografia; Vetorcardiografia; Ecocardiografia de contraste; Fração de ejeção; Técnicas de diagnóstico cardiovascular.

Abstract

ABSTRACT

Varoni LPC. Electrovectorcardiographic study of left ventricular aneurysm in ischemic heart disease. [thesis]. São Paulo: "Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo"; 2023.

The left ventricular aneurysm is one of the chronic complications of the acute coronary syndrome and is associated with congestive heart failure, angina, thromboembolic events and ventricular arrhythmias. Several studies established electrocardiographic and vectorcardiographic diagnostic criteria to identify them, however with low accuracy. Therefore, in this study, we aimed to characterize the electrocardiographic pattern of left ventricular aneurysm in ischemic heart disease through the analysis of ventricular repolarization divided in two phases (test and validation). Furthermore, the different morphologic patterns of the T wave were related with the left ventricular ejection fraction of the studied population. In the test phase, thirty-three patients were enrolled, who underwent transthoracic echocardiography with ultrasonic enhancing agent (SonoVue®), electrocardiography and vectorcardiography, in one single visit. From the analysis of the segmental contractility on echocardiography, patients were allocated in 2 groups: aneurysm group – n=22, and akinesia group – n=11. In what concerns electrocardiography, the analysis and classification of the T wave in the transverse plane showed the existence of the T wave *plus-minus* pattern in V2 and/or V3 and/or V4 in the aneurysm group with sensitivity of 91%, specificity of 91%, positive predictive value of 95%, and negative predictive value of 83% ($p<0.0001$). The analysis of the vectorcardiogram on the transverse plane identified the anterior-posterior pattern of the T loop (corresponding to the electrocardiographic *plus-minus* pattern) in V2 and/or V3 and/or V4 in the aneurysm group, with sensitivity of 95%, specificity of 91%, positive predictive value of 95%, and negative predictive value of 91% ($p<0.0001$). The electrovectorcardiographic aspects (*plus-minus*/ anterior-posterior) revealed greater impairment of the left ventricular systolic function ($34.3 \pm 4.4\%$ vs $43.5 \pm 8.0\%$, $p=0.002$; and $34.3 \pm 4.3\%$ vs $44.2 \pm 7.9\%$, $p=0.002$, respectively). In the validation phase, 16 patients were included (aneurysm group - n=8, and akinesia

group - n=8), in whom the analysis of the segmental contractility of the left ventricle was determined through cardiac magnetic resonance imaging. The electrocardiographic recognition of the aneurysm groups through the *plus-minus* pattern of the T wave in V2 and/or V3 and/or V4 evidenced sensitivity of 87.5%, specificity of 87.5%, positive predictive value of 87.5% and negative predictive value of 87.5% (p=0.01). Regarding the vectorcardiography, the presence of the anterior-posterior pattern of the T wave evidenced the aneurysm group with sensitivity of 75%, specificity of 87.5%, positive predictive value of 85.7% and negative predictive value of 77.7% (p=0.04). Therefore, both methods presented high accuracy on the identification of left ventricular aneurysm in ischemic patients. There was a perfect consensus in the electrocardiographic interpretation by the main examiner and the evaluator 1, with $\kappa=1.0$ (p<0.001), while the concordance of the vectorcardiographic analysis, between the main examiner and the evaluators 1 and 2, was considered strong (evaluator 1 - $\kappa=0.625$; p=0.012 and evaluator 2 - $\kappa=0.613$; p=0.013). We concluded that the presence of the T wave with the *plus-minus* pattern in V2 and/or V3 and/or V4 in the electrocardiogram, as well as the vectorcardiographic expression of the anterior-posterior T loop in V2 and/or V3 and/or V4 on the transverse plane demonstrated high accuracy for recognition of left ventricular aneurysm in patients with ischemic heart disease.

Descriptors: Heart aneurysm; Myocardial ischemia; Electrocardiography; Vectorcardiography; Contrast echocardiography; Ejection fraction, ventricular; Diagnostic techniques, cardiovascular.

1.Introdução

1. INTRODUÇÃO

Os aneurismas ventriculares se caracterizam por apresentarem afilamento e dilatação focal, com deformações acinéticas e/ou discinéticas, na sístole ventricular¹. A definição de aneurisma ventricular "verdadeiro" ou anatômico apresenta o conceito de colo largo² e relação $>0,5$ (diâmetro da junção entre o aneurisma e o restante do ventrículo esquerdo, em relação ao diâmetro máximo do aneurisma)³. Porém, com o avanço dos métodos de imagem em cardiologia tem-se empregado termos diferentes dos usuais para designá-los, como distorções diastólicas, já que apresentam margens distintas das demais porções do ventrículo esquerdo, mesmo na ausência de colo largo⁴. Assim, funcionalmente, um aneurisma ventricular é uma área distinta composta de relaxamento diastólico anormal e discinesia sistólica paradoxal⁵.

O infarto transmural pode levar à formação do aneurisma ventricular através de dois mecanismos principais, que são a fase de expansão precoce e a fase de remodelamento tardio. Em um primeiro momento, há afilamento da parede ventricular infartada, com migração de células inflamatórias que realizam a lise dos miócitos necróticos e consequente ruptura das fibras de colágeno. Após 2 a 4 semanas, já na fase de remodelamento tardio, surge o tecido de granulação que é substituído por tecido fibrótico em 6 a 8 semanas⁶.

Do ponto de vista fisiopatológico, o aumento da tensão no tecido miocárdico infartado levará ao afilamento e protrusão progressivos da parede⁷. Esta evolução é explicada pela Lei de Laplace ($\sigma = Pr / 2h$), cujo preceito é de que determinada pressão intraventricular (P), associada ao aumento do raio (r) e diminuição da espessura da parede do coração acometido (h), contribui para o aumento da tensão (σ) das fibras musculares. Assim, em última análise, haverá sobrecarga de volume diastólico final e perda do formato ventricular original⁸, levando à formação do aneurisma que, em geral, é uma complicação tardia do infarto do miocárdio⁹.

Os aneurismas ventriculares ocorrem em até 5% dos casos pós-infarto agudo do miocárdio^{10,11} e estão relacionados a infartos transmurais de paredes anterior e apical em cerca de 90% dos casos¹². Possuem diâmetro entre 1 e 8

cm¹² e mortalidade até 6 vezes maior comparados àqueles que não os apresentam^{13,11}. Raramente observados quando há colaterais abundantes, em doença multivascular¹⁴ ou quando não há acometimento da artéria descendente anterior¹⁵.

As principais complicações em pacientes portadores de aneurisma ventricular na cardiopatia isquêmica são: insuficiência cardíaca, eventos tromboembólicos, angina e arritmias ventriculares sintomáticas. Enquanto insuficiência cardíaca e eventos tromboembólicos são encontrados em aproximadamente 50% daqueles acometidos com aneurisma cardíaco, angina pode estar presente em até 33% e as arritmias ventriculares sintomáticas em 15%². No Brasil, o óbito por doença cardiovascular em 2020 atingiu 357.741 pessoas (22,9% do total de óbitos). Destes, 109.556 óbitos ocorreram devido à cardiopatia isquêmica (7% do total de óbitos), com 90.465 óbitos associados a infarto agudo do miocárdio¹⁶, sendo estimada incidência ao redor de 4.500 casos de aneurisma ventricular neste grupo. Nos Estados Unidos da América, estima-se que 4,9% da população terá sido acometida por infarto agudo do miocárdio em 2060¹⁷, o que acarretará por volta de 800.000 pessoas com o diagnóstico de aneurisma ventricular.

Os aneurismas fazem parte dos diagnósticos diferenciais eletrocardiográficos de supradesnivelamento do ponto J nas derivações do plano horizontal, cujo espectro de patologias apresentam manejos terapêuticos e prognósticos diversos. Assim, diante das possíveis complicações relacionadas aos aneurismas, o reconhecimento precoce é fundamental para uma terapêutica específica dirigida tanto para o tratamento como para a prevenção de complicações graves.

A identificação de áreas de fibrose após infarto agudo do miocárdio podem ser verificadas no eletrocardiograma (ECG) através da presença de uma área eletricamente inativa, cuja definição é a ausência da ativação ventricular da forma esperada, fundamentada na presença de ondas Q patológicas em pelo menos duas derivações contíguas e que podem ter duração superior a 40 ms, associadas ou não à amplitude > 25% da onda R do mesmo complexo QRS.

Também é valorizada a não progressão da onda R em área onde a mesma é esperada e deveria estar presente¹⁸.

Na evolução do infarto, a resolução dos desnivelamentos do segmento ST pode ser sucedida pela presença de ondas Q proeminentes, formando complexos QS, QR ou Qr, cujo registro estará presente em derivações voltadas para a região necrótica. As ondas T apresentam-se inicialmente negativas e com grande voltagem, mas podem diminuir de amplitude com o passar do tempo e se tornarem positivas¹⁹. No entanto, há carência de estudos e evidências eletrocardiográficas que distingam e definam os aneurismas ventriculares de maneira pormenorizada.

O vetorcardiograma (VCG) mostra-se elemento verdadeiramente útil e importante no diagnóstico do infarto do miocárdio²⁰. Deve ser considerado principalmente em situações em que as alterações decorrentes da zona de necrose não se manifestam com clareza à análise eletrocardiográfica, como infartos da região anterossseptal com onda R em V1 e V2 que não progridem como esperado²¹.

O vetorcardiograma reflete a ativação e repolarização espacial dos átrios e ventrículos de forma tridimensional, trazendo à tona minúcias para a detecção e confirmação de diferentes diagnósticos. Atualmente, com o intuito de aumentar a acurácia nos diagnósticos diferenciais de determinadas patologias, tem-se associado e analisado simultaneamente o vetorcardiograma e o eletrocardiograma^{22,23,24}.

Mostrou-se também muito útil na caracterização da relação entre áreas eletricamente inativas e bloqueios divisionais ou tronculares. Dessa forma, a análise eletrovectrocardiográfica é importante para avaliar a associação entre áreas eletricamente inativas anteriores e bloqueio de ramo direito, além de determinar áreas eletricamente inativas inferiores, associadas ou não ao bloqueio divisional anterossuperior esquerdo²⁵.

A análise eletrovectrocardiográfica é padrão-ouro no reconhecimento dos bloqueios de ramos e divisionais, pois consegue mapear o caminho elétrico percorrido pela ativação ventricular^{20,26}. É método assertivo na identificação da pré-excitação ventricular, quando se observa a proximidade dos cometas e a

retificação inicial da alça de QRS (representação vetorcardiográfica da onda delta do eletrocardiograma)²⁷. Tem-se mostrado importante ferramenta no entendimento e diagnóstico da Síndrome de Brugada e de seus diagnósticos diferenciais (repolarização precoce e atraso final de condução). A análise vetorcardiográfica da alça de QRS com o aspecto de "nariz", pouco antes do início da alça de T, remete ao diagnóstico de síndrome de Brugada²⁸, enquanto a distância JT pode ser utilizada para identificar Brugada tipo I no plano sagital, além de diferenciar o padrão Brugada de outras entidades clínicas no plano horizontal²⁹. Outra aplicação importante da eletrovetorcardiografia é na cardiomiopatia arritmogênica do ventrículo direito. Nesta enfermidade, a presença de atraso final de condução com baixa voltagem ao eletrocardiograma e com muita duração à direita no vetorcardiograma, somado à presença de onda T negativa de V1 a V3 localizada à esquerda e para trás no plano horizontal, pode estabelecer o diagnóstico²⁰.

Paralelamente, tem sido demonstrado que a integração e associação entre o estudo elétrico e funcional, utilizando exames que possuem elevada acurácia para diagnosticar diferentes cardiopatias, como o ecocardiograma e a ressonância magnética cardíaca (RMC), são úteis para revelar novas informações e desvendar particularidades, ampliando o conhecimento eletrovetorcardiográfico³⁰⁻³⁹.

Bayés de Luna et al.³⁰ desmistificaram a presença da onda R ampla em V1 e V2 como marcador de infarto posterior (inferior)³¹. Para esse fim, utilizaram a RMC com a técnica de realce tardio^{32,33,34} em pacientes portadores de doença arterial coronariana a fim de determinar a localização, extensão e profundidade (endocárdio, epicárdio e transmural) do infarto. A correlação entre o eletrocardiograma e a RMC demonstrou que a onda R proeminente em V1 é um marcador específico para infarto lateral (especificidade (E) de 98,9%, sensibilidade (S) de 19,6%, valor preditivo positivo (VPP) de 96,7% e valor preditivo negativo (VPN) de 42,5%³⁰).

A despeito da sensibilidade da ecocardiografia em detectar aneurisma do ventrículo esquerdo (VE) - entre 90 e 100%³⁵, a limitação imposta pela janela ecocardiográfica em alguns casos prejudica a análise da contratilidade

segmentar. No entanto, estudo multicêntrico tem demonstrado maior concordância interobservadores na avaliação das alterações segmentares quando utilizado contraste ecocardiográfico, comparados aos estudos ecocardiográficos que não os utilizaram, ou mesmo com a Ressonância Magnética Cardíaca³⁶.

Desse modo, a ecocardiografia com contraste à base de microbolhas tem sido empregada para opacificação ventricular esquerda e delineamento dos bordos endocárdios, fornecendo dados adicionais e permitindo melhor avaliação da anatomia cardíaca em pacientes com doença coronária crônica³⁷ e portadores de aneurismas ventriculares e suas variantes^{38,39}. No entanto, em um país continental como o Brasil, a espera por um ecocardiograma transtorácico pelo Sistema Único de Saúde (SUS) pode chegar a 540 dias⁴⁰. Além disso, o ecocardiograma com contraste à base de microbolhas realizado no nosso trabalho, não se encontra disponível em centros primários e secundários. Assim, justifica-se o emprego do eletrocardiograma para o reconhecimento de padrões pós-infarto agudo do miocárdio e de suas possíveis complicações, como o aneurisma ventricular, já que é um método amplamente disponível e de fácil execução.

Dessa forma, objetivamos reconhecer os padrões eletrovetorcardiográficos dos aneurismas ventriculares em pacientes portadores de cardiopatia isquêmica.

2. Objetivos

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo primário

Caracterizar o padrão eletrovetorcardiográfico dos aneurismas ventriculares em pacientes portadores de cardiopatia isquêmica.

2.2. Objetivo secundário

Associar os achados eletrovetorcardiográficos com a fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE).

3. Métodos

3. MÉTODOS

3.1. Delineamento do estudo

Estudo transversal, observacional, comparativo entre dois grupos de pacientes, com e sem aneurisma ventricular, projetado em duas etapas: fases de teste e validação. Foi utilizada amostragem por conveniência para selecionar os pacientes, pois houve limitação na quantidade do contraste ecocardiográfico utilizado na fase de teste (35 unidades), além da ausência de estudos que determinem a possibilidade de cálculo amostral.

Na fase de teste, foram selecionadas ressonâncias magnéticas cardíacas, realizadas entre os anos de 2012 e 2018, de pacientes que tiveram o diagnóstico de infarto do miocárdio com oclusão da artéria descendente anterior. O banco de dados oriundo da Coordenação Técnica do Diagnóstico por Imagem do Instituto do Coração do Hospital do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (InCor-HCFMUSP) forneceu a listagem com os pacientes que preencheram esses critérios (possuir RMC e diagnóstico de infarto do miocárdio), sendo então triados através da análise dos prontuários elegíveis.

Após a seleção dos pacientes, detalhada a seguir, estes foram submetidos ao ecocardiograma transtorácico com contraste à base de microbolhas. O achado ecocardiográfico definiu o Grupo no qual o paciente foi alocado, isto é, Grupo aneurisma e Grupo acinesia. Todos os pacientes realizaram um eletrocardiograma e um vetorcardiograma. Todos os três exames (ecocardiograma, eletrocardiograma e vetorcardiograma) foram realizados após assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e executados pelo pesquisador em uma única visita, na Unidade Clínica de Eletrocardiografia de Repouso e no Serviço de Ecocardiografia do InCor – HCFMUSP. A validação dos laudos dos ecocardiogramas foi realizada por um diferente cardiologista, enquanto a análise eletrovectrocardiográfica foi realizada por dois outros cardiologistas, e em caso de discordância, um terceiro cardiologista foi

consultado. A análise eletrovetorcardiográfica ocorreu posteriormente, sem o conhecimento do paciente a que se referiam os exames avaliados.

O custo envolvendo a aquisição do contraste à base de microbolhas, hexafluoreto de enxofre (SonoVue®), foi obtido através de financiamento outorgado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP - 2019/27224-2), com vigência entre 01/08/2020 e 31/07/2022, concessão total de R\$ 37.773,54.

Na fase de validação, foram selecionadas ressonâncias magnéticas cardíacas realizadas no ano de 2021, de pacientes que também haviam tido o diagnóstico de infarto do miocárdio com oclusão da artéria descendente anterior. A listagem desses pacientes foi fornecida através do banco de dados oriundo da Coordenação Técnica do Diagnóstico por Imagem do Instituto do Coração do Hospital do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (InCor-HCFMUSP), com posterior triagem dos prontuários elegíveis.

Os pacientes incluídos na fase de validação foram triados conforme análise da contratilidade segmentar determinada pela RMC. Todos os pacientes assinaram o TCLE e realizaram eletrocardiograma e vetorcardiograma em um único dia na Unidade Clínica de Eletrocardiografia de Repouso do InCor – HCFMUSP.

A análise eletrovetorcardiográfica foi realizada conforme os resultados obtidos na fase de teste. Os achados eletrovetorcardiográficos da fase de teste foram aplicados àqueles incluídos na fase de validação, com a finalidade de verificar se os resultados identificados se confirmariam nessa nova população.

Além disso, foi acrescentada, à fase de validação, análise de reprodutibilidade e concordância da leitura eletrovetorcardiográfica. Assim, estudou-se a concordância da análise eletrovetorcardiográfica entre o examinador principal e um cardiologista (avaliador 1) habituado aos métodos estudados, cego em relação ao grupo ao qual os pacientes pertenciam, e que foi submetido a treinamento prévio para reconhecer o padrão *plus-minus* ao eletrocardiograma e a morfologia anterior-posterior ao vetorcardiograma. No estudo da concordância dos achados obtidos ao vetorcardiograma, foi também realizada a análise entre o examinador principal e um segundo cardiologista

(avaliador 2), menos afeito ao vetorcardiograma, também cego e submetido a treinamento para reconhecimento dos padrões propostos.

Os custos relacionados à fase de validação foram absorvidos pela Unidade Clínica de Eletrocardiografia de Repouso InCor – HCFMUSP.

O projeto (SDC 4767/18/118) foi aprovado pelo Comitê de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa (CAPPesq) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, parecer nº 3.410.628.

3.1.1 Critérios de inclusão

Foram triados, em ambas as etapas, indivíduos maiores de 18 anos em seguimento no Instituto do Coração do HC-FMUSP, que realizaram RMC e que apresentavam, segundo a Classificação Internacional das Doenças (CID 10), os seguintes códigos: I21 (infarto agudo do miocárdio), I21.0 (infarto agudo transmural da parede anterior do miocárdio), I21.9 (infarto agudo do miocárdio não especificado), I22.0 (infarto do miocárdio recorrente da parede anterior), I25.0 (doença cardiovascular aterosclerótica, descrita dessa maneira), I25.1 (doença aterosclerótica do coração), I25.2 (infarto antigo do miocárdio), I25.5 (miocardiopatia isquêmica), I25.8 (outras formas de doença isquêmica crônica do coração), I25.9 (doença isquêmica crônica do coração não especificada).

Para assegurar que a imagem identificada previamente na RMC como aneurisma, discinesia, ou áreas acinéticas foi decorrente do comprometimento da artéria descendente anterior, e não de uma artéria circunflexa ou coronária direita, por exemplo, analisamos a cineangiocoronariografia.

Apenas após passar por estes critérios de seleção (RMC com infarto do miocárdio e artéria descendente anterior comprometida), os pacientes da fase de teste foram submetidos ao exame de ecocardiograma com contraste à base de microbolhas.

Esta etapa, com a ecocardiografia, fez-se necessária para a confirmação anatômica (aneurisma/discinesia/áreas acinéticas), uma vez que a RMC foi

realizada entre 2012 e 2018 e as modificações da contratilidade segmentar poderiam ter se modificado com o passar do tempo.

A fase de validação apresentou a particularidade de utilizar exame recente de RMC (menos de 1 ano, em média) em relação à realização do ECG para definir a contratilidade segmentar, sem a necessidade de realizar novo estudo funcional.

Todos os pacientes do estudo (fases de teste e validação) realizaram os exames de eletrocardiograma e vetorcardiograma no mesmo dia. Porém, enquanto na fase de teste o ecocardiograma com contraste à base de microbolhas foi realizado conjuntamente com o estudo eletrovectrocardiográfico, na fase de validação, a avaliação da contratilidade segmentar foi realizada de maneira retrospectiva, através da RMC.

O ECG e o VCG foram analisados de maneira cega em relação aos achados ecocardiográficos (fase de teste) ou da ressonância magnética cardíaca (fase de validação). Relacionamos, então, os achados eletrovectrocardiográficos da ativação e da repolarização ventricular nos grupos das fases de teste e validação.

3.1.2 Critérios de exclusão

Os seguintes achados eletrocardiográficos excluíram o paciente do estudo: ritmos não sinusais (fibrilação atrial, flutter atrial e taquicardia atrial), bloqueio do ramo esquerdo e estimulação cardíaca artificial ventricular. Também foi excluído o aneurisma cardíaco de causa não isquêmica e a presença de hipersensibilidade conhecida ao hexafluoreto de enxofre.

3.2. Ecocardiograma

Os exames foram realizados no CEPEC (Centro de Pesquisa em Ecocardiografia e Cardiologia) do Instituto do Coração (InCor-HCFMUSP), com

aparelhos ultrassônicos digitais (Vivid E95, General Electric, Milwaukee, Wisconsin, USA e Philips Medical System IE33, Andover, Massachusetts, USA), já disponíveis no local. Os pacientes foram examinados em posição supina, usando as incidências padrão: apical 5, 4, 3, 2 câmaras e paraesternal eixos longo e curto (basal e apical). Cuidados especiais foram dados para a aquisição de imagens de boa qualidade do ventrículo esquerdo. Três ciclos cardíacos foram gravados durante manobra de apneia. As imagens foram arquivadas digitalmente.

Para fins de padronização, nas imagens adquiridas no plano longitudinal, eixo curto, a porção basal corresponde àquela no nível dos folhetos mitrais, enquanto a apical àquela imediatamente proximal à obliteração luminal do ventrículo esquerdo no fim da sístole.

O exame ecocardiográfico convencional incluiu medidas das dimensões sistólicas e diastólicas do ventrículo esquerdo, movimentação das paredes, fração de ejeção do ventrículo esquerdo pelo método de Simpson modificado, a partir dos planos apicais de quatro e duas câmaras¹.

De maneira complementar à análise global da FEVE pelo método de Simpson, foi utilizado o Índice do Escore de Mobilidade da Parede⁴¹ para avaliar a função sistólica segmentar do ventrículo esquerdo. Neste método, a análise de cada segmento foi avaliada individualmente e avaliada através da média da pontuação de todos os segmentos visualizados (modelo de 17 segmentos)⁴². Nesse método, o seguinte sistema de escore é recomendado: (1) segmento normal ou hipercinético, (2) segmento hipocinético (redução da excursão e do espessamento sistólico), (3) segmento acinético (ausência da excursão e do espessamento sistólico), (4) segmento discinético (abaulamento sistólico paradoxal)⁴³. A avaliação quantitativa da magnitude da alteração segmentar do ventrículo esquerdo não é recomendada. Assim, temos que, se escore=1 (normal), escore > 1 e ≤ 1,6 (disfunção discreta), escore > 1,6 e < 2,0 (disfunção moderada), escore ≥ 2,0 (disfunção importante)⁴⁴.

Por meio do Doppler pulsátil, foi adquirida a velocidade de fluxo mitral precoce (onda E) e tardio (onda A) na via de entrada do VE, na altura do ponto de coaptação das cúspides da valva mitral⁴⁵. A partir disto, foram obtidos dados

de função diastólica global do ventrículo esquerdo: velocidades das ondas E, A, relação E/A; tempo de desaceleração da onda E; padrões de função diastólica: normal, indeterminado, grau I, grau II e grau III⁴⁶.

A análise das velocidades do miocárdio pelo Doppler tecidual – ondas s', e', a' - correspondentes à sístole ventricular, enchimento ventricular precoce e tardio, respectivamente, foi feita posicionando-se o volume da amostra na altura do anel mitral septal⁴⁷. Finalmente, calculou-se a relação E/e', a qual tem correlação com as pressões de enchimento do VE⁴⁸.

Após estabelecer acesso venoso periférico, a dispersão de microbolhas (SonoVue, Bracco Medical Imaging, Bothel, Washington - USA)⁴⁹ foi preparada injetando através do sistema de transferência 5 mL da solução de cloreto de sódio 9 mg/mL (0,9%) no conteúdo do frasco, que foi submetido a agitação durante pelo menos vinte segundos. Após a administração, realizou-se a aquisição de imagens nas incidências padrão previamente determinadas.

A classificação da presença de aneurismas ventriculares foi realizada a partir da avaliação da contratilidade segmentar pelo ecocardiograma transtorácico, com o auxílio do contraste à base de microbolhas, que forneceu melhor resolução na formação da imagem ultrassonográfica⁵⁰.

3.3. Eletrocardiograma

Os eletrocardiogramas de repouso foram realizados usando eletrocardiógrafos Mortara Eli 250c 12-lead Resting ECG (MortaraCo., Milwaukee, Wisconsin, USA) e TEB C10 + C30 + VS1 RV (TEB – Tecnologia Eletrônica Brasileira, São Paulo, Brasil), com tira de ritmo em DII com velocidade do papel de 25 mm/s e ganho de 10 mV.

A classificação da onda T foi definida a partir da linha de base PQ (final do segmento PR e início do complexo QRS)⁵¹, sendo observadas as características iniciais e/ou finais da sua inscrição. Assim, temos a seguinte classificação para a onda T:

- a) acima da linha de base, onda T positiva;
- b) abaixo da linha de base, onda T negativa;
- c) início acima da linha de base, com deflexão negativa cruzando a mesma, onda T *plus-minus*;
- d) início abaixo da linha de base, com deflexão final positiva ultrapassando a mesma, onda T *minus-plus*.

Foram consideradas as derivações precordiais (V1 a V6). Seguem exemplificadas na Figura 1 as morfologias atribuídas à onda T.

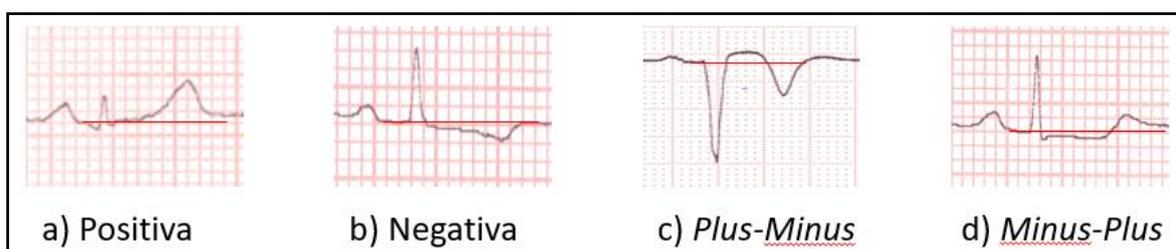


Figura 1 – Classificação da onda T no eletrocardiograma

3.4. Vetorcardiograma

O traçado vetorcardiográfico foi obtido com utilização de um equipamento modelo Fukuda Denshi HPM 7100 BSPM (Fukuda Denshi Inc., Tóquio, Japão) e modelo TEB C10 + C30 + VS1 RV (TEB – Tecnologia Eletrônica Brasileira, São Paulo, Brasil), utilizando os três planos (sagital, horizontal e frontal), sendo o método Frank utilizado em ambos os aparelhos.

O ganho das alças vetorcardiográficas foi adquirido inicialmente com sensibilidade de 4 cm/mV (sensibilidade=4). Na eventualidade dos traçados apresentarem alças superpostas ou na dificuldade em identificar as alças de P e da onda T, foi utilizada a sensibilidade de 8 cm/mV (sensibilidade=8). A sensibilidade não influencia o ângulo, apenas a amplitude das alças⁵².

Foi analisada a derivação ortogonal corrigida do plano horizontal. Refere-se denominação ortogonal às derivações perpendiculares entre si; já a denominação corrigida refere-se à utilização de artifícios técnicos de resistência

e conexões múltiplas que corrigem a falta de homogeneidade do campo de ativação elétrica cardíaca²².

O método utilizado apresenta sete eletrodos, cinco deles localizados no 5º espaço intercostal (derivações A, C, E, I, M); um na perna esquerda (F) e um na parte posterior do pescoço (H), com paciente em decúbito supino. O eletrodo da perna direita (pd) é usado como terra⁵³ (Figura 2).

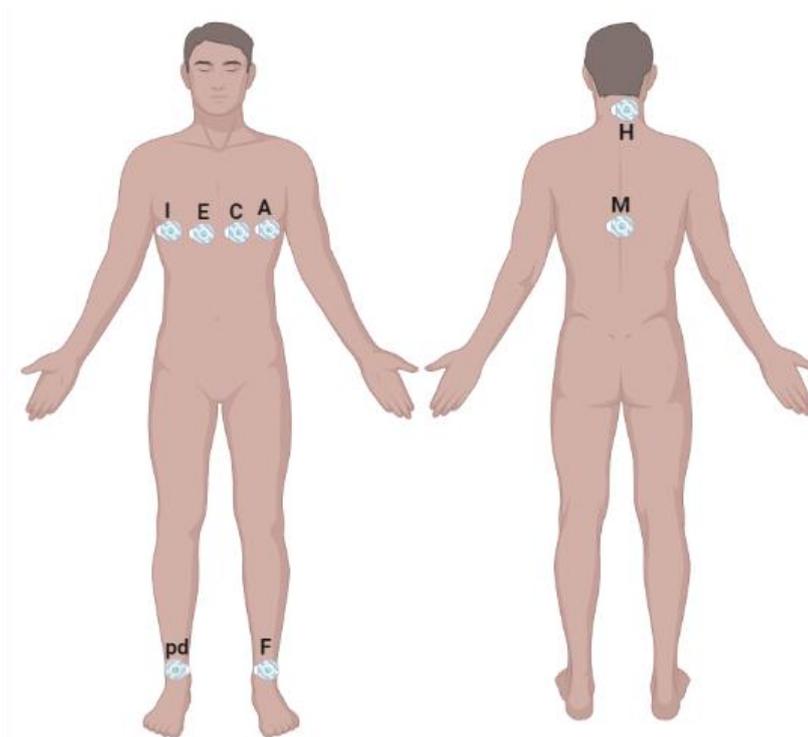


Figura 2 – Posição dos eletrodos no sistema de derivações ortogonais corrigidas de Frank⁵³

As alças vetorcardiográficas são constituídas por pequenos pontos, denominados cometas, cuja porção anterior (cabeça do cometa) determina o sentido de inscrição da alça. A interrupção do cometa ocorre a cada 2 ms, de tal modo que o número e a distância entre os cometas, proporcionam o tempo e a variação da velocidade de registro da alça. Para o entendimento vetorcardiográfico, devemos analisar as alças da onda P, do QRS e da onda T.

A alça da onda P simboliza a ativação dos átrios direito e esquerdo. No plano horizontal, o seu início ocorre através do registro de uma pequena alça com inscrição central, comumente em sentido anti-horário e que se direciona para frente e para a esquerda (Figura 3).

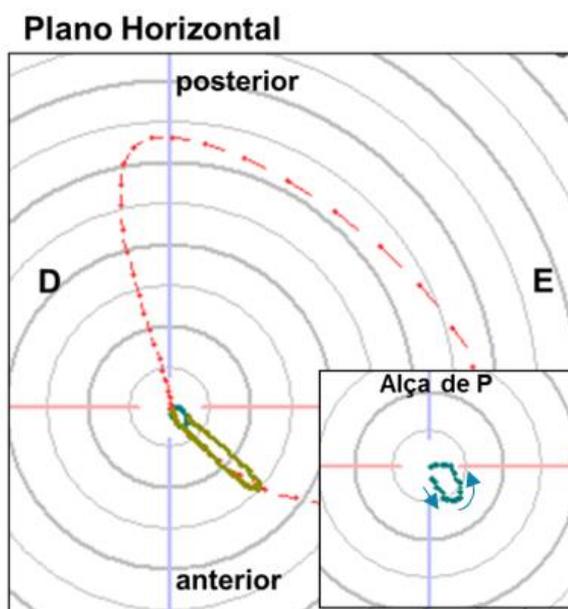


Figura 3 – Alça vetorcardiográfica da onda P (D = direita, E = esquerda)

A alça do QRS é a alça de maior magnitude, sendo constituída por três vetores resultantes. No plano horizontal, o primeiro vetor corresponde à ativação septal e ocorre anteriormente, iniciando-se à direita. O segundo vetor representa a ativação das paredes livres, localiza-se à esquerda e está direcionado posteriormente. Por fim, o terceiro vetor equivale à ativação das porções basais, cuja orientação é posterior e à direita (Figura 4).

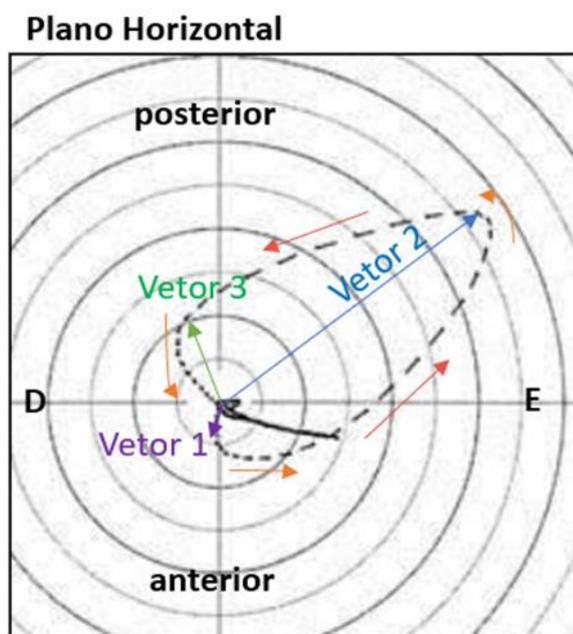


Figura 4 – Alça vetorcardiográfica do QRS (D = direita, E = esquerda)

A alça de T corresponde à repolarização ventricular. Pode ser caracterizada pelo seu formato (elíptico ou arredondado) e por sua posição nos

quadrantes do plano horizontal (anterior/posterior e direito/esquerdo). Apresenta sua porção inicial (eferente) mais lenta que sua porção final (aferente) e sua rotação acompanha a alça do QRS, ou seja, é anti-horária no plano horizontal²² (Figura 5).

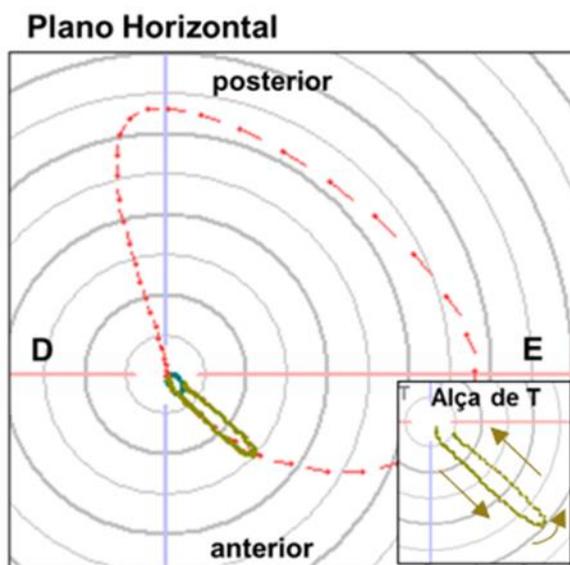


Figura 5 – Alça vetrorcardiográfica de T (D = direita, E = esquerda)

O estudo abordou uma parte específica do VCG – a alça de T no plano horizontal (PH). A representação da alça de T, bem como sua disposição junto às derivações eletrocardiográficas, são demonstradas na Figura 6.

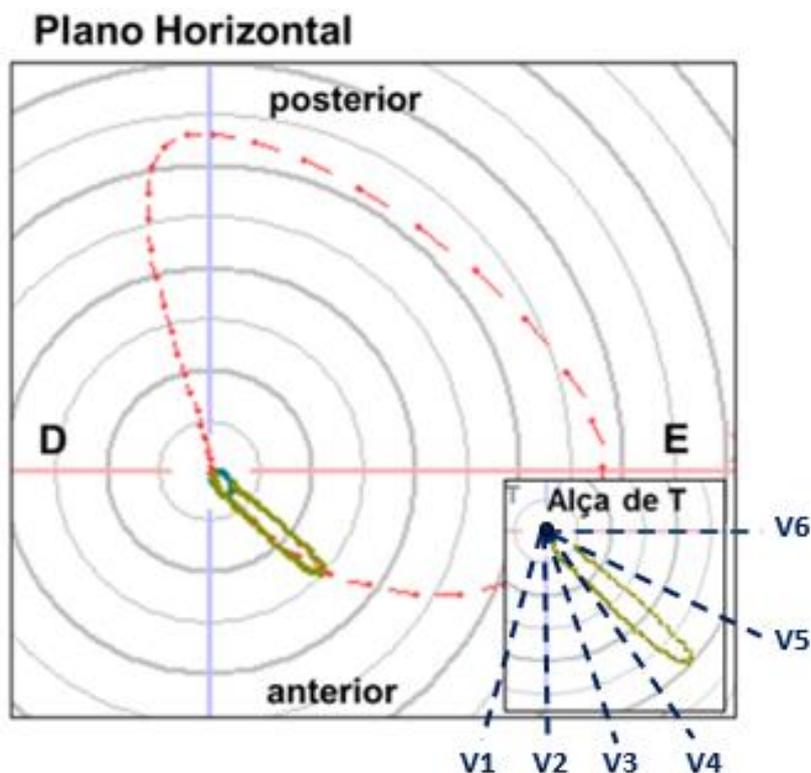


Figura 6 – Alça vetorcardiográfica de T no plano horizontal; relação com derivações eletrocardiográficas (D = direita, E = esquerda)

Por convenção, no plano horizontal, temos V2 localizado a $+90^\circ$, enquanto V3 está a $+75^\circ$ e V4 a $+60^\circ$, aproximadamente (Figuras 7, 8 e 9).

Ao assumir tais valores angulares, é possível identificar quando a alça de T encontra-se para frente e/ou para trás no plano horizontal. Para tal, a alça de T considerada anterior para a derivação V2 deve estar localizada entre os ângulos 0° e $+180^\circ$, enquanto a alça de T localizada posteriormente, encontra-se entre os ângulos 0° e -180° , demarcado pela área rosa (Figura 7).

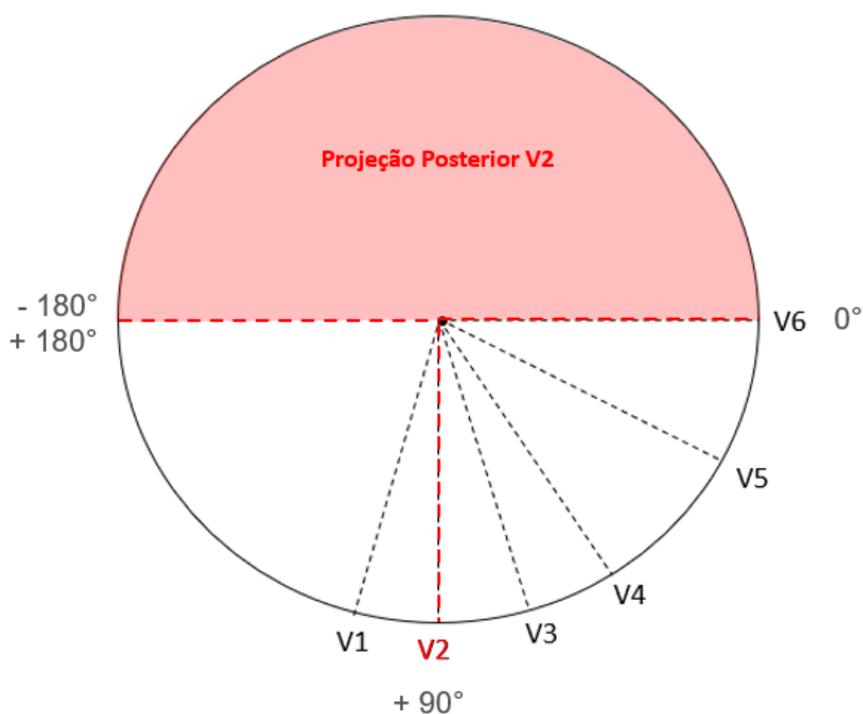


Figura 7 – Projeção posterior da alça de T em V2 no vetorcardiograma

Em relação à derivação V3 (+75°), a alça de T encontra-se posterior entre os ângulos -15° e +165°, demarcado pela área azul, conforme Figura 8.

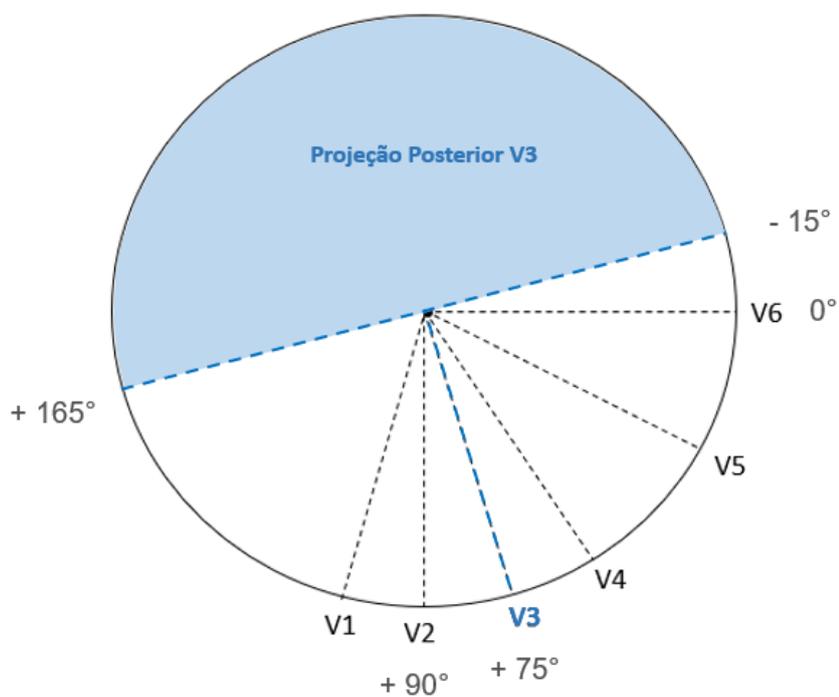


Figura 8 – Projeção posterior da alça de T em V3 no vetorcardiograma

Em relação à derivação V4 (+60°), alça de T é posterior entre os ângulos -30° e +150°, demarcado pela área verde, conforme Figura 9.

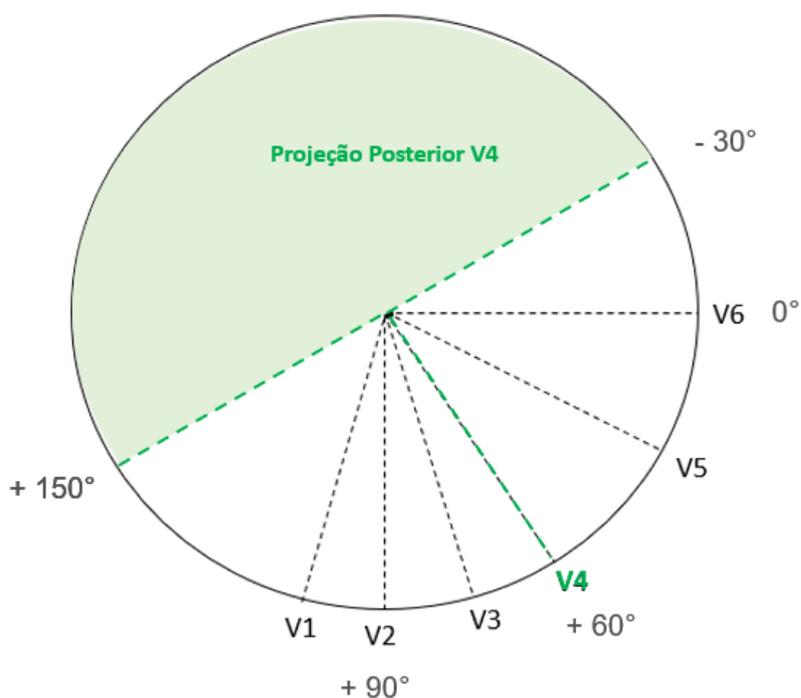


Figura 9 – Projeção posterior da alça de T em V4 no vetorcardiograma

Assim, desenvolvemos um método simples e objetivo para a avaliação da alça de T no plano horizontal, considerando sua representação posterior ou anterior em V2 e/ou V3 e/ou V4 no vetorcardiograma (Figura 10).

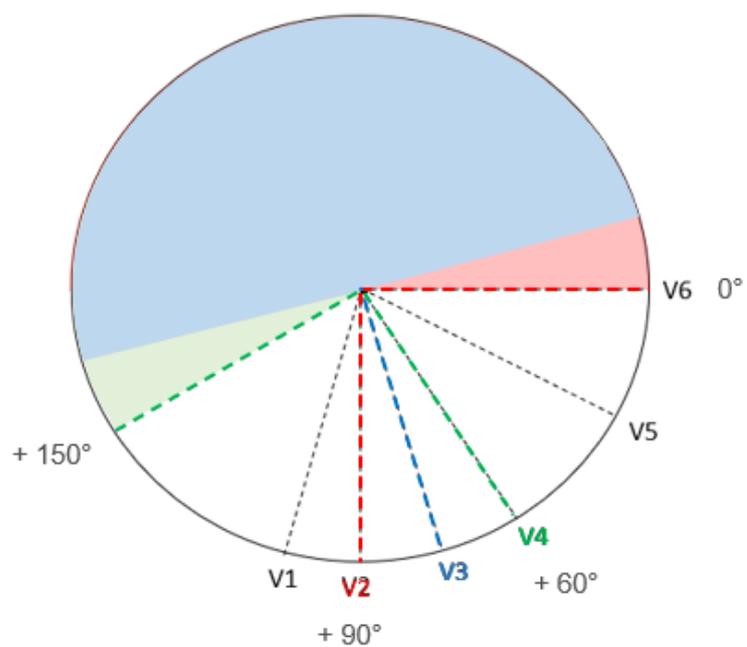


Figura 10 – Limites posteriores da alça de T para as derivações V2, V3 e V4 no vetorcardiograma

Dito de outra forma, uma alça de T anterior em V2, V3 e V4 deverá estar presente apenas na área branca (localizada entre 0° e $+150^\circ$), conforme Figura 11.

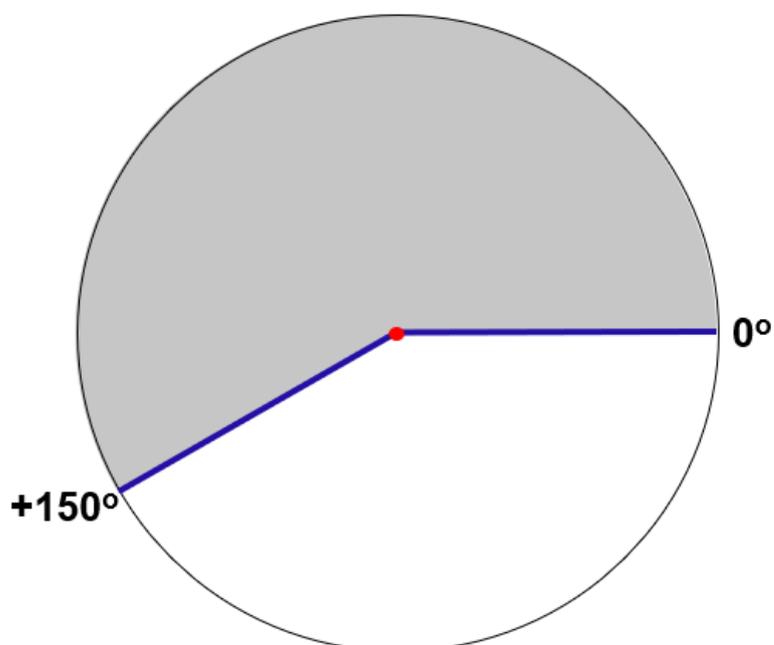


Figura 11 – Limites anteriores da alça de T para as derivações V2, V3 e V4 no vetorcardiograma

Em resumo, a alça de T no plano horizontal pode ter localização anterior, posterior, no sentido anteroposterior ou posteroanterior.

Para facilitar este reconhecimento, criamos uma régua-transferidora que permite, em poucos segundos, determinar qual tipo de alça de T: anterior, posterior, anterior-posterior ou posterior-anterior. Para tal, basta posicionar o centro da régua transferidora (ponto vermelho) sobre o início da alça de P no plano horizontal (Figura 12).

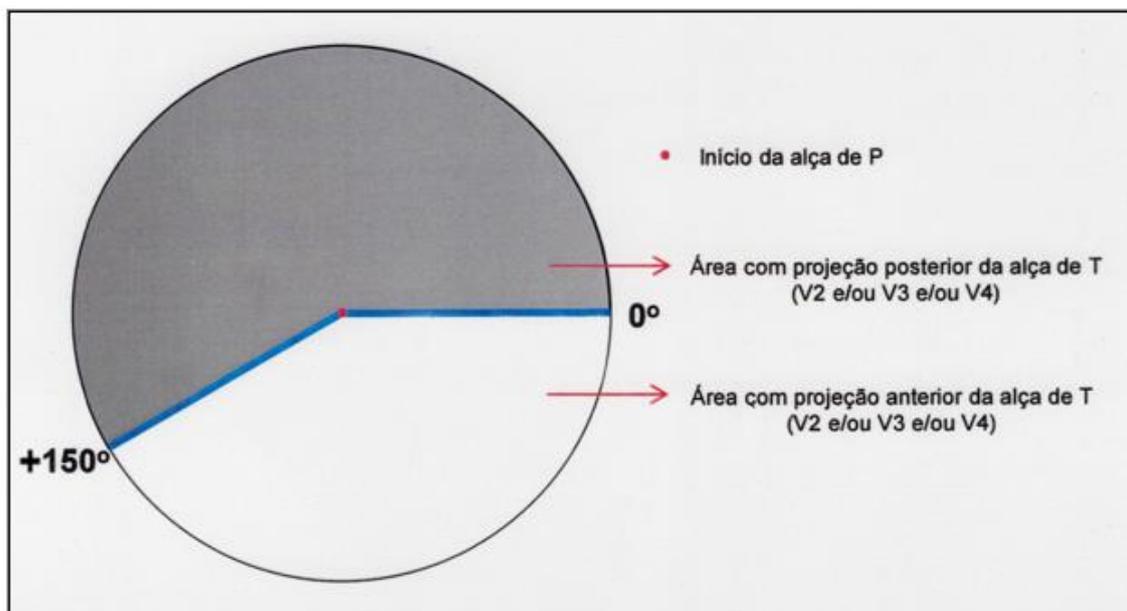


Figura 12 – Régua-transferidora: análise do padrão anterior-posterior da alça de T em V2 e/ou V3 e/ou V4

A seguir, exemplificamos os tipos de alça de T possíveis de serem encontrados (Figuras 13 a 15).

Na Figura 13, temos exemplo de representação anterior, isto é, posicionada apenas na área branca.

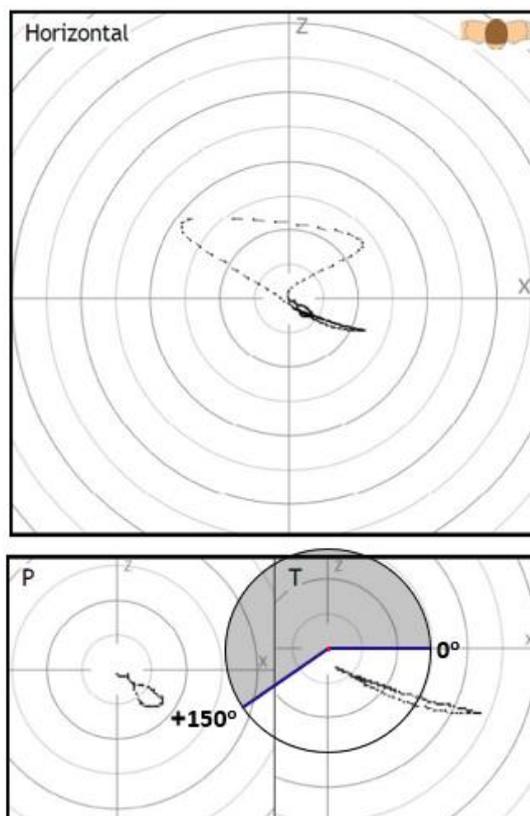


Figura 13 – Projeção anterior da alça de T no vetorcardiograma

Na Figura 14, temos exemplo de alça de T posterior, ou seja, localizada somente na área cinza.

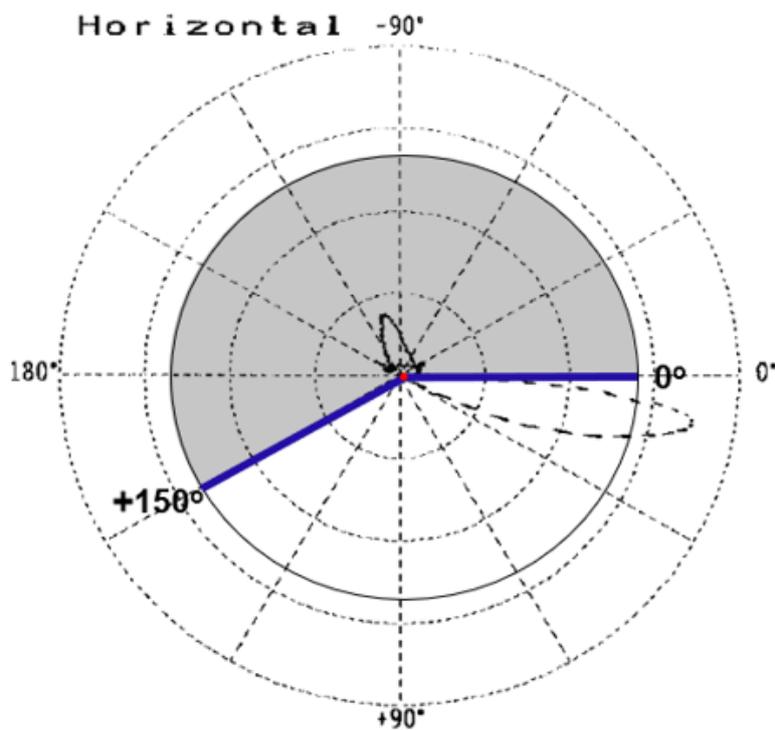


Figura 14 – Projeção posterior da alça de T no vetorcardiograma

No entanto, a onda T pode aparecer nas duas áreas demarcadas: cinza e branca. Neste caso, o primeiro passo deverá ser a identificação do seu início, pois caso ocorra dentro da área cinza, teremos padrão posterior-anterior, como demonstrado na Figura 15. O início da alça de T é indicado pela seta verde nas ilustrações a seguir (Figuras 15, 16a e 16b).

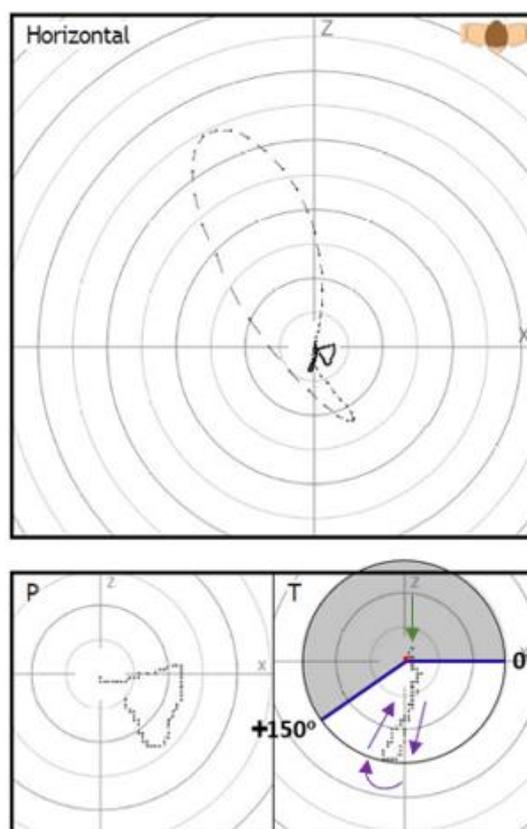


Figura 15 – Projeção posterior-anterior da alça de T no vetorcardiograma

Por fim, caso a alça de T se apresente nas áreas cinza e branca, mas com início dentro da área branca, constatamos o padrão anterior-posterior (Figura 16a e 16b), que é nosso objeto de interesse.

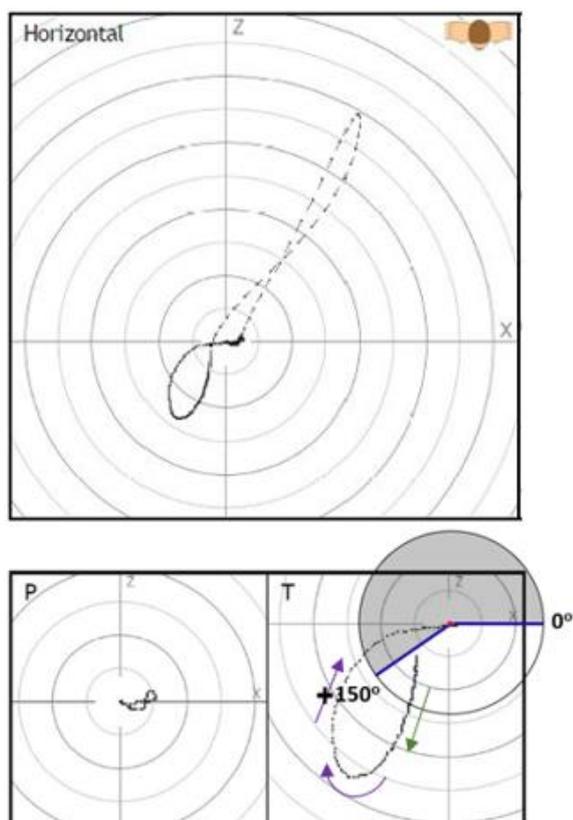


Figura 16a – Projeção anterior-posterior da alça de T no vetorcardiograma

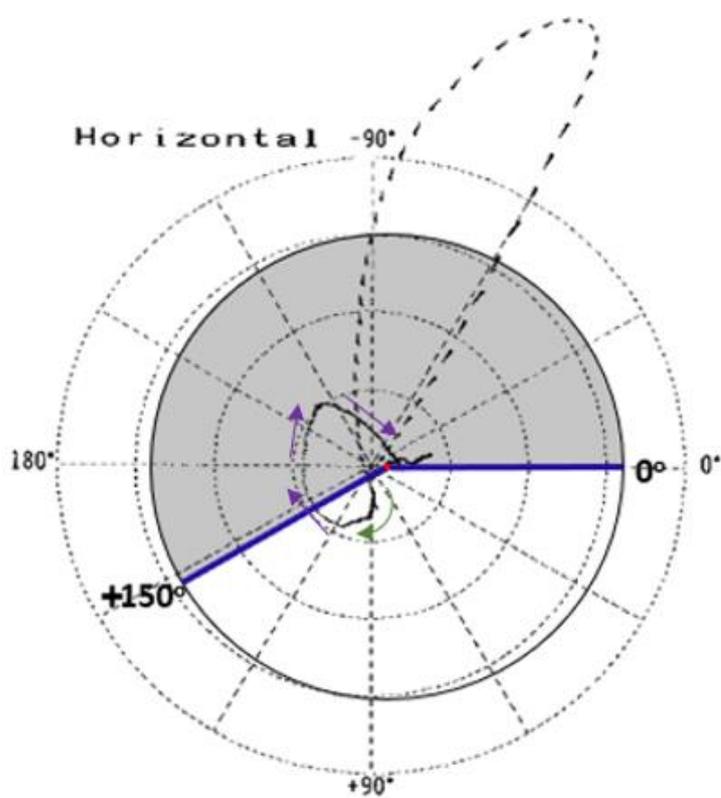


Figura 16b – Projeção anterior-posterior da alça de T no vetorcardiograma

3.5. Variáveis estudadas

A análise do eletrocardiograma foi realizada com atenção voltada às morfologias da repolarização ventricular nas derivações precordiais, conforme classificação proposta para a onda T (item 3.3.). Avaliamos a presença de *plus-minus* da onda T nas derivações do plano horizontal (V1 a V6).

À semelhança dos aspectos da repolarização ventricular estudados ao eletrocardiograma, a análise do vetorcardiograma baseou-se na presença do padrão anterior-posterior de V1 a V6, conforme análise da projeção da alça de T no plano horizontal proposta no item 3.4.1.

3.6. Análise estatística

As variáveis clínicas quantitativas foram descritas como média e desvio padrão e as variáveis qualitativas foram apresentadas como valores absolutos e relativos, após avaliação de normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov.

Foram calculadas, nas fases de teste e validação, as medidas diagnósticas de sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo com os respectivos intervalos de confiança (95%) para avaliar a capacidade discriminatória dos exames (eletrocardiograma e vetorcardiograma) na identificação do paciente com aneurisma.

A relação entre o padrão *plus-minus* da onda T e fração de ejeção do ventrículo esquerdo, bem como a associação entre o padrão anterior-posterior da alça de T e fração de ejeção do ventrículo esquerdo foram realizadas com o uso de média e desvio padrão e comparados através do teste t para variâncias não iguais, que foi determinado após realização do teste de Levene.

Na fase de teste, foram calculadas as medidas diagnósticas de sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo com os respectivos intervalos de confiança (95%) para avaliar a capacidade

discriminatória do padrão *plus-minus* da onda T e anterior-posterior da alça de T na identificação do paciente com FEVE $\leq 40\%$.

Na fase de validação, a reprodutibilidade na identificação do padrão, ao ECG, *plus-minus* da onda T foi testada por outro avaliador (avaliador 1). Já o teste de reprodutibilidade, ao VCG, da detecção da morfologia anterior-posterior da alça de T foi realizado por dois avaliadores (avaliador 1 e avaliador 2). Para tal, foi utilizado o coeficiente Kappa de Cohen (κ)⁵⁴.

As análises foram realizadas com uso do software IBM-SPSS for Windows versão 20.0 e tabulados com uso do software Microsoft-Excel 2003 e os testes foram realizados com nível de significância de 5%.

4. Resultados

4. RESULTADOS

Na fase de teste, a listagem inicial de pacientes foi fornecida pela Coordenação Técnica do Diagnóstico por Imagem do Instituto do Coração (InCor-HCFMUSP) através de seu banco de dados, contemplando 894 pacientes. Todos haviam apresentado infarto do miocárdio com oclusão da artéria descendente anterior e tinham sido submetidos à ressonância magnética cardíaca.

Após aplicados os critérios de exclusão, foram triados 142 pacientes, dos quais 3 foram excluídos à custa de: impossibilidade de punção venosa periférica, presença de estímulo cardíaco artificial e edema agudo hipertensivo. Dos 139 restantes, a realização dos exames foi limitada à 35 participantes, devido à disponibilidade e aquisição do contraste ecocardiográfico. Após análise dos exames, 2 foram excluídos pelas seguintes razões: ausência de área eletricamente inativa anterior e presença de aneurisma somente em parede inferior.

Foram incluídos 33 pacientes, que realizaram ecocardiograma transtorácico com contraste à base de microbolhas (SonoVue®), eletrocardiograma e vetorcardiograma. Através da análise da contratilidade segmentar pelo ecocardiograma, os pacientes foram alocados em 2 grupos: grupo aneurisma – n=22 e grupo acinesia – n=11, como demonstrado no fluxograma de seleção dos pacientes (Figura 17).

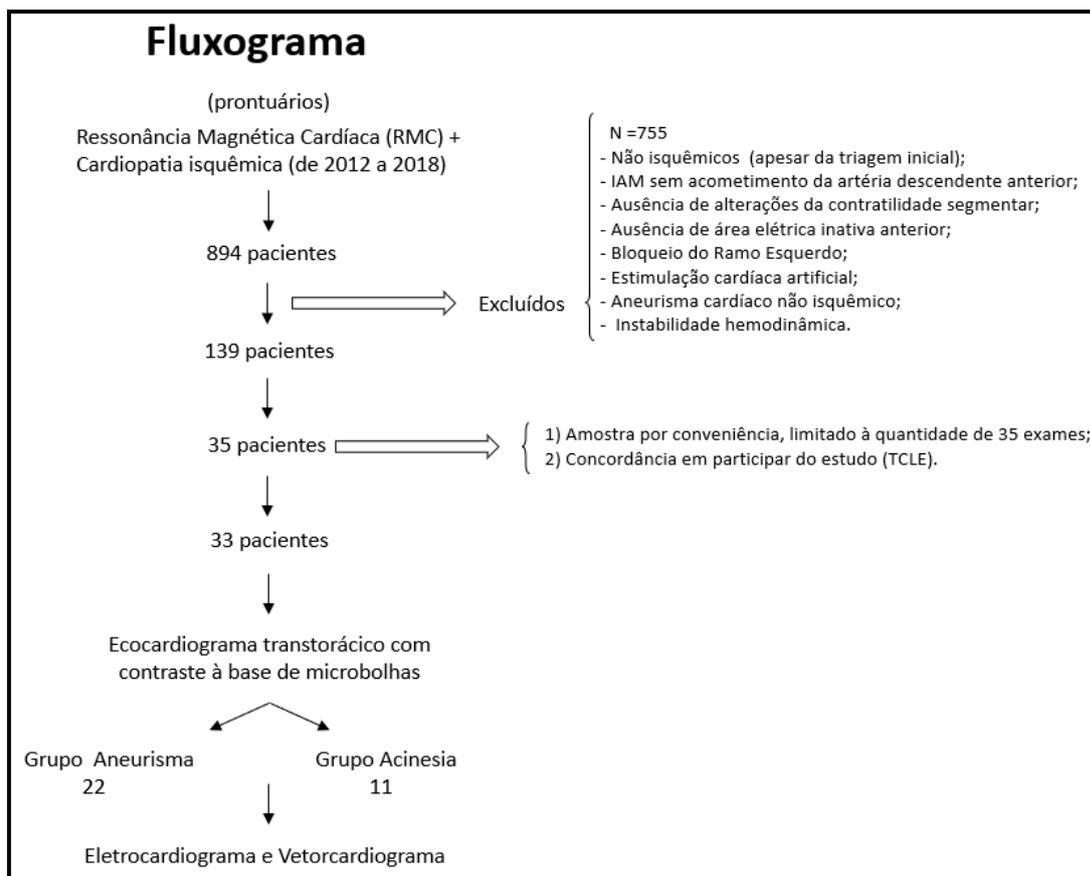


Figura 17 – Fluxograma de seleção dos participantes na fase de teste

Dentre as características populacionais, demonstradas na Tabela 1, a idade média no grupo aneurisma foi de $59,4 \pm 8,0$ anos, enquanto no grupo acinesia $59,7 \pm 8,4$ anos ($p=0,9$), com predomínio de homens em ambos os grupos (77,2% no grupo aneurisma vs 81,8% no grupo acinesia, $p=1,0$). O tempo entre a síndrome coronariana aguda e a realização dos exames foi de $55,9 \pm 45,1$ meses no grupo aneurisma e de $44,6 \pm 35,0$ meses no grupo acinesia ($p=0,4$). A descrição pormenorizada das características dos pacientes encontra-se nos Anexos A e B.

Tabela 1 – Variáveis demográficas dos grupos aneurisma e acinesia na fase de teste

| Variáveis | Grupo Aneurisma N=22 | Grupo Acinesia N=11 | Valor de P |
|-----------------------|-------------------------|------------------------|------------|
| Idade, anos | 59,4 ± 8,0 | 59,7 ± 8,4 | 0,9 |
| Sexo(masculino), n(%) | 17 (77,2) | 9 (81,8) | 1,0 |
| ΔT, meses | 55,9 ± 45,1 | 49,6 ± 35,0 | 0,4 |

Variáveis expressas como média ± desvio padrão ou valor absoluto e percentual (%); Δ T = intervalo de tempo entre a síndrome coronariana aguda e a realização dos exames (eletrocardiograma, vetorcardiograma e ecocardiograma com contraste).

Ao eletrocardiograma, a análise e classificação da onda T nas seis derivações precordiais, demonstradas nos Anexos C e D, evidenciaram a presença do padrão *plus-minus* da onda T em V2 e/ou V3 e/ou V4, no grupo aneurisma, com S=91%; E=91%; VPP=95%; VPV=83%; acurácia=91% e razão de verossimilhança=10; p<0,0001. A análise do vetorcardiograma no plano horizontal identificou o padrão anterior-posterior da alça de T em V2 e/ou V3 e/ou V4, no grupo aneurisma, com S=95%; E=91%; VPP=95%; VPV=91%; acurácia=94% e razão de verossimilhança=10; p<0,0001 (vide Tabela 2).

Tabela 2 – Identificação de pacientes do grupo aneurisma, segundo a presença de *plus-minus* (onda T) / anterior-posterior (alça de T) na fase de teste

| Variável | Grupo | | Total (N = 33) | p | Sensibilidade (IC 95%) | Especificidade (IC 95%) | VPP (IC 95%) | VPN (IC 95%) |
|--|--------------------|-------------------|----------------|---------|---------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|
| | Aneurisma (N = 22) | Acinesia (N = 11) | | | | | | |
| Eletrocardiograma (<i>Plus-Minus</i>) | | | | | | | | |
| Sim | 20 (61%) | 1 (3%) | 21 (64%) | <0,0001 | 91% (70,8-98,8) | 91% (58,7-99,7) | 95% (76,1-100) | 83% (51,5-97,9) |
| Não | 2 (6%) | 10 (30%) | 12 (36%) | | | | | |
| Vetorcardiograma (Anterior-Posterior) | | | | | | | | |
| Sim | 21 (64%) | 1 (3%) | 12 (67%) | <0,0001 | 95% (77,1-99,8) | 91% (58,7-99,7) | 95% (77,1-99,8) | 91% (58,7-99,7) |
| Não | 1 (3%) | 10 (30%) | 21 (33%) | | | | | |

IC = intervalo de confiança; VPP = valor preditivo positivo; VPN = valor preditivo negativo; Teste exato de Fisher.

A associação entre a presença do padrão *plus-minus* da onda T e a FEVE evidenciou redução de 21,2% da FEVE no grupo com o aspecto eletrocardiográfico estudado ($34,3 \pm 4,4\%$ vs $43,5 \pm 8,0\%$; $p=0,002$). Ao vetorcardiograma, foi notada redução de 22,4% da FEVE naqueles que apresentaram a morfologia anterior-posterior da alça de T ($34,3 \pm 4,3\%$ vs $44,2 \pm 7,9\%$; $p=0,002$). Os Anexos E e F apresentam a distribuição da FEVE entre os pacientes que possuíam ou não os aspectos eletrovetorcardiográficos estudados.

A presença do padrão *plus-minus* da onda T ao eletrocardiograma foi capaz de identificar pacientes com FEVE $\leq 40\%$ com S=80%; E=87%; VPP=95%; VPN=58%; $p=0,001$. No vetorcardiograma, a presença do padrão anterior-posterior da alça de T identificou pacientes com FEVE $\leq 40\%$ com S=84%; E=87%; VPP=95%; VPN=64%; $p<0,001$ (vide Tabela 3).

Tabela 3 – Identificação de pacientes com redução da fração de ejeção do ventrículo esquerdo de grau moderado ou importante, segundo a presença de *plus-minus* (onda T) / anterior-posterior (alça da onda T) na fase de teste

| Variável | Grupo | | Total (N = 33) | p | Sensibilidade (IC 95%) | Especificidade (IC 95%) | VPP (IC 95%) | VPN (IC 95%) |
|--|------------------------------------|-----------------------------------|----------------|---------------|---------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|
| | Fração de Ejeção ≤ 40% (N = 25) | Fração de Ejeção > 40% (N = 8) | | | | | | |
| Electrocardiograma (Plus-Minus) | | | | | | | | |
| Sim | 20 (61%) | 1 (3%) | 21 (64%) | 0,0012 | 80% | 87% | 95% | 58% |
| Não | 5 (15%) | 7 (21%) | 12 (36%) | | (59,3-93,1) | (47,3-99,6) | (76,1-99,8) | (27,6-84,8) |
| Vetorcardiograma (Anterior-Posterior) | | | | | | | | |
| Sim | 21 (64%) | 1 (3%) | 12 (67%) | 0,0005 | 84% | 87% | 95% | 64% |
| Não | 4 (12%) | 7 (21%) | 21 (33%) | | (63,9-95,4) | (47,3-99,6) | (77,1-99,8) | (30,8-89,0) |

IC = intervalo de confiança; VPP = valor preditivo positivo; VPN = valor preditivo negativo; Teste exato de Fisher.

Na fase de validação, dos 1776 pacientes presentes na relação fornecida através do banco de dados da Coordenação Técnica do Diagnóstico por Imagem do InCor-HCFMUSP, apenas 35 apresentaram critérios de elegibilidade. Destes, conseguimos contatar apenas 19 pacientes. Posteriormente, 2 foram excluídos por não apresentarem área eletricamente inativa anterior ao eletrocardiograma e 1 por apresentar bloqueio do ramo esquerdo.

Por fim, foram incluídos 16 pacientes (grupo aneurisma – n=8 e grupo acinesia – n=8), cuja descrição pormenorizada das características populacionais encontra-se nos Anexos G e H. Quanto às variáveis demográficas daqueles que foram incluídos nas fases de teste e validação, a idade média foi de $59,5 \pm 8,0$ anos e $61,3 \pm 8,6$ anos ($p=0,4$), respectivamente. Em ambas as etapas, houve maioria masculina (78,7% na fase de teste vs 75,0% na fase de validação; $p=1,0$). O intervalo de tempo entre a síndrome coronariana aguda e os exames que definiram a contratilidade segmentar do ventrículo esquerdo (ecocardiograma com contraste à base de microbolhas para a fase de teste e a RMC para a fase de validação), foi de $52,1 \pm 41,8$ meses e $56,6 \pm 52,4$ meses ($p=0,74$), respectivamente (Anexos A, B, G e H). Na fase de validação, o período entre a realização da RMC e os exames de ECG e VCG foi de $9,5 \pm 3,6$ meses.

A validação dos achados eletrocardiográficos, evidenciados na fase de teste, mostrou que a presença do padrão *plus-minus* em V2 e/ou V3 e/ou V4 identificou os pacientes portadores de aneurisma ventricular com resultados semelhantes aos da fase de teste: S=87%; E=87%; VPP=87%; VPN=87%; acurácia=87% e razão de verossimilhança=7; $p=0,01$. À semelhança dos achados eletrocardiográficos, a validação do padrão vetorcardiográfico anterior-posterior em V2 e/ou V3 e/ou V4 também identificou os pacientes portadores de aneurisma ventricular com resultados muito parecidos com os da fase de teste: S=75%; E=87%; VPP=85%; VPN=77%; acurácia=81% e razão de verossimilhança=6; $p=0,04$ (vide Tabela 4). Os Anexos I e J detalham a classificação da onda T nos grupos aneurisma e acinesia.

Tabela 4 – Identificação de pacientes do grupo aneurisma, segundo a presença de *plus-minus* (onda T) / anterior-posterior (alça de T) na fase de validação

| Variável | Grupo | | Total (N = 16) | p | Sensibilidade (IC: 95%) | Especificidade (IC: 95%) | VPP (IC: 95%) | VPN (IC: 95%) |
|--|-------------------|------------------|----------------|-------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|
| | Aneurisma (N = 8) | Acinesia (N = 8) | | | | | | |
| Eletrocardiograma (<i>Plus-Minus</i>) | | | | | | | | |
| Sim | 7 (44%) | 1 (6%) | 8 (50%) | 0,01 | 87% (47,3; 99,6) | 87% (47,3; 99,6) | 87% (47,3; 99,6) | 87% (47,3; 99,6) |
| Não | 1 (6%) | 7 (44%) | 8 (50%) | | | | | |
| Vetorcardiograma (Anterior-Posterior) | | | | | | | | |
| Sim | 6 (38%) | 1 (6%) | 7 (44%) | 0,04 | 75% (34,9; 96,8) | 87% (47,3; 99,6) | 85% (42,1; 99,6) | 77% (39,9; 97,1) |
| Não | 2 (13%) | 7 (44%) | 9 (56%) | | | | | |

IC = intervalo de confiança; VPP = valor preditivo positivo; VPN = valor preditivo negativo; Teste exato de Fisher.

A análise da concordância diagnóstica foi realizada entre o examinador principal e o avaliador para o ECG, enquanto o estudo da concordância diagnóstica ao vetorcardiograma foi verificado entre o examinador principal e os avaliadores 1 e 2. O avaliador 1 participou de ambas as etapas, ou seja, análise do reconhecimento dos padrões eletrovectrocardiográficos, ao passo que o avaliador 2 colaborou com a etapa de análise do padrão vetorcardiográfico.

A concordância para o reconhecimento eletrocardiográfico do padrão *plus-minus* da onda T em V2 e/ou V3 e/ou V4 foi considerada perfeita entre o examinador principal e o avaliador 1, com $\kappa=1,0$ ($p<0,001$). Estes resultados estão demonstrados no Anexo K.

A concordância para o reconhecimento vetorcardiográfico da morfologia anterior-posterior da alça de T em V2 e/ou V3 e/ou V4 entre o investigador principal e os avaliadores 1 e 2 foi considerada forte (avaliador 1 - $\kappa=0,625$; $p=0,012$ e avaliador 2 - $\kappa=0,613$; $p=0,013$), conforme disposição no Anexo L.

5. Discussão

5. DISCUSSÃO

O aspecto histórico do estudo da representação eletrocardiográfica dos aneurismas ventriculares em pacientes isquêmicos traz dados com aplicação clínica limitada. Baseou-se inicialmente na descrição de anormalidades ou supradesnivelamento do segmento ST^{55,56}. Posteriormente, tentou-se estabelecer achado eletrocardiográfico patognomônico (complexos QRS positivos em aVR)⁵⁷, porém sem sucesso⁵⁸. Por fim, buscou-se diagnosticar os aneurismas ventriculares através da fragmentação dos complexos QRS ao eletrocardiograma^{59,60,61,62}, mas a baixa sensibilidade tornou o diagnóstico improvável⁶³.

Na impossibilidade do diagnóstico eletrocardiográfico assertivo, foram estudados critérios que diziam respeito à análise da despolarização e repolarização ventricular em pacientes com síndrome coronariana aguda e portadores de aneurisma do ventrículo esquerdo, assistidos em serviço de emergência. Os autores deste estudo alcançaram acurácia próxima a 90% para o diagnóstico de síndrome coronariana aguda, tornando possível o diagnóstico diferencial eletrocardiográfico entre ambos⁶⁴.

A seguir, serão detalhados os estudos que buscaram diagnosticar os aneurismas ventriculares através do eletrocardiograma. Até a presente data, identificamos as publicações que buscaram diagnosticar os aneurismas ventriculares através do eletrocardiograma e resumimos a seguir.

Em 1951, Steven et al.⁵⁵ estudaram os aspectos eletrocardiográficos dos aneurismas ventriculares através de relatos de casos, que foram diagnosticados através de necrópsia. Concluiu-se que complexos QS associados à persistência do supradesnivelamento do segmento ST em uma ou mais derivações foram sugestivos da presença de aneurisma ventricular, no entanto complexos QR ou QRS podem estar presentes nessa situação caso o eletrodo se encontre parcialmente sobre a área necrótica ou aneurismática. As elevações do segmento ST estavam presentes em 7 dos 10 casos analisados.

Com o intuito de estudar os aneurismas ventriculares, em 1976, Cohn et al.⁵⁶ estudaram portadores de cardiopatia isquêmica que haviam realizado cineangiocoronariografia (ventriculografia). Esse estudo constatou sensibilidade de 90% na detecção dos aneurismas ventriculares quando utilizado 1 mm de elevação do segmento ST como critério de reconhecimento, ao passo que uma sensibilidade de 73% foi notada quando 2 mm era o requisito adotado. A associação entre elevação de 2 mm do segmento ST e concordância com ondas Q mostrou sensibilidade de 60%. No entanto, os critérios estudados associavam-se também a áreas de acinesia ou hipocinesia, bem como diversas condições clínicas, não conferindo particularidade específica ao diagnóstico dos aneurismas ventriculares.

Goldberger et al.⁵⁷ estudaram, em 1948, indivíduos que haviam apresentado infarto agudo do miocárdio, parte deles com aneurisma ventricular e diagnosticado através de fluoroscopia, radiografia de tórax ou necrópsia. Notou a presença de complexos QRS positivos em aVR em todos os pacientes com aneurisma que foram avaliados. Atribuiu como causa a este achado uma possível rotação do coração causada pelo aneurisma e sugeriu que a ausência desse achado eletrocardiográfico excluía a possibilidade de um paciente isquêmico apresentar aneurisma ventricular. No entanto, em 1951, Ford et al.⁵⁸ rejeitaram esse aspecto eletrocardiográfico como indispensável ao diagnóstico dos aneurismas ventriculares, pois dos 10 casos estudados, apenas 4 apresentavam complexos QRS positivos em aVR, sendo que 9 dos 10 pacientes estudados apresentavam supradesnivelamento do segmento ST.

A análise da fragmentação do QRS como marcador relacionado a infarto do miocárdio prévio, foi inicialmente descrita por Cabrera et al. em 1953⁵⁹. Ao analisar as derivações V3, V4 e V5 de pacientes portadores de bloqueio do ramo esquerdo, notou-se que a presença de entalhe na porção ascendente da onda S com duração de ao menos 50 ms era fundamental para o diagnóstico de infarto prévio (sinal de Cabrera). Em 1987, Wackers⁶⁰ evidenciou sensibilidade de 47% e especificidade de 87% para o diagnóstico de infarto anterosseptal prévio, quando presente o sinal de Cabrera em pacientes que apresentavam bloqueio de ramo esquerdo ao eletrocardiograma.

Em 1957, Chapman et al⁶¹ analisaram 63 pacientes que apresentavam diagnóstico de infarto do miocárdio e bloqueio do ramo esquerdo ao eletrocardiograma. Após realizarem a análise eletrocardiográfica de acordo com a localização do infarto, notaram a presença de entalhe na porção ascendente da onda R nas derivações DI, aVL e V6 (sinal de Chapman) em 10 dos 11 casos que apresentavam infarto anterosseptal, classificado como de moderada extensão. Hands et al⁶² encontraram sensibilidade de 20%, especificidade de 72%, valor preditivo positivo de 62% e valor preditivo negativo de 29% para o diagnóstico de infarto do miocárdio em eletrocardiogramas de pacientes com bloqueio do ramo esquerdo e sinal de Chapman presente.

Já Reddy et al.⁶³ analisaram a associação entre a fragmentação dos complexos QRS no eletrocardiograma e a presença do aneurisma ventricular em pacientes isquêmicos, diagnosticado através da cineangiocoronariografia. Foram considerados complexos QRS com duração ≤ 120 ms nas derivações V3 a V6, DI e aVL. Esse estudo apresentou sensibilidade de 50% na identificação do aneurisma ventricular através da fragmentação do QRS, com especificidade de 94,5%. Dada a prevalência de 3,5 a 9,4% dos aneurismas ventriculares em pacientes coronariopatas, o valor preditivo positivo encontrado foi baixo a moderado (29-53%), enquanto o valor preditivo negativo foi de 95-98%.

Estudo recente demonstrou diferentes características eletrocardiográficas do supradesnivelamento do segmento ST entre síndrome coronariana aguda e os aneurismas ventriculares⁶⁴, sendo a identificação dos aneurismas realizada pelo ecocardiograma. Foi utilizado o conceito de proporcionalidade, ou seja, a amplitude da onda T pode apresentar determinada proporção em relação à amplitude do QRS para uma condição clínica específica. Desse modo, diferentes relações podem estar presentes em patologias diversas. Nesse estudo, o infarto agudo do miocárdio foi diagnosticado através de duas regras propostas. Na primeira, a soma das amplitudes das ondas T de V1 a V4 foram divididas pela soma das amplitudes dos complexos QRS de V1 a V4, e o valor de corte estabelecido foi $> 0,22$ (sensibilidade=91,5%, especificidade=68,8%, acurácia=86,7%). Na segunda regra, foram analisadas individualmente as mesmas derivações e se a relação entre a amplitude da onda T e a amplitude do

complexo QRS se apresentasse $\geq 0,36$, o diagnóstico de infarto agudo do miocárdio também era esperado, com sensibilidade de 91,5%, especificidade 81,3% e acurácia de 89,3%. No entanto, nos casos de coronariopatia crônica faltam estudos sobre as características eletrovetorcardiográficas de indivíduos portadores de aneurismas ventriculares.

A despeito do estudo de Cohn et al. ter identificado aspecto eletrocardiográfico com até 90% de sensibilidade para a identificação do aneurisma ventricular e Reddy et al. terem definido característica eletrocardiográfica com especificidade superior a 90%, ambos os métodos não apresentaram boa acurácia na identificação do aneurisma ventricular.

A idealização do presente estudo remonta à década de 1980, quando chamaram a atenção alguns aspectos vetorcardiográficos da alça de T, de pacientes infartados. Esses pacientes, com sinais de formação aneurismática, apresentavam a alça de T com formato ovalado, diferente do usual.

Em nosso estudo, a análise de uma população portadora de coronariopatia crônica com e sem aneurisma ventricular na fase de teste, mostrou que a presença do padrão *plus-minus* da onda T em V2 e/ou V3 e/ou V4 ao ECG associada ao padrão vetorcardiográfico anterior-posterior da alça da onda T em V2 e/ou V3 e/ou V4, evidenciou acurácia de 94% na identificação daqueles portadores de aneurisma, com S=95%, E=91%, VPP=95% e VPN 91%, quando utilizados ambos os métodos ($p < 0,0001$). Logo, superando os dados disponíveis na literatura até então.

Os aneurismas vêm sofrendo mudanças em sua forma de apresentação ao longo da história recente, proporcionado pela evolução nas terapias de reperfusão e de tratamento da insuficiência cardíaca crônica¹⁰, podendo apresentar-se volumetricamente menores ou inexistirem à medida que se tem acesso oportuno a todos esses elementos. Se antes não possuíamos métodos diagnósticos de boa resolução para o diagnóstico de diminutas porções discinéticas, na época atual a expressão eletrocardiográfica pode tornar-se limitada em determinadas situações. Dessa forma, o emprego do ecocardiograma com contraste à base de microbolhas trouxe maior acurácia na

identificação das alterações da contratilidade segmentar, elevando o poder da nossa correlação eletrovetorcardiográfica^{30,37,38,39}.

Os aneurismas ventriculares são compostos por tecidos fibróticos cuja contração ocorre tardiamente em relação ao tecido miocárdico viável. Por conseguinte, a ativação ventricular ocorre com retardo quando comparada à ativação ventricular normal, à semelhança do que é encontrado em um evento isquêmico agudo, representado pelo componente de lesão. Pensamos que durante a sístole elétrica (intervalo QT), a área aneurismática seja representada por miócitos com cargas extracelulares positivas em relação ao tecido normal, já despolarizado e com cargas negativas, criando um vetor direcionado para a área discinética. Este mecanismo explicaria o supradesnível persistente do segmento ST. Já uma possível repolarização patológica representada por uma menor duração e amplitude do potencial de ação transmembrana, traria negatividade da onda T. A este mecanismo, soma-se o fato dos aneurismas apresentarem áreas fibróticas adjacentes, com miócitos incapazes de serem ativados e que se apresentam eletricamente com diminuição da inscrição positiva esperada ou deflexão negativa inicial, além de alteração da repolarização ventricular, usualmente representada por uma onda T simétrica e negativa. Tais fenômenos explicariam a origem da onda T acima da linha de base PQ, com negatividade capaz de ultrapassá-la e gerar o padrão *plus-minus* da onda T.

Ao avaliarmos a FE do grupo estudado, identificamos, como esperado, que o valor médio da FEVE foi significativamente menor no grupo aneurisma quando comparado com o grupo acinesia ($34,4 \pm 4,4\%$ vs $44,2 \pm 8,0\%$; $p=0,002$).

Por outro lado, foi possível identificar a associação entre a presença da alteração eletrovetorcardiográfica e os indivíduos portadores de disfunção ventricular moderada ou importante, com significância estatística entre os grupos. A presença do padrão *plus-minus* da onda T ($34,3 \pm 4,4\%$ vs $43,5 \pm 8,0\%$; $p=0,002$) e anterior-posterior da alça de T ($34,3 \pm 4,3\%$ vs $44,2 \pm 7,9\%$; $p=0,002$) evidenciou que os aspectos eletrovetorcardiográficos estudados relacionam-se a maior grau de disfunção sistólica do ventrículo esquerdo.

Foi possível inferir que os pacientes com o aspecto da onda T e da alça de T, *plus-minus* e anterior-posterior respectivamente, apresentam em sua

maioria, comprometimento segmentar do VE com disfunção sistólica moderada ou importante. Obtivemos ao eletrocardiograma S=80%, E=87%, VPP=95% e VPN=58% ($p=0,001$), enquanto ao vetorcardiograma observamos S=84%, E=87%, VPP=95% e VPN=64% ($p<0,001$).

Tanto a associação entre os padrões *plus-minus* / anterior-posterior e fração de ejeção do ventrículo esquerdo, quanto a classificação em diferentes graus de comprometimento sistólico do ventrículo esquerdo daqueles que apresentaram os aspectos eletrovetorcardiográficos estudados agrega importância clínica, pois a fração de ejeção do ventrículo esquerdo é um potente preditor de eventos clínicos e sua diminuição remete a um pior prognóstico.

Na fase de validação, os resultados obtidos foram reproduzidos de modo semelhantes àqueles evidenciados na fase de teste. Obtivemos sensibilidade de 87,5%, especificidade de 87,5%, valor preditivo positivo de 87,5% e valor preditivo negativo de 87,5% ($p=0,01$) para a identificação de pacientes que apresentaram aneurisma ventricular na evolução clínica da coronariopatia crônica, através da presença da morfologia *plus-minus* da onda T ao eletrocardiograma em V2 e/ou V3 e/ou V4. Esse mesmo grupo foi identificado através da presença do padrão anterior-posterior da alça de T ao vetorcardiograma com sensibilidade de 75%, especificidade de 87,5%, valor preditivo positivo de 85,7% e valor preditivo negativo de 77,7% ($p=0,04$). Por fim, alcançamos em ambas as fases, um resultado melhor do que os da literatura na identificação dos aneurismas ventriculares em pacientes portadores de cardiopatia isquêmica crônica.

Por fim, obtivemos um resultado de concordância perfeita entre o examinador principal e o avaliador 1 ($\kappa=1,0$; $p<0,001$), para o critério eletrocardiográfico estudado - padrão *plus-minus* da onda T em V2 e/ou V3 e/ou V4. Para o vetorcardiograma, obtivemos um resultado de concordância forte entre o examinador principal e os avaliadores 1 e 2 (avaliador 1 - $\kappa=0,625$; $p=0,012$ e avaliador 2 - $\kappa=0,613$; $p=0,013$) no reconhecimento morfológico anterior-posterior da alça de T em V2 e/ou V3 e/ou V4.

Se por um lado a evolução dos métodos diagnósticos em cardiologia vem apresentando significativa evolução nas últimas décadas, por outro, a expertise

na avaliação de meios não convencionais, como o vetorcardiograma, vem se perdendo. Tendo em vista a aplicabilidade vetorcardiográfica em diversos contextos clínicos e de ter apresentado elevada acurácia na identificação dos aneurismas ventriculares (fase de teste=94% e fase de validação=81%), a limitação no entendimento espacial da ativação ventricular não se mostrou um obstáculo, considerando os resultados obtidos pelo coeficiente Kappa de Cohen.

Isto posto, torna-se possível reproduzir os achados eletrovetercardiográficos na prática clínica, pois seu reconhecimento requer pouco domínio em eletrocardiografia e vetorcardiografia.

6. Limitações

6. LIMITAÇÕES

Trata-se de um estudo unicêntrico, impactado pela dificuldade de recrutamento de pacientes em momento pandêmico e pelo custo envolvendo a aquisição do contraste ecocardiográfico (SonoVue®).

O tamanho da amostra populacional estudada limitou tanto o poder de análise de reconhecimento dos aneurismas ventriculares através do ECG e do VCG, quanto o poder de estudo de concordância na identificação do padrão *plus-minus* da onda T e da morfologia anterior-posterior da alça de T.

Embora a análise dos avaliadores tenha sido cega para o grupo ao qual os eletrocardiogramas e vetorcardiogramas pertenciam, os avaliadores tinham conhecimento do objeto (aneurisma ventricular) do estudo.

7. Conclusões

7. CONCLUSÕES

A presença de onda T com padrão *plus-minus* em V2 e/ou V3 e/ou V4 no eletrocardiograma, bem como a expressão da alça de T anterior-posterior em V2 e/ou V3 e/ou V4 no vetorcardiograma, mostraram elevada acurácia no reconhecimento do aneurisma ventricular em pacientes portadores de cardiopatia isquêmica.

A presença dessas alterações eletrovectrocardiográficas associaram-se a maior grau de disfunção sistólica do ventrículo esquerdo.

8. Perspectivas Futuras

8. PERSPECTIVAS FUTURAS

Novos estudos, com maior número de pacientes, serão necessários para um maior aprofundamento sobre:

- Possível associação entre o volume das zonas aneurismáticas e a magnitude das alterações eletrovetocardiográficas do tipo *plus-minus*/anterior-posterior da onda T;
- O comportamento eletrovetorcardiográfico dos aneurismas em outras porções do ventrículo esquerdo (paredes inferior e lateral) e no ventrículo direito;
- Achados eletrovetorcardiográficos de aneurismas em outras cardiomiopatias;
- A capacidade dos achados eletrovetorcardiográficos na predição de importantes desfechos clínicos relacionados aos aneurismas ventriculares, como eventos tromboembólicos.

9. Referências bibliográficas

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lang RM, Bierig M, Badano LP, Mor-Avi V, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L, Flachskampf FA, Foster E, Goldstein SA, Kuznetsova T, Lancellotti P, Muraru D, Picard MH, Rietzschel ER, Rudski L, Spencer KT, Tsang W, Voigt J-U. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr.* 2015;28(1):1-39.
2. Morrow DA, Gersh BJ. Doença arterial coronariana crônica. In: Libby P, Bonow RO, Mann DL, Zipes DP, editores. *Braunwald: tratado de doenças cardiovasculares.* 8a ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2010. Cap.54. p.1398-1399.
3. Otto CM. Fundamentos de Ecocardiografia Clínica. 5a ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2014. Cap.8, p.207: Doença arterial coronariana.
4. Klein LR, Shroff GR, Beeman W, Smith SW. Electrocardiographic criteria to differentiate acute anterior ST-elevation myocardial infarction from left ventricular aneurysm. *Am J Emerg Med.* 2015; 33(6):786-90.
5. Schoen FJ. *Interventional and surgical cardiovascular pathology: clinical correlations and basic principles.* Philadelphia: Saunders; 1989. Ischemic heart disease.
6. Gerdes AM, Capasso JM. Structural remodeling and mechanical dysfunction of cardiac myocytes in heart failure. *J Mol Cell Cardiol.* 1995;27(3):849-56.
7. Eaton LW, Weiss JL, Bulkley BH, Garrison JB, Weisfeldt ML. Regional cardiac dilatation after acute myocardial infarction: recognition by two-dimensional echocardiography. *N Engl J Med.* 1979;300(2):57-62.
8. Hutchins GM, Bulkley BH, Moore GW, Piasio MA, Lohr FT. Shape of the human cardiac ventricles. *Am J Cardiol.* 1978;41(4):646-54.
9. Forman MB, Collins HW, Kopelman Ha, Vaughn WK, Perry JM, Virmani R, Friesinger GC. Determinants of left ventricular aneurysm formation after anterior myocardial infarction: a clinical and angiographic study. *J Am Coll Cardiol.* 1986;8(6):1256-62.
10. O'Gara PT, Kushner FG, Ascheim DD, Casey Jr DE, Chung MK, de Lemos JA, Ettinger SM, Fang JC, Fesmire FM, Franklin BA, Granger CB, Krumholz HM, Linderbaum JA, Morrow DA, Newby LK, Ornato JP, Ou N, Radford MJ, Tamis-Holland JE, Tommaso CL, Tracy CM, Woo YJ, Zhao DX. 2013 ACCF/AHA guideline for the management of ST-elevation myocardial infarction: executive summary. A report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation.* 2013;529-55.

11. Piegas LS, Timerman A, Feitosa GS, Nicolau JC, Mattos LAP, Andrade MD, et al. V Diretriz da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Tratamento do Infarto Agudo do Miocárdio com Supradesnível do Segmento ST. *Arq Bras Cardiol.* 2015;105(2):52.
12. Abrams DL, Edelist A, Luria MH, Miller AJ. Ventricular aneurysm. A reappraisal based on a study of sixty-five consecutive autopsied cases. *Circulation.* 1963;27:164-9.
13. Antmann EM. Intervenção coronária percutânea primária no tratamento do infarto agudo do miocárdio. In: Libby P, Bonow RO, Mann DL, Zipes DP, editores. Braunwald: tratado de doenças cardiovasculares. 8a ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2010. Cap.51. p.1285.
14. Meizlish JL, Berger HJ, Plankey M, Errico D, Levy W, Zaret BL. Functional left ventricular aneurysm formation after acute anterior transmural myocardial infarction. Incidence, natural history, and prognostic implications. *N Engl J Med.* 1984;311(16):1001-6.
15. Ruzza A, Czer LSC, Arabia F, Vespignani R, Esmailian F, Cheng W, De Robertis MA, Trento A. Left Ventricular Reconstruction for Postinfarction Left Ventricular Aneurysm: Review of Surgical Techniques. *Tex Heart Inst J.* 2017;44(5):326-335.
16. Brasil. Ministério da Saúde. Banco de dados do Sistema Único de Saúde - DATASUS. 2020 [citado 20 jul. 2022]. Disponível em: <http://www.datasus.saude.gov.br>.
17. Mohebi R, Chen C, Ibrahim NE, McCarthy CP, Gaggin HK, Singer DE, Hyle EP, Wassfy JH, Januzzi JL. Cardiovascular disease projections in the United States based on the 2020 census estimates. *J Am Coll Cardiol.* 2022;80(6):565-78.
18. Samesima N, God EG, Kruse JCL, Leal MG, França FFAC, Pinho C, et al. Diretriz da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre a Análise e Emissão de Laudos Eletrocardiográficos – 2022. *Arq Bras Cardiol.* 2022;119(4):638-80.
19. Moffa PJ, Sanches PCR. Eletrocardiograma normal e patológico. 7a ed. São Paulo: Rocca; 2001. Cap.17. p.463-90: O eletrocardiograma nas perturbações da irrigação do miocárdio: infarto do miocárdio, vetores de necrose, lesão e isquemia.
20. Pastore CA, Samesima N, Pereira Filho HG, Tobias NMMO, Madaloso BA, Facin ME. Aplicabilidade do eletrocardiograma na atual prática clínica – um retrato preciso da ativação elétrica cardíaca. *Arq Bras Cardiol.* 2019;113(1):87-99.
21. Chou TC, Helm RA, Kaplan S. *Clinical Vectocardiography.* 2nd ed. New York, Londres: Grune & Stratton; 1974. Chap. 11, p.187-90: Myocardial infarction, injury and ischemia.
22. Pastore CA, Samesima N, Tobias NMMO, Pereira Filho HG. Eletrocardiografia Atual: curso do serviço de eletrocardiografia do InCor. 3a ed. São Paulo: Atheneu; 2016. Cap.1, p.1-15: Eletrocardiograma atual: o vetorcardiograma normal e sua contribuição para a análise do eletrocardiograma.

23. Sedaghat G, Ghafoori E, Waks JW, Kabir MM, Shvilkin A, Josephson ME, Tereshchenko LG. Quantitative assessment of vectorcardiographic loop morphology. *J Electrocardiol.* 2016;49(2):154-63.
24. Carvalho Filho ET, Moffa PF, Pastore CA, Curiati JÁ, et al. Vectorcardiographic study of normal aged subjects. *Arq Bras Cardiol.* 1987;48(4):211-6.
25. Pastore CA, Moffa PJ, Tobias NMMO, Moraes AP, Nishioka SA, Chierighini JEC, et al. Bloqueios divisionais do ramo direito e áreas eletricamente inativas. Diagnóstico diferencial eletro-vetocardiográfico. *Arq Bras Cardiol.* 1985;45(5):309-17.
26. Acunzo RS, Konopka IV, Sánchez RA, Pizzarelli N, Wells FC, Baranchuk A, Chiale PA. Right bundle branch block and middle septal fiber block with or without left anterior fascicular block manifested as aberrant conduction in apparent healthy individuals: electro-vectorcardiographic characterization. *J Electrocardiol.* 2013;46(2):167-72.
27. de Micheli A, Iturralde P, Medrano GA. On the electrical manifestations of some heart diseases associated with ventricular preexcitation. *Arch Cardiol Mex.* 2006;76(4):137-43.
28. Pastore CA, Samesima N, Pereira Filho HG, Madaloso BA. Controversial and similar aspects of the Brugada and J wave patterns: the vectorcardiogram point of view. *J Electrocardiol.* 2016;49(3):439-45.
29. Madaloso BA, Samesima N, Tobias NMMO, Tavares CAM, Pereira Filho HG, Facin ME, Pastore CA. Contribution of the vectorcardiogram in the differential diagnosis of Brugada electrocardiographic pattern. *J Electrocardiol.* 2022;72:131-7.
30. Bayés de Luna A, Rovai D, Llado GP, Gorgels A, Carreras F, Goldwasser D, Kim RJ. The end of an electrocardiographic dogma: a prominent R wave in V_1 is caused by a lateral not posterior myocardial infarction—new evidence based on contrast-enhanced cardiac magnetic resonance—electrocardiogram correlations. *Eur Heart J.* 2015;36(16):959-64.
31. Perloff JK. The recognition of strictly posterior myocardial infarction by conventional scalar electrocardiography. *Circulation.* 1964;30:706-18.
32. Lima JA, Judd RM, Bazille A, Schulman SP, Atalar E, Zerhouni EA. Regional heterogeneity of human myocardial infarcts demonstrated by contrast-enhanced MRI. Potential mechanisms. *Circulation.* 1995;92(5):1117-25.
33. Kim RJ, Fieno DS, Parrish TB, Harris K, Chen EL, Simonetti O, Bundy J, Finn JP, Klocke FJ, Judd RM. Relationship of MRI delayed contrast enhancement to irreversible injury, infarct age, and contractile function. *Circulation.* 1999;100:1992–2002
34. Simonetti OP, Kim RJ, Fieno DS, Hillenbrand HB, Wu E, Bundy JM, et al. An improved MR imaging technique for the visualization of myocardial infarction. *Radiology.* 2001;218(1):215-23.

35. Weyman AE, Peskoe SM, Williams ES, Dillon JC, Feigenbaum H. Detection of left ventricular aneurisms by cross-sectional echocardiography. *Circulation*. 1976; 54(6): 936-44.
36. Hoffmann R, Von Bardeleben S, Kasprzak JD, Borges AC, ten Cate F, Firschke C, Lafitte S, Al-Saadi N, Kuntz-Hehner S, Horstick G, Greis C, Engelhardt M, Vanoverschelde JL, Becher H. Analysis of regional left ventricular function by cineventriculography, cardiac magnetic resonance imaging, and unenhanced and contrast-enhanced echocardiography: a multicenter comparison of methods. *J Am Coll Cardiol*. 2006;47(1):121-28.
37. Tsutsui JM, Mathias Jr W. Uso clínico da ecocardiografia com contraste à base de microbolhas. *Arq Bras Cardiol*. 2007;88(5):132-8.
38. Porter TR, Mulvagh SL, Abdelmoneim SS, Becher H, Belcik JT, Bierig M, Choy J, Gaibazzi N, Janardhanan R, Kutty S, Leong-Poi H, Lindner J, Main ML, Mathias Jr. W. Clinical applications of ultrasonic enhancing agents in echocardiography: 2018 American Society of Echocardiography guidelines update. *J Am Soc Echocardiogr*. 2018;31(3):241-74.
39. Mulvagh SL, Rakowski H, Vannan MA, Abdelmoneim SS, Becher H, Bierig SM; Burns PN, Castello RC, Patrick D, Hagen ME, Jollis JG, Kimball TR, Kitzman DW, Kronzon I, Labovitz AJ, Lang RM, Mathew J, Moir WS, Nagueh SF, Pearlman AS, Perez JE, Porter TR, Rosenbloom J, Strachan GM, Thanigaraj SW, Kevin W, Anna Y, Eric HC, Zoghbi WA. American Society of Echocardiography consensus statement on the clinical applications of ultrasonic contrast agents in echocardiography. *J Am Soc of Echocardiogr*. 2008;21(11): 1179-1201.
40. Nascimento BR, Beaton AZ, Nunes MCP, Tompsett AR, Oliveira KKB, Diamantino AC, Barbosa MM, Lourenço TV, Teixeira IM, Ruiz GZL, Rios JPP, Ribeiro ALP, Sable C. Integration of echocardiographic screening by non-physicians with remote reading in primary care. *Heart*. 2019;105(4):283–90.
41. Galema TW, van de Vem ART, Soliman OII, van Domburg RT, Vletter WB, van Dalen BM, Nemes A, ten Cate FJ, Geleijnse ML. Contrast echocardiography improves interobserver agreement for wall motion score index and correlation with ejection fraction echocardiography. *Echocardiography*. 2011;28(5):575-81.
42. Cerqueira MD, Weissman NJ, Dilsizian V, Jacobs AK, Kaul S, Laskey WK, Pennell DJ, Rumberger JA, Ryan T, Verani MS; American Heart Association Writing Group on myocardial segmentation and registration for cardiac imaging. 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;105:539-42.
43. Tsutsui JM, Sbrana JCN, Dourado L, Gowdak LHW, Mathias Jr W. Cardiomiopatia isquêmica. In: Vieira MLC, editor. *Avanços recentes e perspectivas da ecocardiografia nas cardiopatias*. Rio de Janeiro: Atheneu; 2016. Cap.8. p.91-115.

44. Mathias Jr. W. Manual de Ecocardiografia. 3a ed. Barueri: Manole;2016.Cap.5, p.98-122: Volumes ventriculares e função sistólica.
45. Nagueh SF, Appleton CP, Gillebert TC, Marino PN, Oh JK, Smiseth OA, Waggoner AD, Fachskampf FA, Pellikka PA, Evangelista A. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography. *J Am Soc of Echocardiogr.* 2009;22(2):107-33.
46. Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP, Byrd BF, Dokainish H, Edvardsen T, Flachskampf FA, Gillebert TC, Klein AL, Lancellotti P, Marino P, Oh JK, Popescu BA, Waggoner AD. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: date from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr.* 2016;29:277-314.
47. Appleton CP, Firstenberg MS, Garcia MJ, Thomas JD. The echo-Doppler evaluation of left ventricular diastolic function. A current perspective. *Cardiol Clin.* 2000;18(3):513-46.
48. Nagueh SF, Middleton KJ, Kopelen HA, Zoghbi WA, Quiñones MA. Doppler tissue imaging: a noninvasive technique for evaluation of left ventricular relaxation and estimation of filling pressures. *J Am Coll Cardiol.* 1997;30(6):1527-33.
49. Schneider M. SonoVue, a new ultrasound contrast agent. *Eur Radiol.* 1999;9(3):347-8.
50. Chahal NS, Senior R. Clinical applications of left ventricular opacification. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2010;3(2):188-96.
51. Meneghelo RS, Araújo CGS, Stein R, Mastrocolla LE, Albuquerque PF, Serra SM, et al/Sociedade Brasileira de Cardiologia. III Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre teste ergométrico. *Arq Bras Cardiol.* 2010;95(5):1-26.
52. Bayés de Luna A. Tratado de Electrocardiografia Clínica. Barcelona: Editorial Científico-Médica;1988. Cap.3, p.95: Otras técnicas electrocardiológicas.
53. Frank E. An accurate, clinically practical system for spatial vectorcardiography. *Circulation.* 1956;13(5):737-49.
54. Kirkwood BR, Sterne JAC. Essential medical statistics. 2nd ed. Massachusetts: Blackwell Science, 2006.
55. Steven RA. Electrocardiographic findings in cardiac aneurysm. *Ann Intern Med.* 1951; 34(3):747-58.
56. Cohn K, Dymnicka S, Forlini FJ. Use of the electrocardiogram as an aid in screening for left ventricular aneurysm. *J Electrocardiol.* 1976;9(1):53-58.
57. Goldberger E, Schwartz SP: Electrocardiographic patterns of ventricular aneurysm. *Am J Med.* 1948 4(2):243-7.

58. Ford RV, Levine HD. The electrocardiographic clue to ventricular aneurysm. *Ann Intern Med.* 1951;34(4):998-1016.
59. Cabrera E, Friedland C. La onda de activación ventricular en el bloqueo de rama izquierda con infarto: un nuevo signo electrocardiográfico. *Arch Inst Cardiol Mex.* 1953;23:441-60.
60. Wackers FJ. The diagnosis of myocardial infarction in the presence of left bundle branch block. *Cardiol Clin.* 1987;5:393-401.
61. Chapman MG, Pearce ML. Electrocardiographic diagnosis of myocardial infarction in the presence of left bundle branch block. *Circulation.* 1957;16:558-71.
62. Hands ME, Cook EF, Stone PH, Muller JE, Hartwell T, Sobel BE, Robert R, Braunwald E, Rutherford JD, MILIS Study Group. Electrocardiographic diagnosis of myocardial infarction in the presence of complete left bundle branch block. *Am Heart J.* 1988;116:23-32.
63. Reddy CVR, Cheriparambill K, Saul B, Makan M, Kassotis J, Kumar A, Das MK. Fragmented left sided QRS in absence of bundle branch block: sign of left ventricular aneurysm. *Ann Noninvasive Electrocardiol.* 2006;11(2):132-38.
64. Klein LR, Shroff GR, Beeman W, Smith SW. Electrocardiographic criteria to differentiate acute anterior ST-elevation myocardial infarction from left ventricular aneurysm. *Am J Emerg Med.* 2015;33(6):786-90.

10. Anexos

10. ANEXOS

Anexo A – Variáveis demográficas do grupo aneurisma na fase de teste

| Paciente | Sexo | Idade | ΔT |
|-------------|-----------|-------|------------|
| paciente 1 | Masculino | 54 | 129 |
| paciente 2 | Masculino | 54 | 16 |
| paciente 3 | Masculino | 76 | 11 |
| paciente 4 | Masculino | 57 | 35 |
| paciente 5 | Masculino | 62 | 166 |
| paciente 6 | Masculino | 54 | 22 |
| paciente 7 | Feminino | 48 | 65 |
| paciente 8 | Masculino | 61 | 13 |
| paciente 9 | Masculino | 63 | 59 |
| paciente 10 | Masculino | 58 | 26 |
| paciente 11 | Masculino | 59 | 39 |
| paciente 12 | Masculino | 57 | 88 |
| paciente 13 | Feminino | 58 | 51 |
| paciente 14 | Masculino | 77 | 35 |
| paciente 15 | Masculino | 66 | 170 |
| paciente 16 | Masculino | 59 | 19 |
| paciente 17 | Feminino | 68 | 68 |
| paciente 18 | Feminino | 41 | 31 |
| paciente 19 | Masculino | 64 | 44 |
| paciente 20 | Feminino | 60 | 43 |
| paciente 21 | Masculino | 59 | 58 |
| paciente 22 | Masculino | 52 | 43 |

ΔT = intervalo de tempo entre a síndrome coronariana aguda e a realização dos exames (eletrocardiograma, vetorcardiograma e ecocardiograma com contraste).

Anexo B – Variáveis demográficas do grupo acinesia na fase de teste

| Paciente | Sexo | Idade | Δ T |
|-----------------|-------------|--------------|------------|
| paciente 23 | Masculino | 63 | 17 |
| paciente 24 | Masculino | 60 | 12 |
| paciente 25 | Masculino | 66 | 32 |
| paciente 26 | Masculino | 66 | 22 |
| paciente 27 | Masculino | 69 | 126 |
| paciente 28 | Masculino | 41 | 15 |
| paciente 29 | Masculino | 67 | 65 |
| paciente 30 | Feminino | 51 | 31 |
| paciente 31 | Feminino | 61 | 84 |
| paciente 32 | Masculino | 61 | 51 |
| paciente 33 | Masculino | 52 | 36 |

Δ T = intervalo de tempo entre a síndrome coronariana aguda e a realização dos exames (eletrocardiograma, vetorcardiograma e ecocardiograma com contraste).

Anexo C – Análise da onda T, da alça de T e da fração de ejeção do ventrículo esquerdo no grupo aneurisma

| Paciente | ECG | VCG | FE |
|-------------|-----|-----|----|
| paciente 1 | 1 | 1 | 39 |
| paciente 2 | 1 | 1 | 39 |
| paciente 3 | 1 | 1 | 30 |
| paciente 4 | 1 | 1 | 33 |
| paciente 5 | 1 | 1 | 33 |
| paciente 6 | 1 | 1 | 30 |
| paciente 7 | 1 | 1 | 32 |
| paciente 8 | 1 | 1 | 39 |
| paciente 9 | 1 | 1 | 33 |
| paciente 10 | 1 | 1 | 38 |
| paciente 11 | 1 | 1 | 30 |
| paciente 12 | 1 | 1 | 44 |
| paciente 13 | 1 | 1 | 35 |
| paciente 14 | 0 | 1 | 35 |
| paciente 15 | 1 | 1 | 35 |
| paciente 16 | 1 | 1 | 34 |
| paciente 17 | 1 | 1 | 33 |
| paciente 18 | 1 | 1 | 25 |
| paciente 19 | 0 | 0 | 41 |
| paciente 20 | 1 | 1 | 30 |
| paciente 21 | 1 | 1 | 32 |
| paciente 22 | 1 | 1 | 37 |

ECG = eletrocardiograma; VCG = vetorcardiograma; FEVE (%) = fração de ejeção do ventrículo esquerdo expressa em porcentagem; 0 = ausência do padrão *plus-minus* da onda T em V2 e/ou V3 e/ou V4 no eletrocardiograma ou ausência do padrão anterior-posterior da alça de T em V2 e/ou V3 e/ou V4 no vetorcardiograma; 1 = presença do padrão *plus-minus* da onda T em V2 e/ou V3 e/ou V4 no eletrocardiograma ou presença do padrão anterior-posterior da alça de T em V2 e/ou V3 e/ou V4 no vetorcardiograma.

Anexo D – Análise da onda T, da alça de T e da fração de ejeção do ventrículo esquerdo no grupo acinesia

| Paciente | ECG | VCG | FE |
|-----------------|------------|------------|-----------|
| paciente 23 | 0 | 0 | 45 |
| paciente 24 | 0 | 0 | 38 |
| paciente 25 | 0 | 0 | 50 |
| paciente 26 | 0 | 0 | 40 |
| paciente 27 | 1 | 1 | 40 |
| paciente 28 | 0 | 0 | 51 |
| paciente 29 | 0 | 0 | 55 |
| paciente 30 | 0 | 0 | 30 |
| paciente 31 | 0 | 0 | 40 |
| paciente 32 | 0 | 0 | 41 |
| paciente 33 | 0 | 0 | 56 |

ECG = eletrocardiograma; VCG = vetorcardiograma; FEVE (%) = fração de ejeção do ventrículo esquerdo expressa em porcentagem; 0 = ausência do padrão *plus-minus* da onda T em V2 e/ou V3 e/ou V4 no eletrocardiograma ou ausência do padrão anterior-posterior da alça de T em V2 e/ou V3 e/ou V4 no vetorcardiograma; 1 = presença do padrão *plus-minus* da onda T em V2 e/ou V3 e/ou V4 no eletrocardiograma ou presença do padrão anterior-posterior da alça de T em V2 e/ou V3 e/ou V4 no vetorcardiograma.

Anexo E – Relação: fração de ejeção do ventrículo esquerdo e a presença de *plus-minus* da onda T no eletrocardiograma

| Paciente | FEVE (%) e <i>plus-minus</i> presente | FEVE (%) e <i>plus-minus</i> ausente |
|-----------------|--|---|
| paciente 1 | 39 | - |
| paciente 2 | 39 | - |
| paciente 3 | 30 | - |
| paciente 4 | 33 | - |
| paciente 5 | 33 | - |
| paciente 6 | 30 | - |
| paciente 7 | 32 | - |
| paciente 8 | 39 | - |
| paciente 9 | 33 | - |
| paciente 10 | 38 | - |
| paciente 11 | 30 | - |
| paciente 12 | 44 | - |
| paciente 13 | 35 | - |
| paciente 14 | - | 35 |
| paciente 15 | 35 | - |
| paciente 16 | 34 | - |
| paciente 17 | 33 | - |
| paciente 18 | 25 | - |
| paciente 19 | - | 41 |
| paciente 20 | 30 | - |
| paciente 21 | 32 | - |
| paciente 22 | 37 | - |
| paciente 23 | - | 45 |
| paciente 24 | - | 38 |

continua

Anexo E – Relação: fração de ejeção do ventrículo esquerdo e a presença de *plus-minus* da onda T no eletrocardiograma (conclusão)

| Paciente | FEVE (%) e <i>plus-minus</i> presente | FEVE (%) e <i>plus-minus</i> ausente |
|-------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| paciente 25 | - | 50 |
| paciente 26 | - | 40 |
| paciente 27 | 40 | - |
| paciente 28 | - | 51 |
| paciente 29 | - | 55 |
| paciente 30 | - | 30 |
| paciente 31 | - | 40 |
| paciente 32 | - | 41 |
| paciente 33 | - | 56 |

FEVE (%) = fração de ejeção do ventrículo esquerdo expressa em porcentagem; FEVE (%) e *plus-minus* presente = presença do padrão *plus-minus* da onda T em V2 e/ou V3 e/ou V4 no eletrocardiograma e fração de ejeção do paciente analisado; FEVE (%) e *plus-minus* ausente = ausência do padrão *plus-minus* da onda T em V2 e/ou V3 e/ou V4 no eletrocardiograma e fração de ejeção do paciente analisado.

Anexo F – Relação: fração de ejeção do ventrículo esquerdo e a presença do padrão anterior-posterior da alça de T no vetorcardiograma

| Paciente | FEVE (%) e anterior-posterior presente | FEVE (%) e anterior-posterior ausente |
|-----------------|---|--|
| paciente 1 | 39 | - |
| paciente 2 | 39 | - |
| paciente 3 | 30 | - |
| paciente 4 | 33 | - |
| paciente 5 | 33 | - |
| paciente 6 | 30 | - |
| paciente 7 | 32 | - |
| paciente 8 | 39 | - |
| paciente 9 | 33 | - |
| paciente 10 | 38 | - |
| paciente 11 | 30 | - |
| paciente 12 | 44 | - |
| paciente 13 | 35 | - |
| paciente 14 | 35 | - |
| paciente 15 | 35 | - |
| paciente 16 | 34 | - |
| paciente 17 | 33 | - |
| paciente 18 | 25 | - |
| paciente 19 | - | 41 |
| paciente 20 | 30 | - |
| paciente 21 | 32 | - |
| paciente 22 | 37 | - |
| paciente 23 | - | 45 |
| paciente 24 | - | 38 |
| paciente 25 | - | 50 |

continua

Anexo F – Relação: fração de ejeção do ventrículo esquerdo e a presença do padrão anterior-posterior da alça de T no vetorcardiograma (conclusão)

| Paciente | FEVE (%) e anterior-posterior presente | FEVE (%) e anterior-posterior ausente |
|-----------------|---|--|
| paciente 26 | - | 40 |
| paciente 27 | 40 | - |
| paciente 28 | - | 51 |
| paciente 29 | - | 55 |
| paciente 30 | - | 30 |
| paciente 31 | - | 40 |
| paciente 32 | - | 41 |
| paciente 33 | - | 56 |

FEVE (%) = fração de ejeção do ventrículo esquerdo expressa em porcentagem; FEVE (%) e anterior-posterior presente = presença do padrão anterior-posterior da alça de T em V2 e/ou V3 e/ou V4 no vetorcardiograma e a fração de ejeção do paciente analisado; FEVE (%) e anterior-posterior ausente = ausência do padrão anterior-posterior da alça de T em V2 e/ou V3 e/ou V4 no vetorcardiograma e fração de ejeção do paciente analisado.

Anexo G – Variáveis demográficas do grupo aneurisma na fase de validação

| Paciente | Sexo | Idade | ΔT |
|-----------------|-------------|--------------|------------------------------|
| paciente 34 | Masculino | 57 | 137 |
| paciente 35 | Masculino | 78 | 69 |
| paciente 36 | Masculino | 73 | 141 |
| paciente 37 | Masculino | 61 | 12 |
| paciente 38 | Masculino | 54 | 22 |
| paciente 39 | Masculino | 50 | 54 |
| paciente 40 | Masculino | 61 | 107 |
| paciente 41 | Masculino | 57 | 5 |

ΔT = intervalo de tempo entre a síndrome coronariana aguda e a realização da ressonância magnética cardíaca.

Anexo H – Variáveis demográficas do grupo acinesia na fase de validação

| Paciente | Sexo | Idade | ΔT |
|-----------------|-------------|--------------|------------------------------|
| paciente 42 | Masculino | 70 | 11 |
| paciente 43 | Feminino | 51 | 29 |
| paciente 44 | Masculino | 48 | 47 |
| paciente 45 | Feminino | 63 | 18 |
| paciente 46 | Masculino | 58 | 157 |
| paciente 47 | Feminino | 65 | 8 |
| paciente 48 | Feminino | 66 | 14 |
| paciente 49 | Masculino | 70 | 76 |

ΔT = intervalo de tempo entre a síndrome coronariana aguda e a realização da ressonância magnética cardíaca.

Anexo I – Análise da onda T do grupo aneurisma na fase de validação

| Paciente | ECG | VCG |
|-----------------|------------|------------|
| paciente 34 | 1 | 1 |
| paciente 35 | 1 | 1 |
| paciente 36 | 1 | 1 |
| paciente 37 | 1 | 1 |
| paciente 38 | 1 | 1 |
| paciente 39 | 1 | 0 |
| paciente 40 | 1 | 1 |
| paciente 41 | 0 | 0 |

ECG = eletrocardiograma; VCG = vetorcardiograma; 0 = ausência do padrão *plus-minus* da onda T em V2 e/ou V3 e/ou V4 no eletrocardiograma ou ausência do padrão anterior-posterior da alça de T em V2 e/ou V3 e/ou V4 no vetorcardiograma; 1 = presença do padrão *plus-minus* da onda T em V2 e/ou V3 e/ou V4 no eletrocardiograma ou presença do padrão anterior-posterior da alça de T em V2 e/ou V3 e/ou V4 no vetorcardiograma.

Anexo J – Análise da onda T do grupo acinesia na fase de validação

| Paciente | ECG | VCG |
|-----------------|------------|------------|
| paciente 42 | 0 | 0 |
| paciente 43 | 0 | 0 |
| paciente 44 | 0 | 0 |
| paciente 45 | 0 | 0 |
| paciente 46 | 0 | 0 |
| paciente 47 | 0 | 0 |
| paciente 48 | 0 | 0 |
| paciente 49 | 1 | 1 |

ECG = eletrocardiograma; VCG = vetorcardiograma; 0 = ausência do padrão *plus-minus* da onda T em V2 e/ou V3 e/ou V4 no eletrocardiograma ou ausência do padrão anterior-posterior da alça de T em V2 e/ou V3 e/ou V4 no vetorcardiograma; 1 = presença do padrão *plus-minus* da onda T em V2 e/ou V3 e/ou V4 no eletrocardiograma ou presença do padrão anterior-posterior da alça de T em V2 e/ou V3 e/ou V4 no vetorcardiograma.

Anexo K – Classificação da presença ou ausência do padrão *plus-minus* da onda T na fase de validação, segundo o avaliador 1

| Avaliador 1 | |
|--------------------|------------|
| Paciente | ECG |
| paciente 34 | 1 |
| paciente 35 | 1 |
| paciente 36 | 1 |
| paciente 37 | 1 |
| paciente 38 | 1 |
| paciente 39 | 1 |
| paciente 40 | 1 |
| paciente 41 | 0 |
| paciente 42 | 0 |
| paciente 43 | 0 |
| paciente 44 | 0 |
| paciente 45 | 0 |
| paciente 46 | 0 |
| paciente 47 | 0 |
| paciente 48 | 0 |
| paciente 49 | 1 |

ECG = eletrocardiograma; 0 = ausência do padrão *plus-minus* da onda T em V2 e/ou V3 e/ou V4 no eletrocardiograma; 1 = presença do padrão *plus-minus* da onda T em V2 e/ou V3 e/ou V4 no eletrocardiograma.

Anexo L – Classificação da presença ou ausência do padrão anterior-posterior da alça de T no vetorcardiograma na fase de validação, segundo os avaliadores

| Paciente | Avaliador 1 | Avaliador 2 |
|-----------------|--------------------|--------------------|
| | VCG | VCG |
| paciente 34 | 0 | 0 |
| paciente 35 | 1 | 1 |
| paciente 36 | 1 | 1 |
| paciente 37 | 1 | 1 |
| paciente 38 | 1 | 1 |
| paciente 39 | 0 | 0 |
| paciente 40 | 1 | 0 |
| paciente 41 | 0 | 0 |
| paciente 42 | 0 | 0 |
| paciente 43 | 1 | 0 |
| paciente 44 | 0 | 0 |
| paciente 45 | 1 | 1 |
| paciente 46 | 0 | 0 |
| paciente 47 | 0 | 0 |
| paciente 48 | 0 | 0 |
| paciente 49 | 1 | 1 |

VCG = vetorcardiograma; 0 = ausência do padrão anterior-posterior da alça de T em V2 e/ou V3 e/ou V4 no vetorcardiograma; 1 = presença do padrão anterior-posterior da alça de T em V2 e/ou V3 e/ou V4 no vetorcardiograma.