

MAURICIO OLIVEIRA DA SILVA

Estudo descritivo, estratigráfico e morfofuncional do Miocárdio e das Pontes sobre o Ramo Interventricular Subsinoso (RIVS) em suínos domésticos (*Sus scrofa domesticus* Linnaeus, 1758)

São Paulo

2023

MAURICIO OLIVEIRA DA SILVA

Estudo descritivo, estratigráfico e morfofuncional do Miocárdio e das Pontes sobre o Ramo Interventricular Subsinoso (RlvS) em suínos domésticos (*Sus scrofa domesticus* Linnaeus, 1758)

VERSÃO CORRIGIDA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Anatomia dos Animais Domésticos e Silvestres da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Departamento:

Cirurgia

Área de concentração:

Anatomia dos Animais Domésticos e Silvestres

Orientador:

Prof. Dr. Edson Aparecido Liberti

Coorientador:

Prof. Dr. Rafael Garabet Agopian

São Paulo

2023

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virgínie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

4296
FMVZ

Silva, Mauricio Oliveira da
Estudo descritivo, estratigráfico e morfofuncional do Miocárdio e das Pontes sobre o Ramo Interventricular Subsinooso (RIVS) em suínos domésticos (*Sus scrofa domestica* Linnaeus, 1758) / Mauricio Oliveira da Silva. – 2023.
107 f. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Cirurgia, São Paulo, 2023.

Programa de Pós-Graduação: Anatomia dos Animais Domésticos e Silvestres.

Área de concentração: Anatomia dos Animais Domésticos e Silvestres.

Orientador: Prof. Dr. Edson Aparecido Liberti.
Coorientador: Prof. Dr. Rafael Garabet Agopian.

1. Anatomia. 2. Coração. 3. Ventrículo. 4. Miocárdio. 5. Pontes de miocárdio. I. Título.



Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia Universidade de São Paulo

Comissão de Ética no Uso de Animais

São Paulo, 16 de fevereiro de 2023
CEUAx N 3887050123

Ilmo(a). Sr(a).

Responsável: Edson Aparecido Liberti

Área: Anatomia dos Animais Domésticos e Silvestres

Equipe envolvida: Mauricio Oliveira da Silva - (pós-graduando); Rafael Garabet Agopian - (colaborador);

Título da proposta: "Estudo descritivo, estratigráfico e morfofuncional do Miocárdio e das Pontes sobre o Ramo Interventricular Subsinoso (RIVS) em suínos domésticos (*Sus scrofa domesticus* Linnaeus, 1758)".

Parecer Consubstanciado da CEUA FMVZ

A Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia Universidade de São Paulo, na reunião de 16/02/2023, ANALISOU e APROVOU a proposta acima referenciada. A partir desta data, é dever do pesquisador:

1. Comunicar toda e qualquer alteração.
2. Comunicar imediatamente ao Comitê qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento da proposta.
3. Os dados individuais de todas as etapas da pesquisa devem ser mantidos em local seguro por 5 anos para possível auditoria dos órgãos competentes.
4. **Relatórios parciais** de andamento deverão ser enviados **anualmente** à CEUA até a conclusão da proposta.

Prof. Dr. Marcelo Bahia Labruna
Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Universidade de São Paulo

Profa. Dra. Camilla Mota Mendes
Vice-Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Universidade de São Paulo

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: SILVA, Mauricio Oliveira da

Título: **Estudo descritivo, estratigráfico e morfofuncional do Miocárdio e das Pontes sobre o Ramo Interventricular Subsinoso (RlvS) em suínos domésticos (*Sus scrofa domesticus* Linnaeus, 1758)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Anatomia dos Animais Domésticos e Silvestres da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

DEDICATÓRIA

A uma data muito importante: 26 de janeiro. Neste dia, a vida foi concedida a uma mulher que profetizou este momento; uma mulher que em vida, construiu a família que hoje tenho o orgulho de carregar comigo; uma mulher que não tive a oportunidade de conhecê-la, mas que sei que me observa de onde quer que esteja: a minha avó, **Luzia Matildes do Nascimento**; a mulher que me olhou quando ainda bebê e disse: “esse menino será Doutor”. Vó, sua profecia se concretizou duas vezes: me tornei Médico Veterinário, e me tornei Doutor no sentido mais estrito e literal da palavra. Espero que a Senhora esteja descansando em paz, e peço que continue iluminando o meu caminho e me oferecendo mais e mais conquistas grandiosas como está. Dedico este trabalho a você, as suas filhas queridas, hoje minhas mães: **Vania Matildes de Oliveira, Marcia Regina de Oliveira, Delma Matildes de Oliveira e Marli Matildes de Oliveira**; e ao nosso dia 26 de janeiro: a data do nosso nascimento!

Ao meu cachorro, que foi descansar também no dia 26 de janeiro. Você foi o motivo de muitas alegrias e momentos especiais, e sempre será meu primeiro amigo leal, o qual me privilegiou com todo o seu companheirismo, estando ao meu lado a cada dia. Esteja descansando em paz amigão!

Ao meu “primo-irmão”, **Lorenzo Oliveira Costa**. Desde o momento em que você chegou, meus dias se tornaram mais iluminados. Você é a minha alegria diária, e enquanto eu estiver por aqui, farei tudo o que estiver ao meu alcance por você. Eu te amo pra todo sempre.

A todos os animais e pessoas das universidades, faculdades e laboratórios pelos quais passei e que através de seus corpos, fizeram eu chegar até aqui. É impossível colocar em palavras, a minha gratidão por todos os cadáveres que se doaram ao meu aprendizado na Anatomia. “(...) lembra-te que este corpo nasceu do amor de duas almas; cresceu embalado pela fé e esperança daquela em que seu seio o agasalhou, sorriu e sonhou os mesmos sonhos das crianças, jovens e animais; por certo amou e foi amado, e sentiu saudades dos outros que partiram, acalentou um amanhã feliz e agora jaz na fria lousa, sem que por ele tivesse derramado uma lágrima sequer, sem que tivesse uma só prece. Seu nome, só Deus o sabe; mas o destino inexorável deu-lhe o poder e a grandeza de servir a humanidade que por ele passou indiferente” – Oração ao Cadáver Desconhecido.

A Deus, aos meus Professores/Mestres/Senseis, minha família e meus amigos.

AGRADECIMENTOS

Durante a nossa trajetória como aluno, passamos por diferentes Professores. Professores que iremos respeitar, mas que não necessariamente criaremos um vínculo; e Professores que iremos estabelecer uma relação de Mestre-Discípulo, sobretudo quando se trata de Professores cujo valor da palavra se torna muito mais um Adjetivo do que um Substantivo.

Os agradecimentos que aqui deixo, não são apenas pelos quatro anos de Pós-Graduação que vivi, mas também pelos 10 anos que se completaram em 2023. A começar pelo dia 8 de março de 2013, tempo que lembrarei para o resto de minha vida. Esta foi a data do meu segundo dia de aula na Graduação em Medicina Veterinária na UNISA: a partir deste dia, toda a minha vida seguiu um rumo que nem em um milhão de sonhos, eu imaginaria possível: conheci o meu primeiro Mestre.

Ao meu primeiro **Professor, Rafael Garabet Agopian**. O Senhor foi o cara que despertou em mim, o Sonho de um dia me tornar Professor. Não só de Anatomia, mas aquele Professor que liberta, que acolhe, que incentiva, que orienta, que estimula. Foi o primeiro a acreditar em mim e depositar os seus ensinamentos. Em 2023 se concretizaram 10 longos anos desde que te conheci, e para cada um desses anos, tenho muitas lembranças especiais contigo, sejam elas nos períodos dentro do laboratório de Anatomia; sejam elas nas caronas que o Senhor me dava quando saíamos da Universidade quase de madrugada, com direito a sorvete que o Senhor comprava no posto de gasolina; sejam elas nos períodos de Campanha de Castração, sejam elas no singelo bate-papo e orientações que levarei para o resto de minha vida. Obrigado Professor, este momento jamais existiria se eu não o tivesse conhecido. Sou muito grato pelo Senhor me acolher e me ensinar a riqueza de todo o seu conhecimento.

Ao meu segundo **Professor, Cesar Alexandre Fabrega Carvalho**. Em 2016 entrei na FOU SP com o intuito de ter aula com o meu terceiro Professor, mas de quebra tive o privilégio de ser o seu aluno, e vivenciar mais uma vez, o que é ser ensinado por um verdadeiro Professor. Em 2019 e 2020, tive o prazer de ser um dos seus Monitores; muito obrigado Professor!

Por fim, ao meu terceiro **Professor, Edson Aparecido Liberti**. Em dezembro de 2014, quando o Professor Rafa estava defendendo o Doutorado, eu perguntei a ele: “quem é aquele seu Orientador?”, e então ele me respondeu simplificadamente:

“se você acha a minha aula foda, é porque você nunca assistiu a aula do meu Orientador”. Aquelas palavras ficaram gravadas na minha cabeça, e eu fiquei tão inconformado de saber que meu Professor havia falado aquilo, que ao final do ano de 2015, prestei a Fuvest, para a Faculdade de Odontologia da USP, apenas no intuito de poder ser aluno do Orientador do meu Professor. Em 2016, após passar no vestibular, liguei para o meu Professor e perguntei: “Rafa, o Senhor acha que eu deveria trancar a Veterinária pra poder ir pra FOUSP ter aula com o seu Orientador?” e ele não pensou duas vezes em apoiar a minha decisão. No dia 23 de fevereiro de 2016, tive a primeira aula com o Professor Edson, nada mais nada menos do que a aula mais importante da Anatomia: Planos e Eixos. Aqui não cabem palavras para descrever a monstruosidade que é o nível de conhecimento do Professor Edson; o Senhor nasceu pra isso. A sua preocupação em ensinar sempre foi tão sincera e dedicada, que a minha Turma, a 124, o homenageou duas vezes: a primeira ao final da disciplina de Anatomia Odontológica e Topográfica, em 2016, e a segunda como Professor Homenageado, em 2022. Isso sem contar todas as outras homenagens que pude presenciar ou então ler no seu Lattes! Em 2019 retornei para a USP depois de me formar em Medicina Veterinária na UNISA, e graças ao Professor Rafael, o Senhor me aceitou como seu aluno de Mestrado e posteriormente de Doutorado Direto. Foram anos muito especiais, e cada momento que vivi com o Senhor, contarei aos meus alunos. Sejam nos momentos nos quais estivemos dissecando, ou durante as suas aulas na Graduação e Pós-Graduação, ou mesmo na padaria quando íamos tomar um café. Obrigado por também ter sido o meu Mestre e Orientador. O cuidado que o Senhor sempre teve em revisar cada parte da Tese, acrescentando ilustrações e separatas de trabalhos clássicos da Anatomia, além das ideias geniais para explicar os mínimos detalhes, com toda paciência do mundo, me ensinou em como orientar um aluno. Espero que um dia a nomeação das Camadas de Miocárdio entrem para a *Nomina Anatomica Veterinaria* e enalteça cada vez mais a ciência Anatomia, que jamais morrerá. O privilégio de levar o nome do Senhor, como Orientador, e do Professor Rafa, como Coorientador, é a maior conquista que tive em minha vida.

Abro um parêntesis que sintetiza toda essa história: a vida me privilegiou por todos estes Mestres que tive durante a minha trajetória como aluno de Graduação e Pós-Graduação. Foi através destes Professores, que pude notar a paixão deles em ensinar Anatomia, em cuidar dos seus alunos, e servirem literalmente como verdadeiros “pais”, pois é assim que eu os enxergo. Vocês são a minha figura paterna,

a imagem da pessoa que eu quero me tornar e um dia poder inspirar e seguir com esse propósito; com o propósito da Profissão mais importante que existe neste mundo: a de Professor.

Agradeço a minha mãe, **Vania Matildes de Oliveira**, por sempre cuidar e se preocupar imensuravelmente comigo. A minha mãe, **Marcia Regina de Oliveira**, que sempre se preocupou com os meus estudos e minha felicidade, que sempre me defendeu das mazelas da vida e abriu as portas para que eu pudesse morar por 10 maravilhosos anos, junto ao tio Junior e depois com o Lo, no condomínio que tanto amo. Obrigado por sempre cuidar de mim. A minha mãe, **Delma Matildes de Oliveira**, que me acolhia em sua casa durante as férias, permitindo eu viver a melhor infância de todas; por me incentivar a fazer cursinho no Etapa (tudo começou lá!) e por todas as coisas que já fez por mim. A minha mãe, **Marli Matildes de Oliveira**, que fez eu amadurecer me dando meu primeiro emprego no Supermercado, foram bons anos que vivi contigo e pude ver o quanto guerreira você é. Hoje sou quem sou, pela educação que todas vocês me deram. Eu amo vocês incondicionalmente!

Aos meus tios, **João Baptista Netto** (em memória) e **Roberto Costa Junior**, que permitiram com que eu realizasse o meu sonho de um dia poder morar no condomínio onde vivi a melhor fase da minha vida, e onde pude conhecer grandes amigos que levo comigo até os dias de hoje. Obrigado por me deixarem morar com vocês por longos anos, ao lado da tia Delma e da tia Marcia; obrigado por sempre me tratarem como filho.

Agradeço as minhas tias **Elisangela** e **Shirley**; meus tios **Vanderlei** e **Valdeci** e aos meus primos e minhas primas, **Lorenzo**, **Isabelle**, **Felipe**, **Heitor**, **Pietro**, **Gabriela**, **Wesley**, **Bruno**, **Guilherme**, **Bruna**; e **José Ivo Filho**, meu avô (em memória). Vocês são uma família incrível!

Ao meu pai, **José Waldenor da Silva**, que apesar do pouco convívio, sempre se orgulhou de mim e sempre se preocupou comigo.

A todos os meus amigos de infância, que me proporcionaram um dos melhores momentos de minha vida, e sobretudo aos que permanecem até hoje: **André Okuno (Samura)**, **Gustavo Fornachari (Forno)** e **Gustavo Gonçalves (Mura)**. O orgulho que tenho de vocês, e a felicidade de poder comemorar e somar mais e mais anos de amizade, não cabem aqui. Minha personalidade foi moldada graças ao convívio que tive naqueles bons anos no Condomínio, nosso eterno Savério City 475R. Obrigado por estarem comigo até hoje!

Aos meus amigos de Graduação: **Rafael Rodrigues Daniel, Lucas Raphael Romano Borges, Caio Victor Santos Silvestre, Gabriel Lopes, Marcelo Sant'Ana, Felipe Mandaji, Carlos Eduardo, Bruna Araújo, Yara D'Angelo, Bruna Fachga, Lucas Feijó e Cayo Madrid.** Vocês me proporcionaram os melhores anos de faculdade que já pude ter; saber que a amizade de todos nós permaneceu depois dos árduos anos de graduação, me enchem de felicidade! Cada um de vocês teve uma participação importantíssima, tanto na minha formação, quanto nos aprendizados da vida. Sem o apoio e a amizade de vocês, esses últimos anos seriam em preto e branco.

Aos meus amigos de Pós-Graduação: **Igor Smirnow**, literalmente o Junqueira reencarnado! Parte dessa Tese eu devo graças aos seus ensinamentos em histologia. Sempre que te procurei, você me ajudou, fosse nas dúvidas, fosse na hora de preparar as primeiras lâminas de microscopia. Gratidão por ter te conhecido e pela amizade que construímos, espero um dia poder lecionar Anatomia Veterinária contigo e com o Rafa Rodrigues! Ao **Rafael Rodrigues**, que foi arrastado para a Pós-Graduação por minha causa. Vem ano, vai ano, a amizade contigo, com o Lucas e com o Caio apenas aumenta, vocês são algumas das pessoas mais importantes da minha vida. As últimas semanas de Pós-Graduação contigo e o Lucas Romano foram a chave de ouro do meu final de Pós-Graduação. Aos meus amigos **Henrique Inhauser, João Leite, Marcílio Felix e Guilherme Chiarello**, ex-alunos que me mostraram que a Anatomia tem futuros Professores monstruosos. Aos amigos e amigas **Marcella Kato, Luana Félix, Franceliusa Delys, Dara Rúbia, Ana Lídia, Bianca Neofiti, Mônica Duarte, Túlio Yoshinaga, Alice Colletto, Ammir Yacoub, Eduardo Lebre, Tarley Santos, Kadija Santee, Thalles Duarte, Gustavo Schiavo, Cristiano Ribas e José Closs**, que fizeram os anos de Pós-Graduação serem incríveis. Aprendi muito com vocês!

Aos monitores durante meu ano de Graduação em Odontologia, em 2016, e que posteriormente me acolheram dentro dos "Anatomossaurinhos": **Luciano César Pereira Campos Leonel e Denício Severino Gonçalves de Sousa.** O respeito e admiração que tenho por vocês dois é gigantesco! Considero vocês os meus irmãos mais velhos, seja na Pós-Graduação, seja na Anatomia. Sou extremamente grato a tudo que aprendi com vocês.

Aos meus outros amigos Anatomossaurinhos: **Mariane Donato, Adriano Ferreira, Professora Thelma Parada e a Professora Katia Kietzer.** Minha

admiração por todos vocês é infinita! Foi maravilhoso o tempo que vivi com vocês durante as disciplinas do Professor Edson!

A **Marta Maria da Silva Righetti**, a querida Martinha do ICB, que ao final da Tese me ajudou a confeccionar as pranchas de histologias de grande mérito do trabalho, o qual dedico a você. Sempre com um sorriso no rosto e disposta a ajudar qualquer dia e horário que fosse. Meus mais sinceros agradecimentos, Martinha.

A **Sonia Regina Yokomizo de Almeida**, a querida Soninha também do ICB, por me ensinar todo o Protocolo da MEV. Sou muito grato a tudo que fez por mim. O mérito da Tese também dedico a você.

A **Maria Motta**, minha querida Malu! Em todo esse tempo de Pós-Graduação, passar na sua sala pra bater um papo, tomar um café e receber um abraço, eram sempre momentos muito ricos que tive e que levarei comigo! Te amo muito Malu!

Ao **Boleta, Ricardo, Everton** e os **demais funcionários e técnicos da Anatomia do ICB**. Sempre dispostos em ajudar a deslocar as peças de um laboratório para o outro, e também pelas diversas conversas muito alegres que tivemos.

A **Cris Pinheiro** e **Nilson Souza**, pelo companheirismo e pelas atividades realizadas no Museu de Anatomia Humana Professor Alfonso Bovero.

Ao **Ronaldo Agostinho da Silva**, nosso querido Ronaldo do Lab de Histo da FMVZ. Conversar contigo e os meninos quebrava a rotina e faziam os dias serem mais alegres durante o período de Pós-Graduação.

A **Rose Eli**, por me ajudar a fazer as fotos de microscopia da Tese. Foram muitas as vezes que você me atendeu e se prontificou a me ajudar.

Aos **funcionários do Museu de Anatomia Veterinária da FMVZ-USP**, que sempre me deixavam entrar para estudar. Um agradecimento especial ao **Índio**, pessoa sempre solícita!

Ao Professor **Antônio Chave de Assis Neto**, que em muitos momentos da Pós-Graduação, me defendeu com unhas e dentes, e me concedeu uma Bolsa de Estudos no Curso de Especialização em Anatomia Funcional: Humana e Comparada, realizado pelo ICB e pela FMVZ.

Aos demais Professores do Departamento de Anatomia do PPGAADS, pelas mentorias no PAE e pela confiança em nos deixar ajudar os alunos de Graduação da FMVZ: **José Roberto Kfoury Junior, Taís Harumi de Castro Sasahara, Silvio Gomes, Francisco Javier** e **Maria Angélica Miglino**; e também a **Professora Irvénia Prado**, por avaliar o nosso trabalho.

Aos Professores do VCI da FMVZ-USP, por me privilegiarem em ser monitor de Técnica Cirúrgica pelo PAE: **Samanta Melo, Aline Bolzan, Julia Matera, Claudia Inglez, Luis Claudio e André**; e ao **Miron e Augusto**, técnicos da FMVZ, por toda a ajuda com a montagem das aulas práticas de Anatomia e Cirurgia.

A todos os funcionários, de todos os setores, do ICB e da FMVZ (Daura Vaz, Roseli Gomes, Maria Laet e Camila Molgara), sobretudo os funcionários da faxina e da segurança, que sempre me receberam com um Bom Dia e um Boa Noite, esbanjando um sorriso de ponta-a-ponta.

Aos **amigos** que fiz na **Turma 124 da FOUSP: Nayara Oliveira, Isabella Vaz, Luiza Pedrosa, Mayara Torchi, Pablo Moleiro, Natalia Cardadeiro, Heloisa Freires, Jorge Akimoto, José Martins, Maryana Carmello e Luiz Blois**.

Ao **Arthur Alonso Almeida Souza e Raquel Fukumori**, meus “pais” da Medicina Veterinária, que tenho muito prestígio e respeito, e que por muitos anos me acolheram em diversos momentos. Obrigado por me apoiarem e me proporcionarem muitas oportunidades ao longo desses anos! Vocês são grandes Professores aos quais também sempre irei me espelhar.

Ao **Rafael Magdanelo Leandro**, o médico veterinário que conheci no meu primeiro ano de faculdade, e que me acolheu e acreditou no meu potencial. Tive o privilégio de sua orientação na Monografia do Curso de Especialização em Anatomia, além dos bons anos trabalhando contigo na ONG Corrente do Bem.

A **Valdirene de Sousa**, minha querida segunda mãe, por estar comigo até hoje, desde o meu primeiro ano de faculdade, sempre me ensinando e me aconselhando como um filho. Te amo Val!

As minhas estagiárias durante o “ano cirúrgico” de 2021, nas Castrações do nosso antigo CVB, por terem abraçado aquela oportunidade e me ajudarem nas quase 2000 cirurgias que fizemos juntos: **Giulia Maria Spadaro Teixeira, Julie Feijó, Bruna Bortoleti Félix, Júlia Alves, Natália Gomes, Giulia Martoni Fernandes, Juliana Moreira e Jade Li**. E aos amigos do CVB e dos mutirões: **Flavio Cunha, Thiago Lico, Carine V., Mônica P., Iris S., Giovana S., Cynthia C., Guilherme M., Guilherme G., Leandro Ximenes, Hedillon M., Alexandre Z., Jade M., Jonas N. e Marcelo Lepore**.

As **alunas do Curso de Difusão (Jessica Burian e Leticia Amaro)** e aos alunos das **Turmas 83, 85, 86 e 87 da FMVZ-USP**, os quais tive a oportunidade de realizar o PAE, ensinando e aprendendo.

Aos meus amigos, ex-residentes do HOVET-UNISA durante o meu primeiro ano de faculdade: **Rafael Hayashi, João Gabriel, Jessica Yumi, Katia Pimenta e Edilson Junior**. Vocês me ensinaram muito e me proporcionaram inúmeras oportunidades, fosse sendo orientado de TCC pelo Professor Junior; fosse pelo aprendizado em cirurgia pelo Professor Hayashi; fosse pelo aprendizado em Patologia pela Professora Katia. Hoje vocês se tornaram grandes Professores, e agradeço muito também pelos anos que pude conviver com todos na Pós-Graduação.

Aos meus Professores da UNISA, em especial os Professores **Guilherme Durante, Caio Rodrigues, Cinthia Martorelli, Luiz Rosa, Cesar Dinola e Celso Martins**. Vocês me inspiraram muito e agradeço imensamente por todo conhecimento que pude aprender durante as incríveis aulas na Graduação.

Aos técnicos do Laboratório de Anatomia Veterinária da UNISA: **Sr. Antonio, Carlos Eduardo, Isac, Peterson Caballero e Sr. Ezequiel**, pessoas extremamente humildes e que sempre me ajudavam nas monitorias durante os anos de faculdade.

As minhas amigas de profissão: **Amanda Vallim, Isa Alves, Maryane Manzoli, Gabriela M., Carolina F., Natália G., Daniela Maldonado, Eli R., Flavia P., Simone Ribeiro, Victoria S., Nawana Zani, Victoria A., Maiara C., Maiara P. e Melissa A.**

A minha segunda família: **Alcione Romano, Sergio Borges, João Daniel, Jady Daniel, Gabriel Rodrigues, Gilberto Lopes, Gil Lopes, Jessica Lopes, Cleunice Lopes, Julia Marcelly e Simone Santos**, pessoas maravilhosas que me tratam como um filho desde a época da faculdade. Vocês são incríveis!

Aos amigos **William Albuquerque, Fabio Silva, Rafael Acordi, Robson Puiatti, Christian B., Gustavo H., Gustavo S., Lucas Almeida, Patricia Castanha, Roberto Santos, Andre Luiz, Felipe L., Marco A., Bruno R. e Karythuanny Pontes**.

A todos os meus **Professores do EMEI (Veida); Ensino Fundamental (Olga, Claudia e Alessandra), Médio (Alexis Caio, Daniel Arroyo, Monica e Alessandra), Cursinho Etapa/Pedagógico (Hilton, Hannah A., Alexandre P., Flavio) e Objetivo**. Os ensinamentos que tive com vocês, foram o prelúdio para tudo que veio depois.

A **Deus**, por me dar uma vida cheia de conquistas e pessoas incríveis que pude conhecer durante esses anos, aos **Animas do Projeto** e aos **meus Futuros Alunos**.

O presente trabalho foi realizado com apoio da **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)** – Código de Financiamento 001.

ELEVAR

*Professor, “sois o sal da terra e a luz do mundo”.
Sem vós tudo seria baço e a terra escura.
Professor, faze de tua cadeira,
a cátedra de um mestre.
Se souberes elevar teu magistério,
ele te elevará à magnificência.
Tu és um jovem, sê, com o tempo e competência,
um excelente mestre.*

*Meu jovem Professor, quem mais ensina e quem mais aprende?
O professor ou o aluno?
De quem maior responsabilidade na classe,
do professor ou do aluno?
Professor, sê um mestre. Há uma diferença sutil
entre este e aquele.
Este leciona e vai prestes a outros afazeres.
Aquele mestreia e ajuda seus discípulos.
O professor tem uma tabela a que se apega.
O mestre excede a qualquer tabela e é sempre um mestre.
Feliz é o professor que aprende ensinando.
A criatura humana pode ter qualidades e faculdades.
Podemos aperfeiçoar as duas.
A mais importante faculdade de quem ensina
é a sua ascendência sobre a classe
Ascendência é uma irradiação magnética, dominadora
que se impõe sem palavras ou gestos,
sem criar atritos, ordem e aproveitamento.
É uma força sensível que emana da personalidade
e a faz querida e respeitada, aceita.
Pode ser consciente, pode ser desenvolvida na escola,
no lar, no trabalho e na sociedade.
Um poder condutor sobre o auditório, filhos, dependentes, alunos.
É tranquila e atuante. É um alto comando obscuro
e sempre presente. É a marca dos líderes.*

*A estrada da vida é uma reta marcada de encruzilhadas.
Caminhos certos e errados, encontros e desencontros
do começo ao fim.*

*Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.
O melhor professor nem sempre é o de mais saber,
é sim aquele que, modesto, tem a faculdade de transferir
e manter o respeito e a disciplina da classe.*

Cora Coralina

RESUMO

SILVA, M, O. **Estudo descritivo, estratigráfico e morfofuncional do Miocárdio e das Pontes sobre o Ramo Interventricular Subsinooso (RlvS) em suínos domésticos (*Sus scrofa domesticus* Linnaeus, 1758)**. 2023. 107 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

As Pontes de Miocárdio (PM) são fascículos musculares que percorrem superficial e/ou profundamente os ramos vasculares do coração. Descritas como alterações morfológicas congênitas, as PM são tratadas como responsáveis por desenvolverem distúrbios hemodinâmicos importantes, ou apresentadas como achados estruturais normais. Para que se compreenda sob o aspecto anátomo-funcional a incidência dessas projeções, há a necessidade de uma fundamentação estratigráfica das camadas que constituem a musculatura cardíaca, uma vez que as PM surgem a partir de fibras que transpõem as artérias coronárias esquerda e direita; no caso dos suínos, aquelas que organizam os Ramos Circunflexo e Interventriculares Paraconal (RlvP) e Subsinooso (RlvS). Nesta pesquisa foram avaliadas, a partir de 20 corações de suínos domésticos (sem raça, sexo e idade definidos), a presença, origem, orientação e inserção das camadas constituintes do miocárdio, em seus aspectos anatômicos, estratigráficos e microscópicos, correlacionando-as com as PM sobre o RlvS. Foram utilizados 11 corações para o estudo macroscópico: sete para dissecação das camadas ventriculares e quatro para injeções de látex vermelho nas artérias coronárias esquerda e direita. Para o estudo microscópico, destinou-se nove espécimes: sete para as análises histológicas e dois para as análises ultraestruturais pela Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Na macroscopia, verificou-se que o ventrículo esquerdo está formado pelas camadas externa, média, interna e septal cilíndrica, e o ventrículo direito pelas camadas externa, média e interna, e a sua parede septal está organizada pela banda septal transversa. A origem das camadas externa, média, interna e septal cilíndrica se principiam a partir dos quatro anéis fibrosos do esqueleto cardíaco: os anéis fibrosos dos óstios atrioventriculares esquerdo e direito, aórtico e pulmonar. No que diz respeito às inserções dos planos musculares, as camadas externa, média e interna do ventrículo esquerdo, seguem até o septo interventricular, na face lateral direita; a camada septal cilíndrica configura o ventrículo esquerdo; já as camadas externa, média e interna do ventrículo direito, se direcionam para o septo

interventricular, na face lateral esquerda. A identificação das estratigrafias ventriculares foi alcançada através da técnica de dissecação, após a fixação em formaldeído 4% e posterior cocção, em solução com ácido acético, cloreto de sódio e água, dos corações; a ocorrência das quatro camadas do ventrículo esquerdo, e das três camadas do ventrículo direito, juntamente com a banda septal transversa, estiveram presentes em todos os corações dissecados. Depois da dissecação das camadas de miocárdio dos ventrículos esquerdo e direito, foi estabelecido um modelo didático do órgão, para estudo da estratigrafia ventricular, por meio do método de congelamento em freezer a -25°C. Relativamente à sua topografia sobre o RIVS, as PM foram identificadas em posições dorsais, médias e ventrais. Em termos percentuais, as PM estiveram presentes em 13 corações (65%) estudados tanto do ponto de vista macroscópico, quanto microscópico; sendo constatado um total de 22 PM: três PM dorsais (13,65%), dez PM médias (45,45%) e nove PM ventrais (40,9%). Sob microscopia de luz observou-se que a presença de fibras colágenas (colorações histológicas de Picrosirius e Tricrômio de Gomori) e fibras elásticas (coloração histológica de Weigert) é variável de acordo com a profundidade do segmento subpontino, e sem relações com o tecido conjuntivo dos feixes de miocárdio constituintes das PM; e a ausência de alterações na túnica íntima desses vasos (coloração de Hematoxilina-Eosina) em todas as topografias estudadas. Na análise ultraestrutural, pela MEV, foi possível notar as mesmas interrelações dos tecidos muscular e conjuntivo, presente nas PM dorsais, médias e ventrais.

Palavras-chave: Anatomia. Coração. Ventrículo. Miocárdio. Pontes de miocárdio.

ABSTRACT

SILVA, M. O. **Descriptive, stratigraphic and morphofunctional study of the Myocardium and Bridges over the Subsinoous Interventricular Branch (SlvB) in domestic pigs (*Sus scrofa domesticus* Linnaeus, 1758)**. 2023. 107 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

Myocardial Bridges (MB) are muscular fascicles that travel superficially and/or deeply through the vascular branches of the heart. Described as congenital morphological alterations, MB are treated as responsible for developing important hemodynamic disorders, or presented as normal structural findings. In order to understand under the anatomical-functional aspect the incidence of these projections, there is a need for a stratigraphic foundation of the layers that constitute the cardiac musculature, since MB arise from fibers that transpose the left and right coronary arteries; in the case of pigs, those that organize the Circunflex, Paraconal (PlvB) and Subsinoous (SlvB) Interventricular Branches. In this research, from 20 hearts of domestic pigs were evaluated (no defined race, sex and age), the presence, origin, orientation and insertion of the constituent layers of the myocardium, in their anatomical, stratigraphic and microscopic aspects, correlating them with the MB on the SlvB. 11 hearts were used for the macroscopic study: seven for dissection of the ventricular layers and four for red latex injections in the left and right coronary arteries. For the microscopic study, nine specimens were alused: seven for histological analyses and two for ultrastructural analyses by Scanning Electron Microscopy (SEM). In macroscopy, it was verified that the left ventricle is formed by the outer, middle, internal and septal cylindrical layers, and the right ventricle by the outer, middle and inner layers, and its septal wall is organized by the transverse septal band. The origin of the external, middle, internal layers and cylindrical septal layer is based on the four fibrous rings of the cardiac skeleton: the fibrous rings of the left and right atrioventricular ostios, aortic and pulmonary. With regard to the insertions of the muscular planes, the external, middle and internal layers of the left ventricle follow up to the interventricular septum, on the right side face; the cylindrical septal layer configures the left ventricle; the external, middle and internal layers of the right ventricle are directed to the interventricular septum, on the left side face. The identification of ventricular stratigraphy was achieved through the dissection technique, after fixation in 4% formaldehyde and subsequent

cooking, in solution with acetic acid, sodium chloride and water, of hearts; the occurrence of the four layers of the left ventricle, and the three layers of the right ventricle, together with the transverse septal band, were present in all dissected hearts. After dissection of the myocardial layers of the left and right ventricles, a didactic organ model was established to study ventricular stratigraphy by means of the freezing method in freezer at -25°C. Regarding their topography on SIvB, the MB were identified in dorsal, middle and ventral positions. In percentage terms, MB were present in 13 hearts (65%) studied both from the macroscopic and microscopic point of view; a total of 22 MB was found: three dorsal MB (13,65%), ten middle MB (45,45%) and nine ventral MB (40,9%). Under light microscopy it was observed that the presence of collagen fibers (histological staining of Picrosirius red and Gomori's trichrome) and elastic fibers (histological staining of Weigert) is variable according to the depth of the subpontin segment, and without relations with the connective tissue of myocardial bundles that are constituents of MB; and the absence of changes in the tunic intima of these vessels (histological staining of Hematoxylin-Eosin) in all topographies studied. In the ultrastructural analysis, by SEM, it was possible to notice the same interrelations of muscle and connective tissues, present in dormant, middle and venter MB.

Keywords: Anatomy. Heart. Ventricle. Myocardial. Myocardial bridges.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tubos endocardiais	27
Figura 2 – Disposição da musculatura ventricular	31
Figura 3 – Fibras musculares cardíacas e suas conexões	32
Figura 4 – Banda muscular cardíaca	33
Figura 5 – Feixes superficiais e profundos, e suas origens na base ventricular....	34
Figura 6 – Mecanismo de rotação e torção cardíaca	35
Figura 7 – Fibras superficiais e parietais dos ventrículos cardíacos	36
Figura 8 – Disposição das fibras e formação do septo interventricular.....	37
Figura 9 – Constituição dos ventrículos cardíacos pelas fibras musculares	39
Figura 10 – Camadas de fibras cardíacas no ventrículo esquerdo do cão.....	41
Figura 11 – A Disposição das camadas de miocárdio em cones	42
Figura 12 – Camadas subepicárdica, média e subendocárdica	44
Figura 13 – Camadas superficial, média e profunda do <i>Bos taurus</i>	45
Figura 14 – As alças e segmentos da banda miocárdica desenrolada	46
Figura 15 – Fibras constituintes dos ventrículos cardíacos.....	47
Figura 16 – Espirais de fibras e bandas musculares cardíacas	48
Figura 17 – Os segmentos miocárdicos de bovinos, suínos e humanos.....	49
Figura 18 – Análise microscópica da túnica íntima hígida.....	56
Figura 19 – Análises microscópicas dos espessamentos na túnica íntima	57
Figura 20 – Coração após as etapas de fixação e cocção	60
Figura 21 – Instrumentos de dissecação e suporte.....	61
Figura 22 – Método de dissecação das camadas do miocárdio.....	62
Figura 23 – Corações durante o método de congelamento	63
Figura 24 – Canulação das artérias coronárias esquerda e direita	64
Figura 25 – Coração após injeção de látex vermelho	65
Figura 26 – Representações topográficas das PM e pós-remoção das PM.....	66
Figura 27 – PM média e ventral coletadas individualmente	67
Figura 28 – Base cardíaca evidenciando as origens das camadas ventriculares .	70
Figura 29 – Os anéis fibrosos e a camada septal cilíndrica	71
Figura 30 – Camada externa do ventrículo esquerdo	72
Figura 31 – Camada média do ventrículo esquerdo.....	73
Figura 32 – Camada interna do ventrículo esquerdo	74

Figura 33 – Camada septal cilíndrica	75
Figura 34 – As camadas que constroem o VE	76
Figura 35 – Vórtex e ápice do coração.....	77
Figura 36 – Orientações das fibras miocárdicas do ventrículo esquerdo	77
Figura 37 – Camada externa do ventrículo direito.....	78
Figura 38 – Camada média do ventrículo direito.....	79
Figura 39 – Camada interna do ventrículo direito.....	80
Figura 40 – Banda septal transversa.....	81
Figura 41 – As camadas que constroem o VD e o septo interventricular	82
Figura 42 – Corações como modelo didático	83
Figura 43 – PM ventral sobre o RlvS	85
Figura 44 – PM em topografia dorsal e média nos corações injetados com látex.	85
Figura 45 – Trajetória do RlvS nos planos musculares.....	86
Figura 46 – Microscopia de luz.....	88
Figura 47 – Microscopia eletrônica de varredura	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise quantitativa da presença de Pontes de Miocárdio sobre o Ramo Interventricular Subsinoso nos estudos macro e microscópicos dos corações.....	84
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA – Arco Aórtico

BST – Banda Septal Transversa

CEVD – Camada Externa do Ventrículo Direito

CEVE – Camada Externa do Ventrículo Esquerdo

CIVD – Camada Interna do Ventrículo Direito

CIVE – Camada Interna do Ventrículo Esquerdo

CMVD – Camada Média do Ventrículo Direito

CMVE – Camada Média do Ventrículo Esquerdo

CSC – Camada Septal Cilíndrica

FMVZ/USP – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo

ICB/USP – Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

MEV – Microscopia Eletrônica de Varredura

ml – mililitros

mm – milímetros

PM – Pontes de Miocárdio

RivP – Ramo Interventricular Paraconal

RivS – Ramo Interventricular Subsinoso

TP – Tronco Pulmonar

VD – Ventrículo Direito

VE – Ventrículo Esquerdo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	24
2	REVISÃO DE LITERATURA	26
2.1	EMBRIOLOGIA DO CORAÇÃO – Plano de Desenvolvimento	26
2.2	VASCULARIZAÇÃO DO CORAÇÃO	29
2.3	MIOCÁRDIO – Estratifrafia, Morfologia e Relação Morfofuncional	30
2.4	PONTES DE MIOCÁRDIO – Estratifrafia, Morfometria e Topografia	50
2.4.1	Aspectos Clínicos e Funcionais	53
3	HIPÓTESE, OBJETIVO GERAL, ESPECÍFICO E JUSTIFICATIVA	58
3.1	OBJETIVO GERAL	58
3.2	OBJETIVO ESPECÍFICO	58
3.3	JUSTIFICATIVA	58
4	MATERIAL E MÉTODO	59
4.1	COLETA DOS CORAÇÕES, FIXAÇÃO E MÉTODO DE ESTUDO	59
4.2	MACROSCOPIA	59
4.2.1	COZÇÃO, DISSECÇÃO E CONGELAMENTO	59
4.2.1.1	Método de cocção	60
4.2.1.2	Método de dissecção das camadas do miocárdio	61
4.2.1.3	Método de congelamento	62
4.2.2	CANULAÇÃO, INJEÇÃO DE LÁTEX, FIXAÇÃO E DISSECÇÃO	63
4.2.2.1	Canulação das artérias coronárias	64
4.2.2.2	Injeção de látex e fixação	65
4.2.2.3	Dissecção	65
4.3	MICROSCOPIA	66
4.3.1	MICROSCOPIA DE LUZ	66
4.3.2	MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)	68
5	RESULTADOS	69
5.1	MACROSCOPIA	69
5.1.1	ANÉIS FIBROSOS – Origem das Camadas Ventriculares do Coração	69
5.1.2	ESTRATIGRAFIA DO VENTRÍCULO ESQUERDO	72
5.1.2.1	Camada Externa do Ventrículo Esquerdo (CEVE)	72
5.1.2.2	Camada Média do Ventrículo Esquerdo (CMVE)	73
5.1.2.3	Camada Interna do Ventrículo Esquerdo (CIVE)	74

5.1.2.4	Camada Septal Cilíndrica (CSC)	75
5.1.2.5	Vórtex e Ápice do Coração	76
5.1.3	ESTRATIGRAFIA DO VENTRÍCULO DIREITO	78
5.1.3.1	Camada Externa do Ventrículo Direito (CEVD)	78
5.1.3.2	Camada Média do Ventrículo Direito (CMVD)	79
5.1.3.3	Camada Interna do Ventrículo Direito (CIVD)	80
5.1.3.4	Banda Septal Transversa (BST)	81
5.1.4	MODELO DIDÁTICO PARA ENSINO	83
5.1.5	PM SOBRE O RIVS	84
5.2	MICROSCOPIA	87
6	DISCUSSÃO	90
7	CONCLUSÕES	95
	REFERÊNCIAS	96
	APÊNDICES	103

1 INTRODUÇÃO

Definidas como projeções de tecido muscular localizadas topograficamente acima dos Ramos Interventriculares, as Pontes de Miocárdio (PM) são encontradas em humanos e diversas espécies animais, como cães, ovelhas, coelhos e suínos. Situadas sobre os Ramos Interventriculares Anterior e Posterior em humanos, ou Paraconal e Subsinoso nos animais, as PM podem ser consideradas como uma variação anatômica congênita que pode ou não levar a sintomas de isquemia arterial coronariana (WANCAI & XUEZHONG, 1998; ISHIKAWA, 2011).

Com alterações na sua frequência, posição, extensão e espessura, essas estruturas frequentemente são relacionadas a diversas enfermidades cardiovasculares, como infarto agudo do miocárdio (TAUTH & SULLEBARGER, 1997; ARJOMAND et al, 2002), ruptura da parede ventricular, (TIO & EBELS, 2001), arritmias (FELD et al., 1991), e cardiomiopatia hipertrófica (DERMENGIU et al., 2010; CEAUSU et al., 2013).

Influenciadas pelo comprimento, espessura e topografia das PM, as doenças cardíacas coronarianas podem surgir através de dois mecanismos distintos. Um dos fatores é ocasionado pela compressão direta do vaso, resultando em atraso do relaxamento arterial, diminuição da reserva de fluxo e redução da perfusão sanguínea; o segundo é caracterizado pela aterosclerose coronariana, que promove a estenose vascular proximal à PM e determina a lesão do endotélio, em decorrência do distúrbio hemodinâmico anormal em curso retrógrado (ISHIKAWA, 2011).

Experimentalmente, o suíno é um modelo animal muito utilizado em estudos de cardiologia devido ao seu sistema cardiovascular exibir semelhanças com o da espécie humana, apesar de apresentar um número menor de vasos colaterais. Embora se tenha realizado o estudo do comportamento das suas artérias coronárias sob várias perspectivas (CRICK, 1998; SUZUKI, 2008; GÓMEZ & BALLESTEROS, 2015), pesquisas sobre as PM ainda são pouco exploradas (BOMBONATO, 1994; KOSIŃSKI et al., 2010; GÓMEZ & BALLESTEROS, 2015), mormente quando se visa relacioná-las com a topografia das camadas de miocárdio dos ventrículos.

Desta forma, utilizando-se o coração de animais da espécie *Sus scrofa domesticus* realizou-se neste estudo, uma análise descritiva, estratigráfica e morfofuncional das camadas musculares dos ventrículos esquerdo e direito, bem

como a relação com as PM por elas projetadas sobre o Ramo Interventricular Subsinoso (RIVS).

2 REVISÃO DE LITERATURA

O sistema cardiovascular é constituído pelo coração, vasos sanguíneos e linfáticos, bem como por componentes nervosos e órgãos de produção e degradação de células sanguíneas. Além do transporte dos fluidos corpóreos, esse sistema desempenha funções de transporte do excesso de metabólitos para os tecidos responsáveis pelo equilíbrio hidroeletrólítico, manutenção da temperatura corporal e também auxilia no combate aos agentes e substâncias patogênicas (DYCE, 2019; MASSARI & MIGLINO, 2019; LARSSON, 2020; KÖNIG, 2021).

2.1 EMBRIOLOGIA DO CORAÇÃO – Plano de Desenvolvimento

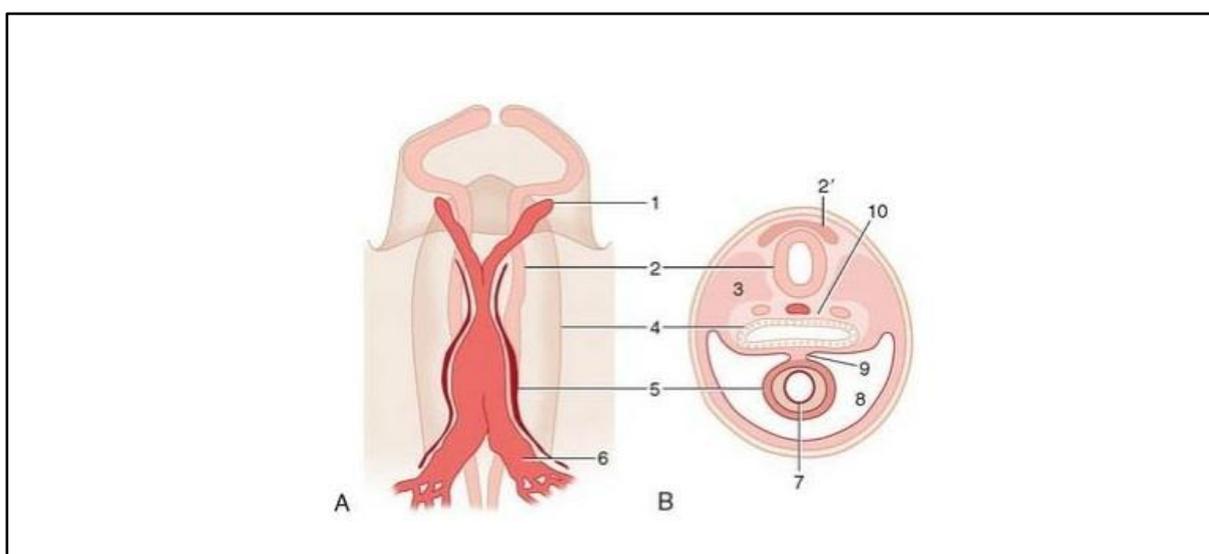
O período de embriogênese marca o surgimento de duas unidades que são formadas concomitantemente: os órgãos circulatórios e o tecido sanguíneo. Aglomerados de células mesenquimais da camada mais externa, organizadas na parede do saco vitelínico, se comprimem e se difundem morfofuncionalmente como um endotélio, demarcando regiões pelas quais os hemangioblastos irão preencher e flutuar em um plasma fluido. Os hemangioblastos, após a migração, vão estabelecer cavidades para a formação do sangue na região cranial do embrião; através do saco vitelino, eles se unirão em conjuntos, onde as células mais externas irão evoluir em angioblastos, enquanto as internas, junto às células endoteliais, se transformarão em células sanguíneas primitivas (VEJLSTED, 2010; DYCE, 2019; LARSSON, 2020).

Um sistema de vasos conectados surge entre si, e isso por decorrência das primeiras ilhotas de células sanguíneas iniciadas no mesoderma do alantocório presente no corpo do embrião; elas coalescem e originam o tubo endocárdio. Esse sistema é aumentado graças às ramificações desses canais; com isso, os vasos principais formam-se de maneira autônoma, e catalogam partes corpóreas e orgânicas do embrião (DYCE, 2019; MASSARI & MIGLINO, 2019).

Como esse sistema é ainda ineficaz, se faz necessário a presença de uma bomba propulsora, motivo pelo qual o coração se forma precocemente. O desenvolvimento prévio deste sistema ocorre, essencialmente, devido à necessidade de nutrição e oxigenação, bem como da remoção de gases (dióxido de carbono) e metabólitos do embrião, permitindo com que ele cresça em tamanho e complexidade (NICKEL, 1981; DYCE, 2019; MASSARI & MIGLINO, 2019; LARSSON, 2020).

O surgimento do coração é ocasionado pela caracterização de canais que estão centrados na área cardiogênica do mesoderma do embrião, em suas partes mais craniais, como citado anteriormente; a região celomática forma a cavidade pericárdica. O endocárdio, repleto de células endoteliais e, similarmente, o mesênquima embrionário, formam os mioblastos e também envolvem o tubo endocardíaco (**Figura 1**), dando origem ao miocárdio. Finalmente, através do mesoderma visceral da cavidade pericárdica, forma-se o epicárdio, concluindo-se assim, a organização do tubo endocárdico (DYCE, 2019; MASSARI & MIGLINO, 2019; LARSSON, 2020).

Figura 1 – Tubos endocardiais



Fonte: Dyce (2019).

Legenda: **A.** Vista ventral da parte cranial de um embrião de suíno de 15 dias de idade, após a fusão dos tubos endocardiais. **1.** Primeiro arco aórtico. **2.** Tubo neural. **4.** Intestino cranial. **5.** Parede epimiocárdica dos tubos endocardiais fusionados. **6.** Veia vitelina. **B.** Seção transversal do mesmo embrião. **2'.** Crista neural. **3.** Somito; **7.** Tubo endocardial. **8.** Cavidade pericárdica. **9.** Mesocárdio dorsal. **10.** Notocorda e aortas dorsais.

Durante a embriogênese, na altura do campo cardiogênico, estão presentes duas aortas dorsais e duas ventrais. Nessa região, conjuntos de angioblastos se reúnem bilateralmente a linha mediana do embrião. O processo de vasculogênese ocorre quando os angioblastos se desenvolvem em tubos carregados por células endoteliais – os demais vasos irão principiar-se por angiogênese e brotamento, a partir destes primeiros (NICKEL, 1981; HYTTEL, 2012).

As aortas ventrais por sua vez, serão providas pelas extremidades caudais dos tubos, e isto graças à movimentação cranial destes, devido ao dobramento

craniocaudal (cerca de 180°) realizado pelo embrião, fazendo com que o disco embrionário desloque o tubo endocárdico ventralmente, e também com que o coração se desenvolva e se posicione topograficamente. Um esqueleto primário do sistema arterial é formado pela conexão de arcos das aortas dorsais e ventrais; por outro lado, tubos coletores são organizados bilateralmente, e irão constituir a base do sistema venoso (VEJLSTED, 2010; HYTTEL, 2012).

A posição mais cranial do coração é continuada pelas aortas, e a mais caudal é continuada pelas veias. Neste momento o órgão cardíaco é apenas um tubo, que posteriormente irá sofrer expansão em diâmetro e a partir desta fase passará a bombear o sangue para as aortas dorsais, o qual retornará pela extremidade caudal via drenagem venosa (NICKEL, 1981; HYTTEL, 2012; LARSSON, 2020).

Em processo contínuo, o tubo cardíaco se rearranja em cinco elementos: tronco arterioso, bulbo cardíaco, ventrículo, átrio e seio venoso, que se unem entre si através de canais de diâmetro diminuto. Em seguida, o tubo cardíaco desenvolve uma alça e uma separação interna, processo que resultará na divisão do órgão em quatro cavidades, estabelecendo a circulação do sangue sistêmico e pulmonar de maneira distinta (VEJLSTED, 2010; LARSSON, 2020). Esse processo de divisão ocorre no estágio de 10 a 12 somitos do embrião (CHRIST & WILTING, 1992; MOORE, 2018).

A alça sofre uma conformação em S promovida pelo seio venoso e pelo átrio, que se segue dorsalmente ao ventrículo. O bulbo cardíaco, o ventrículo, e demais segmentos do tubo, formam trabéculas e futuramente irão constituir os ventrículos direito e esquerdo. A transição entre o bulbo cardíaco e o ventrículo é sinalizada externamente por meio de uma crista, enquanto que internamente essa sinalização é feita por uma prega que evolui na parte muscular do septo interventricular (CHRIST & WILTING, 1992; MOORE, 2018).

O momento que marca o surgimento das quatro câmaras está atrelado ao processo de septação. No antímero direito, durante a incorporação do seio venoso na câmara atrial, as veias pulmonares vão sendo parcialmente adicionadas ao lado esquerdo do átrio. O primeiro e segundo septos se formam e separam o átrio em dois, permanecendo um orifício entre as duas metades: o forame oval. Em seguida, tem início a formação de coxins endocárdicos, promovendo os canais atrioventriculares esquerdo e direito. Um novo septo, o aorticopulmonar, secciona o fluxo sanguíneo em dois caminhos distintos (VEJLSTED, 2010; MASSARI & MIGLINO, 2019).

Dois sistemas de valvas são adicionados ao coração. O primeiro, que compreende as valvas aórtica e pulmonar, se forma por meio de projeções da saída do tronco arterioso para a aorta ventral, que após a formação do septo aórticopulmonar, dará origem a três válvulas simples em cada uma das saídas da aorta (valva aórtica) e tronco pulmonar (valva pulmonar). O segundo sistema compreende as valvas atrioventriculares esquerda e direita, e se forma a partir das extremidades dos canais atrioventriculares; dessa parte dos canais dependuram as válvulas através de cordas musculares, que com o tempo são substituídas por tecido conjuntivo, resultando nas cordas tendíneas. A fixação na parede do miocárdio, por outro lado, segue como tecido muscular, e corresponde aos músculos papilares. Simultaneamente, ocorre o processo de formação neural, que resultará nas estruturas do complexo estimulante do coração (VEJLSTED, 2010; HYTTEL, 2012; DYCE, 2019, LARSSON, 2020).

2.2 VASCULARIZAÇÃO DO CORAÇÃO

A irrigação do órgão é proveniente das artérias coronárias, formadas a partir de dois dos três seios vasculares sobre a valva aórtica, na iminência da aorta. A artéria coronária esquerda que supre, em dimensão, a maior parte do coração, segue pelo sulco coronário entre a aurícula esquerda e o tronco pulmonar, ramificando-se imediatamente em ramo circunflexo da artéria coronária esquerda e, em seguida, Ramo Interventricular Paraconal (RlvP). Na base cardíaca, a artéria coronária direita, surge acima da válvula semilunar pulmonar, entre a aurícula direita e o tronco pulmonar; ramifica-se em artéria circunflexa coronária direita e continua caudalmente pelo coração, se distribuindo no Ramo Interventricular Subsinoso (RlvS) – esta, por sua vez, vasculariza o átrio direito e a margem ventricular direita (GETTY, 1986; DYCE, 2019; LARSSON, 2020; KÖNIG, 2021; DELGADO et al., 2023).

As artérias coronárias direita e esquerda dos caninos e suínos irão se distribuir de modo a adotarem trajetos para as regiões contíguas das paredes atriais e ventriculares sendo, portanto, variáveis em topografia e dimensão. (LARSSON, 2020; KÖNIG, 2021; DELGADO et al., 2023). A irrigação do septo interventricular é realizada por vasos de diâmetro considerável no antímero direito, enquanto que no antímero oposto, seu diâmetro é inferior. Anastomoses terminais elaboradas por algumas

ramificações dão origem ao plexo subendocárdico presente nos dois ventrículos cardíacos (FULTON, 1982).

Em termos de diâmetro vascular, as artérias vão se tornando cada vez mais diminutas, até que as arteríolas intramiocárdicas acompanhem lado a lado as fibras musculares. (TOMANEK, 2012).

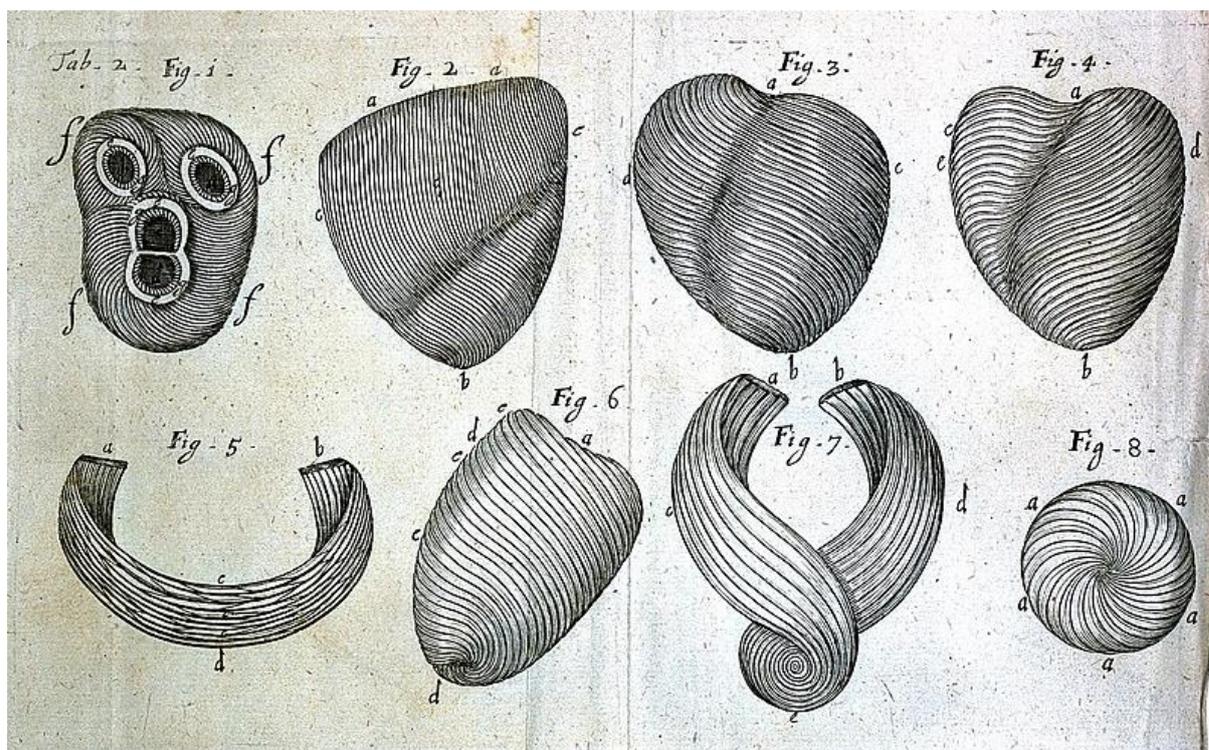
O retorno venoso é realizado principalmente via veia cardíaca magna, que segue paralelamente ao ramo circunflexo da artéria coronária esquerda até se abrir no átrio direito, através do seio coronário. A veia cardíaca média acompanha paralelamente o RlvS, e contribui no retorno vascular do órgão. Veias menores, denominadas de tebesianas, se abrem em forames venosos mínimos, diretamente nas quatro câmaras do coração, principalmente na parede dos átrios e em menor quantidade, na parede dos ventrículos. (RATAJCZYK-PAKALSKA, 1990; DYCE, 2019; LARSSON, 2020; KÖNIG, 2021).

2.3 MIOCÁRDIO – Estratigrafia, Morfologia e Relação Morfofuncional

Dentre os diversos trabalhos onde se propôs estabelecer a organização estratigráfica das camadas de miocárdio dos ventrículos do coração de humanos e animais, destacam-se em ordem cronológica as produções dos autores a seguir.

É no trabalho “Tractus De Corde” de Richard Lower publicado em 1669 sobre a estrutura do coração (FRANKLIN, 1931) que se observam as primeiras considerações da conformação do cone ventricular como uma banda contínua de fibras musculares começando e terminando nas junções atrioventriculares (ANDERSON et al., 2019) (**Figura 2**).

Figura 2 – Disposição da musculatura ventricular



Fonte: Lower (1669).

Legenda: Arranjo do miocárdio ventricular em bandas oblíquas, horizontais e helicoidal.

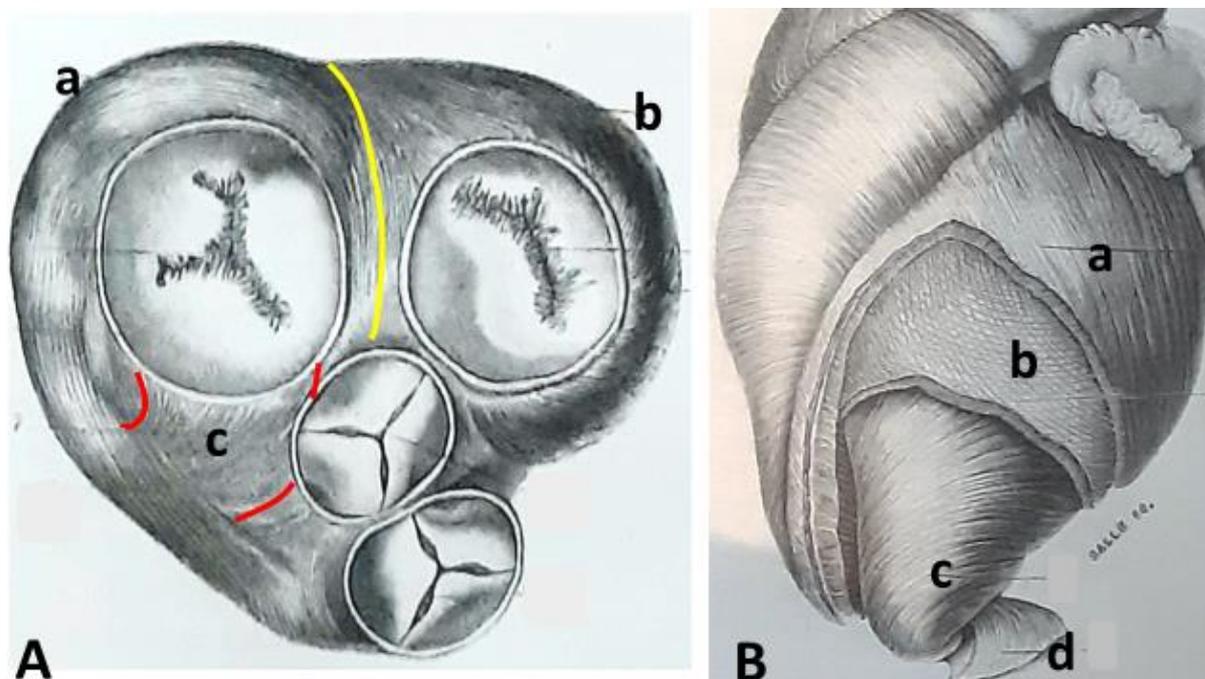
A disposição das fibras musculares cardíacas no coração humano foi dividida por SAPPEY (1888) em duas ordens.

As **fibras próprias dos ventrículos** constituem dois cones paralelos e aderidos entre si, que se originam nos óstios atrioventriculares, se estreitam em sua extremidade inferior e se distanciam próximo ao ápice (SAPPEY, 1888).

As **fibras unitivas**, também denominadas de fibras comuns aos ventrículos, constituem os quatro quintos dessas cavidades e se dividem em anteriores e posteriores. As *fibras unitivas anteriores* revestem toda a face esternal do coração, e as *fibras unitivas posteriores*, a face diafragmática. As primeiras partem quer da região da saída do tronco pulmonar ou da aorta, no sentido inferior e esquerdo, rumo ao

ápice do coração; as segundas, das regiões das valvas atrioventriculares no sentido inferior direito, em direção à margem cortante do coração (SAPPEY, 1888) (**Figura 3**).

Figura 3 – Fibras musculares cardíacas e suas conexões



Fonte: Sappey (1888).

Legenda: **A**. Vista basal dos ventrículos com as fibras musculares cardíacas se originando nas regiões atrioventriculares direita (**a**) e esquerda (**b**), e aórtica (**c**). **B**. Vista anterior dos ventrículos evidenciando as fibras unitivas superficiais (**a**), fibras próprias do ventrículo esquerdo (**b**). Notar as fibras próprias (**c**) e as fibras unitivas superficiais (**d**) contornando o ápice do coração para penetrarem no ventrículo esquerdo.

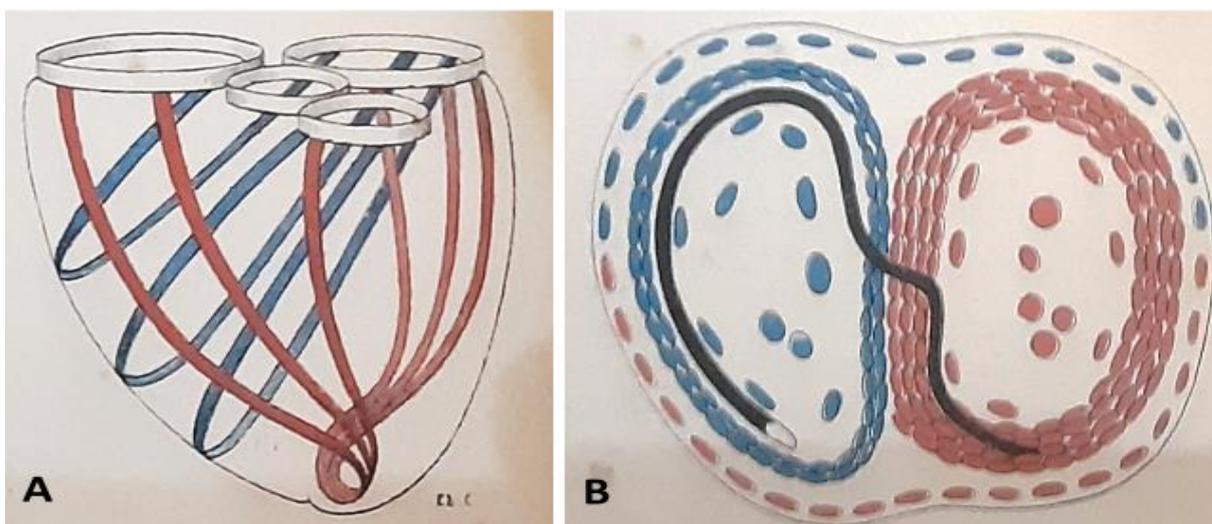
As fibras de miocárdio ventriculares foram classificadas por POIRIER et al. (1908) em dois grupos: as fibras próprias de cada ventrículo, e as fibras comuns aos dois ventrículos.

As **fibras próprias** formam alças que se fixam em suas extremidades nos ânulos fibrosos. Seus agrupamentos formam estruturas semelhantes a cones, que se tornam mais curtos à medida que se aprofundam nos ventrículos. A obliquidade dessas fibras se volta para a esquerda no ventrículo esquerdo, e para a direita, no ventrículo direito, e se acentua à medida que se aprofundam (POIRIER et al., 1908).

As **fibras comuns** envolvem e unem as precedentes, e constituem três classes de fibras. As *fibras unitivas anteriores*, que se originam na semicircunferência anterior das quatro zonas do esqueleto fibroso e se dirigem inferiormente para a esquerda convergindo para o ápice, onde se enrolam para formar o turbilhão, e em seguida penetrar na região anterior do ventrículo esquerdo. As *fibras unitivas posteriores* têm

sua origem na parte posterior dos ânulos fibrosos, assumem um trajeto inferior e para direita, e após se unirem com as anteriores se refletem em turbilhão. Em seguida penetram na face anterior do ventrículo esquerdo, onde algumas irão contribuir para formar os músculos papilares, e outras, as paredes ventriculares. As *fibras unitivas profundas* se originam no ânulo fibroso direito, e irão constituir a camada profunda da parede interna do ventrículo direito (POIRIER et al., 1908) (**Figura 4**).

Figura 4 – Banda muscular cardíaca

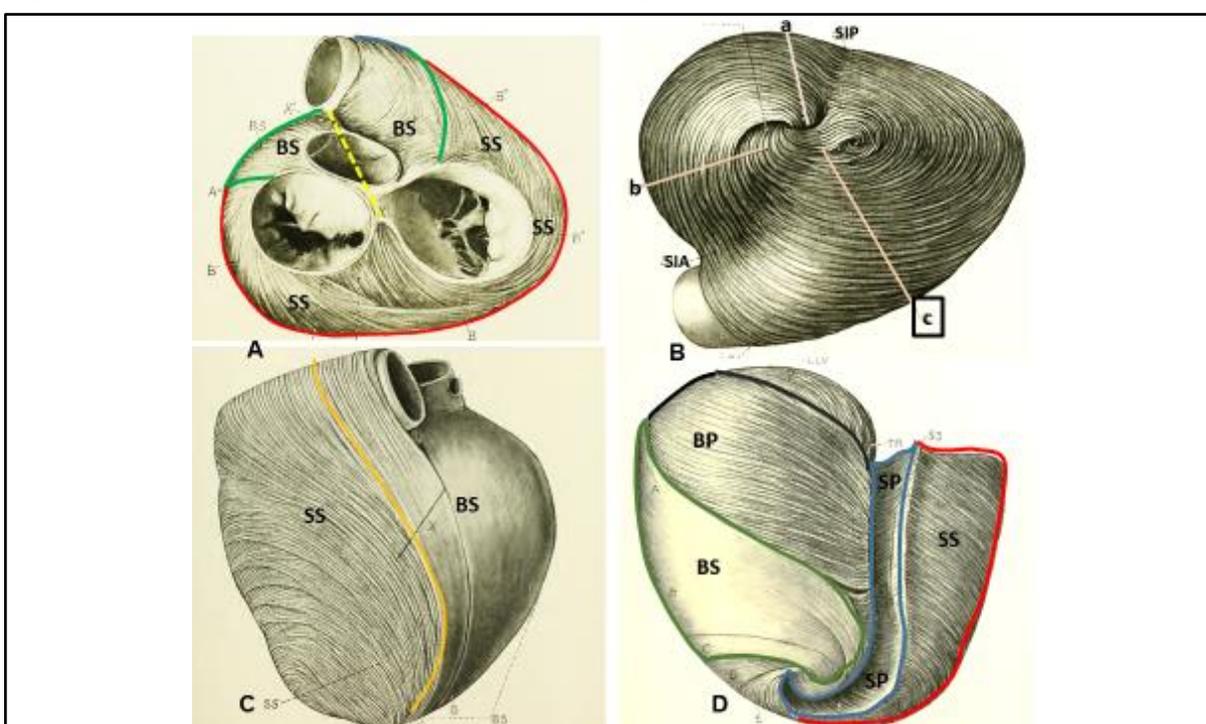


Fonte: Poirier et al. (1908).

Legenda: **A**. Fibras unitivas anteriores (vermelho) e posteriores (azul). **B**. Esquema de corte transversal dos ventrículos evidenciando as fibras unitivas superficiais e próprias dos ventrículos direito (azul) e esquerdo (vermelho). Em preto as fibras unitivas profundas.

A avaliação da origem, inserção e relações das camadas de miocárdio permitiu a MALL (1911) classificá-las nos **feixes bulbo-espirais** (superficial e profundo) e **sino-espirais** (superficial e profundo). As fibras de ambos feixes **superficiais** se originam a partir de estruturas tendíneas do esqueleto fibroso do coração e convergem em direção ao ápice, a fim de constituir o vórtex do ventrículo esquerdo. Os feixes **bulbo-espirais** margeiam o corno posterior do vórtex e seguem para o septo interventricular, enquanto que os feixes **sino-espirais** descendem pela face anterior do coração, para adentrar nos músculos papilares do ventrículo esquerdo e originar o corno anterior do vórtex (MALL, 1911) (**Figura 5**).

Figura 5 – Feixes superficiais e profundos, e suas origens na base ventricular



Fonte: Mall (1911).

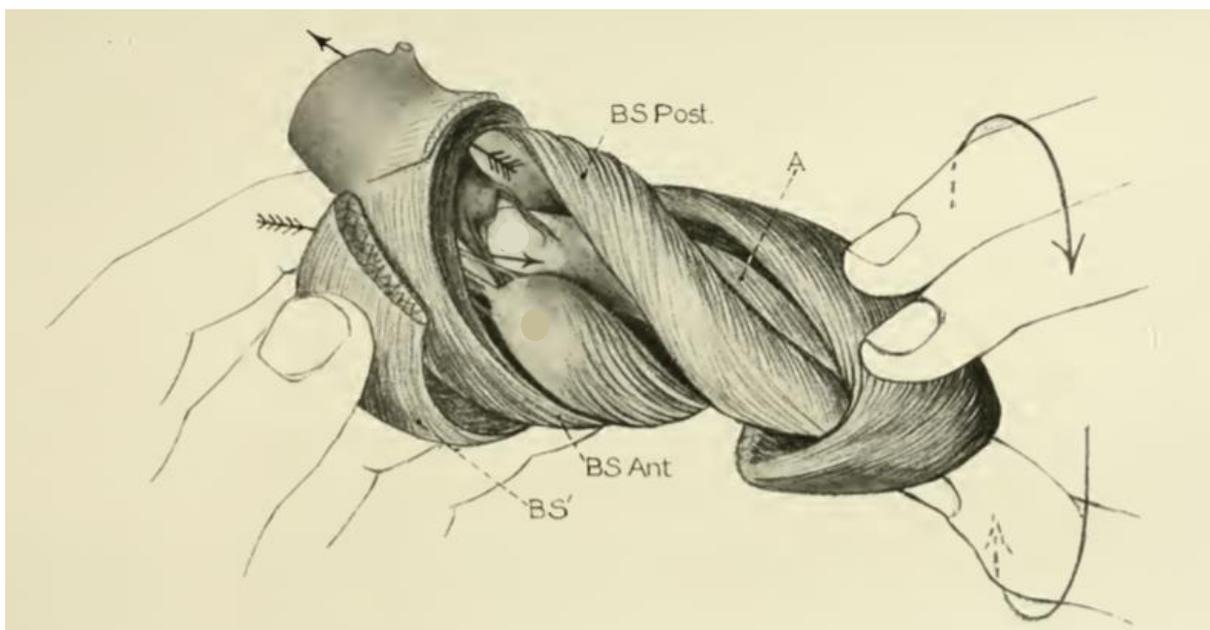
Legenda: **A**. Vista basal dos ventrículos evidenciando a origem dos feixes Bulbo-espiral (**BS**) e Sino-espiral (**SS**) superficiais. **B**. Ápice do coração e os cornos posterior (**a**), anterior (**b**) e do vórtex (**c**). **C**. Face anterior do coração onde se nota os limites entre os feixes **BS** e **SS** superficiais. **D**. Vista posterior do coração e a situação dos feixes Bulbo-espirais superficial (**BS**) e profundo (**BF**), e Sino-espirais superficial (**SS**) e profundo (**SP**). **SIP** – Sulco Interventricular Posterior; **SIA** – Sulco Interventricular Anterior.

Os feixes, que assumem cursos que abrangem tanto a região externa quanto interna, exibem direções de aparência helicoidal, ou seja, a ascendência externa de um feixe segue até que ele termine exatamente no caminho antagônico. Desta forma, as fibras **bulbo-espirais** partem externamente no septo aórtico, rumam pela face anterior do coração, e se inserem na região interna, posteriormente à aorta. As fibras

sino-espirais, similarmente, se originam externamente na face posterior do coração, e se inserem amplamente na região interna da face anterior do órgão (MALL, 1911).

Essa configuração demonstra que a disposição, em origem, direção e sentido, arquiteteta os feixes internos que constroem os ventrículos cardíacos. Nesta ocasião, a forma está interligada diretamente a função (**Figura 6**), no que diz respeito ao mecanismo de contração do miocárdio (MALL, 1911).

Figura 6 – Mecanismo de rotação e torção cardíaca



Fonte: Mall (1911).

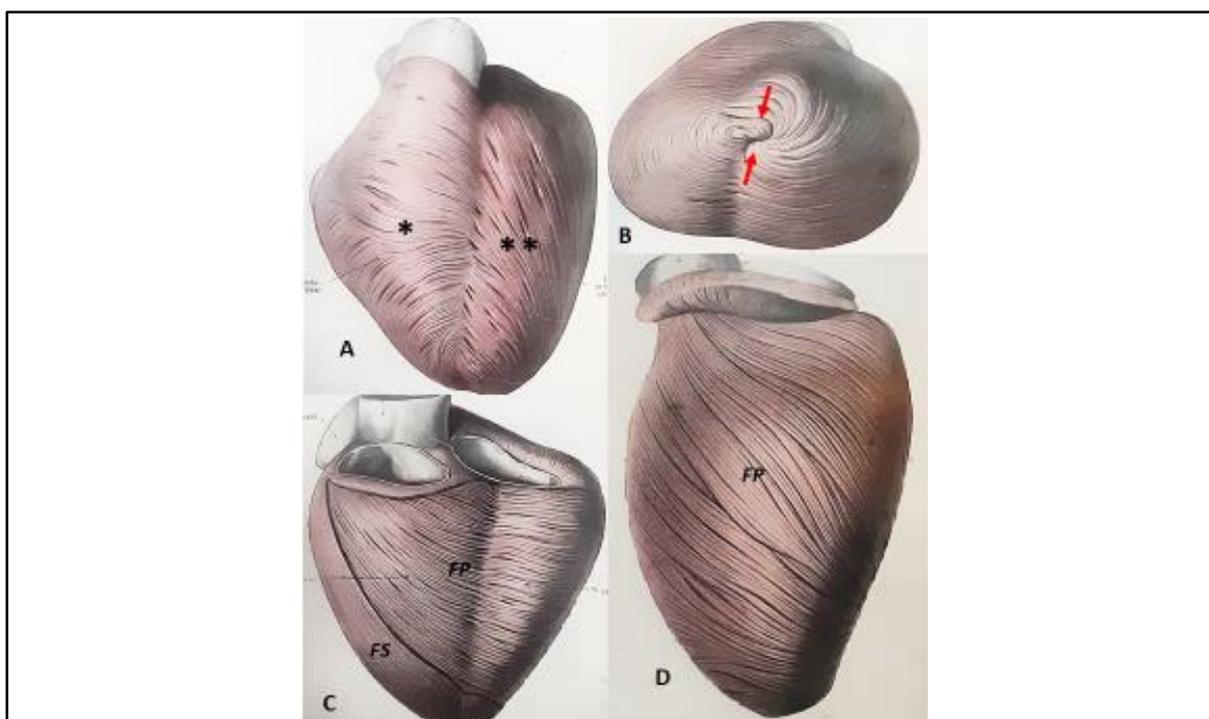
Legenda: Ilustração de duas mãos simulando o mecanismo de rotação e torção (setas) dos feixes musculares internos dos ventrículos cardíacos. As flechas indicam a direção do curso sanguíneo pelo ventrículo durante a torção ventricular. **BS'** – feixe bulbo-espiral; **BS Ant** – feixe bulbo-espiral anterior; **BS Post** – feixe bulbo-espiral posterior.

A estrutura da musculatura cardíaca foi descrita por TANDLER (1929) como constituída por dois grupos de fibras. As **fibras superficiais** se subdividem em dois contingentes. O **posterior** tem origem nos ânulos direito e esquerdo na face posterior do coração e se dirige em trajeto oblíquo rumo ao ápice, para formar o *polo anterior do turbilhão*. O contingente **anterior**, que se origina na face anterior do ânulo fibroso esquerdo e trígono esquerdo e direito após trajeto oblíquo inferiormente para a esquerda, contorna a margem cardíaca para constituir o *polo posterior do turbilhão*.

As **fibras parietais** são profundas, e constituem os ventrículos direito e esquerdo. No *ventrículo direito* elas se originam na margem posterior do ânulo esquerdo, no trígono direito, e no ânulo direito. Após rodearem o óstio atrioventricular direito, essas fibras se estendem para as trabéculas cárneas e para o septo

interventricular. As fibras do *ventrículo esquerdo* têm a sua origem na margem anterior do ânulo esquerdo, no triângulo esquerdo e na margem anterior do ânulo direito. A maioria tem trajeto vertical inferior, e após se curvarem, rumam para a face posterior do ventrículo, atingindo o septo interventricular (**Figura 7**). Em ambos os ventrículos são encontradas mais profundamente as **fibras interventriculares**, aparentemente funcionais (TANDLER, 1929).

Figura 7 – Fibras superficiais e parietais dos ventrículos cardíacos

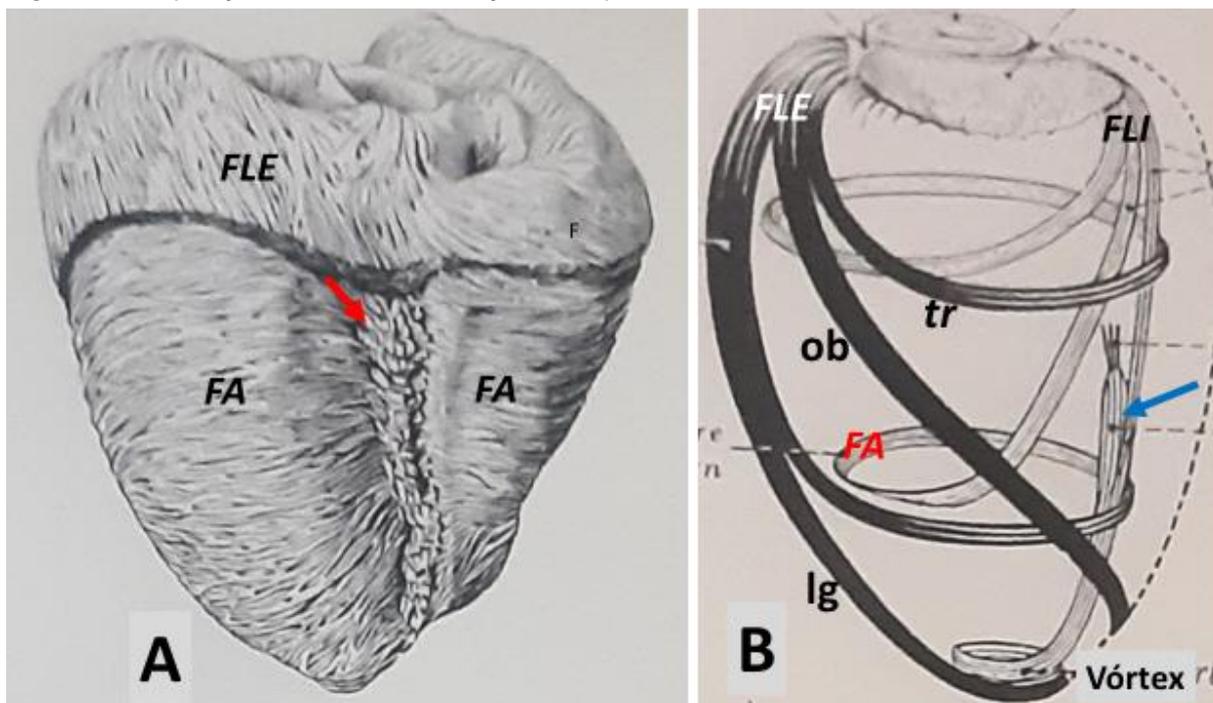


Fonte: Tandler (1929).

Legenda: **A**. Vista anterior das fibras superficiais dos ventrículos direito (*) e esquerdo (**). **B**. Ápice cardíaco e os polos anterior e posterior do turbilhão (setas). **C**. Fibras superficiais (**FS**) e parietais (**FP**) da face anterior do coração. **D**. Fibras parietais do ventrículo direito.

A anatomia funcional do miocárdio dos ventrículos do coração humano foi inicialmente descrita por BENNINGHOFF (1933), que as classificou em dois grupos: as **fibras longitudinais externas e internas**, e as **fibras anulares** (**Figura 8**). As *fibras longitudinais externas* se originam na margem esquerda do anulo da valva mitral, revestem as superfícies ventriculares, e particularmente no ventrículo esquerdo constituem contingentes longitudinais, oblíquos e transversais que se aprofundam, respectivamente, no vórtex, na parte média e próximo à região basal, indo constituir as *fibras anulares*. Estas, se continuam como *fibras longitudinais internas* próximas ao septo, e se inserem na margem direita do ânulo da valva mitral. As fibras longitudinais internas são responsáveis por formar as trabéculas cárneas e os músculos papilares.

Figura 8 – Disposição das fibras e formação do septo interventricular



Fonte: Benninghoff (1933).

Legenda: **A.** Vista posterior dos ventrículos destacando-se as fibras longitudinais externas (**FLE**) e anulares (**FA**). A seta indica a situação das fibras longitudinais internas (**FLI**) que participam da formação do septo interventricular. **B.** Os contingentes longitudinais (**lg**), oblíquo (**ob**) e transversal (**tr**) das FLE e suas relações com as FA e FLI. A seta indica o músculo papilar.

Para TESTUT & LATARJET (1954) as câmaras ventriculares estão constituídas por três grupos de fibras musculares.

As **fibras em turbilhão** se subdividem nos contingentes anterior e posterior. As *fibras anteriores* se originam no ânulo e trígono esquerdos, no tendão do cone

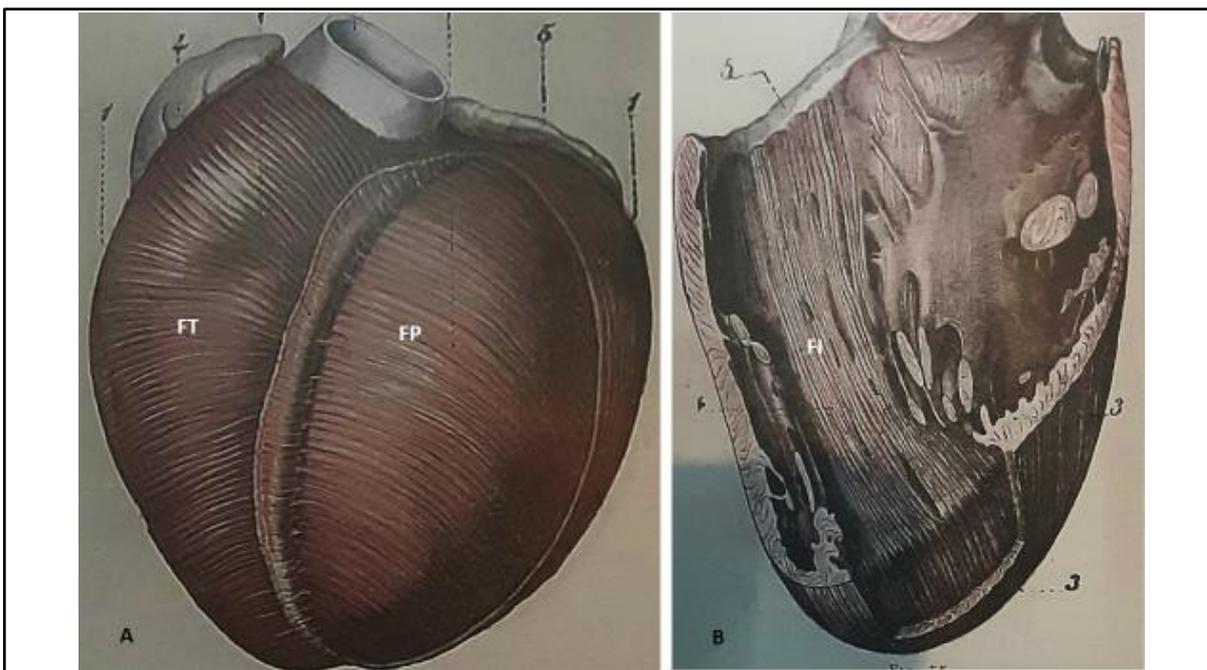
pulmonar, e na margem anterior do ânulo e trígono direitos, e se inserem na margem esquerda do coração; as *fibras posteriores* têm sua origem no sulco coronário circunflexo e assumem um trajeto oblíquo até atingirem a margem direita do coração. Os dois contingentes se unem para formar o corno anterior do turbilhão, no ápice do ventrículo esquerdo (TESTUT & LATARJET, 1954).

As **fibras parietais** do *ventrículo esquerdo* se iniciam na margem do ânulo esquerdo, no trígono esquerdo e na margem esquerda do ânulo direito, e percorrem em trajeto descendente pela face anterior do ventrículo esquerdo. Após atingir o sulco interventricular posterior, parte dessas fibras penetra no septo interventricular e atinge o músculo papilar inferior; a outra parte assume um curso espiral pela face interna de ambos ventrículos, dirige-se mais profundamente para a margem esquerda do coração até terminar no músculo papilar posterior (TESTUT & LATARJET, 1954).

As fibras parietais do *ventrículo direito* possuem origem posterior nos dois ânulos fibrosos e assumem trajetória oblíqua e inferior pela parede do ventrículo direito. Em seguida, as fibras invertem o seu sentido em angulações de 90° a 180° e se aprofundam no ventrículo direito, onde uma parte contribui para formar as trabéculas cárneas e os músculos papilares; a outra parte segue até o sulco interventricular anterior, e penetra no plano anterior do septo interventricular, construindo sua camada superficial (TESTUT & LATARJET, 1954).

As **fibras interventriculares** se originam da margem inferoposterior do septo membranáceo e se continuam verticalmente pela face direita do septo interventricular até atingirem o ápice cardíaco. Junto às fibras parietais do ventrículo esquerdo, elas alcançam os músculos papilares (TESTUT & LATARJET, 1954) (**Figura 9**).

Figura 9 – Constituição dos ventrículos cardíacos pelas fibras musculares



Fonte: Testut & Latarjet (1954).

Legenda: **A.** Vista da face anterior onde se observam as fibras em turbilhão (**FT**) e parietais (**FP**). **B.** Face direita do septo interventricular destacando-se as fibras interventriculares (**FI**).

A divisão do miocárdio ventricular nos *fascículos epicárdico, médio e endocárdico* foi proposta por LEV & SIMKINS (1956), uma nomenclatura relacionada à estratigrafia do coração.

Relativamente ao **fascículo ventricular epicárdico** o mesmo caracterizou-se por apresentar três grupos de fibras. As *fibras do grupo A* se originam posteriormente no óstio do tronco pulmonar, na margem esquerda do óstio aórtico, e na margem anterior do óstio atrioventricular esquerdo. Essas fibras seguem em espiral na face anterior do ventrículo esquerdo rumo ao ápice do coração, terminam por penetrar nessa região e constituir a musculatura interna dessa cavidade. As *fibras do grupo B* saem posteriormente do ânulo atrioventricular esquerdo em direção ao ápice, quando ao atravessarem o sulco interventricular posterior adentram no septo. As *fibras do grupo C* possuem sua origem principalmente entre os ânulos atrioventriculares, e vão anteriormente constituir grande parte das paredes ventriculares. Ao atingirem o sulco

interventricular anterior, parte dessas fibras submergem no septo interventricular; as demais fibras alteram a sua orientação depois de percorrerem a parede do ventrículo esquerdo, construindo o espiral superior dessa cavidade (LEV & SIMKINS, 1956).

O **fascículo ventricular médio** que não é bem evidenciado no ventrículo direito é desenvolvido no ventrículo esquerdo, onde se apresenta como uma estrutura com faces superior, inferior e septal. O **fascículo ventricular endocárdico** tem uma forma cilíndrica, e se encontra oculto inferiormente devido à sobreposição do **fascículo ventricular médio**, na adjacência do ápice. Suas fibras seguem em cursos angulares de 90° junto as fibras do **fascículo ventricular epicárdico**, até uma determinada extensão (LEV & SIMKINS, 1956).

Uma representação em camadas e bandas musculares foi proposta por THOMAS (1957). De acordo com a topografia e trajetória dessas estruturas, descreveu as camadas externa, média, interna cilíndrica e interna direita. Considerou que cada uma das camadas era constituída por bandas musculares, sendo a **camada externa** formada pela *banda muscular externa*; a **média**, pelas *bandas septal direita, interventricular e intraventricular*; a **interna cilíndrica** pelas *bandas cilíndrica e interna esquerda* e a **interna direita**, pela *banda interna direita*.

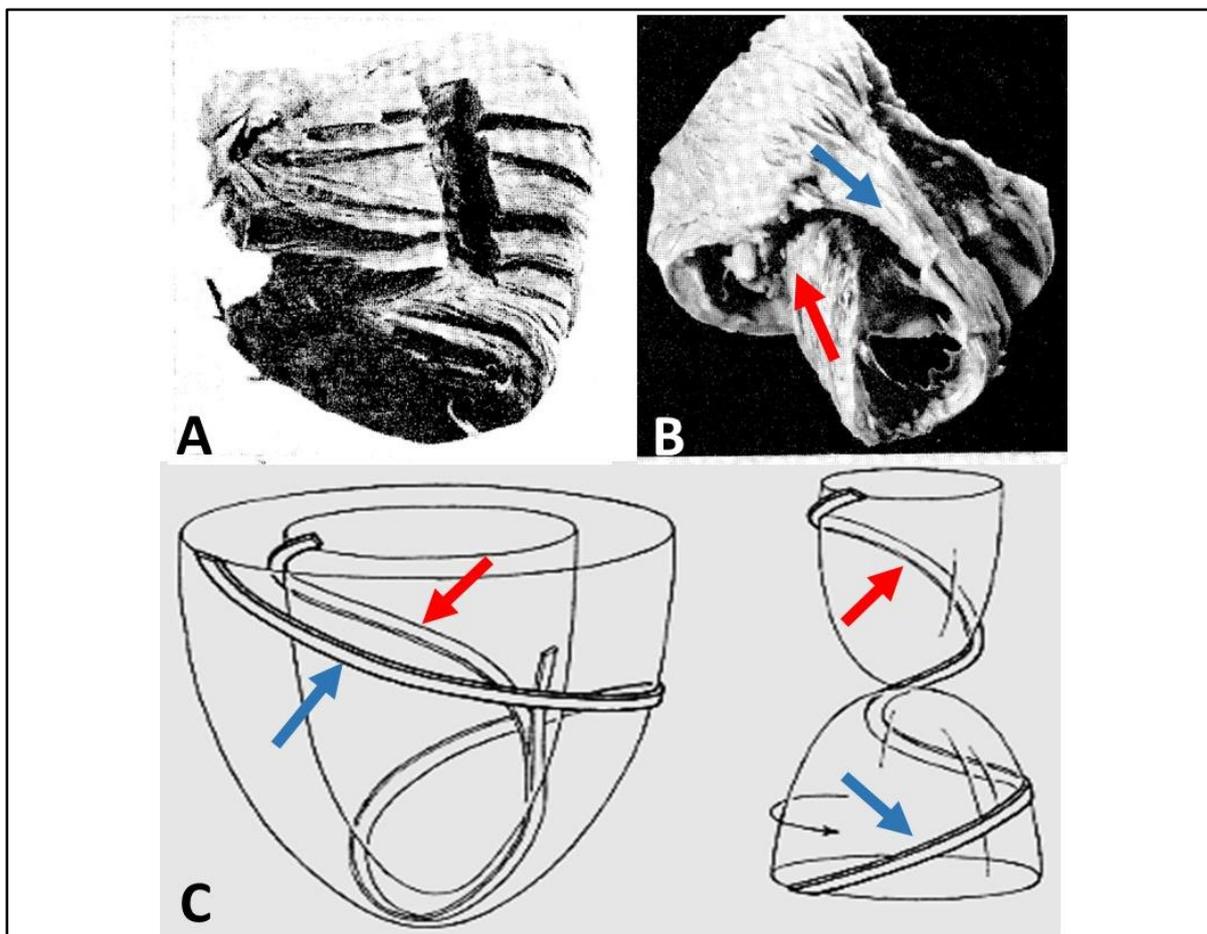
A *banda muscular externa* é a responsável pelo revestimento periférico dos ventrículos, e identificada pela orientação descendente das fibras que vão em direção ao vórtex do ápice cardíaco. As *bandas septal direita e interventricular* fusionam-se nos ventrículos, e a *banda intraventricular* contorna em um plano profundo o antímero esquerdo do ventrículo esquerdo, unindo as bandas precedentes. As *bandas cilíndrica e interna esquerda* constituem as paredes profundas do ventrículo esquerdo, e a *banda interna direita*, as do ventrículo direito (THOMAS, 1957).

A disposição da musculatura do ventrículo esquerdo de corações de cães estudada por GRANT (1965) permitiu verificar diferentes camadas de populações de **fibras superficiais** relativamente pequenas, a maioria dispostas horizontalmente, e poucas com disposição helicoidal. As populações de **fibras internas** assumem um aspecto helicoidal a partir do ápice e se invaginam para seguir em trajeto helicoidal ao longo do septo interventricular, e em seguida retornar à base do coração, conforme descrito por Lower (1669) e Mall (1911).

Esquemáticamente e de maneira geral, as populações de fibras das camadas epicárdicas seguem um caminho de aproximadamente 360° no sentido horário da base ao ápice, e as das camadas internas outro caminho no sentido horário de

aproximadamente 360° , do ápice para a base. Em uma eversão topológica longitudinal, demonstraram a continuidade das fibras entre as duas vias helicoidais (GRANT, 1965) (**Figura 10**).

Figura 10 – Camadas de fibras cardíacas no ventrículo esquerdo de cão



Fonte: Grant (1965).

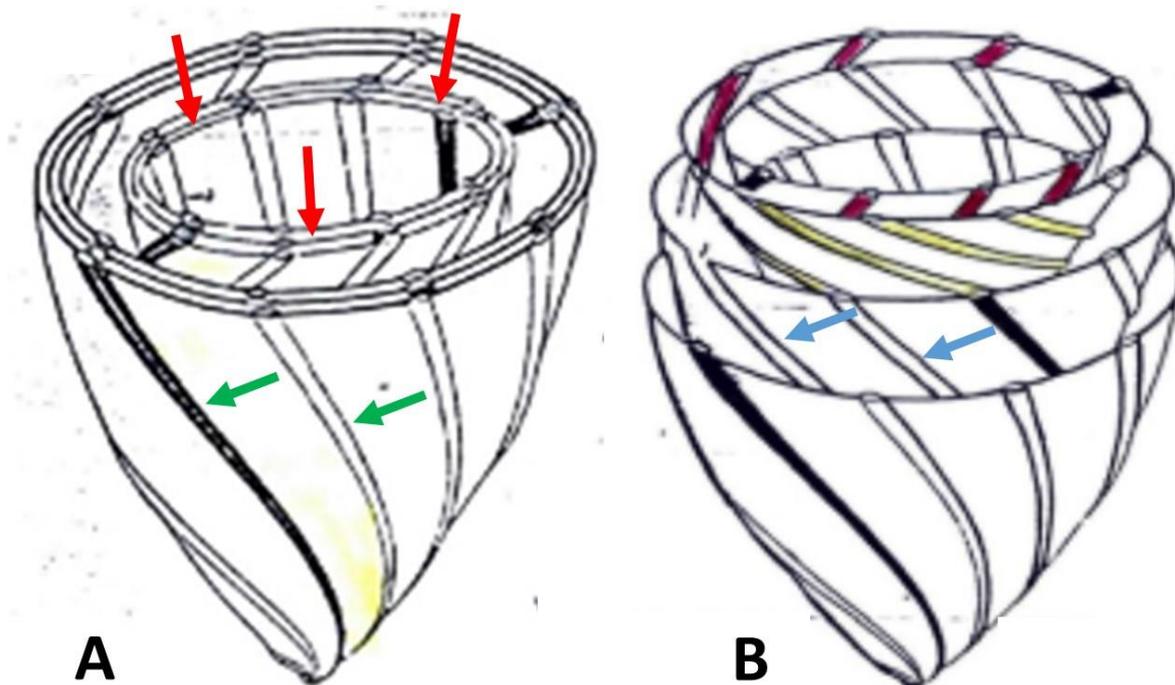
Legenda: **A.** Populações de fibras superficiais, a maioria em direção horizontal. **B.** Trajeto das fibras superficiais (seta azul) em direção ao ápice, e das fibras internas (seta vermelha) em direção à base. **C.** Esquema onde se verifica, à esquerda, a sobreposição das fibras externas (seta azul) e internas (seta vermelha), e à direita, a eversão topológica dos dois contingentes de fibras.

Em seu trabalho de 1969, OLIVEROS et al. estabeleceram um modelo espacial de duplo cone para o ventrículo esquerdo. Nesse modelo, as fibras mais externas da camada de miocárdio seguem em trajetória helicoidal na direção do ápice cardíaco, fixam-se na parede ventricular, e retornam também em trajetória helicoidal para a base do coração, onde se inserem no ânulo atrioventricular esquerdo. As fibras de miocárdio formariam as *partes descendentes* quando no sentido do ápice cardíaco, e as *ascendentes*, quando no sentido ao ânulo fibroso atrioventricular, constituindo assim, duas camadas musculares que se assemelham a um duplo cone. Desta forma,

as fibras em trajetória descendente formariam a **camada externa** e as fibras de direção ascendente, a **camada interna**. Considerando-se o ânulo fibroso atrioventricular o local de origem das fibras descendentes, ele coincidiria também como o ponto de inserção das fibras ascendentes, ambas constituindo o mesmo plano de origem e inserção das camadas que formam o duplo cone. Em termos funcionais, consideraram as fibras descendentes e as fibras ascendentes do duplo cone respectivamente como a fração de fibra ativa durante a sístole, e a fração de fibra ativa durante a diástole.

Imediatamente interna ao duplo cone, uma camada mais interna da parede do miocárdio se apresenta com fibras em sentido descendente, porém, com angulação mais próxima ao do plano do ânulo fibroso. Além disso, as fibras dessa camada não alcançam o ápice do coração, tornando-se ascendente quando atingem metade da espessura da parede do miocárdio (OLIVEROS et al., 1969) (**Figura 11**).

Figura 11 – A disposição das camadas de miocárdio em cones



Fonte: Oliveros et al. (1969).

Legenda: **A**. Fibras do cone externo, de direção descendente (setas verdes), e a camada interna (setas vermelhas). **B**. Destaque para as fibras do cone interno, com fibras de direção ascendente (setas azuis), e as fibras externas (amarelas) e internas (vermelhas) da camada interna.

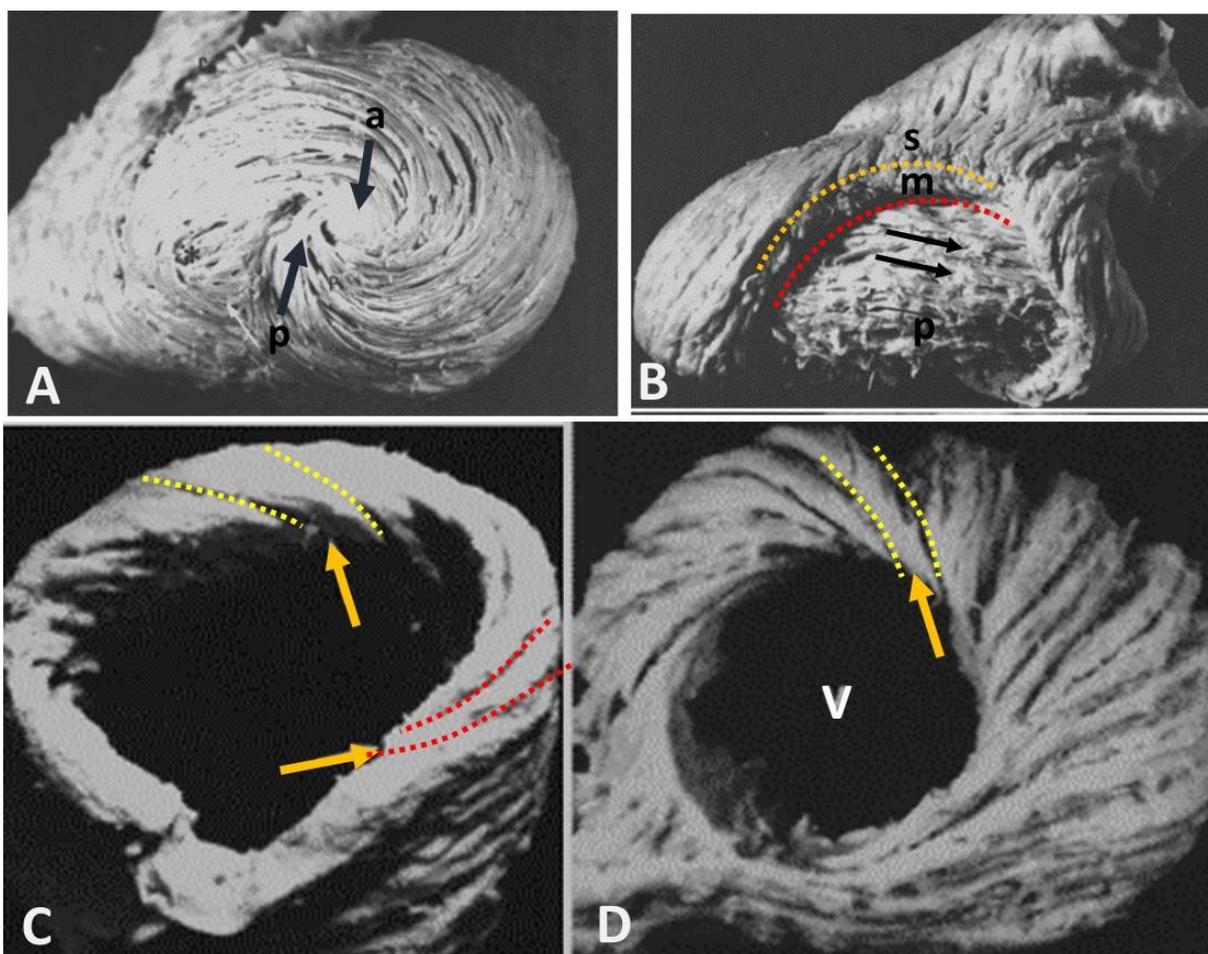
A anatomia macroscópica e microscópica do arranjo das fibras de miocárdio ventriculares foi estudada por FERNANDEZ-TERAN & HURLE (1982) em corações humanos, com especial atenção na forma de inserção dessas fibras, e na existência ou não de sistemas independentes de fibras para cada ventrículo. Os autores identificaram três camadas de miocárdio, as quais denominaram de **subepicárdica** (superficial), **média** e **subendocárdica** (profunda).

As fibras da *camada subepicárdica* revestem os dois ventrículos, e são mais transversais no ventrículo direito, e ao atingirem o ápice cardíaco elas se invaginam no vórtex para constituir a camada subendocárdica do ventrículo esquerdo. Essa invaginação apresenta dois cornos, sendo o anterior formado pelas fibras que se originam da parte posterior das fibras superficiais, e o posterior constituído pelas fibras originadas a partir da parte anterior das fibras superficiais (FERNANDEZ-TERAN & HURLE, 1982).

A fibras da proeminente *camada média* estão arranjadas preferencialmente no sentido transversal, e formam um cilindro muscular com duas aberturas. Na abertura basal, que circunda a região aortomitral, as fibras musculares mais superficiais deixam de se inserir no ânulo fibroso para assumir um trajeto oblíquo à semelhança de um vórtex, e constituírem a parte mais profunda da camada média. A abertura apical circunda o vórtex cardíaco, e as suas fibras superficiais se dirigem obliquamente também como um vórtex, para atingir a parte mais profunda da camada média (FERNANDEZ-TERAN & HURLE, 1982).

Na *camada subendocárdica* do ventrículo esquerdo as fibras provenientes do vórtex cardíaco apresentam um trajeto longitudinal ascendente desde o ápice até a base, e constituem o corpo dos músculos papilares e a parte mais profunda dessa camada (FERNANDEZ-TERAN & HURLE, 1982) (**Figura 12**).

Figura 12 – Camadas subepicárdica, média e subendocárdica



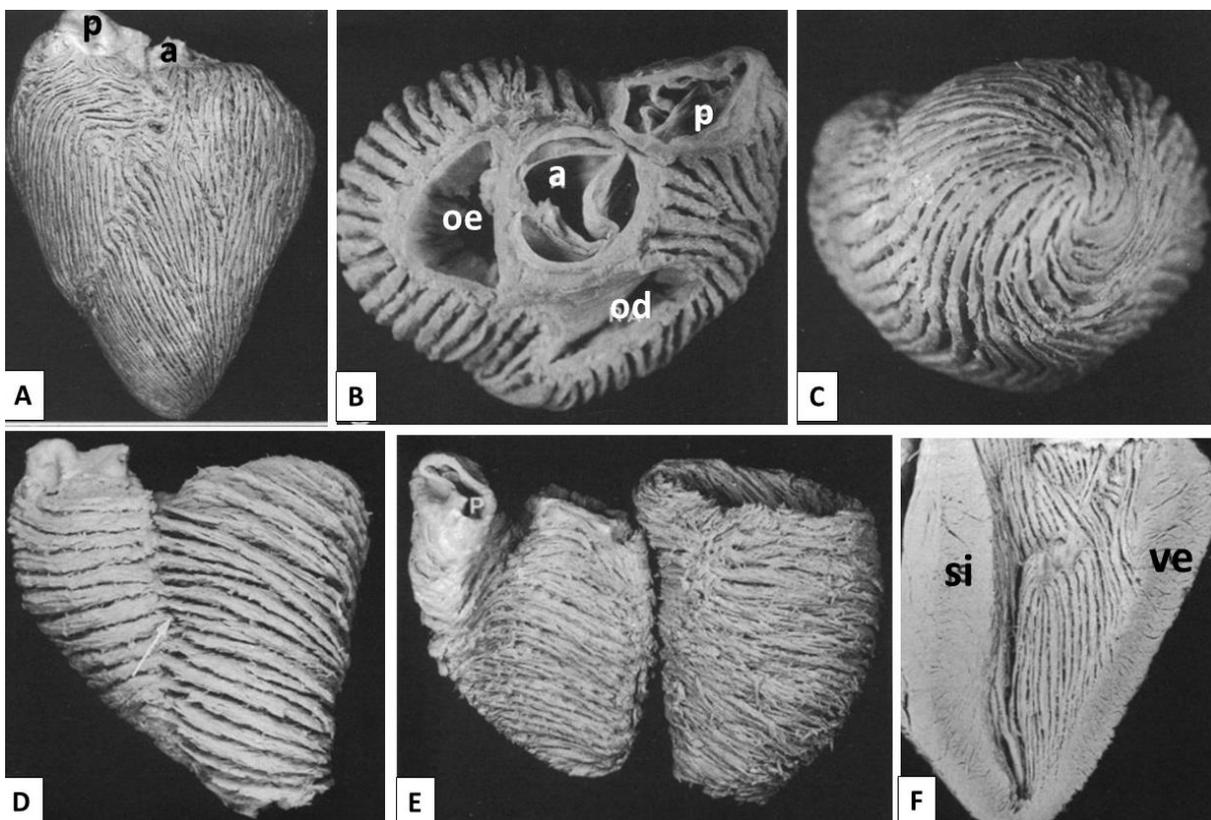
Fonte: Fernandez-Teran & Hurle (1982).

Legenda: **A**. Vista do ápice do coração demonstrando as fibras da camada subepicárdica constituindo os cornos anterior (**a**) e posterior (**p**) do vórtex cardíaco. **B**. Vista lateral do ventrículo esquerdo com remoção parcial das camadas subepicárdica (**s**) e média (**m**), a fim de se evidenciar a direção longitudinal das fibras cardíacas (setas) da camada subendocárdica (**p**). **C** e **D**. Fibras oblíquas “em vórtex” (setas) ao redor das aberturas basal (**C**) e apical (**D**) da camada média. Notar que a abertura apical ocorre com a retirada do vórtex cardíaco (**V**).

O arranjo espacial do miocárdio do coração de boi (*Bos taurus*) foi descrito por SANCHES-QUINTANA et al. (1994), que identificaram três camadas musculares em ambos os ventrículos. Notaram que os fascículos musculares estavam dispostos no sentido longitudinal nas camadas **superficial** e **profunda**, e transversalmente na camada **média**, considerada a principal responsável pela arquitetura do órgão. Os

autores concluíram que a inserção das camadas ao nível dos anéis fibrosos é sugestiva do envolvimento ativo dos seus fascículos na dinâmica valvular (**Figura 13**).

Figura 13 – Camadas superficial, média e profunda do *Bos taurus*



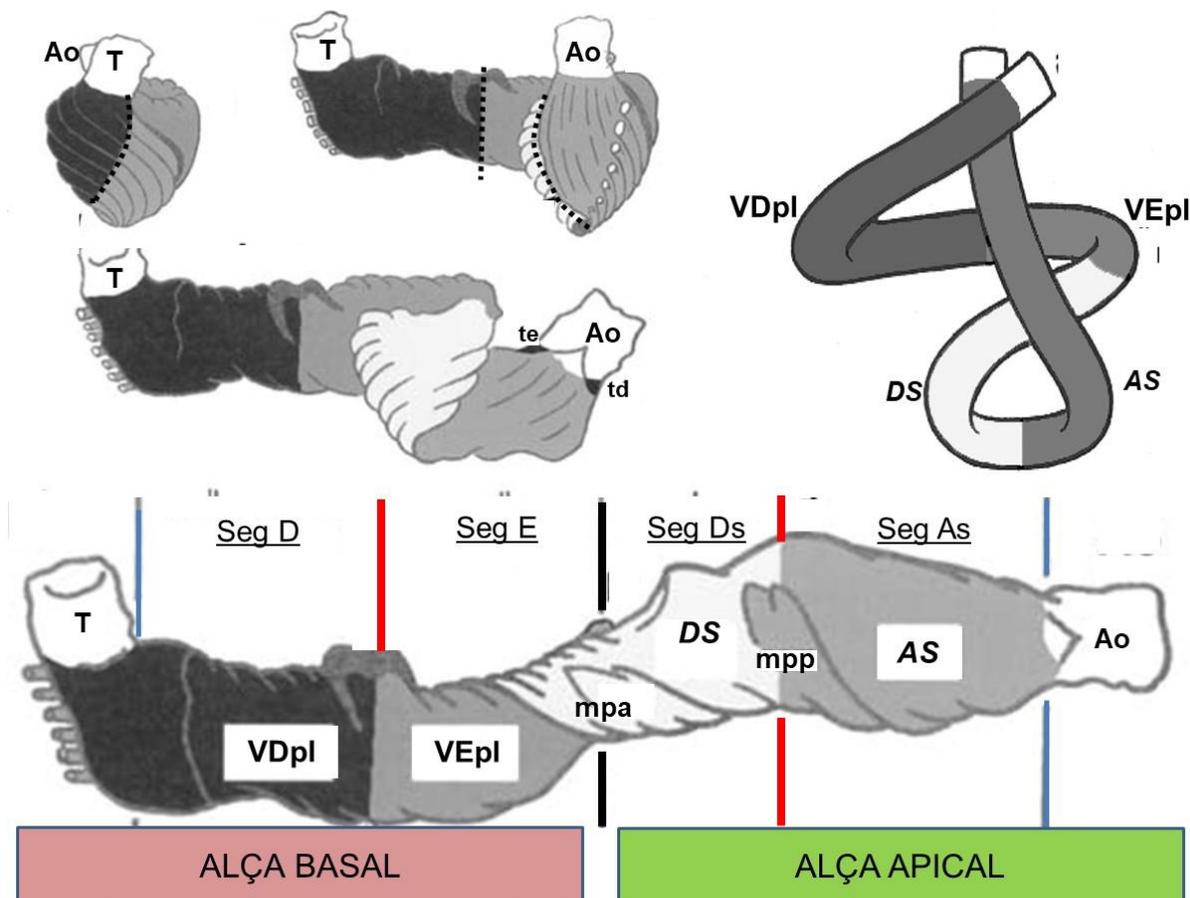
Fonte: Sanches-Quintana et al. (1994).

Legenda: **A.** Fascículo superficial na face anterior. **B.** Inserção das fibras do fascículo médio no esqueleto fibroso. **C.** Vórtice. **D.** Fascículo médio na face posterior. **E.** Vista septal do fascículo médio dos ventrículos. **F.** Fascículo profundo do ventrículo esquerdo (**a** – Aorta; **p** – Tronco pulmonar; **od** – Óstio atrioventricular direito; **oe** – Óstio atrioventricular esquerdo; **si** – Septo interventricular; **ve** – Parede do ventrículo esquerdo).

Coube a TORRENT-GUASP (2001) estabelecer a orientação espacial helicoidal do que convencionou denominar de **banda miocárdica**, que se estende entre as artérias tronco pulmonar e aorta. De acordo com sua metodologia de dissecação, a banda miocárdica pode ser desenrolada através de planos naturais de clivagem, que determinam a presença de quatro **segmentos**, conformados espacialmente em duas **alças**. Na **alça basal** foram identificados os *segmentos ventriculares direito e esquerdo*, e na **alça apical**, os *segmentos descendente e ascendente*. Tais observações permitiram conceituar a mecânica da contração

ventricular, e avaliar as implicações cirúrgicas decorrentes dessa orientação espacial da banda miocárdica (**Figura 14**).

Figura 14 – As alças e segmentos da banda miocárdica desenrolada



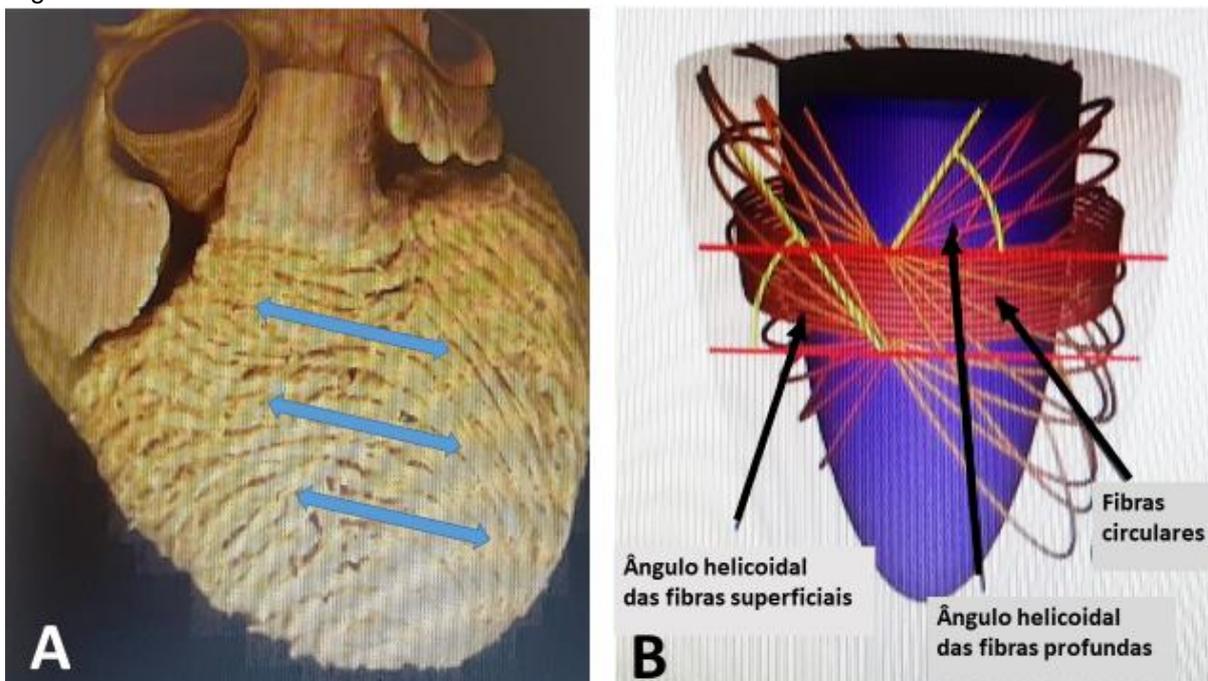
Fonte: Torrent-Guasp (2001).

Legenda: Sequência do desenrolamento da banda miocárdica a partir de planos de clivagem (linhas pontilhadas) resultando na **alça basal** composta pelos segmentos ventriculares direito (**Seg D**) e esquerdo (**Seg E**) com suas respectivas faces livres (**VDpl**, **VEpl**), e na **alça apical**, constituída pelos segmentos descendente (**Seg Ds**) e ascendente (**Seg As**), com suas respectivas paredes livres (**DS**, **AS**). Notar no esquema acima à direita, a disposição espiralada das paredes livres. **Ao** – Aorta; **T** – Tronco Pulmonar; **mpa**, **mpp** – músculos papilares anterior e posterior; **td**, **te** – trígono fibroso direito e esquerdo.

Em uma revisão dos estudos anatômicos realizados durante um período de quase 30 anos, ANDERSON et al. (2005) demonstraram não haver evidências anatômicas para apoiar o conceito de “banda miocárdica ventricular”. O arranjo geral é o de uma massa contínua e complexa de **miofibras**, uma vez que não há bainhas fibrosas no interior das paredes ventriculares que permitam a dissecação do miocárdio com base em feixes musculares com origem e inserção, como na disposição dos músculos esqueléticos. No entanto, os autores afirmam que não há o que negar sobre

a natureza do eixo helicoidal na arquitetura geral das paredes ventriculares, um padrão que de forma alguma corrobora com a formação de uma banda miocárdica única (**Figura 15**).

Figura 15 – Fibras constituintes dos ventrículos cardíacos



Fonte: Anderson et al. (2005).

Legenda: **A**. Vista face anterior do coração, evidenciando os eixos longos das miofibras (setas), envolvendo tanto o ventrículo direito como o ventrículo esquerdo. **B**. Esquema ilustrando a distribuição das miofibras em trajetos helicoidais superficial e profundo, e circulares.

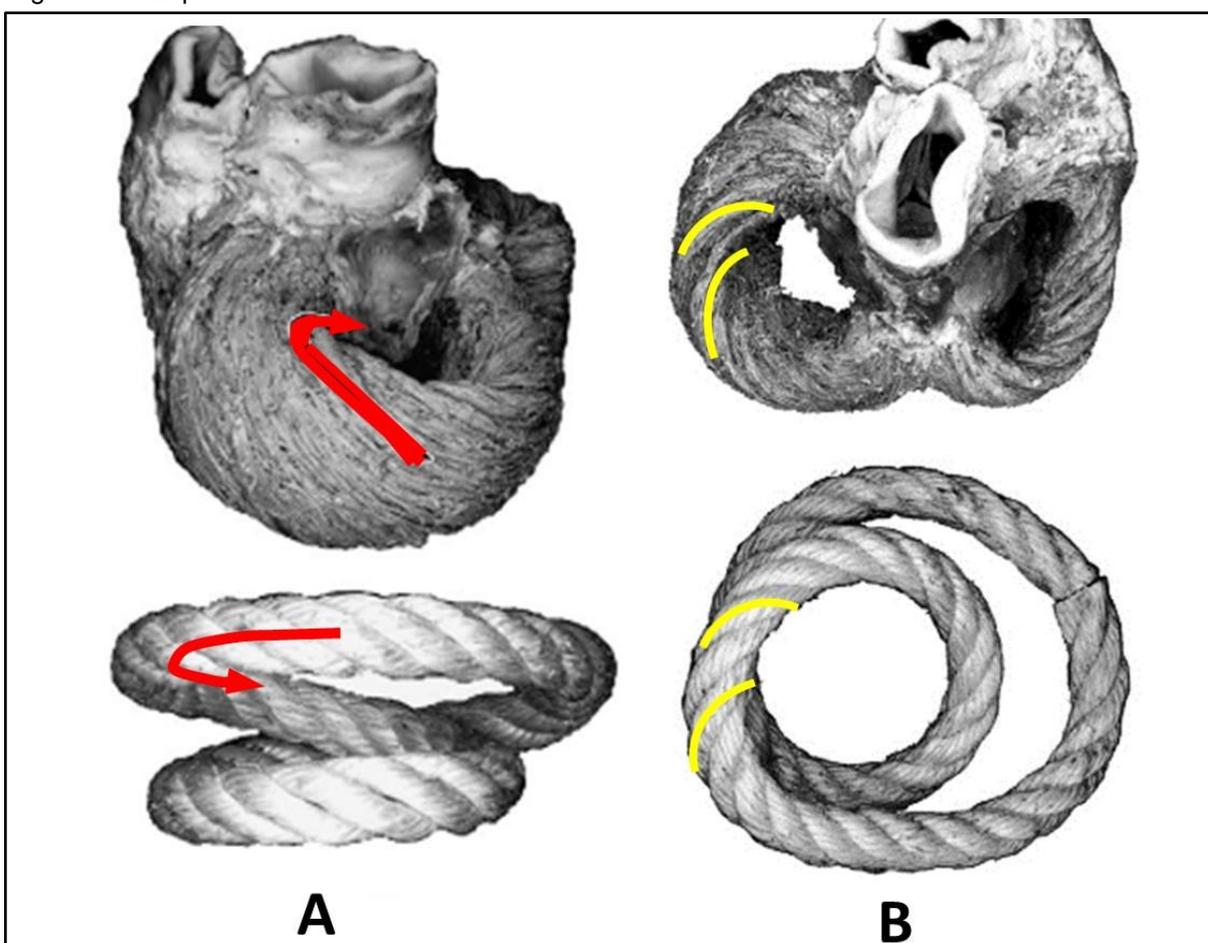
ROSHCHEVSKAYA, em 2005, avaliou a disposição das fibras miocárdicas que arquitetam os ventrículos cardíacos em suínos domésticos. Em seu estudo, descreveu nos ventrículos direito e esquerdo, em obediência estratigráfica, as **camadas superficial** (com fibras no sentido espiral), **média** (formada por fibras oriundas do anel fibroso) e **profunda** (com fibras que penetram no ápice cardíaco).

As fibras mudavam a sua orientação dependendo da profundidade e topografia. No ventrículo direito seguiam obliquamente, livres na parede ventricular, enquanto que no septo elas se direcionavam para o eixo que vai da base até o ápice cardíaco. No ventrículo esquerdo as fibras exibiam trajeto espiralado, do ápice até a base do coração (ROSHCHEVSKAYA, 2005).

A sobreposição helicoidal das bandas de fibras miocárdicas foi demonstrada por KOCICA et al. (2006) no coração de bovinos. No ventrículo esquerdo verificaram, a partir da base cardíaca, que essa sobreposição ocorre em uma transição exterior-

interior. Utilizando um modelo de corda simples demonstraram de maneira didática essa configuração, com o miocárdio ventricular consistindo de uma hierarquia de estruturas helicoidais. Desta forma, as bandas estariam constituídas por uma estrutura secundária, caracterizando o que convencionaram chamar de “espirais dentro da espiral”; ou seja, a banda muscular torcida e enrolada em duas voltas helicoidais (**Figura 16**).

Figura 16 – Espirais de fibras e bandas musculares cardíacas



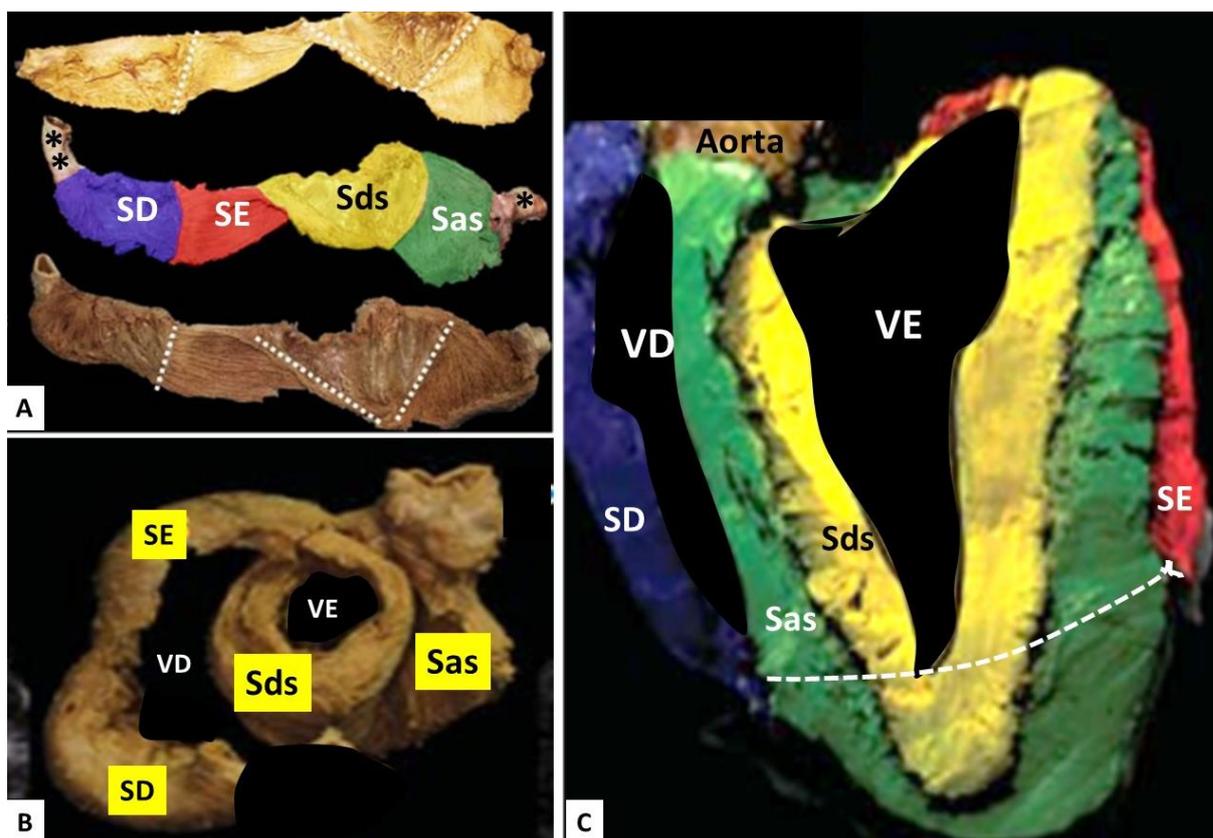
Fonte: Kocica (2006).

Legenda: **A**. Trajeto helicoidal das bandas de miocárdio do ventrículo esquerdo no sentido exterior-interior, visto pela base. **B**. Arranjo das fibras de miocárdio nas bandas de miocárdio, caracterizando as “espirais dentro da espiral”.

A metodologia de desenrolamento da banda miocárdica foi empregada por MONTES (2020) em corações de bovinos, suínos e humanos, a fim de confirmar a presença dos segmentos previamente descritos por TORRENT-GUASP (2001). Os corações de todos os espécimes exibiram os **segmentos direito (SD)**, **esquerdo (SE)**, **descendente (Sds)** e **ascendente (Sas)**. A parede livre do ventrículo direito é

formada em sua totalidade pelos SD, em continuidade com a parede livre dos SE, e o septo interventricular está constituído pelos segmentos Sas e Sds. Os quatro segmentos são encontrados em cerca de 2/3 do órgão, enquanto que somente os Sds e Sas constituem a região do ápice (**Figura 17**).

Figura 17 – Os segmentos miocárdicos de bovinos, suínos e humanos



Fonte: Montes (2020).

Legenda: **A.** A face livre dos segmentos direito (**SD**), esquerdo (**SE**), descendente (**Sds**) e ascendente (**Sas**) do coração de bovinos. Notar a semelhança com o coração de humanos (acima) e de suínos (abaixo). **B.** Vista basal do aspecto helicoidal dos quatro segmentos. **C.** Disposição dos quatro segmentos em corte longitudinal de coração humano. Notar a participação de **Sds** e **Sas** na constituição do septo e do ápice cardíacos.

2.4 PONTES DE MIOCÁRDIO – Estratigrafia, Morfometria e Topografia

As Pontes de Miocárdio (PM) foram descritas pela primeira vez por Reyman (1737) como um curso intramiocárdico anormal de um segmento de artéria coronária epicárdica. Definidas como projeções dos feixes de fibras de miocárdio que sobrepõem superficial e/ou profundamente os ramos vasculares, promovendo a sua tunelização, essas estruturas podem alterar a vasculotopia cardíaca e estarem associadas a angina de esforço, síndromes coronarianas agudas, arritmias cardíacas, isquemia miocárdica, síncope ou colapso, disfunção endotelial, e até mesmo morte súbita (CUCCHINI, 1976; BERTOLINI, 1999; MÖHLENKAMP, 2002; CORBAN et al., 2014; BATISTA et al., 2022; MATTA et al., 2022).

Um dos trabalhos pioneiros que se preocuparam em sistematizar as PM foi realizado por GEIRINGER (1951), que analisou 100 corações humanos e verificou a presença de PM sobre a artéria descendente anterior em 23 espécimes. O autor observou que a PM estava constituída pela camada superficial do miocárdio com suas fibras atravessando o caminho do vaso em um ângulo de 90°.

Ao avaliar 70 corações humanos com PM, POLÁCEK (1961) estabeleceu uma classificação das PM, sendo as denominadas **pontes musculares**, mais presentes na metade proximal do ramo descendente anterior, com um comprimento variando de 10 a 20 mm, e média de 5 mm de espessura. Verificou a existência de uma grande relação entre a formação da PM (que pode se apresentar em diferentes camadas do miocárdio) e a adventícia do vaso.

Em um estudo com 30 corações humanos apresentando PM, Bezerra et al. (1987) detectaram a sua presença sobre o terço médio do Ramo Interventricular Anterior (RlvA) em 86,66% (26/30) dos casos. A média do diâmetro do RlvA (d/RlvA) proximalmente à ponte foi de $2,76 \pm 0,76$ mm; de $2,08 \pm 0,54$ mm sob a ponte, e de $1,98 \pm 0,59$ mm distalmente à ponte. Em 33,33% (10/30) dos casos, o d/RlvA sob a ponte foi menor do que o distalmente a ela. Foi encontrada placa aterosclerótica no segmento sob a ponte em 3,33% (1/30) dos casos, o que permitiu concluir que as PM podem não oferecer proteção contra a formação de placas ateroscleróticas no interior do RlvA.

Considerando a estratigrafia das PM sobre a artéria interventricular anterior, FERREIRA JÚNIOR e colaboradores (1991) as classificaram como **pontes superficiais** com orientações vorticosas e circulares e tecido conjuntivo adjacente a

artéria, e **pontes profundas** que além dos feixes das pontes superficiais, exibiam feixes musculares em curso longitudinal e camada de tecido conjuntivo delgada entre a ponte e a artéria. Descreveram a origem dos feixes das PM profunda como sendo da camada intraventricular direita, inserindo-se no septo interventricular anterior, submergindo à artéria interventricular anterior num plano estratigráfico mais profundo.

As diferentes orientações dos feixes miocárdicos que constituem as PM correlacionadas com o Ramo Interventricular Anterior (RlvA) foram avaliadas por Baptista e Didio (1992) em 82 corações humanos; o estudo mostrou uma incidência maior sobre o RlvA. Verificaram que a grande alternância angular entre a PM e o vaso variou de 90° a 40°, onde a média foi de 81,5°.

As PM foram estudadas por Romeiro (2000), em 130 corações humanos, onde constatou a presença de pontes em 100 corações. Topograficamente, o autor classificou as PM em **proximal** (43 superficiais e 9 profundas), dispostas no terço proximal do vaso; **média** (15 superficiais e 8 profundas), sobre o terço médio dos vasos; e **extensas** (12 superficiais e 13 profundas), desde o terço médio até o ápice do ventrículo.

Particularmente em corações de suínos, alguns trabalhos sobre a topografia das PM revelaram que a prevalência maior ocorre sobre o Ramo Interventricular Subsinoso (RlvS), correspondente ao Ramo Interventricular Posterior em corações humanos.

Desta forma, ao analisar em 60 corações de suínos a posição das PM de acordo com a extensão do ventrículo, Bombonato (1994) as localizou 12 vezes na região **média** (36,36%), 10 vezes na região **dorsal** (31,25%) e 10 vezes na região **ventral** (31,25%). Ao mensurar a largura das 32 PM, observou que a mesma variava, em média, de 0,2 a 1,9 centímetros (com média de 0,75 centímetros).

Ao adotarem a metodologia estabelecida nos estudos de Bombonato (posição, nomenclatura e medidas), Gaggini et al. (2011) estudaram as PM de corações de suínos de duas linhagens distintas, descritas como A e B, cada uma com 30 corações. Descreveram que na linhagem A, 30% das pontes estavam situadas no **terço dorsal** dos ramos da artéria coronária direita; 97% no **terço médio**, e 100% no **terço ventral**; nos ramos da artéria coronária esquerda, foram encontrados 47% no **terço médio** e 97% no **terço ventral**. A linhagem B revelou 30% no **terço dorsal**, 97% no **terço médio** e 97% no **terço ventral** dos ramos da artéria coronária direita, enquanto sobre os ramos da artéria coronária esquerda, a localização foi de 43% no **terço médio** e

93% no **terço ventral**. Em ambas linhagens não foram encontradas PM no **terço dorsal** dos ramos da artéria coronária esquerda. Na linhagem A as PM da face esquerda mediram 3,27 cm, e as da face direita 4,73 cm; na linhagem B, as PM da face esquerda mediram 3,04 cm, e as da face direita, 4,27 cm.

A presença de PM foi avaliada por KOSIŃSKI et al. (2010) em 150 corações de suínos, onde as encontraram em 45 espécimes do sexo masculino, e 26 do sexo feminino. Independentemente do sexo, as PM estavam presentes em 37 casos sobre o RlvS, e em 30 casos sobre o Ramo Interventricular Paraconal (RlvP). Somente 4 espécimes apresentaram PM sobre o ramo circunflexo da artéria coronária esquerda.

O número, localização, comprimento e espessura das PM foram determinados por NASR (2014) em correlação com a dominância coronariana. Dentre os 60 corações humanos avaliados (40 de indivíduos do sexo masculino, e 20 do sexo feminino), as PM foram observadas em 45% dos casos, ou seja, 27 espécimes (18 masculinos e 9 femininos) principalmente no segmento médio da artéria interventricular anterior (52,8%), e em menor proporção em seu ramo diagonal (13,8%). Dos 56,7% corações com dominância direita, 30% apresentaram PM, e dentre os 26,7% dos corações sem dominância, as PM foram encontradas em 8,3%. As PM estiveram presentes em 6,7% dos 16,7% espécimes com dominância esquerda. O comprimento médio e a espessura das PM foram de 24,9 mm ($\pm 1,98$ mm), e de 2,28 mm ($\pm 0,13$), respectivamente.

Em um amplo estudo sobre as PM utilizando 158 corações de suínos GÓMEZ & BALLESTEROS (2015) encontraram 93 pontes em 67 espécimes, sendo 26 em suínos fêmeas, e 41 em suínos machos. Demonstraram que a frequência de PM se faz em maior número sobre o RlvS (43 casos), enquanto que no RlvP, apenas seis pontes estavam presentes em outros seis corações. Classificadas de acordo com a localização em **terços superior, médio, inferior e médio-inferior**, as PM foram observadas respectivamente em 1, 34, 5 e 3 casos sobre o RlvS. Sobre o RlvP, as PM restringiram-se a uma ponte no terço superior, uma no terço médio, e quatro no terço inferior. O comprimento médio e a espessura média das PM foram, respectivamente, de 10,68 mm e 1,13 mm, sobre o RlvS, e de 11,75 mm e 1,37 mm, sobre o RlvP.

2.4.1 Aspectos Clínicos e Funcionais

Os estudos clínicos que abordam as consequências funcionais das PM em suínos ainda são escassos na literatura; por esta razão, serão citadas a seguir somente algumas considerações dessas ocorrências em humanos.

POLÁCEK, em sua publicação de 1961, verificou a hiperplasia da túnica íntima das artérias a montante da trajetória subpontina, sugerindo ser este um local propício para o surgimento de placas escleróticas.

Para NOBLE (1976) as PM podem causar constrição transitória sobre os vasos na fase sistólica, reduzindo o tempo de preenchimento sanguíneo na artéria coronária na fase diastólica. Postulou com isso, que diminuições do diâmetro arterial superiores a 75% ocasionam isquemia importante do miocárdio, constituindo-se num quadro clínico comparável a obstrução aterosclerótica.

A adesão à parede das artérias das fibras dos feixes circulares ou semicirculares constituintes das PM verificada por KARGOVSKA et al. (1977) permitiu aos autores propor a hipótese de que essa relação anatômica poderia modificar a hemodinâmica nas partes proximal e distal desses vasos. Verificaram ainda a presença de processos de hiperplasia na túnica íntima.

Apesar de alguns autores considerarem as PM como causadoras de enfermidades cardíacas, outros, como STOLTE e colaboradores, em 1977, constataram que os pacientes tinham menor tendência a infartos da parede anterior do coração. Neles, a incidência de aterosclerose foi significativamente menor quando consideravam o ramo arterial em toda a sua extensão, inclusive a parte subpontina. Todavia, a prevalência de aterosclerose no segmento proximal era considerável, fato que ainda deixa muitas explicações em aberto.

Resultados significantes quanto aos fluxos sistólico e diastólico foram demonstrados por HILL (1981) em um paciente com PM submetido à cirurgia. Antes do procedimento foram detectados distúrbios hemodinâmicos relacionados ao impedimento do fluxo sistólico e do início do fluxo diastólico; após a liberação, verificou-se no vaso um acréscimo do fluxo e intervalo sistólicos, sem decréscimo do fluxo diastólico.

Embora em necropsias a presença de PM se encontre na faixa de 0,5 a 1,6%, IRVIN (1982) relatou que a sua identificação precoce pode evitar arritmias malignas, infarto do miocárdio e até mesmo a morte súbita.

Com o intuito de estabelecer a incidência de PM, JUNBO GE (1984) realizou exames de ultrassonografia intravascular e doppler intracoronário. Observou 14 pacientes com PM na artéria coronária esquerda que, através de avaliação angiográfica, apresentavam compressão vascular sistólica. As alterações hemodinâmicas consistiram em um atraso no relaxamento muscular, o que originou um pico diastólico precoce no fluxo sanguíneo da artéria coronária, detectado a jusante da PM. Concluiu que os sintomas de isquemia apresentados por alguns pacientes estavam relacionados ao baixo fluxo no vaso, o que poderia explicar o quadro de aterosclerose situado a montante da PM.

Ao analisarem 1395 corações, LOPES & GUTIERREZ (1986) observaram 331 PM na artéria descendente anterior, com 29 casos de aterosclerose grave de distribuição heterogênea na extensão do vaso. Concluíram que a baixa incidência da alteração, diminui sobremaneira a probabilidade de participação da PM no desenvolvimento de danos isquêmicos.

A presença de PM foi observada em 39 (78%) dos 50 corações pesquisados por BEZERRA et al. (1987), que admitiram a possibilidade da relação entre a artéria e o miocárdio constituinte da PM se estabelecer como fator determinante da diminuição recursiva ou até imutável da luz vascular, o acarretando em invalidação total ou parcial da artéria, com conseqüente isquemia, aterosclerose e morte súbita.

Em mais de 1000 cirurgias de revascularização coronariana, VIDAL (1988) encontrou as PM sobre a artéria coronária descendente anterior em 12 pacientes, sendo que três exibiram lesões ateromatosas de importância, e sete apresentaram artéria aterosclerótica com diâmetro diminuto. Em quatro casos as placas ateromatosas foram detectadas no trajeto subpontino do vaso.

Para FERREIRA JÚNIOR (1991) os feixes de fibras longitudinais constituintes das PM podem ser os responsáveis pela sintomatologia clínica, durante algum momento da vida. Geralmente a remoção em ato cirúrgico das PM permite uma evolução clínica satisfatória, no entanto, a persistência dos sinais pode estar atrelada a presença dos feixes musculares longitudinais, os quais são improváveis de serem retirados cirurgicamente.

Com a finalidade de estudar a relação PM/morte súbita, DESSEIGNE (1991) verificou aspectos isquêmicos nos 11 casos de cardiopatia detectados com PM. Sob microscopia de luz, as alterações isquêmicas limitavam-se à área anterior do ventrículo esquerdo, com lesões morfológicas no curso subpontino do vaso. As

alterações variaram desde processos fibróticos densos na adventícia dos vasos e fibroses de variada espessura na túnica íntima, até demarcadas placas ateroscleróticas em dois casos com trombose, o que o fez concluir que a causa ou influência das PM nos casos de morte súbita não deve ser descartada.

Em um caso de paciente que sofreu infarto agudo do miocárdio, CHANSKY (2004) o relacionou à presença de PM pelo quadro clínico de dor, alteração eletrocardiográfica dos segmentos ST e T, e região acinética de extensão moderada na face ântero-lateral do ventrículo esquerdo detectada por ventriculografia.

Empregando a metodologia de Tomografia Computadorizada, Eletrocardiograma (ECG) e análise estatística, a fim de relacionar as PM e a doença arterial coronariana, ZEINA (2007) avaliou 300 pacientes, e as encontrou em 78 casos, sendo 48 na artéria coronária descendente anterior. Seus achados permitiram concluir que se deve considerar a íntima relação anatômica da PM com o fator de risco para a doença arterial coronariana.

Valendo-se do uso da angiografia e da tomografia computadorizada, KIM (2009) investigou a frequência relativa da PM e a compressão dinâmica das artérias coronárias de 311 pacientes, sendo 208 do sexo masculino e 103 do sexo feminino, com média de 63 anos de idade. Os resultados demonstraram a presença de PM no ramo descendente anterior da artéria coronária esquerda em praticamente todos os indivíduos (97,5%), sendo 13,3% afetados por compressão dinâmica.

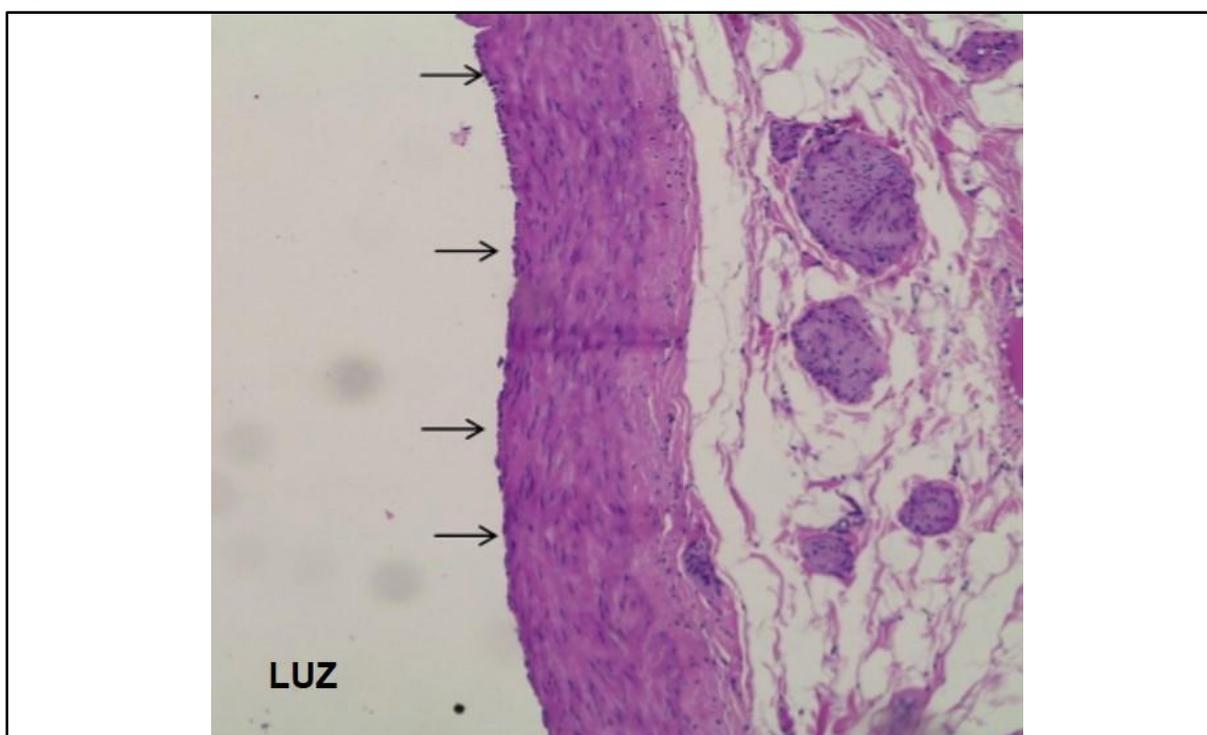
O perfil clínico, a terapêutica e o prognóstico em pacientes acometidos por doença arterial coronariana relacionados às PM foram descritos por PEREIRA (2009). Ao revisarem os resultados de cineangiocoronariografias obtidas entre os anos de 2003 e 2007 (31 casos), confirmaram a incidência de PM sobre a artéria descendente anterior em 3,6% pacientes, com idade média de 56,8 anos. Apesar dos achados clínicos os pacientes demonstraram bom prognóstico; inferindo, porém, que não é possível estabelecer se a longo prazo a presença de PM possa vir a se constituir como um ente patológico.

Consideradas sob o aspecto clínico, as PM durante o período sistólico limitam o fluxo sanguíneo coronariano, mas não se constituem em um mecanismo suficiente para promover episódios de isquemia. Nos casos onde há elevação da frequência cardíaca, o tempo de fluxo diastólico fica encurtado, e, nestas situações, a PM pode se tornar um fator precipitante ou coadjuvante do episódio isquêmico (AHMAD, 1981).

Para JORGE (1984), a frequência de isquemia na presença de PM dependerá de condições e fatores que se vinculem e aumentem em variadas intensidades na ocorrência dos episódios isquêmicos.

As possíveis influências sobre lesões ateroscleróticas em artérias coronárias de suínos domésticos foram avaliadas sob microscopia de luz, por SANTOS et al. (2016), e não verificaram alterações consistentes na túnica íntima do segmento subpontino do Ramo Interventricular Paraconal (RlvP) da artéria coronária esquerda (**Figura 18**). Todavia, detectaram alterações como espessamento dessa camada, e citoplasma mais claro de suas células no segmento pré-pontino (**Figura 19**).

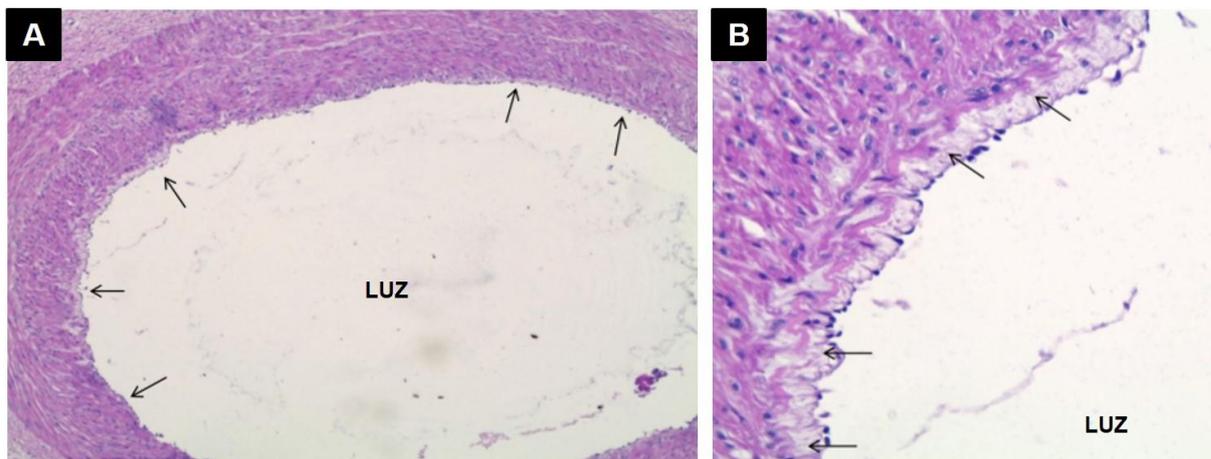
Figura 18 – Análise microscópica da túnica íntima hígida



Fonte: Santos (2016), modificado por Silva (2023).

Legenda: As setas (→) indicam a túnica íntima. Túnica íntima hígida (coloração pelo método de Hematoxilina-Eosina; secção transversal microscópica – aumento de 40x).

Figura 19 – Análises microscópicas dos espessamentos na túnica íntima



Fonte: Santos (2016), modificado por Silva (2023).

Legenda: As setas (→) indicam a túnica íntima. **A.** Túnica íntima espessa, com células de citoplasma mais claro (coloração pelo método de Hematoxilina-Eosina; secção transversal microscópica – aumento de 100x). **B.** Túnica íntima espessa, com células de citoplasma mais claro (coloração pelo método de Hematoxilina e Eosina; secção transversal microscópica – aumento de 400x).

3 HIPÓTESE, OBJETIVO GERAL, ESPECÍFICO E JUSTIFICATIVA

A hipótese do trabalho é a de que as Pontes de Miocárdio (PM) sobre o Ramo Interventricular Subsinoso (RlvS) de corações de suínos domésticos (*Sus scrofa domestica*) apresentem uma relação mais ou menos íntima com a adventícia do vaso, de acordo com a profundidade das camadas de miocárdio que as constituem.

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar com o uso de técnicas de dissecação e de microscopia (de luz e eletrônica de varredura) a presença das camadas de fibras miocárdicas constituintes das paredes ventriculares, e relacioná-las com as PM.

3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

1. Estabelecer o número de camadas de miocárdio que formam as paredes dos ventrículos esquerdo e direito;
2. Determinar a orientação das fibras miocárdicas de cada plano estratigráfico com a finalidade de compreender a sua trajetória no tocante à sua origem e inserção;
3. Analisar quais as camadas de miocárdio que se relacionam com o RlvS na formação das PM;
4. Verificar as relações morfofuncionais das PM com o RlvS.

3.3 JUSTIFICATIVA

Acrescentar, à literatura anatômica e médica, subsídios que facilitem a compreensão das camadas de miocárdio constituintes das paredes ventriculares do coração de suínos domésticos, bem como as relações das PM com o RlvS para futuras comparações e aplicações em estudos cardiológicos humanos e nas espécies domésticas, visto que os suínos são animais de amplo uso experimental neste campo.

4 MATERIAL E MÉTODO

O estudo foi realizado no Laboratório de Anatomia Funcional Aplicado à Clínica e Cirurgia do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (LAFACC/ICB-USP), no Laboratório de Anatomia Macroscópica Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP (FMVZ-USP), e foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUAVet) da FMVZ-USP, sob o número 3887050123.

4.1 COLETA DOS CORAÇÕES, FIXAÇÃO E MÉTODO DE ESTUDO

Foram utilizados 20 corações da espécie *Sus scrofa domesticus* (Linnaeus, 1758), sem raça, sexo e idade definidos, obtidos de abatedouros, congelados a -20°C por 12 horas. Findo esse período, os espécimes foram descongelados e lavados com ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA). Após a injeção das artérias coronárias com paraformaldeído a 4% em 14 espécimes, e com Neoprene-látex em 4 espécimes, as cavidades ventriculares foram preenchidas com algodão com a finalidade de manter a conformação anatômica do órgão, e todos os corações foram imersos na mesma solução fixadora, mantidos por um período de 10 dias e submetidos às técnicas descritas a seguir.

4.2 MACROSCOPIA

No estudo macroscópico, foram utilizados 11 corações: sete para a dissecação das camadas do miocárdio e quatro para injeções de látex, no intuito de avaliar a relação entre o RlvS e as camadas ventriculares constituintes das PM.

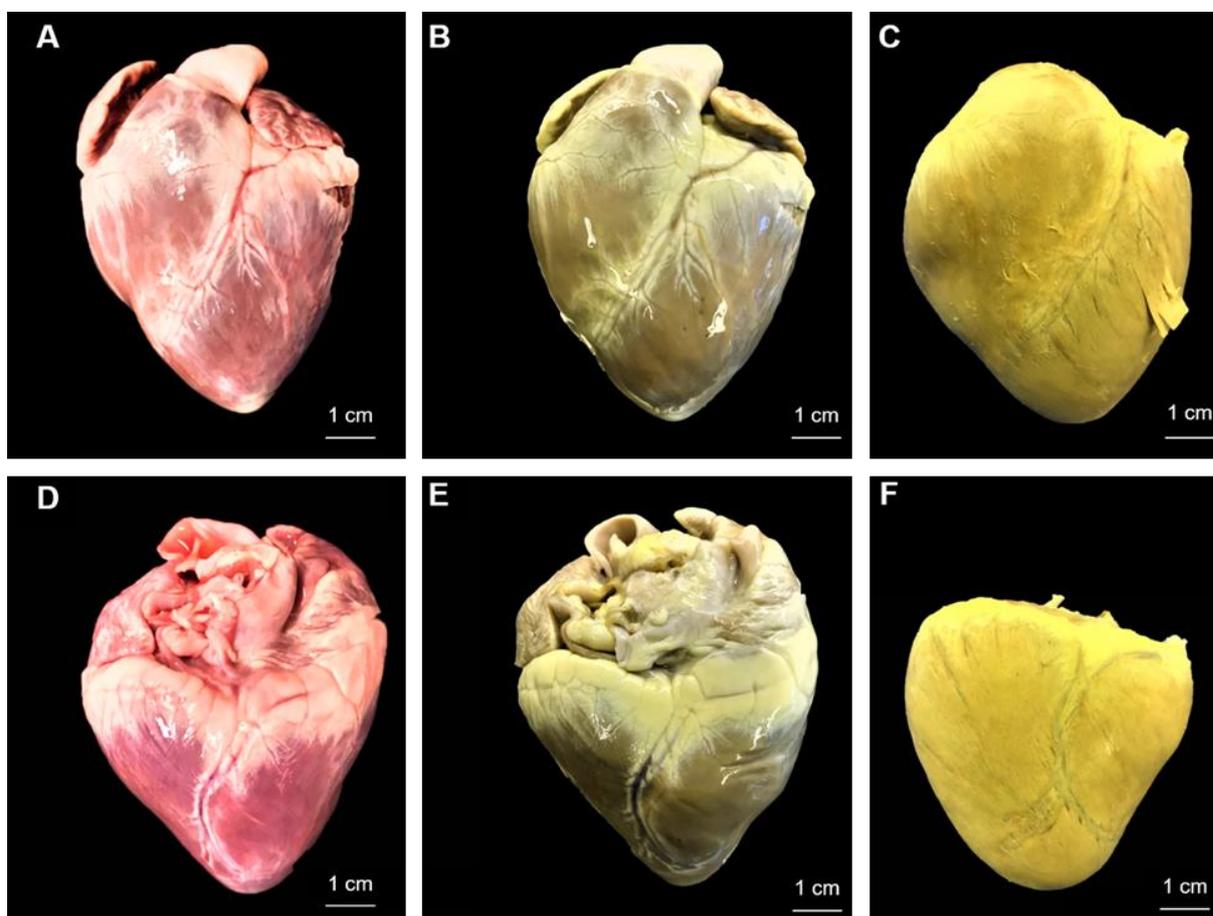
4.2.1 COCÇÃO, DISSECÇÃO E CONGELAMENTO

Utilizou-se sete espécimes para os métodos de cocção, dissecação das camadas de miocárdio e congelamento.

4.2.1.1 Método de cocção

Os corações foram submetidos à cocção por aproximadamente 45 minutos, sob temperatura de 120°C em uma solução contendo 1,75 L de água, 200 mL de ácido acético e 135 gramas de cloreto de sódio. Finda a cocção, os átrios com os vasos da base, pericárdio seroso visceral e o algodão das cavidades ventriculares foram removidos, e os ventrículos assim obtidos foram imersos em solução de 1,5 L de água e 0,5 L de detergente neutro com glicerina, onde permaneceram durante 3 dias (Figura 20).

Figura 20 – Coração após as etapas de fixação e cocção



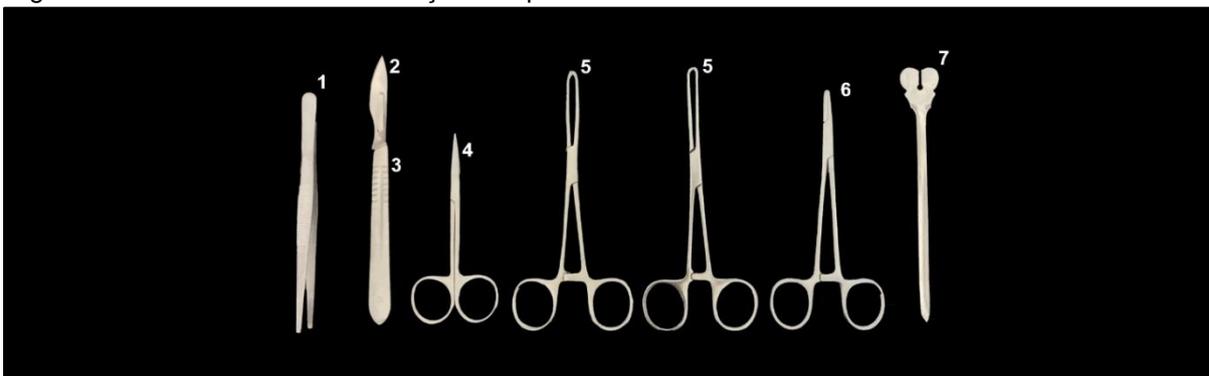
Fonte: Silva (2023).

Legenda: Coração visto pelas faces lateral esquerda (A, B, C), e lateral direita (D, E, F). A e D – Corações frescos. B e E – Corações fixados em formaldeído a 4%. C e F – Corações com seus vasos da base cardíaca e átrios removidos, evidenciando os ventrículos após o processo de cocção.

4.2.1.2 Método de dissecação das camadas do miocárdio

Utilizando-se instrumental cirúrgico apropriado (**Figura 21**), realizou-se nos ventrículos esquerdo (VE) e direito (VD) uma incisão a partir do anel fibroso do óstio atrioventricular esquerdo, que se estendeu paralelamente ao Ramo Interventricular Paraconal (RlvP) até a região de ápice cardíaco, rebatendo-se dorsalmente as camadas musculares do VE, e ventralmente as do VD (**Figura 22**).

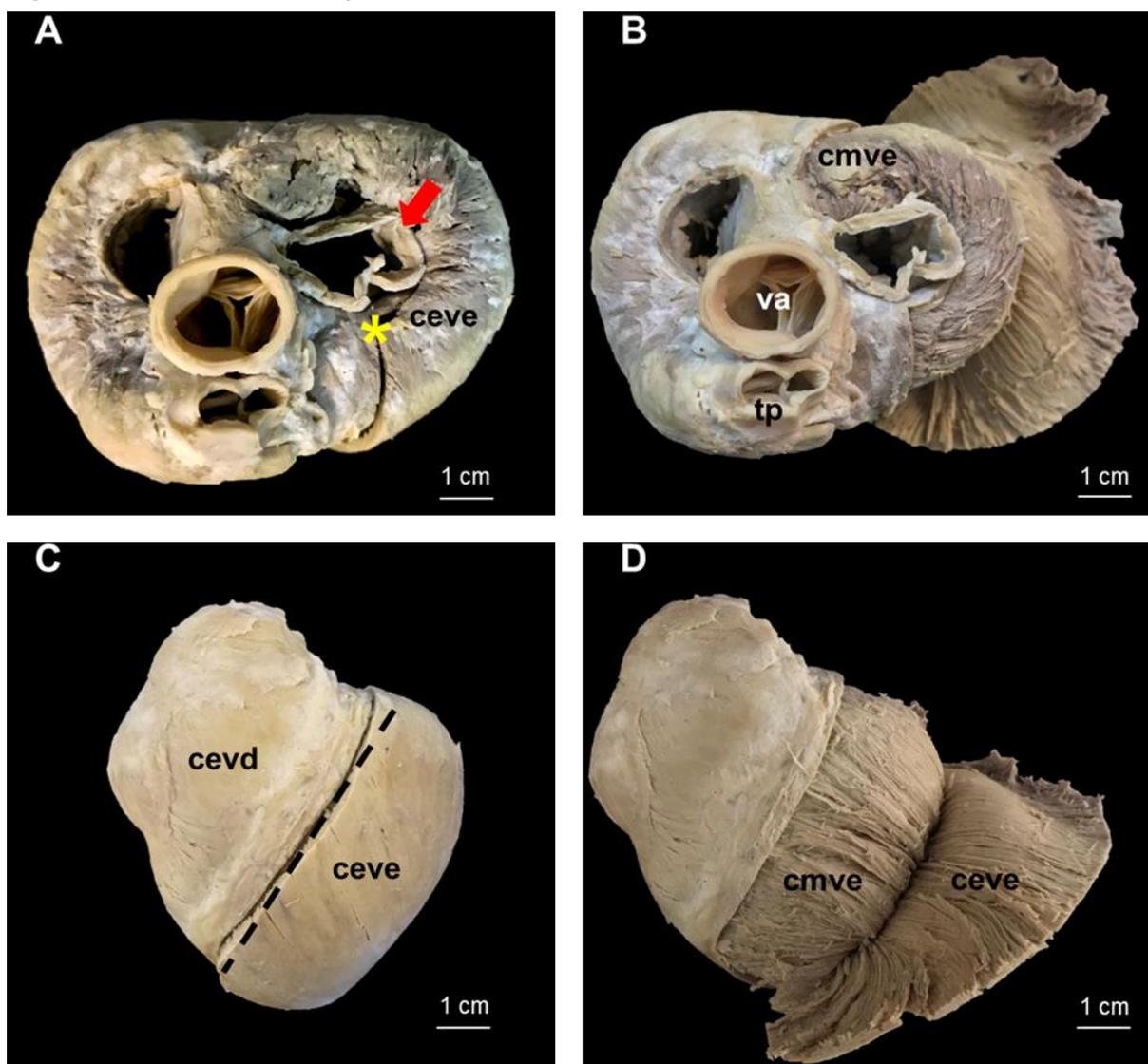
Figura 21 – Instrumentos de dissecação e suporte



Fonte: Silva (2023).

Legenda: Instrumentos cirúrgicos utilizados na dissecação dos ventrículos: **1** – pinça anatômica; **2** – lâmina de bisturi número 24; **3** – cabo de bisturi número 4; **4** – tesoura íris; **5** – pinças alis; **6** – porta agulha; **7** – tentacânula.

Figura 22 – Método de dissecção das camadas do miocárdio



Fonte: Silva (2023).

Legenda: **A e B** – Vista cranial da base dos ventrículos. **C e D**. Vista lateral esquerda do coração. **A**. A seta aponta o óstio atrioventricular esquerdo; o asterisco indica o ponto inicial da incisão; **ceve** – camada externa do ventrículo esquerdo. **B**. A **ceve** foi rebatida para evidencição da **cmve** – camada média do ventrículo esquerdo; **tp** – tronco pulmonar; **va** – valva aórtica. **C**. Linha tracejada representando a extensão da incisão, paralela ao Ramo Interventricular Paraconal; **cevd** – camada externa do ventrículo direito. **D**. A **ceve** foi rebatida para evidenciar a **cmve**.

4.2.1.3 Método de congelamento

Uma variação do método preconizado por KLINGER (1935) foi aplicada durante 10 dias em dois corações, onde as camadas de miocárdio constituintes dos ventrículos foram mantidas em posições anatômicas de interesse através de alfinetes e pinças. Em resumo, esse método que permite a completa desidratação dos tecidos, consistiu em manter os espécimes em um freezer a uma temperatura de -25°C , de

onde eram retirados de dois em dois dias e descongelados à temperatura ambiente por um período de 24 horas, findo o qual retornavam ao freezer. Esse tratamento permitiu a completa preservação dos corações, sem a necessidade do uso de qualquer substância ou meios de armazenamento (**Figura 23**).

Figura 23 – Corações durante o método de congelamento



Fonte: Silva (2023).

Legenda: Fotografia dos corações no congelador, com as camadas ventriculares mantidas em posições anatômicas de interesse por meio de alfinetes e pinças.

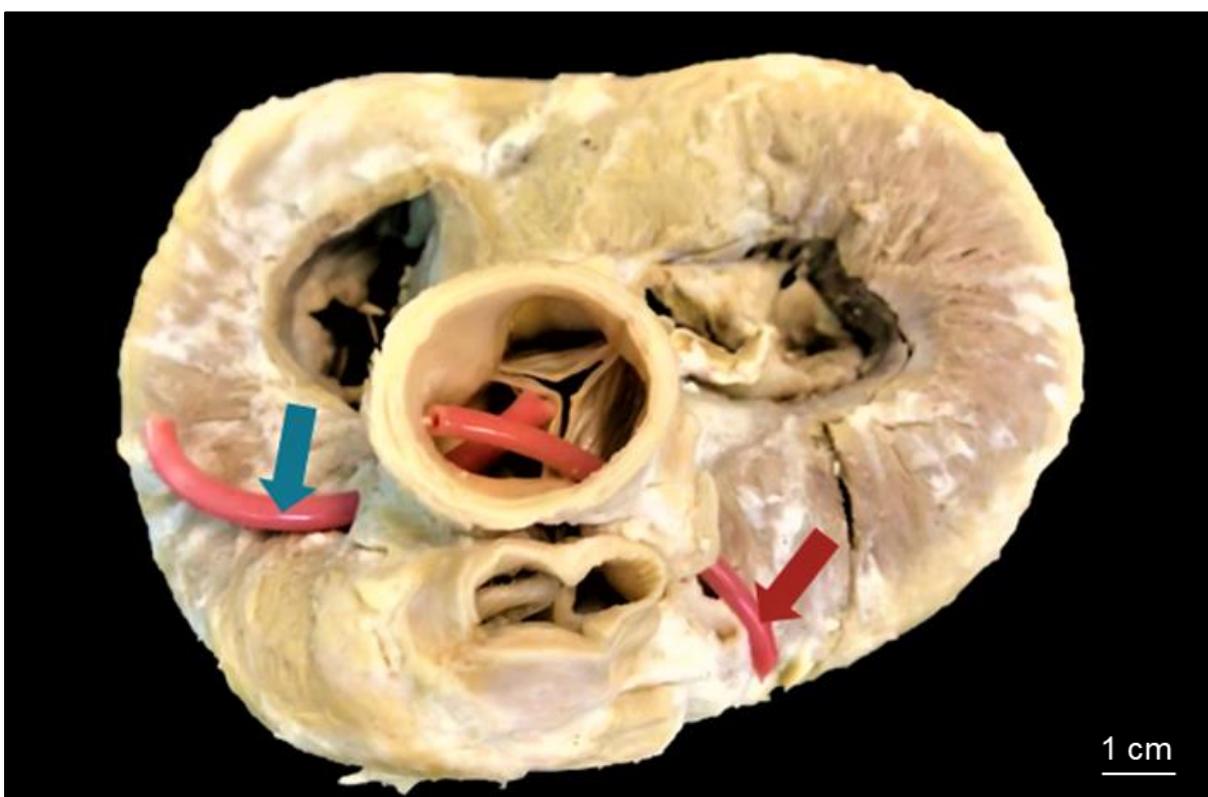
4.2.2 CANULAÇÃO, INJEÇÃO DE LÁTEX, FIXAÇÃO E DISSECÇÃO

Foram utilizados quatro espécimes para injeção de látex colorido no sistema arterial (através das artérias coronárias esquerda e direita), fixação e posterior dissecção do Ramo Interventricular Subsinoso e visualização das PM dorsal, média e ventral.

4.2.2.1 Canulação das artérias coronárias

Os órgãos foram descongelados em temperatura ambiente dentro da pia por 24 horas. Após este período, os corações foram lavados em água corrente e as artérias coronárias esquerda e direita foram dissecadas e isoladas. Para as injeções de látex, foram introduzidas cânulas plásticas de número 4 (CLP Medical's), 10 e 20 (MarkMed®) (**Figura 24**). As cânulas inseridas nas artérias coronárias foram fixadas com barbante.

Figura 24 – Canulação das artérias coronárias esquerda e direita



Fonte: Silva (2023).

Legenda: Vista cranial da base cardíaca, sem os átrios esquerdo e direito. A seta azul indica a cânula utilizada para injeção de látex na artéria coronária direita. A seta vermelha indica a cânula utilizada para injeção de látex na artéria coronária esquerda.

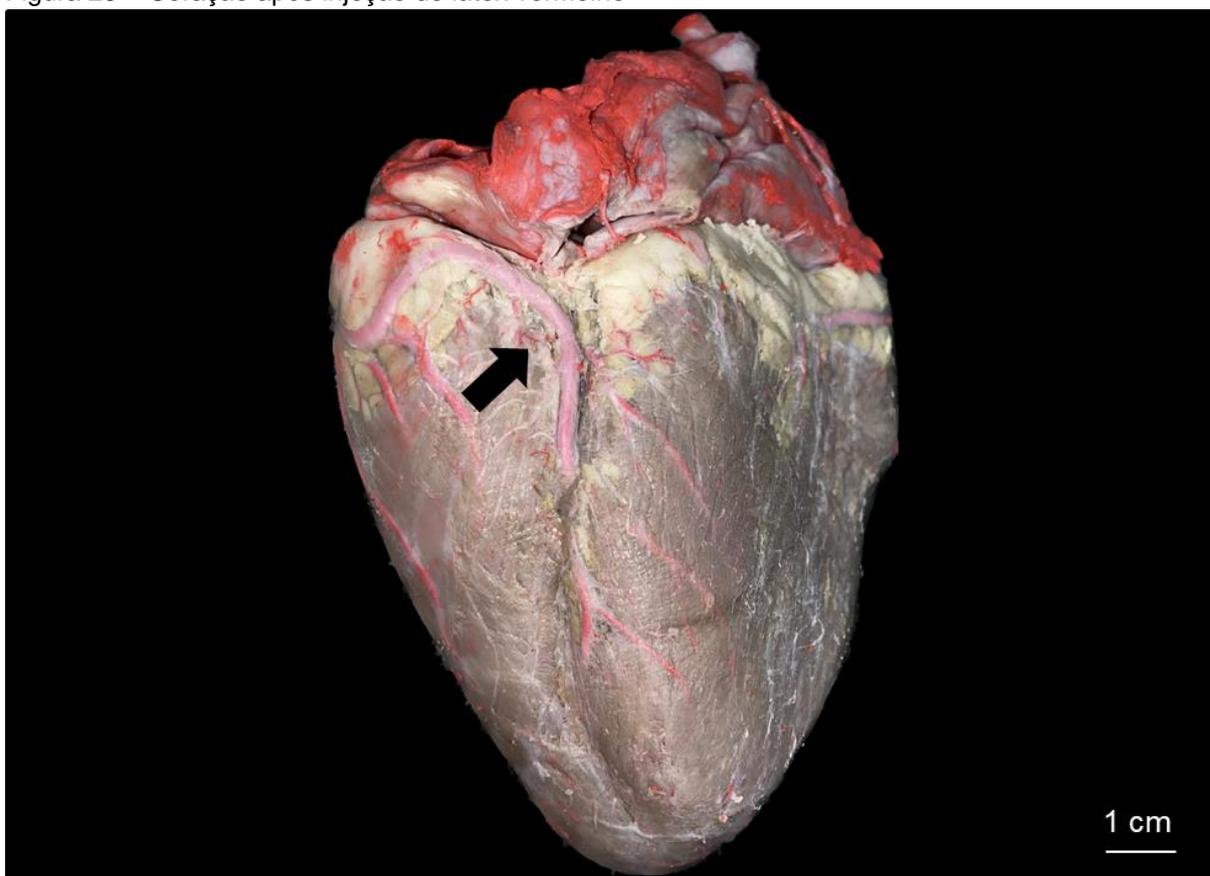
4.2.2.2 Injeção de látex e fixação

As artérias coronárias esquerda e direita foram submetidas à injeção de Neoprene Látex (Arte Cola ®) corado com pigmento vermelho (Wandalor). Os órgãos foram fixados por imersão em paraformaldeído a 4% durante 10 dias.

4.2.2.3 Dissecção

Passada a etapa de fixação, os corações injetados e fixados foram dissecados com cabo de bisturi nº 4, lâmina de bisturi nº 20, tesoura íris e pinça anatômica. A dissecção foi iniciada com a remoção do pericárdio seroso visceral, gordura e evidenciação do RlvS e sua relação com o miocárdio (**Figura 25**).

Figura 25 – Coração após injeção de látex vermelho



Fonte: Silva (2023).

Legenda: Vista lateral direita do coração. A seta indica o início do Ramo Interventricular Subsinoso.

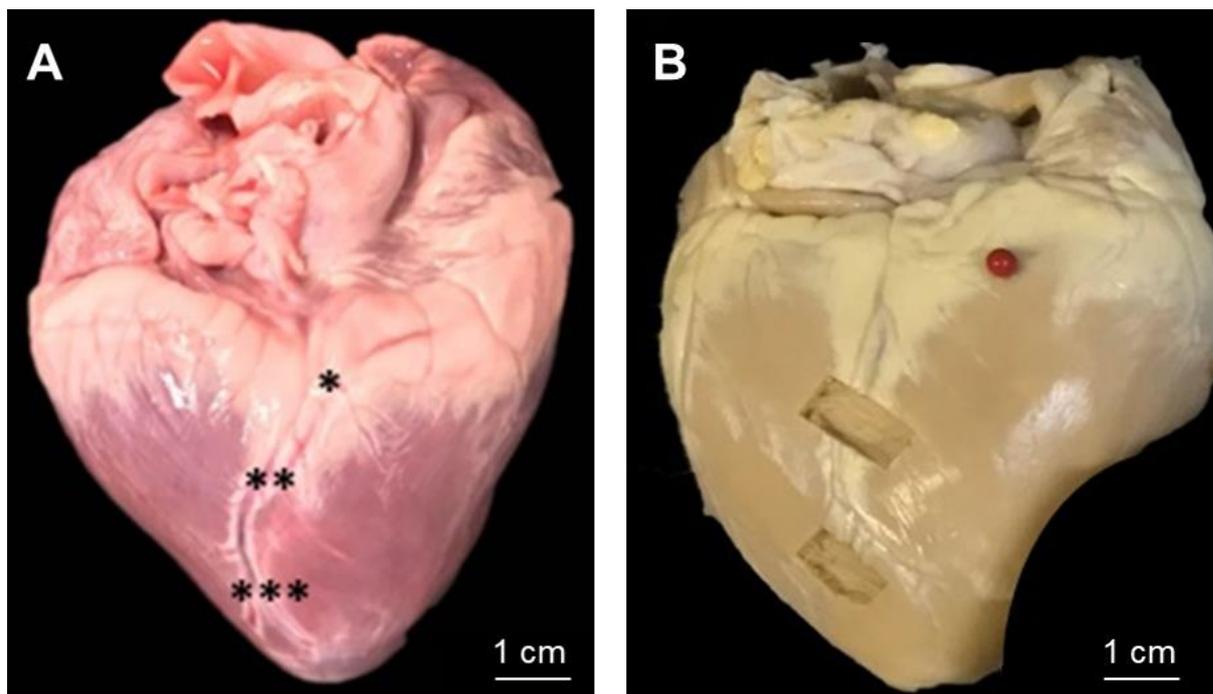
4.3 MICROSCOPIA

Foram utilizados 9 espécimes para o estudo microscópico da relação entre as PM e o RlvS: sete para as análises histológicas em colorações de Picrosirius, Tricrômio de Gomori, Weigert e Hematoxilina-Eosina; e dois para as análises ultraestruturais pela Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

4.3.1 MICROSCOPIA DE LUZ

Considerando-se a localização das PM sobre o RlvS estabelecidas topograficamente por BOMBONATO (1994) em dorsal, média e ventral, retirou-se as PM média e ventral, que foram devidamente identificadas a fim de serem processadas para a microscopia de luz (**Figura 26**).

Figura 26 – Representações topográficas das PM e pós-remoção das PM



Fonte: Silva (2023).

Legenda: Vista lateral direita do coração. **A.** Topografia da localização das PM dorsal (*), média (**) e ventral (***). **B.** Remoção das PM de um espécime com pontes média e ventral.

As PM foram coletadas e adicionadas em tubos individuais, distinguidos por tampas coloridas (**Figura 27**), os quais continham solução de paraformaldeído 4%. Os tubos representam as topografias (média e ventral) de cada espécime coletado, onde cada par de tubo identificado pela cor, representa um espécime utilizado.

Figura 27 – PM média e ventral coletadas individualmente



Fonte: Silva (2023).

Legenda: Pontes de miocárdio de topografias média e ventral coletadas e inseridas individualmente em tubos distintos, identificados por tampas coloridas (vermelho, azul, roxo, verde e amarelo).

Após coletadas, todas as PM foram submetidas ao processo rotineiro de histologia, sendo os cortes de 5 μ m realizados em um micrótomo (# RM2265, Leica - Nussloch, GE), e corados pelos métodos de Hematoxilina e Eosina (HE), Tricrômio de Gomori para fibras colágenas e fibras musculares, e Weigert para fibras elásticas (WEIGERT, 1898). Para a tipificação das fibras colágenas, foi aplicada a técnica do Picosirius analisada sob luz polarizada (JUNQUEIRA; BIGNOLAS; BRENTANI, 1979)¹.

¹ Microscópio Axioskop 40, programa AxionVision LE. Laboratório de Anatomia Funcional Aplicada a Clínica e a Cirurgia (LAFACC), Instituto de Ciências Biomédicas III, Universidade de São Paulo.

4.3.2 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

Para a análise sob MEV, foram utilizadas as pontes dorsal, média e ventral de dois espécimes. As amostras foram submetidas a solução fixadora Karnovsky Modificado por um período de 24 horas, em temperatura de 4°C. Em seguida, foi realizada a pós-fixação com tetróxido de ósmio 1% por duas horas. Posteriormente, as amostras foram lavadas com água destilada por três vezes antes do processo de desidratação em série crescente de álcoois (do 70% ao absoluto), para então serem submetidas ao ponto crítico², metalização com íons de ouro³ e análise em microscópio eletrônico de varredura⁴.

² Aparelho de ponto crítico CPD 020, Balzers Union. Centro Avançado em Diagnóstico por Imagem – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP.

³ Equipamento Emitec 14550. Centro Avançado em Diagnóstico por Imagem – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP.

⁴ Microscópio Eletrônico de Varredura Leo 435 VP. Centro Avançado em Diagnóstico por Imagem – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP.

5 RESULTADOS

As diferentes origens, orientações e inserções dos feixes de fibras do miocárdio, bem como a relação das pontes com o Ramo Interventricular Subsinoso (RlvS) em três situações topográficas (dorsal, média e ventral), serão descritas nos tópicos a seguir.

5.1 MACROSCOPIA

Nos estudos macroscópicos, as dissecções dos corações fixados, fervidos e injetados com látex vermelho permitiram verificar e estabelecer as camadas de miocárdio constituintes dos ventrículos esquerdo e direito; a proposição de um modelo didático para ensino e a evidência das PM com o RlvS por meio de sua trajetória vascular nos planos musculares dos ventrículos.

5.1.1 ANÉIS FIBROSOS – Origem das Camadas Ventriculares do Coração

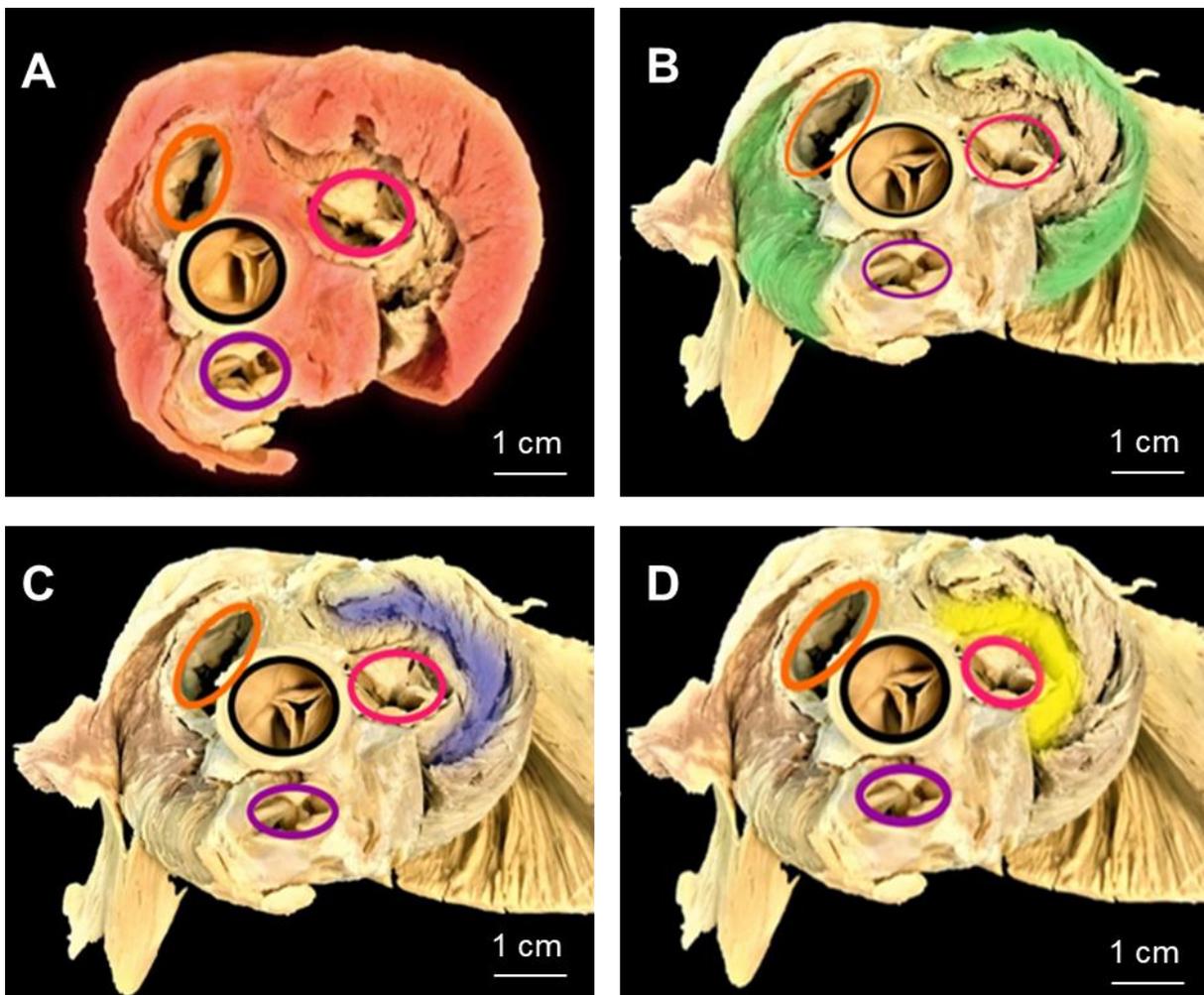
Os anéis fibrosos do óstio atrioventricular direito, da aorta e do tronco pulmonar, são as estruturas de suporte para os centros tendíneos das 3 camadas do miocárdio constituintes do VD, enquanto que os anéis fibrosos do óstio atrioventricular esquerdo e aórtico são a base de apoio para os centros tendíneos das 4 camadas que compõem o ventrículo esquerdo.

Desta forma, as **camadas externas dos ventrículos**, formadas respectivamente pelos primeiros planos musculares do VD e VE, se originam dos quatro anéis fibrosos (**Figura 28 – A**); as **camadas médias dos ventrículos**, em cursos oblíquos, surgem dos anéis fibrosos do óstio atrioventricular esquerdo e aórtico (VE), e pulmonar, aórtico e óstio atrioventricular direito (VD) (**Figura 28 – B**).

Após a sua origem no anel fibroso do óstio atrioventricular esquerdo, as fibras constituintes da **camada interna do ventrículo esquerdo**, se direcionam obliquamente desde a base até a margem do coração. São essas fibras que constituem pelo lado esquerdo do órgão, o primeiro plano do vórtex cardíaco (**Figura 28 – C**). A origem das fibras da **camada septal cilíndrica** ocorre transversalmente no anel fibroso do óstio atrioventricular esquerdo. Após uma curta inclinação no sentido longitudinal em direção ao ápice do coração, essas fibras se aprofundam e assumem

um trajeto circular, o que determina a forma cilíndrica do ventrículo esquerdo; tais fibras constituem o primeiro plano do vórtex cardíaco (**Figura 28 – D**).

Figura 28 – Base cardíaca evidenciando as origens das camadas ventriculares

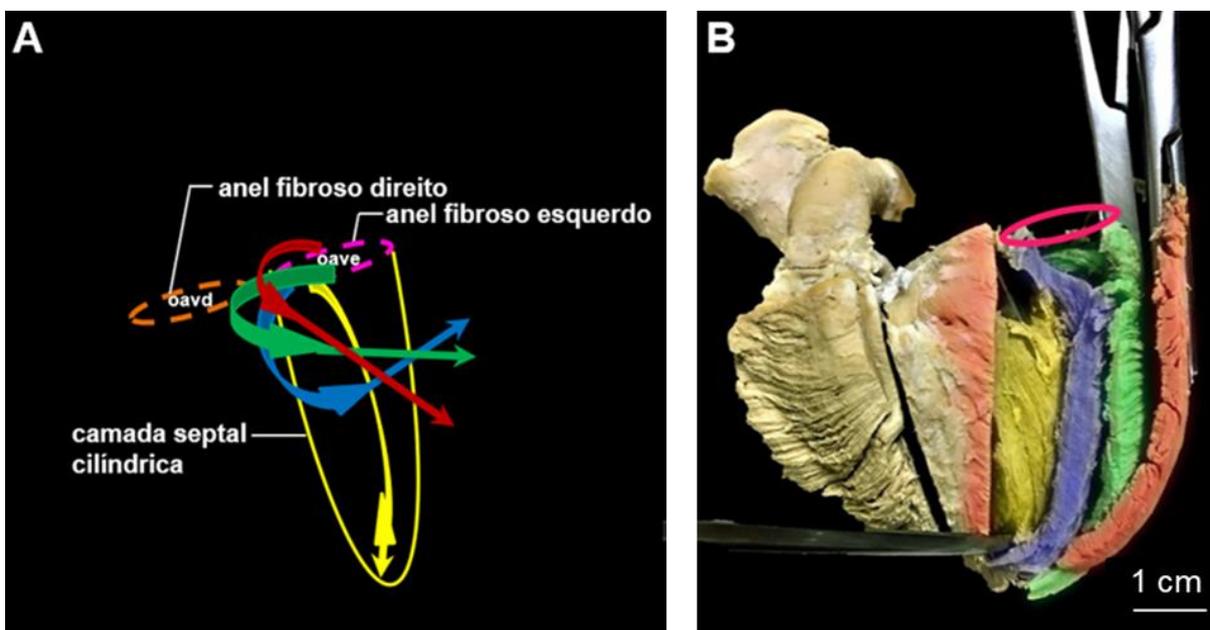


Fonte: Silva (2023).

Legenda: **A, B, C e D** – Vista cranial da base dos Ventrículos Esquerdo (VE) e Direito (VD). **A e B**. Camadas externas (vermelho) e médias (verde) dos VD e VE, com origem nos anéis fibrosos aórtico (preto), pulmonar (roxo) e dos óstios atrioventriculares esquerdo (rosa) e direito (laranja). **C e D**. Camada interna do ventrículo (azul) e septal cilíndrica do VE (amarelo) com origem no anel fibroso do óstio atrioventricular esquerdo.

A **camada septal cilíndrica**, desenvolvida geometricamente como um cilindro, configura o ventrículo esquerdo, e mantém o suporte para os planos consecutivos, os quais o envolvem em sentidos distintos (**Figura 29**).

Figura 29 – Os anéis fibrosos e a camada septal cilíndrica



Fonte: Silva (2023).

Legenda: **A**. Desenho esquemático dos anéis fibrosos, da camada septal cilíndrica e das origens e orientações dos feixes musculares das camadas do ventrículo esquerdo; **oavd** – óstio atrioventricular direito; **oave** – óstio atrioventricular esquerdo. As bases das setas preenchidas representam as origens das fibras musculares, e as pontas indicam as direções e sentidos das mesmas. **B**. Vista lateral esquerda do coração seccionado, evidenciando seus planos musculares. A elipse rosa na base cardíaca representa o anel fibroso esquerdo. **A e B**. Em vermelho: **ceve** – camada externa do ventrículo esquerdo; em verde: **cmve** – camada média do ventrículo esquerdo; em azul: **cive** – camada interna do ventrículo esquerdo; e em amarelo: **csc** – camada septal cilíndrica.

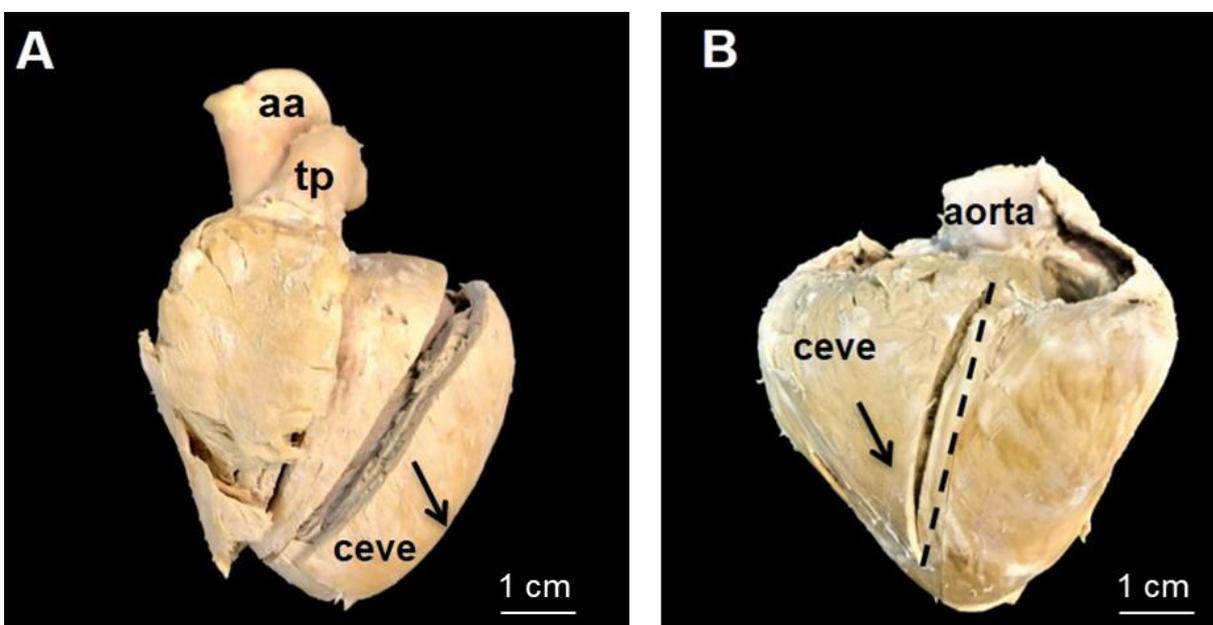
5.1.2 ESTRATIGRAFIA DO VENTRÍCULO ESQUERDO

As camadas do ventrículo esquerdo estão relacionadas ao septo interventricular, região onde os planos musculares se inserem. As descrições a seguir serão realizadas de acordo com a relação estratigráfica das camadas externas às camadas internas do coração.

5.1.2.1 Camada Externa do Ventrículo Esquerdo (CEVE)

A **camada externa do ventrículo esquerdo** demonstrou fibras musculares que se originam dos anéis fibrosos dos óstios atrioventriculares esquerdo e direito, aórtico e pulmonar, em direção e sentido espiralado, até seguirem caudodorsalmente, em direção e sentido oblíquo, para o septo interventricular. Mais caudalmente, os feixes se direcionam até o vórtex para compor externamente e em último plano estratigráfico, o ápice do coração (**Figura 30**).

Figura 30 – Camada externa do ventrículo esquerdo



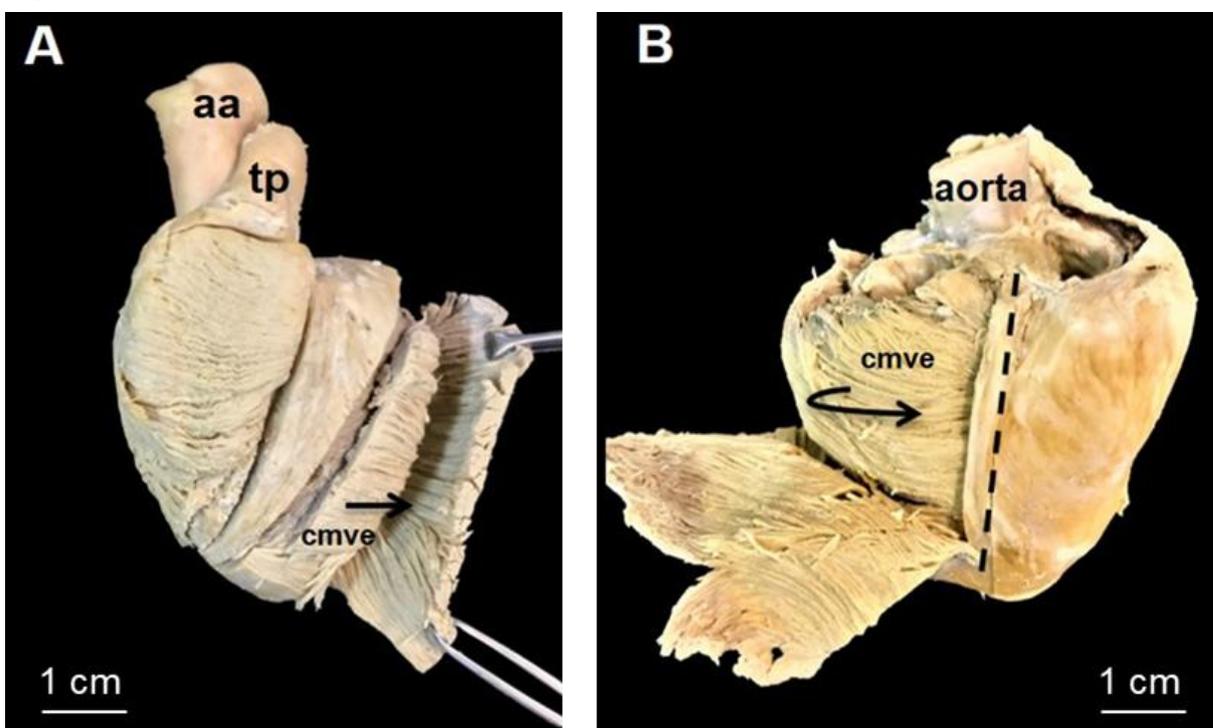
Fonte: Silva (2023).

Legenda: **A**. Vista lateral esquerda do coração. A seta indica a direção e o sentido das fibras musculares da camada externa do ventrículo esquerdo (**ceve**); **aa** – arco aórtico; **tp** – tronco pulmonar. **B**. Vista lateral direita do coração. A seta indica a direção e o sentido das fibras musculares da **ceve** até o septo interventricular, topograficamente representado pela linha preta pontilhada.

5.1.2.2 Camada Média do Ventrículo Esquerdo (CMVE)

A **camada média do ventrículo esquerdo** possui fibras miocárdicas com sentido transversal em relação do septo interventricular. As mesmas se originam do anéis fibrosos que compõe o óstio atrioventricular esquerdo e aórtico, e se direcionam, através de feixes, toda a extensão do plano estratigráfico situado logo abaixo dela: a **camada interna**; as fibras se destinam ao septo interventricular do antímero direito, onde terminam em ângulo reto (**Figura 31**).

Figura 31 – Camada média do ventrículo esquerdo



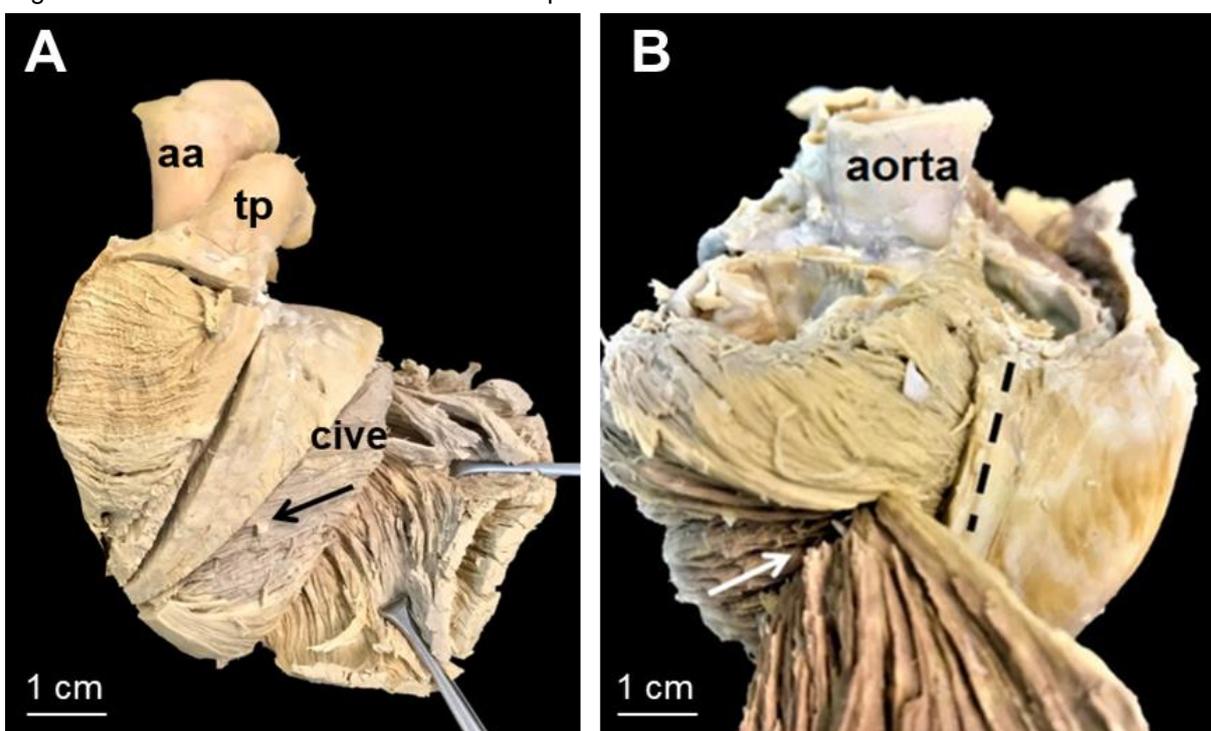
Fonte: Silva (2023).

Legenda: **A**. Vista lateral esquerda do coração. A seta indica a direção e o sentido das fibras musculares da camada média do ventrículo esquerdo (**cmve**); **aa** – arco aórtico; **tp** – tronco pulmonar. **B**. Vista lateral direita do coração. A seta curva representa a direção e o sentido das fibras musculares da **cmve** até o septo interventricular, topograficamente representado pela linha preta pontilhada.

5.1.2.3 Camada Interna do Ventrículo Esquerdo (CIVE)

A **camada interna do ventrículo esquerdo** possui fibras musculares com cursos oblíquos em direção ao septo interventricular, pelo lado direito, e também ao vórtex do coração. As fibras, a partir da sua origem no anel fibroso do óstio atrioventricular esquerdo, insurgem em trajetórias inclinadas, formando angulações de 30° a 45° em relação a circunferência do óstio atrioventricular esquerdo (**Figura 32**).

Figura 32 – Camada interna do ventrículo esquerdo



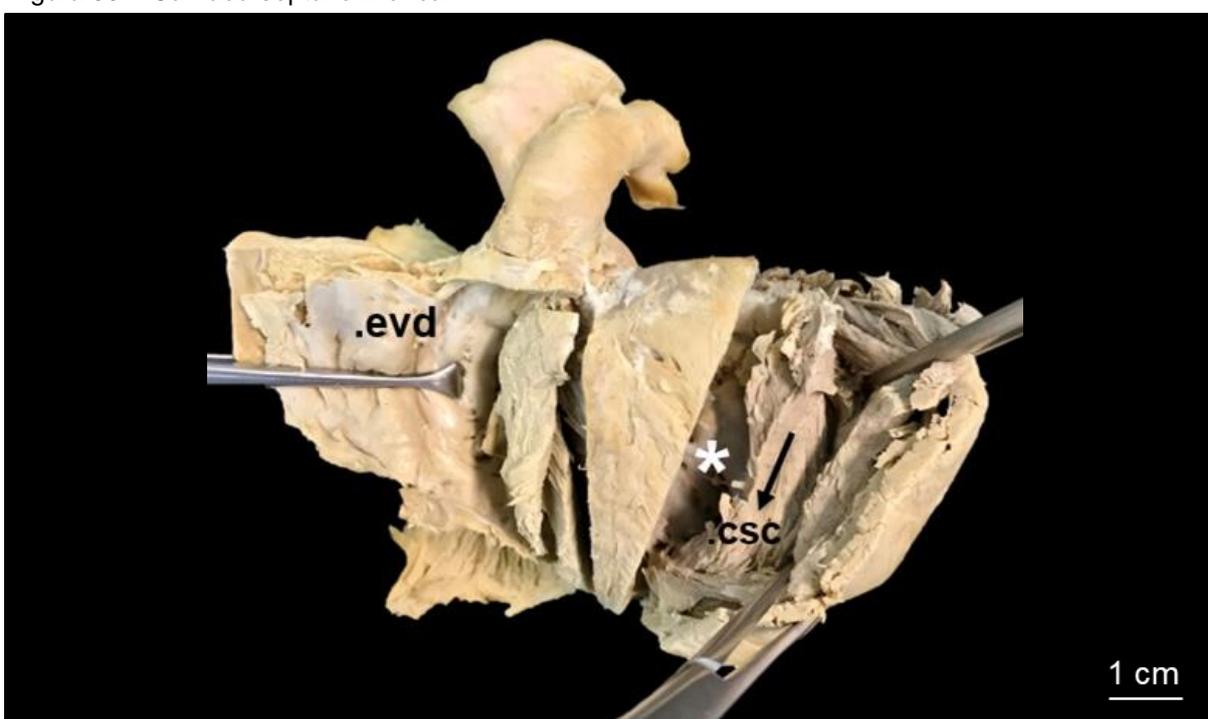
Fonte: Silva (2023).

Legenda: **A**. Vista lateral esquerda do coração. A seta preta indica a direção e o sentido das fibras musculares da camada interna do ventrículo esquerdo (**cive**); **aa** – arco aórtico; **tp** – tronco pulmonar. **B**. Vista lateral direita do coração. A seta branca indica a direção e o sentido das fibras musculares da **cive** até o septo interventricular, o qual está topograficamente representado pela linha preta pontilhada.

5.1.2.4 Camada Septal Cilíndrica (CSC)

Por fim, a **camada septal cilíndrica** é constituída por fibras musculares que seguem em sentido longitudinal, em uma angulação praticamente reta em relação a base do coração. Essa camada se origina no anel fibroso do óstio atrioventricular esquerdo, internamente, e segue em direção ao vórtex cardíaco, onde termina; ela também compõe o primeiro revestimento do ventrículo esquerdo, antes da sobreposição da **camada interna**; participando da formação do lado esquerdo do septo interventricular (**Figura 33**).

Figura 33 – Camada septal cilíndrica

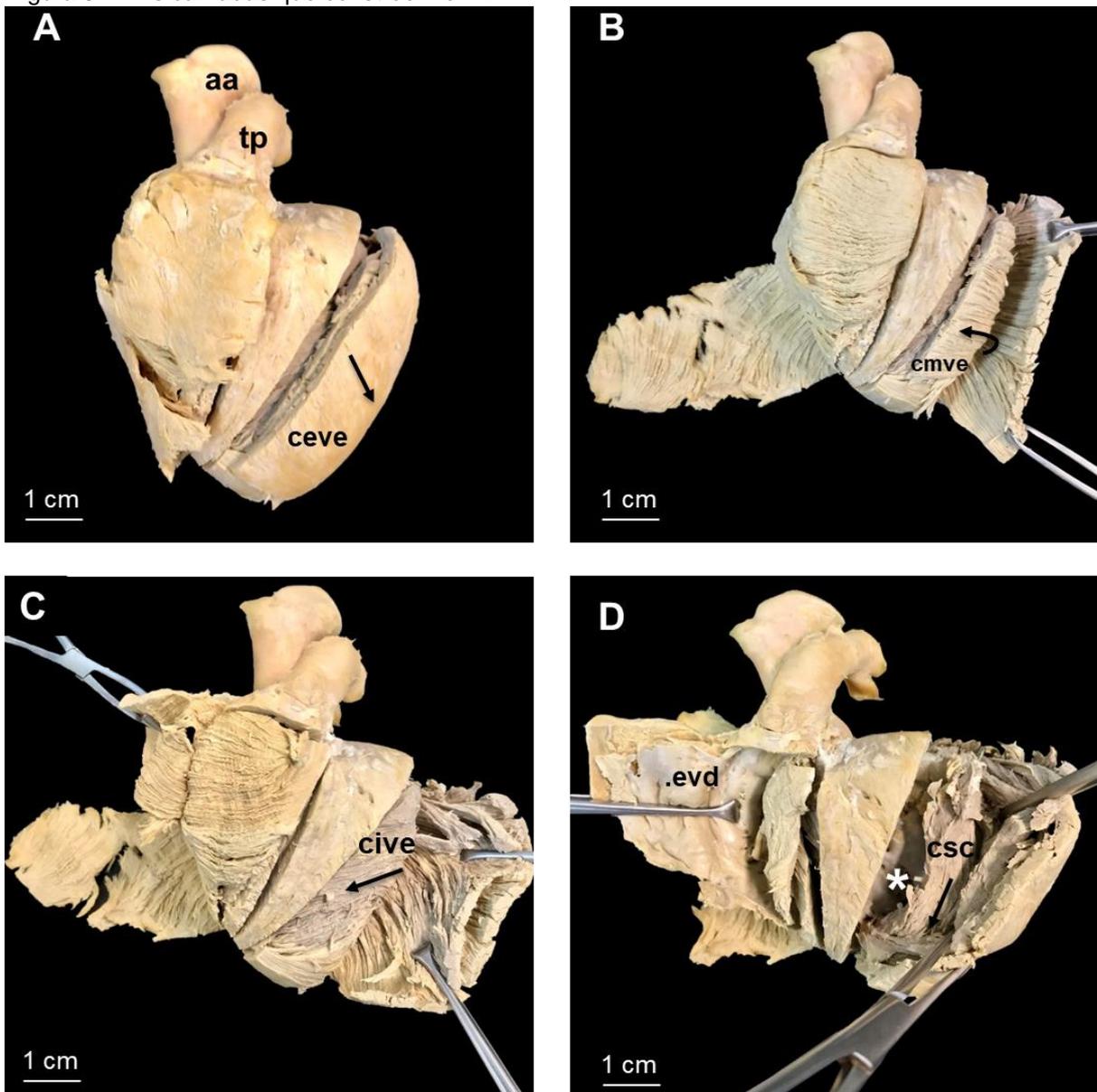


Fonte: Silva (2023).

Legenda: Vista lateral esquerda do coração. A seta indica a direção e o sentido das fibras musculares da camada septal cilíndrica (**csc**) do ventrículo esquerdo; **evd** – endocárdio do ventrículo direito; o asterisco (*) aponta o endocárdio do ventrículo esquerdo.

A estratigrafia do VE apresentou a composição de 4 camadas, identificadas pelas diferentes trajetórias das fibras representadas em cada uma delas (**Figura 34**).

Figura 34 – As camadas que constroem o VE



Fonte: Silva (2023).

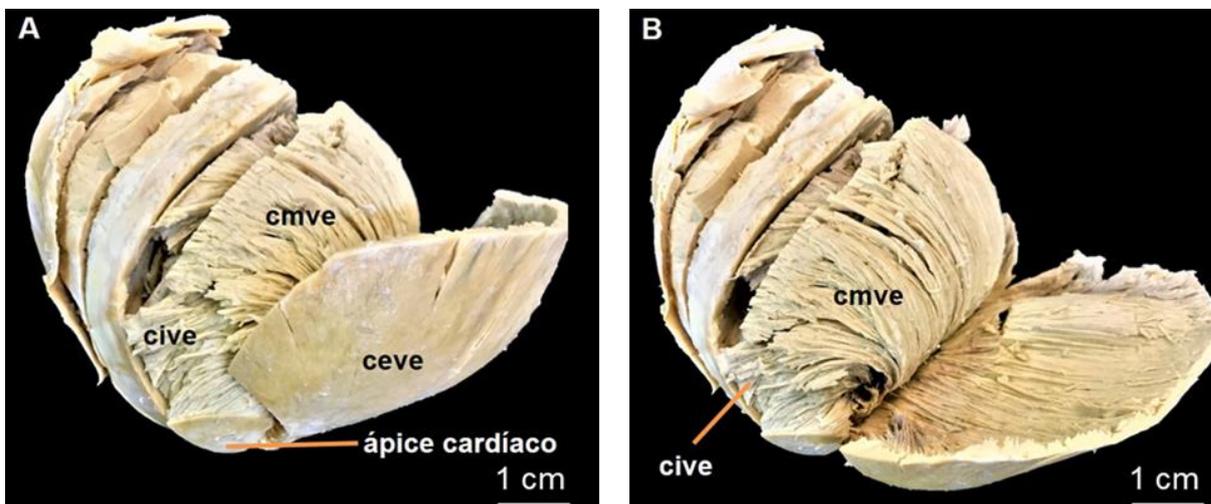
Legenda: **A, B, C e D.** Vista lateral esquerda. **A.** Seta: orientação das fibras da **ceve**; **aa** – arco aórtico; **tp** – tronco pulmonar. **B.** Seta: orientação das fibras da **cmve**. **C.** Seta: orientação das fibras da **cive**. **D.** Seta: orientação das fibras da **csc**; **evd** – endocárdio do VD; asterisco (*): endocárdio do VE.

5.1.2.5 Vórtex e Ápice do Coração

O vórtex do coração é construído a partir das 4 camadas do VE. A **camada septal cilíndrica**, que ao atingir a parte mais caudal do órgão, se retorce e promove a base vorticial. A **camada interna do ventrículo esquerdo** será o segundo plano a

envolver o vórtex cardíaco, seguido pela **camada média do ventrículo esquerdo** e, finalmente, pela **camada externa do ventrículo esquerdo**, que externamente desenvolve o ápice do coração (**Figura 35 e Figura 36**).

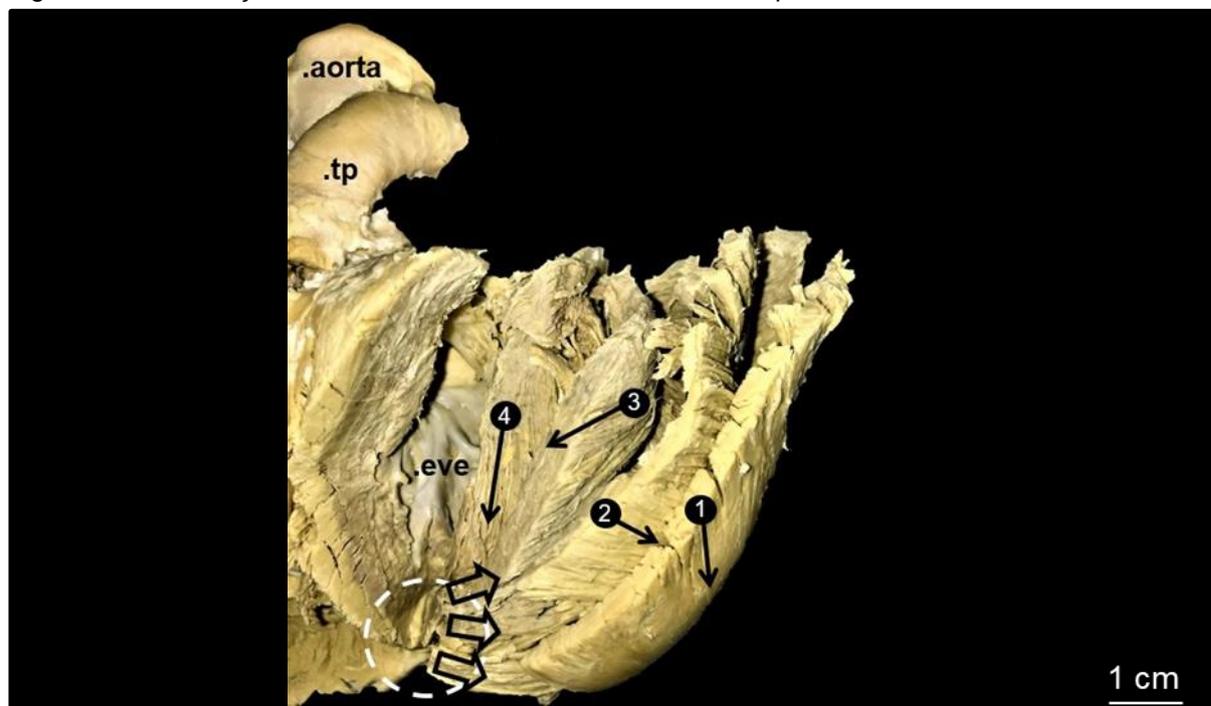
Figura 35 – Vórtex e ápice do coração



Fonte: Silva (2023).

Legenda: **A e B**. Vista lateral esquerda. **A**. Representação das **ceve**, **cmve** e **cive**, em sentido helicoidal para formar o vórtex e ápice cardíaco. **B**. A **ceve** foi rebatida.

Figura 36 – Orientações das fibras miocárdicas do ventrículo esquerdo



Fonte: Silva (2023).

Legenda: Vista lateral esquerda do coração, seccionado em seus planos musculares. As setas numeradas indicam a direção e o sentido das fibras miocárdicas das camadas do ventrículo esquerdo, onde a seta 1 representa a camada externa, a seta 2 a média, a seta 3 a interna e a seta 4 a septal cilíndrica. As setas sem preenchimento evidenciam a parte final dos feixes, na região de confluência das fibras para compor o vórtex cardíaco, representado pela circunferência tracejada; **.tp** – tronco pulmonar; **.eve** – endocárdio do VE.

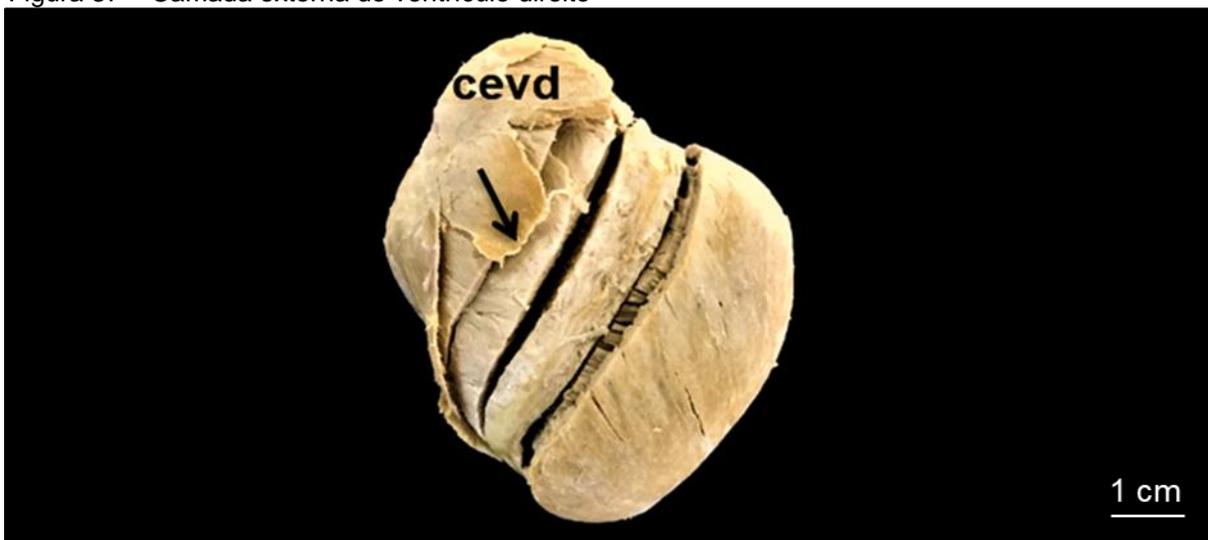
5.1.3 ESTRATIGRAFIA DO VENTRÍCULO DIREITO

A descrição a seguir será a partir da camada mais externa do ventrículo direito, obedecendo o plano estratigráfico de externa para internamente; e a configuração da parede septal do ventrículo direito.

5.1.3.1 Camada Externa do Ventrículo Direito (CEVD)

A **camada externa do ventrículo direito** apresentou fibras musculares com orientação oblíqua, principiando-se dos anéis fibrosos dos óstios atrioventriculares direito e esquerdo, aórtico e pulmonar, e seguindo em direção ao septo interventricular esquerdo, onde se inserem. As fibras deram continuidade, em termos de direção e sentido, às fibras da **camada externa do ventrículo esquerdo (Figura 37)**.

Figura 37 – Camada externa do ventrículo direito



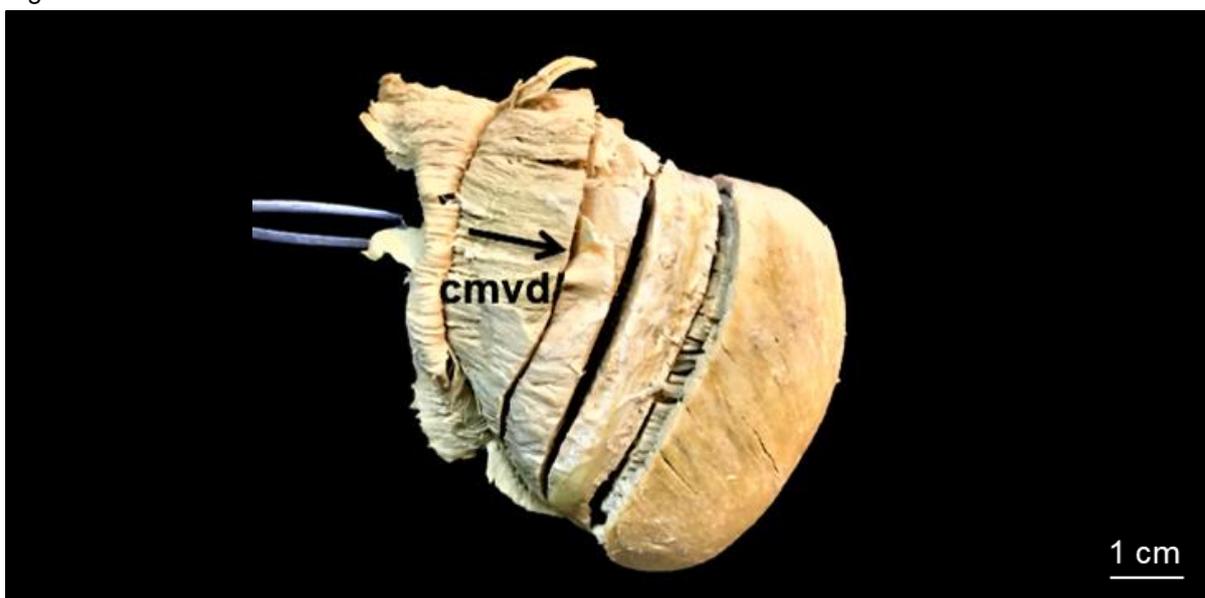
Fonte: Silva (2023).

Legenda: Vista lateral esquerda do coração. A seta indica a direção e o sentido das fibras musculares da camada externa do ventrículo direito (**cevd**), até ao septo interventricular.

5.1.3.2 Camada Média do Ventrículo Direito (CMVD)

As fibras da **camada média** obedeceram trajetórias transversais; elas se mostram mais inclinadas cranialmente em relação a **camada externa**, e também com direção e sentido semelhante a **camada média do ventrículo esquerdo**. Os feixes se originam dos anéis fibrosos do óstio atrioventricular direito, aórtico e tronco pulmonar, e se direcionam até o antímero direito do septo interventricular (**Figura 38**).

Figura 38 – Camada média do ventrículo direito



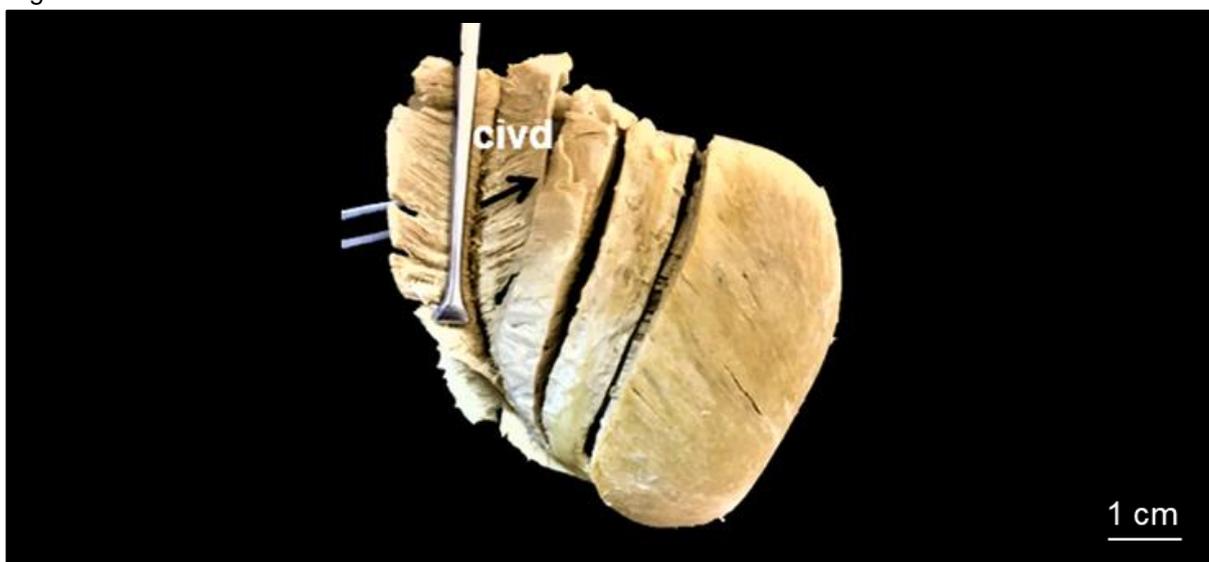
Fonte: Silva (2023).

Legenda: Vista lateral esquerda do coração. A seta indica a direção e o sentido das fibras musculares da camada média do ventrículo direito (**cmvd**), até o septo interventricular.

5.1.3.3 Camada Interna do Ventrículo Direito (CIVD)

A **camada interna do ventrículo direito** denunciou fibras musculares em cursos oblíquos, em destino ao septo interventricular. A inclinação dos feixes é ainda mais cranial do que os feixes da **camada média**. Assim como a **camada interna do ventrículo esquerdo**, as fibras se originam em angulações compreendidas entre 30° e 45°, até continuarem e concluírem, craniodorsalmente, a parede interna da cavidade ventricular direita (**Figura 39**).

Figura 39 – Camada interna do ventrículo direito



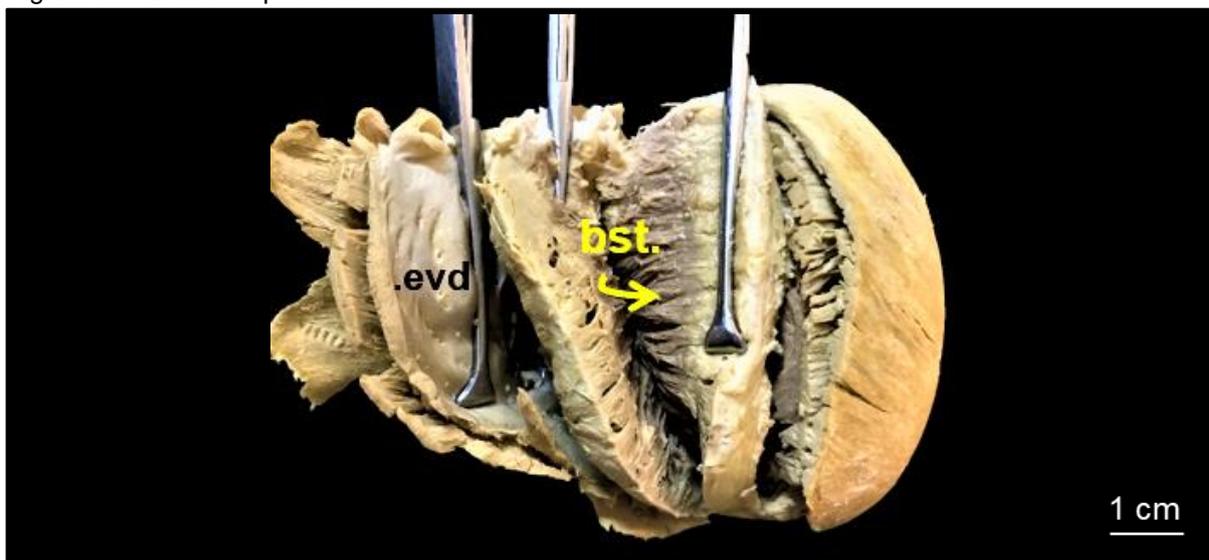
Fonte: Silva (2023).

Legenda: Vista lateral esquerda do coração. A seta indica a direção e o sentido das fibras musculares da camada interna do ventrículo direito (**civd**), até o septo interventricular.

5.1.3.4 Banda Septal Transversa (BST)

A composição do septo interventricular do ventrículo direito, apresentou uma banda muscular com orientação transversal, semelhante ao que foi relatado nas **camadas médias dos ventrículos esquerdo e direito**. Os feixes musculares adentram o septo formando angulações de 90° com a parede (**Figura 40**).

Figura 40 – Banda septal transversa

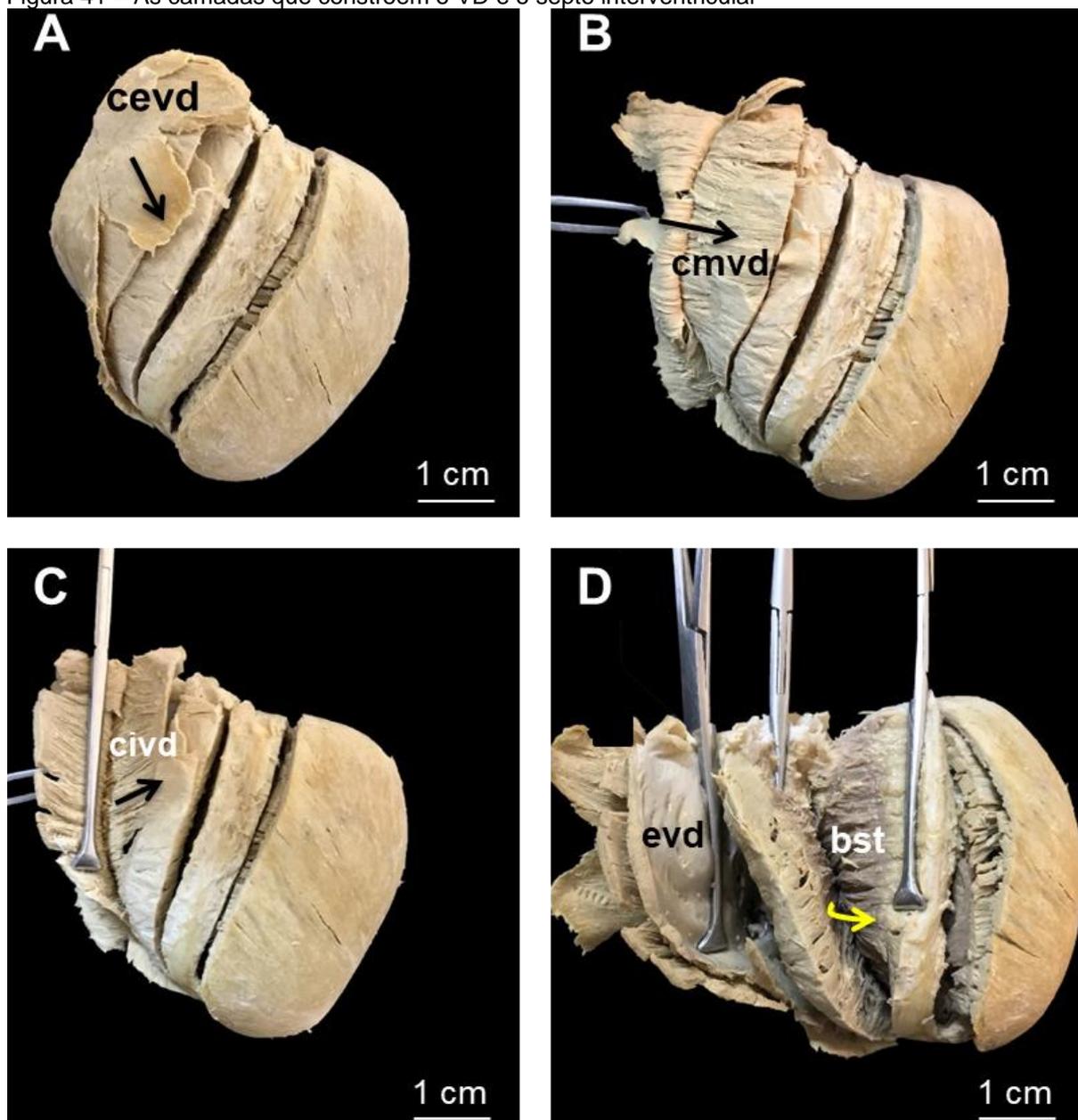


Fonte: Silva (2023).

Legenda: Vista lateral esquerda do coração, seccionado. A seta indica a direção e o sentido das fibras musculares da banda septal transversa (**bst**); **evd** – endocárdio do ventrículo direito.

A estratigrafia do VD apresentou a composição de 3 camadas muito mais delgadas quando comparadas as do VE; elas foram identificadas pelas diferentes trajetórias das fibras representadas (**Figura 41 – A, B e C**). A parede septal dos ventrículos, pelo lado direito, demonstrou fibras em direção e sentido transversais (**Figura 41 – D**).

Figura 41 – As camadas que constroem o VD e o septo interventricular



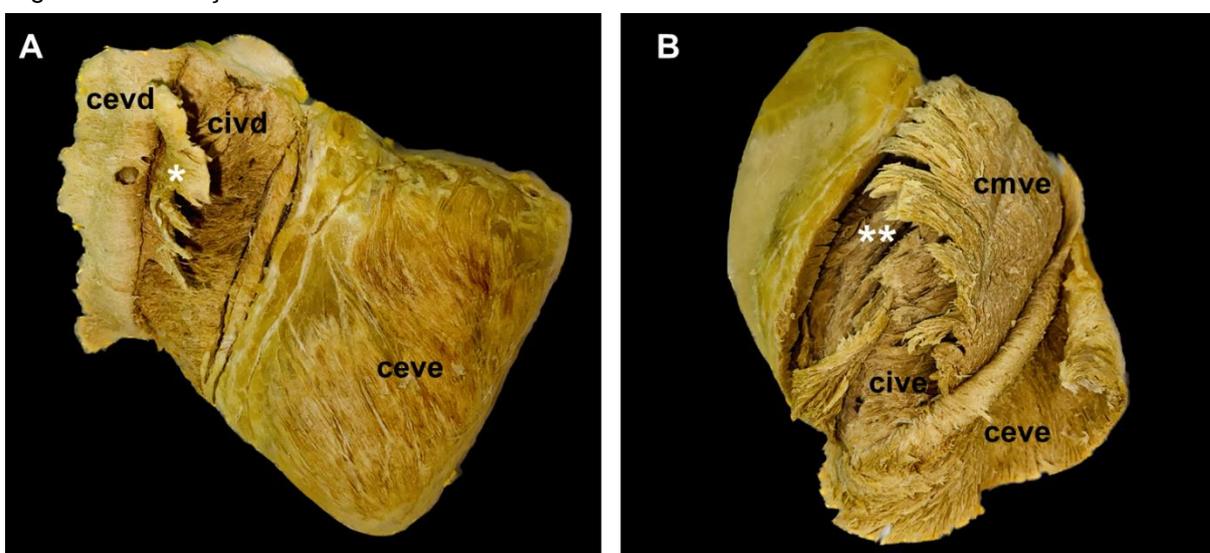
Fonte: Silva (2023).

Legenda: **A, B, C e D**. Vista lateral esquerda. **A**. Seta: orientação das fibras da **cevd**. **B**. Seta: orientação das fibras da **cmvd**. **C**. Seta: orientação das fibras da **cive**. **D**. Seta: orientação das fibras da **bst**; **evd** – endocárdio do VD.

5.1.4 MODELO DIDÁTICO PARA ENSINO

Após o método de congelamento, os corações desidratados tornaram-se peças anatômicas livre de agentes tóxicos e independentes de preservação em soluções (formaldeído, glicerina, solução salina etc). As camadas de miocárdio permaneceram na posição anatômica de interesse, permitindo a identificação para explanação e aprendizado (**Figura 42**).

Figura 42 – Corações como modelo didático



Fonte: Silva (2023).

Legenda: **A** e **B**. Vista lateral esquerda dos corações, após o método de congelamento, com as camadas ventriculares rebatidas. **A**. O modelo apresenta as três camadas que constroem o ventrículo direito; **cevd** – camada externa do ventrículo direito, rebatida; o asterisco (*) indica a **cmvd** – camada média do ventrículo direito, rebatida; **civd** – camada interna do ventrículo direito; e **ceve** – camada externa do ventrículo esquerdo. **B**. O modelo didático representa as quatro camadas que formam o ventrículo esquerdo; **ceve** – camada externa do ventrículo esquerdo, rebatida; **cmve** – camada média do ventrículo esquerdo, rebatida; **cive** – camada interna do ventrículo esquerdo; os asteriscos (**) indicam a camada septal cilíndrica (**csc**).

5.1.5 PM SOBRE O RIVS

Os corações revelaram PM distribuídas nas topografias dorsal, média e ventral, sobre o Ramo Interventricular Subsinoso (RIVS). Os dados, expressos em porcentagem, na **Tabela 1**, foram estabelecidos conforme a incidência de PM nos corações estudados macro e microscopicamente.

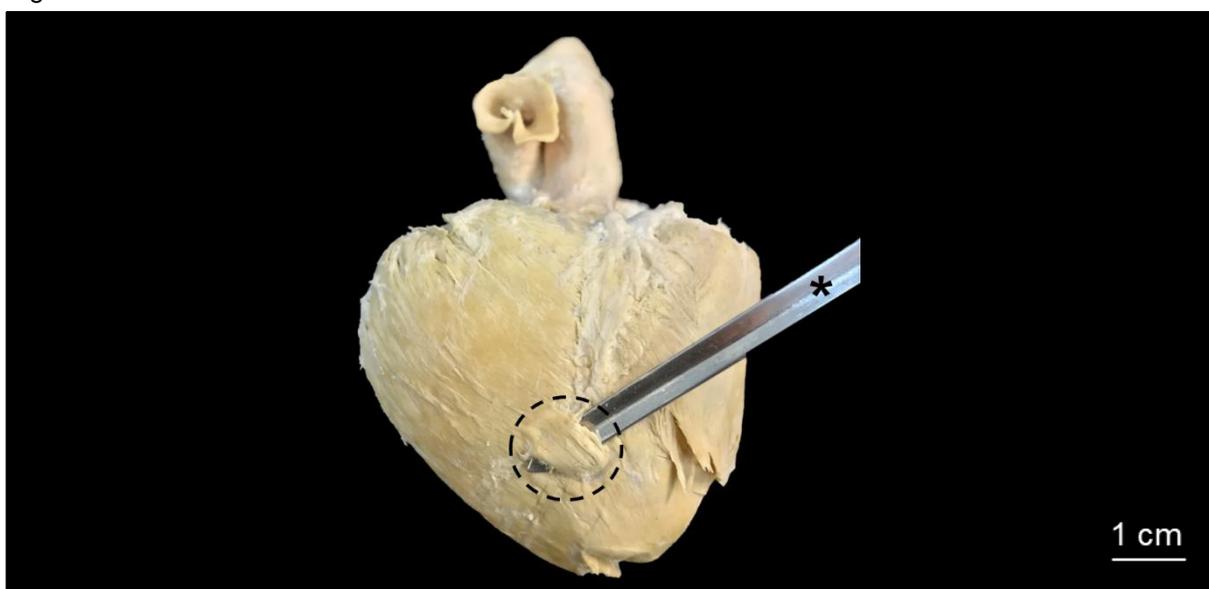
Tabela 1 – Análise quantitativa da presença de Pontes de Miocárdio sobre o Ramo Interventricular Subsinoso nos estudos macro e microscópicos dos corações

PRESENÇA DAS PONTES DE MIOCÁRDIO SOBRE O RAMO INTERVENTRICULAR SUBSINUOSO			
Corações utilizados	Corações com Pontes de Miocárdio (PM)		
20 (100%)	13 (65%)		
PM Dorsais (PMd)	Corações (macroscopia)	Corações (microscopia de luz e MEV)	
	2	1	
Total (PMd)	3 (13,65%)		
PM Médias (PMm)	Corações (macroscopia)	Corações (microscopia de luz)	Corações (MEV)
	3	6	1
Total (PMm)	10 (45,45%)		
PM Ventrais (PMv)	Corações (macroscopia)	Corações (microscopia de luz)	Corações (MEV)
	2	6	1
Total (PMv)	9 (40,9%)		
Total de PM	22 (100%)		

Fonte: Silva (2023).

A artéria coronária direita, na formação dos Ramos Circunflexo e Interventricular Subsinoso, se mostraram envolvidas no plano muscular, em boa parte de sua extensão. Houveram situações onde o plano muscular projetava um pequeno feixe de fibras que transpassava o ramo vascular, em topografia ventral (**Figura 43**), com pontes bem distintas, em topografia dorsal e média (**Figura 44**) e também ocorreram circunstâncias onde o ramo estava completamente encoberto por musculatura (**Figura 45**).

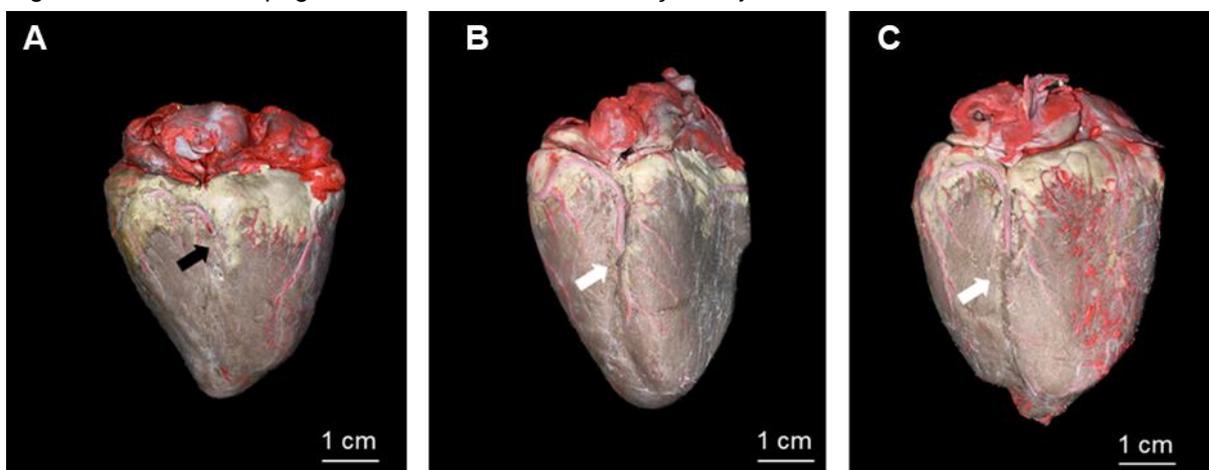
Figura 43 – PM ventral sobre o RlvS



Fonte: Silva (2023).

Legenda: Vista lateral direita do coração. O asterisco (*) indica uma tentacânula suspendendo uma ponte de miocárdio em topografia ventral, representada pelo traçado em circunferência.

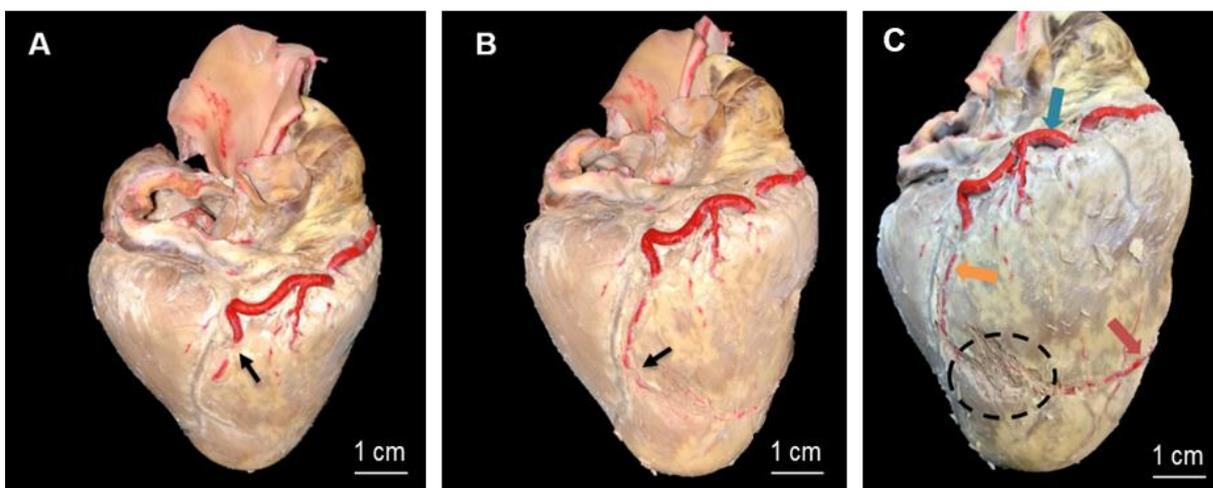
Figura 44 – PM em topografia dorsal e média nos corações injetados com látex



Fonte: Silva (2023).

Legenda: **A**, **B** e **C**. Vista lateral direita dos corações. **A**. A seta preta indica a ponte de miocárdio em topografia dorsal. **B** e **C**. As setas brancas indicam as pontes de miocárdio em topografia média.

Figura 45 – Trajetória do RlvS nos planos musculares



Fonte: Silva (2023).

Legenda: **A**, **B** e **C**. Vista lateral direita do coração. **A**. A seta indica uma ponte de miocárdio em topografia dorsal. **B**. A seta indica uma ponte de miocárdio em topografia ventral. **C**. A seta azul aponta o ramo circunflexo da artéria coronária direita; a seta laranja indica o Ramo Interventricular Subsinuoso (RlvS); a seta vermelha representa a parte final do Ramo Interventricular Paraconal da artéria coronária esquerda e sua anastomose com o RlvS indicado pela elipse tracejada. Notar, de **A** a **C**, a trajetória vascular do RlvS em profundidade ao longo da musculatura cardíaca.

Os espécimes injetados ilustraram a grande ocorrência de PM ao longo do RlvS. O curso vascular encontrou-se, em quase sua totalidade, submerso em musculatura. A exposição do RlvS foi realizada graças a dissecção por avulsão do miocárdio, permitindo a visualização das artérias em sua integridade. Os aspectos macroscópicos indicaram que os feixes de fibras musculares transpassados sobre o RlvS são compostos pelas **camadas externas dos ventrículos esquerdo e direito**.

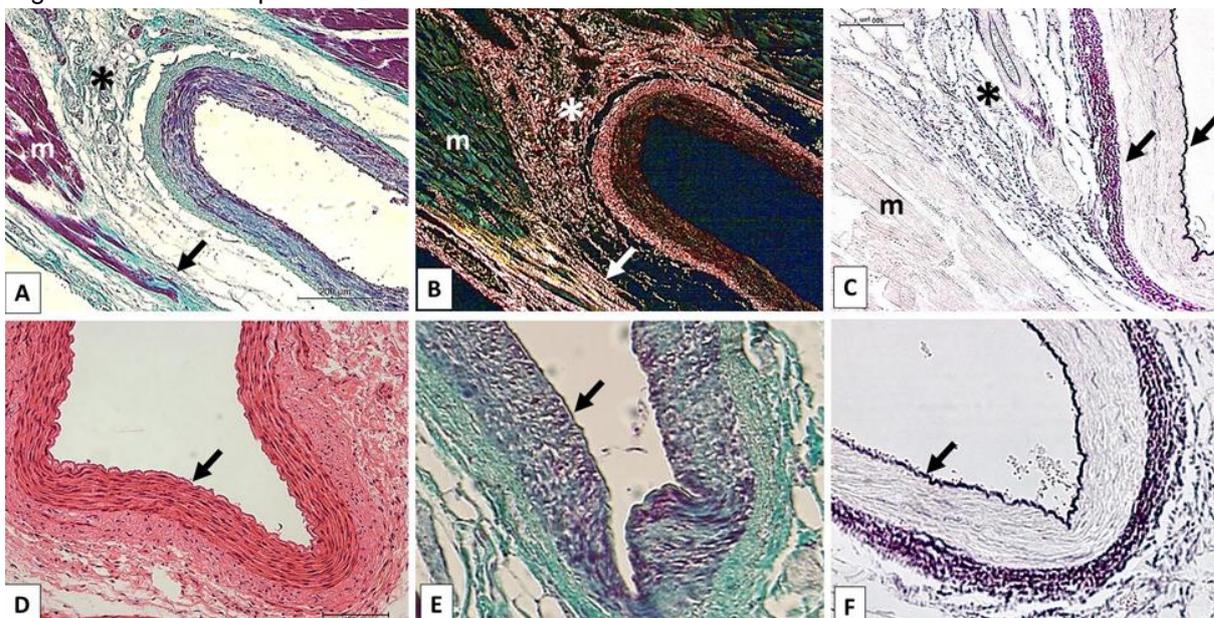
5.2 MICROSCOPIA

Os aspectos estruturais com o uso de Microscopia de Luz (ML) e ultraestruturais, sob Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) foram avaliados conjuntamente nas **PM dorsais, médias e ventrais**, com o intuito de verificar a relação do tecido conjuntivo com a parte subpontina do vaso, bem como o aspecto da túnica íntima desse segmento.

Inicialmente observou-se que a quantidade das fibras de tecido conjuntivo interposta entre a PM e o vaso, tanto colágenas (do tipo I) quanto elásticas, era variável de acordo com a profundidade do segmento subpontino, constituindo-se numa espécie de coxim nos casos mais superficiais (**Figuras 46 – A-C e Figura 47 – A**). Nas PM profundas, observou-se no estreito espaço entre o vaso e a ponte delgadas trabéculas de tecido conjuntivo inseridas na adventícia do segmento subpontino, semelhante ao que ocorre entre o epicárdio e as artérias coronárias livres de PM (**Figura 47 – B e C**).

Quanto aos dois parâmetros estabelecidos, em todos os grupos verificou-se que a túnica íntima se manteve íntegra. Da mesma forma, as fibras de tecido conjuntivo dos feixes de miocárdio constituintes das PM não apresentaram relações com a túnica adventícia do segmento subpontino de nenhum grupo, independentemente da espessura da camada e da profundidade do vaso (**Figura 46 – D-F**).

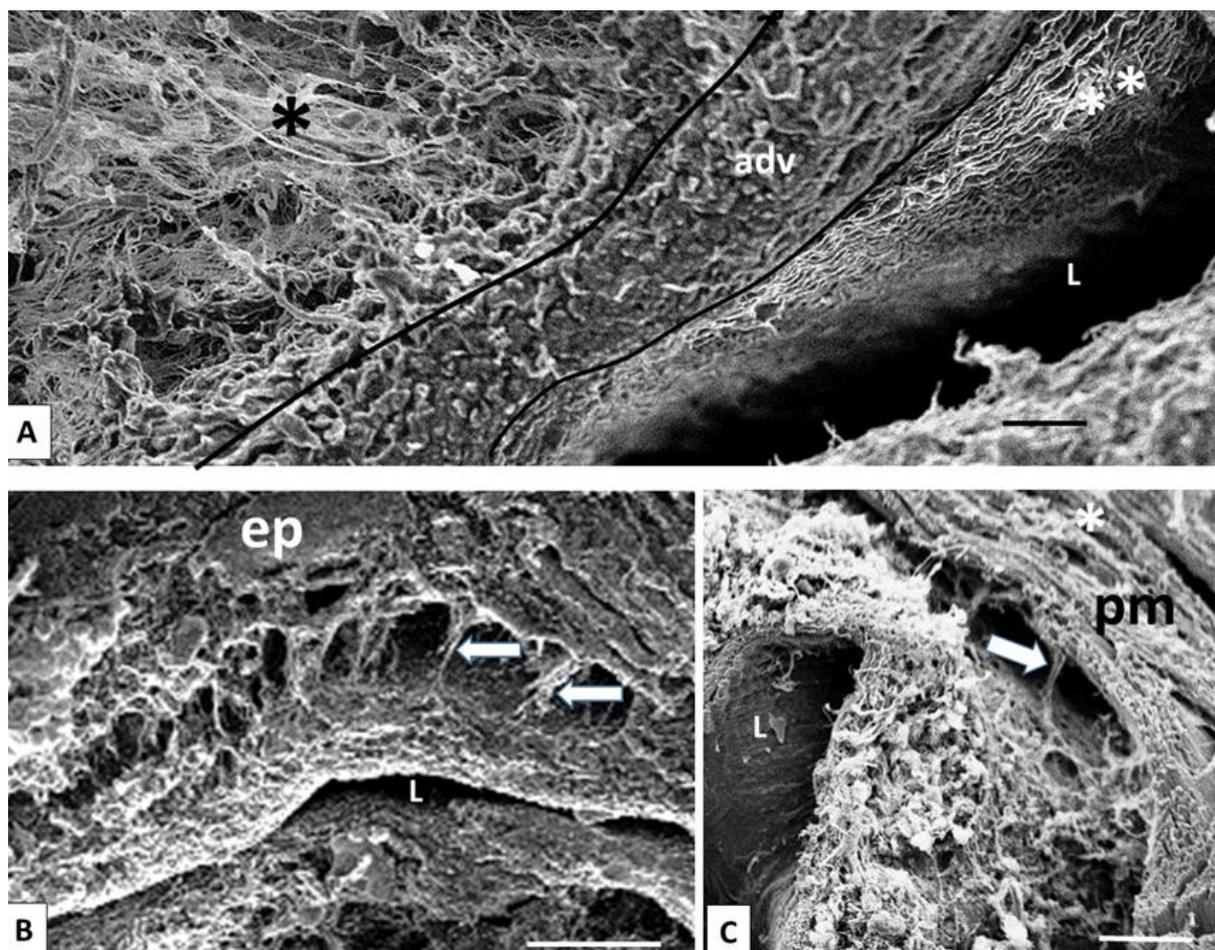
Figura 46 – Microscopia de luz



Fonte: Silva (2023).

Legenda: Fotomicrografias de corte transversal do segmento subpontino, **A-C**. Coxim conjuntivo (*) interposto entre a PM (m) e o vaso, e a sua constituição de fibras colágenas do tipo I (**B**) e elásticas (**C**). Notar em **A** e **B** as fibras conjuntivas associadas às fibras de miocárdio da PM (setas) sem nenhuma relação com a adventícia do vaso, e em **C** as túnicas elásticas. **D-F**. Segmento subpontino com a túnica íntima e a membrana elástica interna íntegras (setas). (**A** e **E** – Tricrômio de Gomori. **B** – Picrosirius sob luz polarizada. **C** e **F** – Weigert. **D** – HE).

Figura 47 – Microscopia eletrônica de varredura



Fonte: Silva (2023).

Legenda: Eletromicrografias de varredura evidenciando em **A** o coxim de tecido conjuntivo (*). Notar as fibras elásticas constituintes da túnica média (**). **B** e **C**. As setas indicam respectivamente as trabéculas conjuntivas entre o segmento subpontino e o epicárdio (ep), e a ponte (pm). (Barras de calibração: **A** e **C** – 50 μm . **B** – 150 μm).

6 DISCUSSÃO

Devido ao conhecimento ainda insipiente sobre a disposição das camadas de miocárdio no coração do suíno doméstico, não foram utilizados os termos superficial e profundo adotados no principal trabalho que trata desse assunto (ROSHCHEVSKAYA, 2005), uma vez que normalmente são aplicados a órgãos parenquimatosos.

Assim, ao se adotar aqui os termos externo e interno, que fazem referência a regiões ou órgãos cavitários (GODINHO, 1981; GETTY, 1986; MACHADO, 1991; EVANS & DE LAHUNTA, 2017), comparativamente, as **camadas externa, média e interna** confirmaram os achados de RSOHCHEVSKAYA (2005), que relata as trajetórias superficial e profunda das fibras em cada plano muscular.

No ventrículo esquerdo optou-se por nomear a camada mais interna como **camada septal cilíndrica**, uma vez que configura a parede lateral esquerda do septo interventricular, e também por ser o seu primeiro revestimento. Ainda não descrita em corações de suínos, a terminologia dessa camada, que pela morfologia em geometria cilíndrica apresentou feixes de fibras musculares em direção longitudinal rumo ao vórtex cardíaco, baseou-se na presença da camada cilíndrica descrita por LEV & SIMKINS (1956) e THOMAS (1957) em corações humanos, também oculta pela sobreposição das demais camadas de miocárdio.

Como não há relatos sobre a orientação das fibras musculares na parede lateral direita do septo interventricular em coração de suínos domésticos, o sentido e direção transversa desses feixes caracterizados como uma banda muscular permitiu denominá-la de **“banda septal transversa”**, de acordo com o descrito por THOMAS (1957) em corações humanos.

Embora se tenha noção da direção longitudinal das fibras na parede lateral esquerda do septo interventricular, e transversal na sua parede lateral direita, a construção final do septo pelos dois antímeros constitui uma malha muscular complexa, fato observado por LARSSON (2020) em corações de cães e de gatos.

Quando se avalia a origem das camadas musculares, os corações de suínos não se diferenciam substancialmente das descrições de TESTUT & LATARJET (1954) em corações humanos. Há similaridade, por exemplo, quanto às fibras miocárdicas que compõem as camadas externa do ventrículo esquerdo, e as camadas externa, média e interna do ventrículo direito, que se originam a partir do anel fibroso do óstio

do tronco pulmonar, além dos demais anéis fibrosos que formam os centros tendíneos do esqueleto cardíaco. Também não existem diferenças significativas quanto à direção das fibras das diferentes camadas ventriculares (externa, média e interna), quando estas se projetam obliqua e transversalmente em direção e sentido às margens do coração, penetrando no septo interventricular pelos antímeros esquerdo e direito.

Os autores, além de proporem a construção do vórtex e ápice cardíaco, caracterizaram também, fibras que se principiam a partir dos óstios cardíacos: pulmonar, aórtico e atrioventriculares esquerdo e direito. Descreveram que a estratigrafia dos fascículos epicárdico (mais externo), o qual está constituído por grupos de fibras (A, B e C), seguem em sentido espiralado, na face anterior do ventrículo esquerdo (que no caso dos suínos e animais domésticos, corresponde à face lateral esquerda), rumo ao ápice cardíaco. As fibras desses grupos margeiam e terminam por constituírem, em grande parte, as paredes dos ventrículos. Comparativamente ao que LEV & SIMKINS (1956) descreveram para o coração humano sobre as origens, orientações e inserções dos feixes de fibras musculares, observou-se na construção das paredes ventriculares do coração do suíno, as camadas miocárdicas em sentido espiralado e suas orientações depois de percorrerem as paredes dos ventrículos, pelos antímeros esquerdo e direito, inserindo-se nos septos interventriculares.

Assim como em corações humanos estudados por BENNINGHOFF (1933), a morfologia do vórtex em suínos exibe a aparência em “redemoinho”, por convergência helicoidal das fibras. Se por um lado a dissecação do órgão revelou que o ápice está formado pelas **camadas externa, média, e interna do ventrículo esquerdo** concluído pela **camada septal cilíndrica**, sem nenhuma contribuição de fibras das **camadas do ventrículo direito** (MALL, 1911; GETTY, 1986; LARSSON, 2020), o mesmo não se confirma com o citado por MASSARI & MIGLINO (2019) pois a **camada septal cilíndrica** alcança o vórtex com fibras que seguem longitudinalmente e construindo a cavidade ventricular esquerda do coração; desta forma, não há contribuição de camadas musculares que se fazem presente no ventrículo direito em coração de suínos.

O trígono posterior na base cardíaca de corações humanos (MALL, 1911) não foi encontrado nos corações de suínos, onde a base é completamente circundada por centros tendíneos das **camadas externas dos ventrículos esquerdo e direito**, que

se originam a partir dos anéis fibrosos. A orientação das fibras se altera na **camada média**, as quais emergem obliquamente dos centros tendíneos dos anéis fibrosos do óstio atrioventricular esquerdo e aórtico (VE) e pulmonar, aórtico e óstio atrioventricular direito (VD), e seguem perpendicularmente em relação ao septo interventricular, tanto pela face esquerda, quanto pela face direita do coração dos suínos.

A presença de quatro camadas no ventrículo esquerdo, e três no ventrículo direito, explica a necessidade do coração esquerdo em direcionar o sangue para à grande circulação/circulação sistêmica; em contraste ao que ocorre do lado direito do órgão, o qual ejeta o sangue em direção à pequena circulação/circulação pulmonar. A grande diferença hemodinâmica exercida pelas paredes ventriculares é facilmente observada (além do número de camadas) pelo grau de espessamento e contratilidade do miocárdio, muito mais evidente no ventrículo esquerdo, quando comparado ao ventrículo direito. Nesta ocasião, a forma está interligada diretamente a função.

As diferentes orientações dos feixes de fibras musculares cardíacas constituintes das camadas ventriculares dos corações de suínos comprovam que a contração do coração se dá através da torção em seu próprio eixo, como descrito no trabalho do MALL (1911) em humanos. Essa ação diminui consideravelmente o volume das câmaras ventriculares e contribui para a manutenção do estado hemodinâmico.

As Pontes de Miocárdio (PM) encontradas nos espécimes aqui avaliados prevaleceram sobre o Ramo Interventricular Subsinoso (RIVS), abrangendo as veias cardíacas magna e média. Com topografia em posições dorsal, média e ventral, as PM modificam a vasculotopia desses vasos, corroborando com os trabalhos de BOMBONATO (1994), BERTOLINI (1999) e GAGGINI (2011), também em suínos. Relativamente à frequência, embora o número da amostra tenha sido pequeno (20 espécimes), observou-se a prevalência das PM médias (45,45%), uma tendência que se consolidou nos resultados de GÓMES & BALLESTEROS (2015), onde 79% das PM se encontravam no terço médio dos 158 corações de suínos avaliados.

Na presente pesquisa e em uma das poucas referências sobre PM em artérias coronárias de suínos (BOMBONATO, 1994) a topografia dorsal foi a menos observada (13,65%) por decorrência da ampla presença de gordura entre a base cardíaca e o terço proximal do órgão. Este fato pode estar atrelado à origem e projeção da artéria coronária direita e na formação do RIVS, uma vez após a sua origem na aorta, ele

percorre a base cardíaca sem necessariamente adentrar a musculatura cardíaca no terço proximal. De fato, o RlvS passa a se introjetar no miocárdio a partir do terço médio, a frequência mais elevada aqui, e na pesquisa de BOMBONATO (1994), ou seja, 45,45% e 36,36%.

A proporção de PM, foi semelhante entre a presente pesquisa e o estudo realizado por Gaggini et al. (2011). Gaggini e colaboradores relataram que nos corações de suínos, tanto da linhagem A, quanto da linhagem B, foram constatadas 97% de PM em terço médio. Enquanto que no terço dorsal, em ambas linhagens estudadas, 30% das PM estavam situadas nesta topografia. Foi a menor porcentagem de PM localizadas nesta posição.

No estudo sobre a relação microscópica das PM sobre as veias cardíacas em suínos, BERTOLINI et al. (1999) verificaram que elas são delgadas e compostas por feixes de fibras musculares da camada superficial do miocárdio. Demonstraram que tendões mioelásticos e delgados feixes de fibras colágenas interconectam os vasos tanto com as PM, quanto com o miocárdio da parede ventricular. Em corações humanos ROMEIRO (2000) verificou em alguns casos que fibras colágenas provenientes das fibras de miocárdio ancoravam na adventícia da artéria interventricular anterior, o que para alguns autores pode explicar as modificações hemodinâmicas determinada pela compressão vascular ocasionada por essas fibras musculares (POLÁCEK, 1961; KARGOVSKA, 1977; ISHIKAWA 2011).

Um estudo na realizado na Turquia, entre janeiro de 1999 e setembro de 2003, com 71 pessoas sem diferenças quanto ao gênero e fatores de risco da doença arterial coronariana, foi elaborado através da divisão dos mesmos em dois grupos: A, com 41 indivíduos e idade média de 47 anos e B com 30 indivíduos, com idade média de 55 anos. Os indivíduos do grupo A não demonstraram quaisquer danos ateroscleróticos, já os do grupo B portavam doença arterial coronariana. Os autores concluíram que as PM podem, ocasionalmente, aumentar o risco de síndrome coronariana aguda, devido a formação aterosclerótica sobreposta as PM (DUYGU, 2007).

Ao se comparar esses achados com os resultados da presente pesquisa, onde as PM são formadas pelas camadas externa e média, essa conectividade foi observada em maior ou menor grau mesmo nas diferentes topografias do RlvS. Especificamente, o tecido em questão estava constituído por fibras colágenas do tipo I e fibras elásticas dispostas nas mesmas proporções e direções, constituindo um coxim perivascular, onde SAID et al. (2010) evidenciaram pequenos vasos e filetes

nervosos. Em nenhum dos espécimes foram detectadas fibras colágenas oriundas das fibras musculares aderidas à adventícia do segmento subpontino do RlvS.

Os espessamentos da túnica íntima do segmento subpontino relatados no trabalho de SANTOS et al. (2016) em corações de suíno, bem como modificações estruturais na túnica média em corações de bovinos, independente do segmento ser pré-pontino, pontino ou pós-pontino (SANTOS et al., 2012), ou ainda, discreta fragmentação do endotélio da túnica íntima e perda da membrana elástica interna e placas de ateroma em corações humanos (GÓMEZ et al., 2021), não foram confirmados nos segmentos correspondentes do RlvS aqui analisados.

7 CONCLUSÕES

O ventrículo esquerdo está formado pelas camadas externa, média, interna e septal cilíndrica; esta, por sua vez, configura a geometria do ventrículo esquerdo. O ventrículo direito é construído por três camadas: externa, média e interna, mais delgadas em relação às camadas do ventrículo esquerdo. A parede septal do ventrículo direito tem a mesma disposição de fibras, em direção e sentido, da camada média dos ventrículos.

As camadas de miocárdio dos ventrículos esquerdo e direito têm a sua origem nos centros tendíneos do esqueleto fibroso do coração, através dos anéis fibrosos dos óstios atrioventriculares esquerdo e direito, aórtico e pulmonar.

As camadas do ventrículo esquerdo se inserem no septo interventricular, pelo plano lateral direito do coração; já as camadas do ventrículo direito, se projetam até o septo interventricular, no plano lateral esquerdo.

As PM médias foram as mais frequentes. Independentes da sua topografia, as PM estão formadas pelas camadas externa e média dos ventrículos esquerdo e direito.

Em todos os casos, existe a interrelação de fibras colágenas do tipo I e fibras elásticas com o tecido muscular estriado cardíaco.

Não foram detectadas relações das fibras colágenas oriundas das fibras musculares com a adventícia do vaso, nem tampouco alterações na túnica íntima do segmento subpontino do RlvS.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, R. H.; HO, S. Y.; REDMANN, K. et al. The anatomical arrangement of the myocardial cells making the ventricular mass. **European Journal of Cardio-Thoracic Surgery**, volume 28, issue 4, p. 517-525. 2005
- ANDERSON, R. H.; NIEDERER, P. F.; QUINTANA-SANCHES, D.; STEPHENSON, P. A. How are the cardiomyocytes aggregated together within the walls of the left ventricular cone? **Journal of Anatomy**, volume 235, issue 4, p. 697-705. 2019.
- AHMAD, M.; MACRUZ, S. L.; HELBACH, H. Evidence of impaired myocardial perfusion and abnormal left ventricular function during exercise in patients with isolated systolic narrowing of the left anterior descending coronary artery. **Am. J. Cardiol**, p. 48. 1981.
- ARJOMAND, H.; AQUILINA, P.; MCCORMICK, D. Acute myocardial infarction in a patient with von Willibrand disease: Pathogenetic dilemmas and therapeutic challenges. **Journal Invasive Cardiol**, volume 14, p. 615-618. 2002.
- BAPTISTA, C. A. C.; DIDIO, L. J. A. The relationship between the directions of myocardial bridges and of the branches of the coronary arteries in the human heart. **Surgical Radiology Anatomy**, v. 14, p. 137-140, 1992.
- BATISTA, M. N. Pontes de miocárdio: revisão narrativa. **Anais do Congresso das Ligas Acadêmicas de Medicina da FAMEGO-UniRV**. Universidade de Rio Verde, 2022.
- BENNINGHOFF, A. Eine vergleichend-anatomische und vergleichend-funktionelle Betrachtung Beitrage z. **Anatomy Funktuioneller System**, 1:182-237, 1933.
- BERTOLINI, S. M. M. G.; PRATES, N. E. V. B.; NETO, M. H. M. Estudo microscópico das pontes de miocárdio sobre as veias cardíacas de suínos. **Acta Scientiarum**, p. 415-419, 1999.
- BEZERRA, A. J.; PRATES, J. C.; DIDIO, L. J. A. Incidence and clinical significance of bridges of myocardium over the coronary arteries and their branches. **Surgical Radiology Anatomy**, p. 273-380, 1987.
- BOMBONATO, P. P.; DOMINGOS, C. O.; MARIANA, A. N. B.; SILVA, F. O. C.; INTELIZANO, W. Ocorrência das pontes de miocárdio em suínos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**. v. 31, n. 2, p. 107-111, 1994.
- CEAUSU, M.; IONESCU, R. A.; MALINESCU, B.; RUSU, M. C.; HOSTIUC, S.; DERMENGIU, D. Sudden cardiac death due to triple myocardial bridging associated with atypical coronary topography. **Romanian Journal of Morphology & Embriology**, volume 54, p. 833-837. 2013.

CHANSKY, M.; PEREZ, A. R.; LIMA, N. Infarto agudo do miocárdio em jovem, portador de ponte miocárdica e artérias coronárias normais. **Einstein**. v. 2, n. 3, p. 208-211, 2004.

CHRIST, B.; WILTING, J. From somites to vertebral column, **Annals of Anatomy**. v. 174, n. 1, p. 23-32, 1992.

CORBAN, M. T.; HUNG, O. Y.; ESHTEHARDI, P.; RASOUL-ARZRUMLY, E.; MCDANIEL, M.; MEKONNEN, G.; TIMMINS, L. H.; LUTZ, J.; GUYTON, R. A.; SAMADY, H. Myocardial Bridging: Contemporary Understanding of Pathophysiology with Implications for Diagnostic and Therapeutic Strategies. **J Am Coll Cardiol**, 63(22): 2346–2355. 2014.

CRICK, S. J.; SHEPPARD, M. N.; YEN HO, S.; GEBSTEIN, L.; ANDERSON, R. H. Anatomy of the pig heart: comparisons with normal human cardiac structure. **Journal of Anatomy**. v. 193, n. 1, p. 105-119, 1998.

CUCCHINI, F.; DI DONATO, M.; BIANCHI, G.; MANCA, C.; VOLTA, G.; MARELLI, G. L. "Myocardial bridges". A new pathogenic problem in angina without coronary obstruction. **G. Italy Cardiology** P. 1166-1176, 1976.

DELGADO, A. L. J.; MELO, L. F.; MAGALHAES, H. I. R.; SILVA, M. O.; MIGLINO, M. A.; ANUNCIACAO, A. R. A. The Heart of Humans and Domestic Swine: A Comparative Approach - A Literature Review In: The Heart of Humans and Domestic Swine: A Comparative Approach - A Literature Review. 2 ed. Ponta Grossa: Atena Editora, 2023, v.2, p. 82-96.

DERMENGIU, D.; CEASU, M.; RUSU, M. C.; DERMENGIU, S.; CURCA, G. C.; HOSTIUC, S. Sudden death associated with borderline Hypertrophic Cardiomyopathy and multiple coronary anomalies: Case report and literature review. **Romanian Journal Legal Medicine**, v. 18(1), p. 3-12. 2010.

DESSEIGNE, P.; TABIB, A.; LOIRE, R. Pont myocardique sur l'interventriculaire antérieure et mort subite. A propos de 19 cas autopsiés. **Arch. Mal. Couer Vaiss**. p. 511-516, 1991.

DUYGU, H.; ZOGHI, M.; NALBANTGIL, S.; KIRILMAZ, B.; TÜRK, U.; OZERKAN, F.; AKILLI, A.; AKIN, M. Myocardial bridge: a bridge to atherosclerosis. **Anadolu Karduyol Derq**. v. 7, n. 1, p 12-16, 2007.

DYCE, K. M.; SACK, W. O.; WENSING, C. J. G. Tratado de anatomia veterinária. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019.

EVANS, H. E.; DE LAHUNTA, A. Guia para a dissecação do cão. Rio de Janeiro: Elsevier, ed. 8, 2017.

FELD H.; GUADANINO V.; HOLLANDER, G.; GREENGART, A.; LICHSTEIN, E.; SHANI, J. Exercise-induced ventricular tachycardia in associaton with a myocardial bridge. **Chest**, v. 99, p. 1295-1296. 1991.

FERNANDEZ-TERAN, M. A.; HURLE, J. M. Myocardial fiber architecture of the human heart ventricles. **The Anatomical Record**, v. 204, issue 2, p. 137-147. 1982.

FERREIRA JUNIOR, A. G.; TROTTER, S. E.; KÖNIG JUNIOR, B.; DÉCOURT, L. V.; FOX, K.; OLSEN, E. G. J. Myocardial bridges: morphological and functional aspects. **Brazilian Heart Journal**. v. 66, p. 364-367, 1991.

FRANKLIN, K. J. Richard Lower (1631-1691) and His "De Corde," London, 1669. **Ann Med Hist**, 3(6):599-602, 1931.

FULTON, W. F. M. Morphology and pathogenesis of coronary artery stenosis, relevant to intraluminal dilatation. In: **Transluminal Coronary Angioplasty and Intracoronary Thrombolysis**. Springer, Berlin, Heidelberg, 1982. p. 157-166.

GAGGINI, T. S.; ZANGERONIMO, M. G.; BRICK, A. J.; FILADELPHO, A. L. Estudo Anatômico das Pontes de Miocárdio em Duas Linhagens de Suínos Comerciais. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**. n. 17, 2011.

GEIRINGER, E. The mural coronary. **American Heart Journal**. p. 359-368, 1951.

GETTY, R.; SISSON & GROSSMAN. Anatomia dos animais domésticos. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1986.

GODINHO, H. P.; CARDOSO, F. M.; NASCIMENTO, J. F. **Anatomia dos ruminantes domésticos**. Belo Horizonte: Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Morfologia, p. 420, 1981.

GÓMEZ, F. A.; BALLESTEROS, L. E. Characterisation of myocardial bridges in pigs: A comparative anatomical analysis with the human heart. **Folia Morphologica**. v. 74, n. 1, p. 395-398, 2015.

GÓMEZ, F.A.; FORERO, P.L.; BALLESTEROS, L.E. Microscopic Analysis of the Myocardial Bridges and their Relationship with Atheromatous Plaque. **Int. J. Morphol.**, 39(1):70-76, 2021.

GRANT, R. P. Notes on the muscular architecture of the left ventricle. **Circulation**, 32:301-8. 1965.

HILL, R. C.; CHITWOOD JUNIOR, R. C.; BASHORE, T. M.; SINK, J. D.; COX, J. L.; WECHSLER, A. S. Coronary flow and regional function before and supraarterial myotomy for myocardial bridging. **Ann. Thoracic Surgical**. v. 31, p. 176-181, 1981.

HYTTEL, P. Development of the blood cells, heart and vascular system. In: HYTTEL, P.; SONOWATZ, F.; VEJLSTED, M. **Essentials of Domestic Animal Embriology**. China: Elsevier, p. 153-163, 2012.

IRVIN, R. The angiographic prevalence of myocardial bridging in man. **Chest**. v. 81, p. 198-202, 1982.

ISHIKAWA, Y.; KAWAWA, Y.; KOHDA, E.; SHIMADA, K.; ISHII, T. Significance of the Anatomical Properties of a Myocardial Bridge in Coronary Heart Disease. **Circulation Journal**, 2011.

JORGE, P., A., R.; COELHO, O., R. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, p. 109-114, 1984.

JUNBO GE, M. D.; ERBEL, R.; RUPPRECHT, H. J.; KOCH, L.; KEARNEY, P.; GÖRGE, G.; HAUDE, M.; MEYER, J. Comparison of intravascular ultrasound and angiography in the assessment of myocardial bridging. **Circulation**. v. 89, n. 4, p. 1725-1732, 1984.

JUNQUEIRA, L. C.; BIGNOLAS, G.; BRENTANI, R. R. Picrosirius staining plus polarization microscopy, a specific method for collagen detection in tissue sections. *The Histochemical Journal*, v. 11, n. 4, p. 447-455, 1979

KARGOVSKA, A.; JOSIFOV, J.; ZOGRAFSKI, G.; KORNETI, K. The thickness of the tunica intima of the coronary arteries overbridged by myocardial bundles. **God. Zb. Med. Fak. Skopje**. v. 23, p. 53-59, 1977.

KIM, P. J.; HUR, G.; KIM, S. Y.; NAMGUNG, J.; HONG, S. W.; KIM, Y. H.; LEE, W. R. Frequency of Myocardial Bridges and Dynamic Compression of Epicardial Coronary Arteries. A Comparison Between Computed Tomography and Invasive Coronary Angiography. **Circulation**. p. 1408-1416, 2009.

KLINGER, J. Erleichterung des makroskopischen Praeparation des Gehirns durchden Gefrierprozess. **Schweiz Arch Neurol Psychiatr**, 36: 247-256. 1935.

KOCICA, M. J.; CORNO, A. F.; CARRERAS-COSTA, F. et al. The helical ventricular myocardial band: global three-dimensional, functional architecture of the ventricular myocardium. **European Journal of Cardio-thoracic Surgery**, 29S, S21-S40. 2006.

KÖNIG, H. E.; LIEBICH, H. G. Anatomia dos animais domésticos: texto e atlas colorido. Porto Alegre: Artmed, 2021.

KOSIŃSKI, A.; GRZYBIAK, M; KOZŁOWSKI, D. Distribution of myocardial bridges in domestic pig. **Polish Journal of Veterinary Sciences**. v. 13, n. 4, p. 689-693, 2010.

LARSSON, M. H. M. A. Tratado de cardiologia de cães e gatos. São Paulo: Interbook Editorial, 2020.

LEV, M.; SIMKINS, C. S. Architecture of the human ventricular myocardium. **Lab. Invest**. v. 5, p. 396-412, 1956.

LOPES, E. A.; GUTIERREZ, P. S. Pontes miocárdicas da artéria descendente anterior. Estudo morfológico. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, v. 46, n. 2, p. 91-93, 1986.

MACHADO, G. V. Anatomia Veterinária Princípios Gerais. **Universidade Federal de Viçosa**, Imprensa Universitária, p. 22. 1991.

MALL, F. P. On the muscular architecture of the ventricles of the human heart. **Am. Journal Anatomy**, v. 11, p. 211-278, 1911.

MASSARI, C. H. A. L.; MIGLINO, M. A. Anatomia cardíaca aplicada à medicina veterinária. São Paulo: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Universidade de São Paulo, 2019.

MATTA, A.; RONCALLI, J.; DIDIER-CARRIÉ, D. Update review on myocardial bridging: New insights. **Trends in Cardiovascular Medicine**. <https://doi.org/10.1016/j.tcm.2022.06.002>

MÖHLENKAMP, S., HORT, W., Ge, J., & ERBEL, R. Update on myocardial bridging. **Circulation**. v. 106, n. 20. P. 2616-2622, 2002.

MONTES, O. Y. A. Anatomical correlation of the helical structure of the ventricular myocardium through echocardiography. **Rev Esp Cardiol**, v. 73, p. 153-160. 2020.

MOORE, K., L.; PERSAUD, T. V. N.; TORCHIA, M. G. **The Developing Human-E-Book: Clinically Oriented Embryology**. Elsevier Health Sciences, 2018.

NASR, A. Y. Myocardial bridge and coronary arteries: morphological study and clinical significance. **Folia Morphol.**, v. 73 (2), p. 169–182, 2014.

NICKEL, R.; SSCHUMMER, A.; SEIFERLE, E. The Anatomy of the Domestic Animals: The Circulatory System, The Skin, and the Cutaneous Organs of the Domestic Animals. Berlin-Hamburg: Paul Parey, p. 610, 1981.

NOBLE, J.; GRONDIN, P.; BOURASSA, M. G.; PETITCLERC, R.; DYRDA, I. Myocardial bridging and milking effect of the left anterior descending artery: normal variant or obstruction? **Am. Journal Cardiology**, v. 37, p. 993-999, 1976.

OLIVEROS, G.; TORRENT-GUASP, F.; ORTIZ, G. R. Architecture fonctionnelle myocardique du ventricule gauche. **Association des anatomistes**, p. 950-954, 1969.

PEREIRA, A. B; CASTRO, D. S. P.; MENEGOTTO, E. T.; AMARAL, W. M.; CASTRO, G. S. P. Ponte Miocárdica: Evolução Clínica e Terapêutica. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, v. 94, n. 2, p. 189-194, 2009.

POIRIER, P. CHARPY, A.; CUNÉO, B. Abrége d'anatomie, tome II – Coeur, artères, veins, lymphatiques-centres nerveux, nerfs craniens, nerfs rachidiens. **Masson et C**, Éditeurs, 1908.

POLÁCEK, P. Relation of myocardial bridges and loops on the coronary arteries to coronary occlusions. **Am. Heart Journal**, p. 44-52, 1961.

RATAJCZYK-PAKALSKA, E.; BLOCH, P.; KULIG, A. Angioarchitektonics of the venous vess human myocardium. **Folia Morphologica**, v. 49, p. 26-33, 1990.

REYMAN, H. C. Disertatio de vasis cordis propriis [dissertation]. **Gottingen: Med Diss Univ**; 1-32. 1737.

ROMEIRO, C. A. P. Análise morfofuncional das pontes de miocárdio na artéria interventricular anterior em corações humanos. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

ROSHCHEVSKAYA, I. Architecture of the working myocardium fibers in pig cardiac ventricles. **Morfologija**, v. 127, n. 2, p. 52-55, 2005.

SAID, H.; ONGETI, W. K.; OGENG'O, J. Morphology of human myocardial bridges and association with coronary artery disease. **Afr. Health Sci.**, v. 10(3), p. 242-247, 2010.

SANCHES-QUINTAVA, D.; CLIMENT, V.; GARCIA-MARTINEZ, V.; ROJO, M.; HURLE, J. M. Spatial arrangement of the heart muscle fascicles and intramyocardial connective tissue in the Spanish fighting bull (*Bos Taurus*). **J. Anat.**, v. 184, p. 273-283. 1994.

SANTOS, J. W.; WAFAE, N.; BELETTI, M. E. Ponte miocárdica associada a lesões cardiovasculares em bovinos adultos da raça canchim. **Arq. Bras. Cardiol.**, v. 98, p. 22-28. 2012.

SANTOS, J. W.; BELLETTI, M. E.; SANTOS, A. N.; RODRIGUES, R. S. Pontes de miocárdio em corações de suínos (*Sus domesticus*) e suas possíveis influências sobre lesões ateroscleróticas em artérias coronárias. **Vet. Not.**, v. 22, n. 2, p. 58-65, 2016.

STOLTE, M.; WEIS, P.; PRESTELE, H. Die koronare Muskelbrücke des Ramus descendens anterior. **Vrchow's Arch. A. Pathology Anatomical and Histology**, v. 375, p. 23-36, 1977.

SUZUKI, Y.; YEUNG, A. C.; IKENO, F.; Importância dos estudos pré-clínicos em animais de experimentação para a cardiologia intervencionista. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, v. 91, n. 5, p. 348-360, 2008.

TANDLER, J. Lehrbuch der Systematischen Anatomie. v. 3. Leipzig, vogel, p. 51-65, 1926.

TAUTH, J.; SULLEBARGER, T. Myocardial infarction associated with myocardial bridging: case history and review of the literature. **Cathet. Cardiovasc. Diagn.**, v. 40, p. 364-367. 1997.

TESTUT, J. L.; LATARJET, A. **Traité d'anatomie humana**. Paris: Octave Doin, Éditeur, 1929. p. 1092-1103.

THOMAS, C. B. Characteristics of the individual as guideposts to the prevention of heart disease. **Annals of internal medicine**, v. 47, n. 3, p. 389-401, 1957.

TIO, R. A.; EBELS, T. Ventricular septal rupture caused by myocardial bridging. **Ann. Thorac. Surg.**, v. 72, p. 1369-1370. 2001.

TOMANEK, R. J. Coronary Vasculature: Development, Structure-Function and Adaptations. **Springer Science & Business Media**, 2012.

TORRENT-GUASP, F. La mecánica agonista-antagonista de los segmentos descendente y ascendente de la banda miocárdica ventricular. **Rev. Esp. Cardiology**, v. 54, n. 9, p. 1901-1102, 2001.

VEJLSTED, M. Gastrulation, Body Folding and Coelom Formation. In: HYTTEL, P.; SONOWATZ, F.; VEJLSTED, M. *Essentials of Domestic Animal Embriology*. China: Elsevier, p. 79-94, 2010.

VIDAL, V.; LEGUERRIER, A.; BOURDONNEC, C.; LANGELLA, B.; RIOUX, C.; LOGEAIS, Y. Angiographic and surgical aspects compressive muscular bridges and intramyocardial paths of the anterior interventricular artery (based on 12 cases). **Surgical Radiology Anatomy**, v. 10, n. 2, p. 113-120, 1988.

WANCAI, Y.; XUEZHONG, Z. J. J. S. Myocardial Bridges on Coronary Artery in Dog, Sheep, Pig and Rabbit. **Chinese Journal of Anatomy**, 1998.

WEIGERT, C. Über eine methode zur färbung elastischer fasern. *ZBL All. Path. Pathol. Ana.*, v. 9, n., p. 292-292, 1898.

ZEINA, A. R.; ODEH, M.; BLINDER, J.; ROSENSCHEIN, U.; BARMER, E. Myocardial Bridge: Evaluation on MDCT. **Cardiac Imaging.**, v. 188, n. 4, 2007.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Protocolo de desidratação para Análises Histológicas

Reagentes	Tempo
Álcool 70%	<i>Overnight</i>
Álcool 95% I	20 minutos
Álcool 95% II	20 minutos
Álcool 100% I	20 minutos
Álcool 100% II	20 minutos
Álcool 100% III	60 minutos
Xilol I	20 minutos
Xilol II	20 minutos
Xilol III	20-30 minutos
Parafina I	20 minutos
Parafina II	30 minutos
Parafina III	30 minutos
Inclusão em parafina	

APÊNDICE B – Protocolo de coloração de Hematoxilina-Eosina (HE)

Reagentes	Tempo
Xilol I	20 minutos
Xilol II	20 minutos
Xilol III	20 minutos
Álcool 100% I	2 minutos
Álcool 100% II	2 minutos
Álcool 95% I	2 minutos
Álcool 95% II	2 minutos
Álcool 85%	2 minutos
Álcool 70%	2 minutos
Água destilada	2 banhos
Hematoxilina	4 minutos
Água destilada	2 banhos
Eosina	1 minuto e 30 segundos

Álcool 95% I	2 minutos
Álcool 95% II	2 minutos
Álcool 100% I	2 minutos
Álcool 100% II	2 minutos
Xilol I	2 minutos
Xilol II	2 minutos
Xilol III	2 minutos
Montagem das lâminas com Permount	

APÊNDICE C – Protocolo de coloração de Tricrômio de Gomori

Reagentes	Tempo
Xilol I	20 minutos
Xilol II	20 minutos
Xilol III	20 minutos
Álcool 100% I	2 minutos
Álcool 100% II	2 minutos
Álcool 95% I	2 minutos
Álcool 95% II	2 minutos
Álcool 85%	2 minutos
Álcool 70%	2 minutos
Água destilada	1 banho
Solução A* aquecida à 60°C	60 minutos
Água corrente	10 minutos
Solução B**	10 minutos
Água destilada	10 minutos
Corante Tricrômio de Gomori	20 minutos
Ácido acético 0,5%	2 minutos
Montagem das lâminas com Permount	

*Solução A (Bowin): 250 mL de aldeído fórmico + 750 mL de solução aquosa saturada de ácido pícrico + 5 mL de ácido acético.

**Solução B (Hematoxilina Férrica de Weigert): 1g de hematoxilina férrica + 100mL de álcool 95%.

APÊNDICE D – Protocolo de coloração de Picrosirius

Reagentes	Tempo
Xilol I	20 minutos
Xilol II	20 minutos
Xilol III	20 minutos
Álcool 100% I	2 minutos
Álcool 100% II	2 minutos
Álcool 95% I	2 minutos
Álcool 95% II	2 minutos
Álcool 85%	2 minutos
Álcool 70%	2 minutos
Água destilada	2 banhos
Solução de Picrosirius	20 minutos
Água destilada	2 banhos
Álcool 95% I	2 minutos
Álcool 95% II	2 minutos
Álcool 100% I	2 minutos
Álcool 100% II	2 minutos
Xilol I	2 minutos
Xilol II	2 minutos
Xilol III	2 minutos
Montagem das lâminas com Permount e análise em luz polarizada	

APÊNDICE E – Protocolo de coloração de Weigert

Reagentes	Tempo
Xilol I	20 minutos
Xilol II	20 minutos
Xilol III	20 minutos
Álcool 100% I	2 minutos
Álcool 100% II	2 minutos
Álcool 95% I	2 minutos
Álcool 95% II	2 minutos
Álcool 85%	2 minutos

Álcool 75%	2 minutos
Água destilada	1 banho
Corante fucsina-resorcina de Weigert	20 minutos
Álcool 95% I	2 minutos
Álcool 95% II	2 minutos
Álcool 100% I	2 minutos
Álcool 100% II	2 minutos
Xilol I	2 minutos
Xilol II	2 minutos
Xilol III	2 minutos
Montagem das lâminas com Permount	

APÊNDICE F – Protocolo de processamento dos espécimes para Análise por Microscopia Eletrônica de Varredura

Reagentes	Tempo
Lavagem com água destilada em ultrassom	10 minutos (5 lavagens de 2 minutos cada)
Álcool 70%	15 minutos
Álcool 80%	15 minutos
Álcool 90%	15 minutos
Álcool 95%	15 minutos
Álcool 100%	15 minutos
Ponto crítico, metalização e leitura	