

## Ponte Miocárdica Associada a Lesões Cardiovasculares em Bovinos Adultos da Raça Canchim

*Myocardial Bridge Associated with Cardiovascular Injuries in Bovines Adult of Canchim Race*

José Wilson dos Santos<sup>1</sup>, Nader Wafae<sup>2</sup>, Marcelo Emílio Beletti<sup>1</sup>

Universidade Federal de Uberlândia<sup>1</sup>, Uberlândia, MG; Universidade Federal de São Paulo<sup>2</sup>, São Paulo, SP, Brasil

### Resumo

**Fundamento:** A influência que a ponte miocárdica exerce sobre a corrente sanguínea no curso do segmento arterial sob a ponte tem sido objeto de discussão pela comunidade científica.

**Objetivo:** Comparar o tecido muscular ultraestrutural da ponte miocárdica e a parede ventricular; analisar o grau de lesão da camada íntima dos segmentos arteriais e investigar possíveis mudanças que podem preceder ou iniciar o processo de lesões ateroscleróticas.

**Métodos:** Quarenta corações bovinos da raça Canchim foram estudados em relação às alterações da camada íntima das artérias coronária nos diferentes segmentos de ponte miocárdica. Para o exame microscópico, foram feitas colorações por hematoxilina-eosina e fucsina-resorcina seguindo técnicas microscópicas convencionais. Para o exame de microscopia eletrônica, os segmentos da ponte miocárdica de doze corações de bovinos da raça Canchim foram coletados, assim como da parede ventricular e da artéria coronária e foram processados de acordo com técnicas convencionais.

**Resultados:** Na microscopia de luz, foi observada maior frequência de lesões em segmentos pré-pontino e pós-pontino da camada íntima, em comparação ao segmento pontino. Espessamentos da camada íntima foram seguidos por um desarranjo na lâmina limitante elástica interna. Essas células frequentemente apresentaram seus citoplasmas ingurgitados por gotas lipídicas, compondo as chamadas células espumosas. A microscopia eletrônica revelou que as fibras musculares da ponte miocárdica geralmente se unem de forma reta e plana apresentando ramos laterais com um número maior de mitocôndrias no músculo ventricular do que no músculo pontino.

**Conclusão:** Há poucas diferenças entre os tecidos musculares estudados; lesões da camada íntima são menos frequentes em regiões da ponte em comparação com as pré e pós-pontinas. (Arq Bras Cardiol 2012;98(1):22-28)

**Palavras-chave:** Ponte miocárdica/patologia, aterosclerose, bovinos, experimentação animal, mitocôndrias cardíacas.

### Abstract

**Background:** The influence that myocardial bridge exercises over blood stream in the course of arterial segment under the bridge has been discussed by the scientific community.

**Objective:** To compare ultrastructural muscle tissue of myocardial bridge and the ventricular wall; to analyze the degree of injury to the tunica intima of the arterial segments, and look for possible changes that may precede or initiate the process of atherosclerotic lesions.

**Methods:** Forty Canchim bovine hearts were studied regarding alterations of the tunica intima from coronary arteries on the different myocardial bridge segments. For the microscopic examination, hematoxylin-eosin and fuchsin-resorcin staining following conventional microscope techniques were made. For the electronic microscopic examination, myocardial Bridge segments from twelve Canchim bovine hearts were collected from the ventricle wall and coronary artery and were processed according to conventional techniques.

**Results:** In the light microscopy, a higher frequency of lesions on prepontine and postpontine segments of the tunica intima was observed, compared to the pontine segment. Tunica intima thickenings were followed by a disarrangement on the internal elastic limitant lamina. These cells often presented their cytoplasmas engorged by lipidic drops, making up the so-called foam cells. Electronic microscopy revealed that the muscular fibers of the myocardial bridge are usually joined in a straight and smooth way presenting lateral branches with a greater number of mitochondria in the ventricular muscle than in the bridge.

**Conclusion:** There are few differences between the muscle tissues studied; intima lesions are less frequent in pontine regions compared to pre and post-pontine regions. (Arq Bras Cardiol 2012;98(1):22-28)

**Keywords:** Myocardial bridging/pathology, atherosclerosis, cattle, animal experimentation, mitochondria, heart.

Full texts in English - <http://www.arquivosonline.com.br>

Correspondência: José Wilson dos Santos •

Av. Pará, 1720, Bloco – 2A, Umuarama - 38400-902 – Uberlândia, MG, Brasil

E-mail: [jw.santos@uol.com.br](mailto:jw.santos@uol.com.br)

Artigo recebido em 03/04/11; revisado recebido em 31/05/11; aceito em 08/07/11.

## Introdução

Há muito tempo o miocárdio tem despertado especial interesse por parte de pesquisadores, tornando-se um órgão importante para os diferentes tipos de abordagem. A influência que a ponte miocárdica exerce sobre a corrente sanguínea no curso do segmento arterial sob a ponte tem sido objeto de discussão pela comunidade científica.

Brodsky e cols.<sup>1</sup> e Kilic e cols.<sup>2</sup> sugerem que a ponte miocárdica pode ser um fator de risco independente para o desenvolvimento de isquemia miocárdica e fibrose intersticial. Santos e cols.<sup>3</sup> afirmam que as fibras musculares do segmento pontino forma ângulos com o eixo longitudinal dos vasos arteriais compondo uma média de 46°, sendo predominantemente oblíquo a eles, tentando seguir seu eixo longitudinal. Alguns autores<sup>4-7</sup> relatam que a presença de ponte miocárdica pode influenciar o tecido arterial por meio de mudanças na força hemodinâmica, causadas pela contração muscular na ponte. Yamaguchi e cols.<sup>8</sup> propõem que o músculo da ponte possui características próximas ao músculo estriado esquelético, e Masuda e cols.<sup>9</sup> afirmam que a extensão da aterosclerose na camada íntima coronariana é menos significativa sob a ponte do miocárdio em comparação com os segmentos proximal e distal, e reforçam a suspeita de que o comportamento da camada íntima das artérias coronárias pode ser alterado pela presença de ponte miocárdica. Com base nessa suspeita, propomos investigar possíveis influências da ponte miocárdica sobre as características da camada íntima das artérias coronarianas, bem como possíveis diferenças entre o tecido da ponte e do músculo cardíaco subepicárdico.

## Métodos

O material foi adquirido de abates realizados em diferentes estabelecimentos industriais, com permissão especial do Serviço de Inspeção Federal do Ministério da Agricultura, proveniente de animais sem processos cardíacos patológicos comprovados por exame *anti* e *post mortem*, de acordo com o procedimento previsto na legislação específica em vigor.

### Microscopia de luz

Quarenta corações bovinos Canchim de 25 machos e 15 fêmeas com uma idade aproximada de 30 a 48 meses foram utilizados nesta pesquisa. Fragmentos de pontes miocárdicas foram posicionados sobre as ramificações interventriculares paraconais da artéria coronariana esquerda. Esses fragmentos eram constituídos por segmentos de vasos pré-pontino, pontino e pós-pontino, e pelo tecido muscular cardíaco adjacente, tendo sido fixados em solução aquosa de formaldeído a 10% por um período de 72 horas, posteriormente reduzida a blocos de 1 cm<sup>3</sup> a fim de individualizar os referidos segmentos. O material foi submetido a desidratação em série progressiva de gradação alcoólica, clarificado em xileno e parafina, onde cortes de 7 µm de espessura foram realizados imediatamente. Os cortes foram reidratados para serem corados pelos métodos Hematoxilina-Eosina (HE) e fucsina-resorcina. Depois que as lâminas foram preparadas e coradas, as superfícies da camada íntima normal e da camada íntima danificada foram medidas em todos os ramos arteriais dos segmentos pré-pontino, pontino e pós-pontino, a fim de

obter a porcentagem da área danificada em diversas regiões do cada vaso. Para essas medidas, foram utilizadas imagens digitalizadas analisadas pelo software HL image 97.

### Microscopia eletrônica

Doze corações bovinos de fêmeas da raça Canchim com 30 a 48 meses de idade foram utilizados para esta pesquisa. Para técnicas de microscopia eletrônica, foram coletados segmentos do ramo interventricular paraconal da artéria coronariana esquerda. Os segmentos eram compostos pelos vasos pré-pontino, pontino e pós-pontino, juntamente com o músculo formando a ponte miocárdica e os segmentos do músculo ventricular subepicárdico da parede ventricular. Após serem desconectados, eles foram fixados em solução tampão de glutaraldeído 2,5% em solução de cacodilato de sódio de 0,1 M (pH-7.2) por 48 horas. Em seguida, o material foi lavado em uma solução tampão de cacodilato de sódio (pH-7.2) três vezes por quinze minutos cada, sendo depois pós-fixado em tetróxido de ósmio a 0,1% além de uma solução de ferrocianeto de potássio a 1,25% por 90 minutos. Posteriormente, o material foi submetido a desidratação em níveis crescentes de álcool e óxido de propileno, fixado em resina Epon e, posteriormente, foram feitos cortes ultrafinos. Os cortes foram contrastados com acetato de uranila e citrato de chumbo, e depois analisados e documentados fotograficamente por microscópio eletrônico EM-109 Zeiss.

Os resultados dessas duas metodologias foram estatisticamente tratados. De acordo com os resultados da análise de variância, houve comparação de médias pelo teste de Tukey ( $\alpha = 5\%$ ), permitindo a comparação dos tratamentos. A porcentagem de ambos os testes estatísticos foi transformada em arco seno, dada a predisposição da análise de variância.

## Resultados

### Achados microscópicos

As alterações na camada íntima das ramificações interventriculares paraconais da artéria coronária esquerda foram vistas como espessamentos dessa camada onde foram observadas células com citoplasma claro e desarranjo e/ou duplicação na lâmina limitante elástica interna (fig. 1).

As porcentagens da área danificada nos segmentos pré-pontino, pontino e pós-pontino das ramificações interventriculares paraconais da artéria coronariana esquerda foram analisadas estatisticamente, onde se observaram as variáveis posição e sexo. O teste F (tab. 1) foi significativo para a posição, enfatizando que há uma variação na frequência e no grau de lesão entre os segmentos arteriais estudados. O mesmo teste não foi significativo para a variável sexo; em outras palavras, a presença de lesões não depende dessa variável.

Considerou-se o teste de Tukey (tab. 2 e 3) como significativo para a variável posição, assegurando-se de que há maior frequência de lesões nos segmentos pré-pontino e pós-pontino da camada íntima da artéria coronária esquerda em comparação com o segmento pontino. No entanto, quando comparados os segmentos pré-pontino e pós-pontino, não houve diferença significativa no grau de lesão.

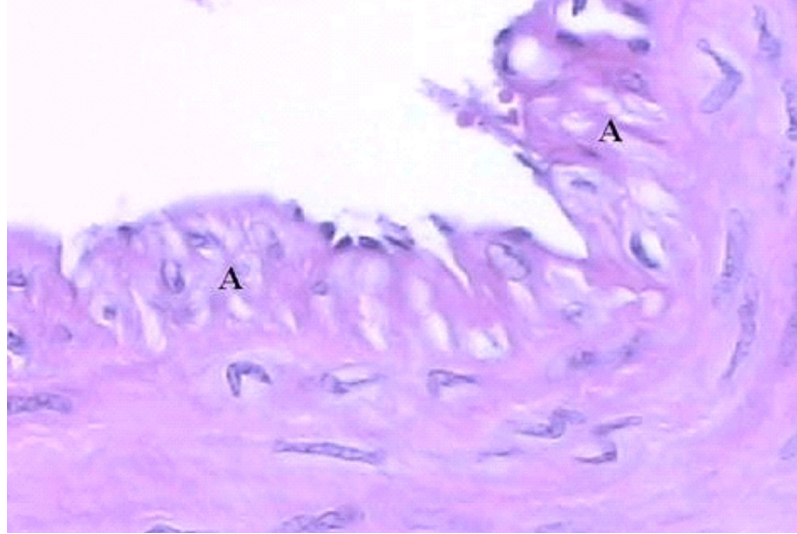


Fig. 1 – Seção transversal microscópica do ramo interventricular paraconal da artéria coronária esquerda, corado pelo método hematoxilina-eosina, apresentando espessamentos em toda a extensão da camada íntima, onde se observaram células com citoplasma de luz (A). Aumento (400x).

Tabela 1 – Análise de variância das porcentagens de lesão da camada íntima do ramo interventricular paraconal da artéria coronária esquerda de animais de sexos diferentes nos segmentos pré-ponte, ponte e pós-ponte

Variação C.	G.L.	Q. M.	F
Sexo (S)	1	630.4924	0.79 NS
Erro (A)	28	797.2693	
Posição (P)	2	2822.4686	18.64 *
Interação P X S	2	69.9801	0.46 NS
Erro (B)	56	151.4259	

Variação C. por Sexo = 73.96  
Variação C. por Posição = 32.23

G.L. - grau de liberdade; Q.M. – valor médio quadrático; F - Análise de Variância; \* - significativo pelo teste F ( $\alpha=1\%$ ); NS – não significativo pelo teste F ( $\alpha=5\%$ ).

Tabela 2 – Teste de Tukey estabelecendo diferenças entre sexo sobre a incidência de lesões na camada íntima das ramificações interventriculares paraconais da artéria coronária esquerda

Sexo	Média
Masculino	40.8226 A
Feminino	35.5290 A

Letras iguais (A) são médias semelhantes.

Tabela 3 – Teste de Tukey estabelecendo diferenças sobre a incidência de lesões na camada íntima das ramificações interventriculares paraconais da artéria coronária esquerda em diversos segmentos

Segmento	Média
Distal	43.8230 A
Proximal	43.7285 A
Inferior	26.9758 B

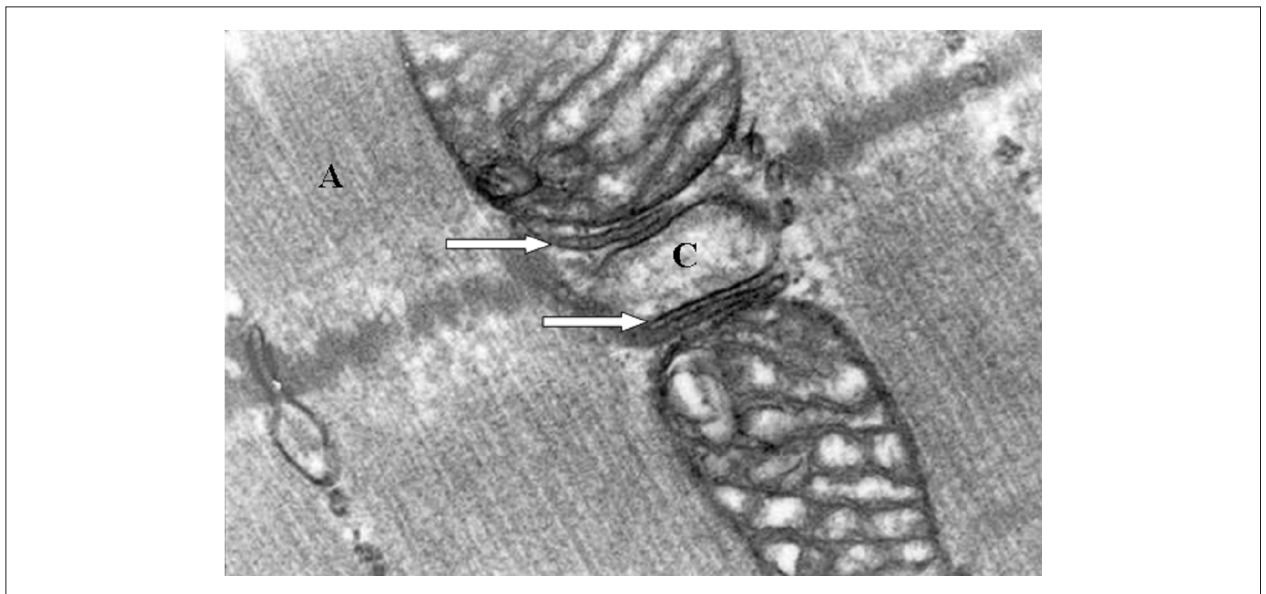
Letras iguais são médias semelhantes e letras diferentes são médias diferentes umas das outras.

### Técnica de microscopia eletrônica

#### Aspectos ultraestruturais das fibras musculares

Em cortes longitudinais, foi possível observar que as fibras musculares da ponte miocárdica são geralmente unidas de forma reta e plana. Essas fibras ficam predominantemente

presas umas às outras por meio de um disco intercalar. Esses cortes longitudinais revelaram também o sistema túbulo retículo sarcoplasmático formando tríades, tanto no músculo ponte e no músculo da parede ventricular, mas formas díade foram as mais comuns (fig. 2).



**Fig. 2** – Fotomicrografia do tecido muscular da ponte miocárdica em corte longitudinal, apresentando miofibrilas (A), mitocôndrias (B), túbulo T (C) e retículo sarcoplasmático (→), ambos em forma de triade. (Aumento de 78000x).

As fibras miocárdicas da parede ventricular subepicárdica mostraram, longitudinalmente, um curso elipsoide, apresentando ramos laterais. Por meio dos dados morfométricos, foi possível avaliar a média e o desvio padrão relativos à área ocupada por mitocôndrias, túbulo T e retículo sarcoplasmático encontrados no músculo pontino, bem como no músculo da parede ventricular subepicárdica (tab. 4). A área ocupada por mitocôndrias foi comparada medindo-se ambos os tecidos e a análise estatística mostrou uma diferença significativa, demonstrando que ela é menor no tecido pontino do que no tecido cardíaco comum. No entanto, a análise estatística não apresentou diferenças significativas quando a área ocupada pelo túbulo T e pelo retículo sarcoplasmático foram comparados nos dois tecidos (tab. 4).

#### Aspectos ultraestruturais da camada íntima da artéria coronária esquerda

Não foi possível observar diferenças ultraestruturais nos três segmentos arteriais analisados. As lesões observadas na túnica íntima do ramo interventricular paraconal da artéria coronária esquerda, independentemente do tipo de segmento

avaliado, foram descritas como o espessamento da camada íntima, com ou sem lesões claras do endotélio. Na região de espessamento, fibrilas de colágeno, células musculares lisas e algumas gotas lipídicas extracelulares foram encontradas (fig. 3). Os espessamentos mais intensos geralmente eram acompanhados por um desarranjo da lâmina limitante elástica interna, que se encontrava fragmentada ou muitas vezes duplicada (fig. 3).

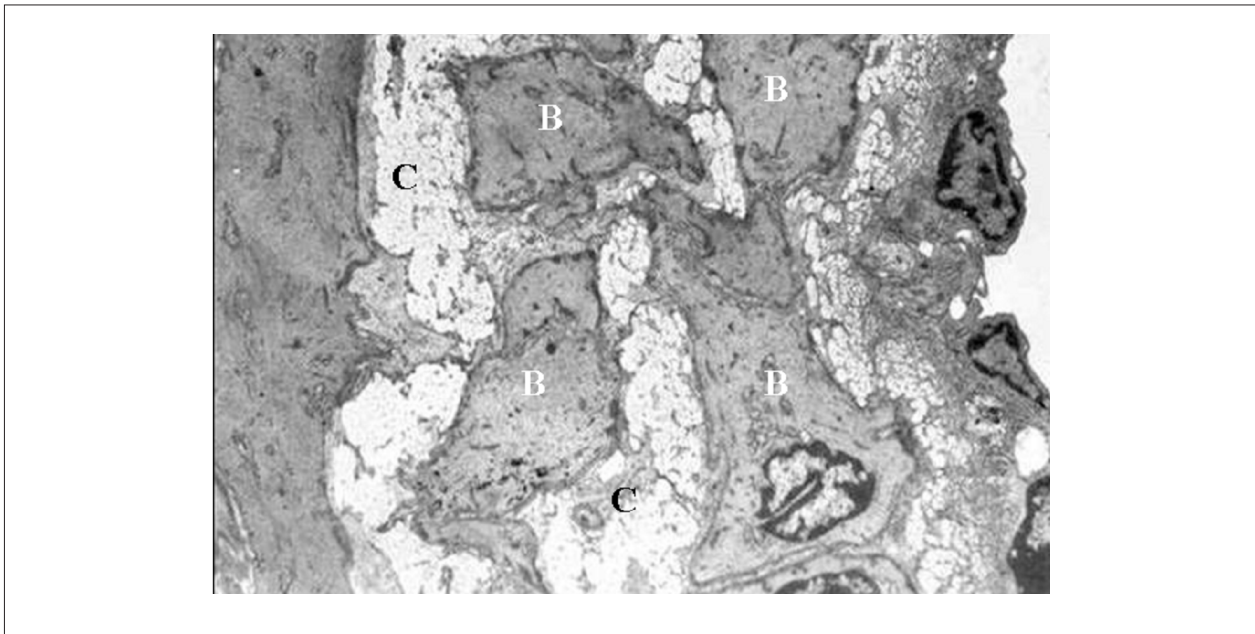
Em regiões de lesão, o endotélio encontrava-se ocasionalmente fragmentado. Mas quando era inteiramente composto de células em formas poligonais ou com prolongamento, apresentava alto nível de micropinocitose, mesmo em áreas não comprometidas. Gotas lipídicas citoplasmáticas foram frequentemente observadas nas células do endotélio das regiões lesionadas, porém encontravam-se aparentemente normais e com menor frequência. Células musculares lisas encontradas no espessamento da camada íntima eram, em sua maioria, arredondadas e tendendo para a forma poligonal com uma maior quantidade de organelas em comparação com as células musculares da camada média, muitas vezes apresentando gotas lipídicas citoplasmáticas (fig. 3).

**Tabela 4** – Variável para a análise da porcentagem de mitocôndrias (Q.M.1), túbulo T % (Q.M.2) e retículo sarcoplasmático (Q.M.3)

Taxa de variação	G.L.	Q.M.1	Q.M.2	Q.M.3
Tratamentos	1	193,62*	0,75 NS	0,99 NS
Erro	20	12,57	0,63	2,71
Taxa de variação		10,41	10,32	20,22
Média		34,05	7,73	8,15

G.L. - grau de liberdade; Q.M. - valor médio quadrático; \* - Significativo pelo teste F ( $\alpha=1\%$ ); NS - não significativo pelo teste F ( $\alpha=5\%$ ); Dados transformados em Arc Sen SQRT ( $X+0.50$ ).





**Fig. 3** – Fotomicrografia da camada íntima com endotélio preservado, células musculares lisas em forma poligonal (B), a duplicação da limitante elástica interna (C). (Aumento de 5000x).

Algumas células musculares lisas foram ocasionalmente observadas na íntima e até mesmo na túnica média com seu citoplasma ingurgitado por gotas lipídicas, compondo as chamadas células espumosas (fig. 4).

## Discussão

Apesar do fascínio causado pelo estudo do miocárdio por parte de pesquisadores, estamos muito longe de afirmar que é uma estrutura totalmente conhecida. No contexto da Anatomia Animal, é possível confirmar que relatórios sistemáticos são ainda incipientes, especialmente quando o assunto em questão são pontes miocárdicas ou as possíveis influências que essas pontes podem exercer sobre o fluxo coronariano.

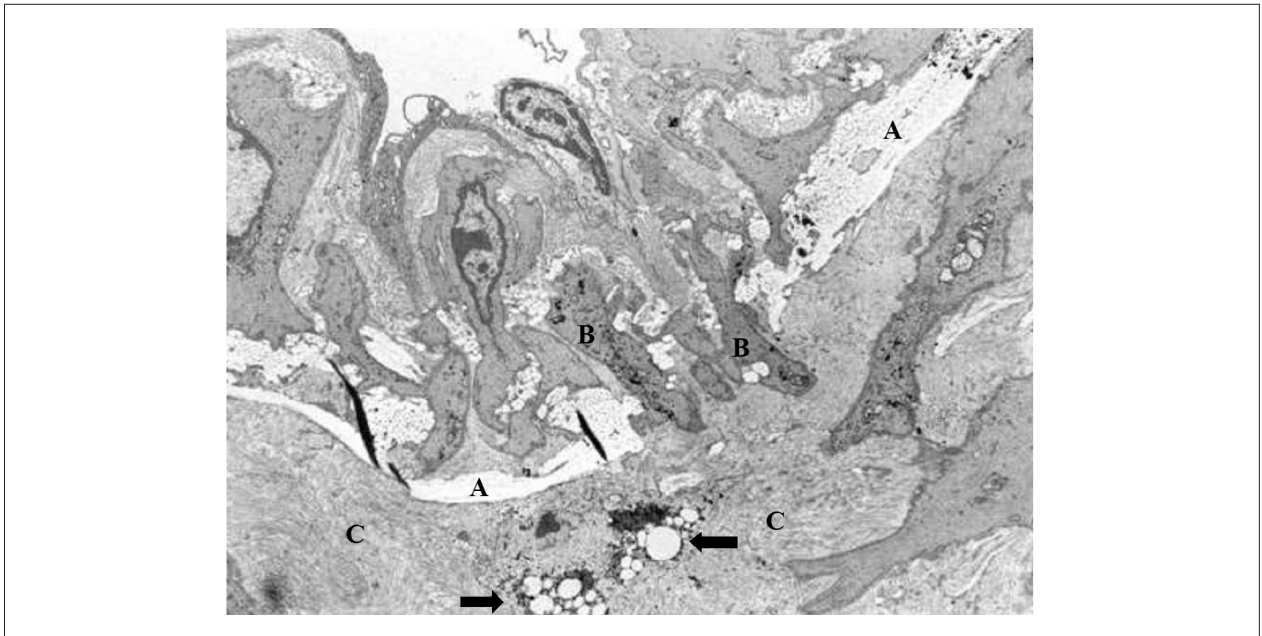
Assim, observamos que autores clássicos<sup>10</sup> estudaram a topografia das artérias coronárias só no que diz respeito à caracterização do seu curso e ramificações, sem abordar o tema que propusemos. Neste estudo, a análise estatística nos permite assegurar que há variações na frequência de lesões presentes na camada íntima das ramificações das artérias coronárias esquerdas, quando os segmentos pré-pontino e pós-pontino são comparados ao segmento pontino, bem como a não ocorrência de variações significativas no aparecimento dessas lesões entre os machos e fêmeas estudadas. Esses resultados estão de acordo com os resultados de outros autores<sup>9,11-19</sup>, uma vez que todos os resultados asseguram que a lesão presente na túnica íntima dessas artérias ao longo do segmento pontino é menor do que as lesões observadas nos outros dois segmentos. Também foi possível observar que quando comparados os segmentos pré-pontino e pós-pontino, não houve diferença significativa no grau de lesão. Zoghi e cols.<sup>20</sup> acrescentam que a função endotelial é prejudicada em pacientes com MB e que há maior tendência para aterosclerose proximal à ponte em pacientes com MB. A disfunção endotelial é mais grave em pacientes com aterosclerose proximal à ponte.

Em um estudo anterior, Santos e cols.<sup>3</sup> observaram o ângulo gerado entre a fibra muscular e o eixo longitudinal dos respectivos vasos arteriais, que variava de 11° a 168° com valor médio de 46°; esse fato estabeleceu uma posição oblíqua para essas fibras, tendendo a ser longitudinal em relação ao eixo desses vasos. Esses resultados estão de acordo com outros que relatam que o alinhamento da ponte miocárdica gera uma força longitudinal ao longo do eixo da fibra com constrição mínima da artéria coronária<sup>21</sup>, e com resultados que relatam que a presença da ponte miocárdica pode influenciar o tecido arterial por meio de alterações hemodinâmicas por meio de suas contrações<sup>5</sup>. Portanto, a maior obliquidade das fibras<sup>3</sup>, bem como o ambiente em que essa artéria está envolvida<sup>21-23</sup> podem ser um mecanismo de disposição compensatória a fim de evitar possíveis lesões causadas por alterações hemodinâmicas nos vasos.

Apesar dos vários autores que descrevem há algum tempo a macroscopia da ponte de miocárdio, aspectos microscópicos e ultraestruturais dessas ainda são escassos<sup>24-32</sup>.

A análise ultraestrutural da ponte miocárdica do tecido muscular subepicárdico revela que as fibras musculares são unidas de forma reta e plana, como descrito por Yamaguchi e cols.<sup>8</sup>. No entanto, esta pesquisa relatou uma quantidade similar de ramos laterais na ponte e na musculatura parietal, indo de encontro a observações apresentadas pelos mesmos autores.

Como relatado por Yamaguchi e cols.<sup>8</sup>, a união entre as fibras musculares da ponte foi realizada pelo disco intercalar e a conexão termino-terminal utilizando fibras de colágeno, que os autores chamaram de junções mamilares. É importante considerar que esta pesquisa não encontrou junções mamilares na parede ventricular do músculo cardíaco bovino da raça Canchim, e as células musculares encontradas na ponte miocárdica não formam junções celulares lado a lado como descrito pelo referido autor. Esses autores também afirmam que o sistema do túbulo retículo sarcoplasmático das fibras



**Fig. 4** – Fotomicrografia da camada íntima, apresentando a célula de espuma na camada média (→), limitante elástica interna (A), células musculares lisas (B) e matriz extracelular alterada (C). (Aumento de 5000x).

musculares da ponte geralmente apresentava forma de tríade e essas fibras, em seção transversal, encontravam-se individualmente desconectadas pelo tecido conjuntivo<sup>8</sup>.

Nossos resultados estão parcialmente de acordo com os dele, pois tal sistema também se apresentava na forma de uma tríade; no entanto, não era anatomicamente semelhante aos encontrados no músculo esquelético, já que, além do fato de o retículo sarcoplasmático não formar expansões em torno do túbulo T, que por sua vez ficava gravemente dilatado, também encontrou-se estas estruturas com aparência semelhante no músculo cardíaco da parede ventricular. As fibras musculares da ponte que observamos também encontravam-se pessoalmente desconectadas pelo tecido conjuntivo de acordo com esses autores<sup>8</sup>, mas é importante ressaltar que igualmente foram encontradas na musculatura cardíaca parietal. No entanto, os resultados encontrados estão de acordo com os resultados relatados por esses autores quando afirmam que alguns aspectos estruturais do tecido da ponte miocárdica se destacaram da estrutura comum cardíaca<sup>8</sup>, porque a análise estatística revelou que existe um maior número de mitocôndrias presentes no tecido cardíaco parietal do que no tecido da ponte cardíaca. Além disso, não houve diferença significativa quando a ocorrência do túbulo T e do retículo sarcoplasmático é comparada entre os tecidos observados.

Sejam quais forem os aspectos ultraestruturais da análise da camada íntima da artéria coronária esquerda, não encontramos nenhuma alteração na anatomia das células do endotélio, tais como as mudanças apontadas por Ishikawa e cols.<sup>13</sup>, que descreveram as formas poligonais dessas células nos segmentos pré-pontino e pós-pontino, enquanto no segmento pontino essas células apresentaram uma forma alongada.

Em relação às mudanças na camada íntima, os resultados desta pesquisa estão de acordo com os resultados apresentados por Cheville<sup>33</sup> e Stary e cols.<sup>34</sup>, que descreveram diversos

tipos de lesões que precederiam ou iniciariam o processo de aterosclerose. Segundo eles, o mais intenso espessamento dessa camada causou desarranjos da lâmina elástica interna fragmentada e/ou duplicadas, geralmente seguidos por comprometimentos do endotélio. Também foi possível observar a invasão de áreas de lesão por células de colágeno e células musculares que se reproduziam e apresentavam gotas lipídicas.

A forma e a enorme quantidade de organelas observadas nas células musculares lisas das regiões de lesão da camada íntima e a ausência de fibroblastos sugerem que essas células estão envolvidas no aumento da matriz extracelular (fibras de colágeno e glicoproteína). Uma pequena quantidade de células espumosas foi observada tanto na camada íntima como na camada média, como descrito por outros autores<sup>33-35</sup>.

## Conclusões

As lesões da camada íntima visíveis à microscopia de luz são menos frequentes sobre as ramificações interventriculares paraconais da artéria coronária esquerda em regiões abrangidas pelas pontes miocárdicas em comparação com as regiões pré-pontina e pós-pontina.

Existem algumas diferenças entre a ultraestrutura do tecido muscular da ponte cardíaca e do tecido muscular parietal subepicárdico.

As lesões encontradas na camada íntima do ramo interventricular paraconal da artéria coronária esquerda, independentemente da posição avaliada, são semelhantes às lesões que precedem a formação da placa aterosclerótica.

## Potencial Conflito de Interesses

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

### Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

### Vinculação Acadêmica

Este artigo é parte de tese de Doutorado de José Wilson dos Santos pela Universidade Federal de São Paulo.

### Referências

1. Brodsky SV, Roh L, Ashar K, Braun A, Ramaswamy G. Myocardial bridging of coronary arteries: a risk factor for myocardial fibrosis? *Int J Cardiol.* 2008;124(3):391-2.
2. Klic H, Akdemir R, Bicer A, Dogan M. Transient myocardial bridging of the left anterior descending coronary artery in acute inferior myocardial infarction. *Int J Cardiol.* 2009;131(3):e112-4.
3. Santos JW, Bombonato PP, Beletti ME, Severino RS, Carneiro e Silva FO. Pontes de miocárdio em bovinos da raça Canchim. *Braz J Vet Res Anim Sci.* 2000;37(2):121-7.
4. Genlin X, Weijian L, Huaiyuan S, Jie Z, Zhimin Z. Analysis of the simulative experimental data related to the effect of the myocardial bridge on the blood flow of the coronary artery. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2005;3:2268-71.
5. Ishii T, Asuwa N, Masuda S, Ishikawa Y. The effects of a myocardial bridge on coronary atherosclerosis and ischaemia. *J Pathol.* 1998;185(1):4-9.
6. Kucukdurmaz Z, Kizilkan N, Akkoyun DC, Sari I, Davutoglu V. Isolated left ventricular myocardial non-compaction coexists with myocardial coronary artery bridge as a cause of ischemic ECG changes. *Int J Cardiol.* 2008;130(1):e1-3.
7. Tomanovic-Kokovic J, Teofilovski-Parapid G, Oklobdzija M, Kanjuhl V, Kovacevic S, Parapid B, et al. Influence of the myocardial bridging phenomenon on the myocardial structure and the coronary wall structure changes. *Vojnosanit Pregl.* 2006;63(2):148-52.
8. Yamaguchi M, Tangkawattana P, Karkoura A, Takehana K, Nakayama T, Nakade, T et al. Proximal paraconal interventricular myocardial bridge in dog: ultrastructural characterization. *Acta Anat (Basel).* 1995;153(3):226-35.
9. Masuda T, Ishikawa Y, Akasaka Y, Itoh K, Kiguchi H, Ishii T. The effect of myocardial bridging of the coronary artery on vasoactive agents and atherosclerosis localization. *J Pathol.* 2001;193(3):408-14.
10. Gonzalez y Garcia J, Gonzalez Alvarez R. Anatomia comparada de los animales domésticos. 7ª ed. Madrid: Gráficas Canales; 1961. p. 591-606.
11. Duygu H, Zoghi M, Nalbantgil S, Kirilmaz B, Türk U, Özerkan F, et al. Myocardial bridge: a bridge to atherosclerosis. *Anadolu Kardiyol Derg.* 2007;7(1):12-6.
12. Ishii T, Hosoda Y, Osaka T, Imai T, Shimada H, Takami A, et al. The significance of myocardial bridge upon atherosclerosis in the left anterior descending coronary artery. *J Pathol.* 1986;148(4):279-90.
13. Ishikawa Y, Ishii T, Asuwa NA, Masuda S. Absence of atherosclerosis evolution in the coronary arterial segment covered by myocardial tissue in cholesterol-fed rabbits. *Virchows Arch.* 1997;430(2):163-71.
14. Ishikawa Y, Akasaka Y, Ito K, Akishima Y, Kimura M, Kiguchi H, et al. Significance of anatomical properties of myocardial bridge on atherosclerosis evolution in the anterior descending coronary artery. *Atherosclerosis.* 2006;186(2):380-9.
15. Lujinovic A, Ovcina F, Cihlarz Z, Selak I, Kulenovic A. [The effect of myocardial bridge on the incidence of coronary atherosclerosis]. *Med Arh.* 2006;60(5):275-8.
16. Qian J, Zhang F, Wu H, Fan B, Ge L, Lu Y, et al. Size of coronary artery in a myocardial bridge compared with adjacent nontunneled left anterior descending coronary artery. *Am J Cardiol.* 2007;99(12):1653-5.
17. Shinjo SK, Prates NE, Oba SM, Sampaio LO, Nader HB. Distribution and composition of glycosaminoglycans in the left human coronary arterial branches under myocardial bridge. *Atherosclerosis.* 1999;143(2):363-8.
18. Shinjo SK, Sinjo SMO, Prates NE. Bovine myocardial bridge morphology and association with coronary atherosclerosis. *Braz j morphol sci.* 2004;21(2):95-8.
19. Zeina AR, Odeh M, Blinder J, Rosenschein U, Barmeir E. Myocardial bridge: evolution on MDCT. *AJR Am J Roentgenol.* 2007;188(4):1069-73.
20. Zoghi M, Duygu H, Nalbantgil S, Kirilmaz B, Türk U, Ozerkan F, et al. Impaired endothelial function in patients with myocardial bridge. *Echocardiography.* 2006;23(7):577-81.
21. Yamaguchi M, Tangkawattana P, Muto M, Nakade T, Taniyama H, Miyata Y, et al. Myocardial bridge muscle on left anterior descending coronary artery differs from subepicardial myocardium of the left ventricle in dogs. *Acta Anat (Basel).* 1996;157(3):238-47.
22. Bertolini SMMG, Prates NEVB, Miranda Neto MH. Microscopic study of myocardial bridges over the coronary arteries of pigs. *Braz j morphol sci.* 1995;12(2):127-30.
23. Santos JW, Bombonato PP, Beletti ME, Severino RS, Carneiro e Silva FO. Pontes de miocárdio em bovinos da raça Canchim. I - Aspectos microscópicos. *Braz J Vet Res Anim Sci.* 2000;37(2):128-31.
24. Amaral RC, Bombonato PP. Pontes de miocárdio em cães. I. Frequência e largura. *Braz J Vet Res Anim Sci.* 1996;33(3):153-9.
25. Baptista CA, Didio LJ. The relationship between the directions of myocardial bridges and of the branches of the coronary arteries in the HUMAN heart. *Surg Radiol Anat.* 1992;14(2):137-40.
26. Berg R. [On the presence of myocardial bridges over the coronary vessels in swine (*Sus scrofa domestica*)]. *Anat Anz.* 1963 Jan 25;112:25-31.
27. Berg R. [Contribution to the phylogenesis of the course of the coronary arteries to the myocardium in domestic swine (*Sus scrofa domestica*)]. *Anat Anz.* 1964 Aug 31;115:184-92.
28. Bezerra AJ, Didio AS, Didio LJ. Bridges of myocardium over branches of the coronary arteries in *Camelus dromedarius*. *Arch Ital Anat Embriol.* 1985;90(4):267-74.
29. Bezerra A, Didio L, Prates JC. Pontes de miocárdio. *An anat norm.* 1987;5(5):59-66.
30. Hadziselimonic H, Secerov D, Gmaz-Nikulin E. Comparative anatomical investigations on coronary arteries in wild and domestic animals. *Acta Anat (Basel).* 1974;90(1):16-35.
31. Van Nie CJ, Vincent JG. Myocardial bridges on the coronary arteries in animals. *Acta Anat (Basel).* 1984;120:53.
32. Severino RS, Carneiro e Silva FO, Santos ALQ, Drummond SS, Bombonato PP, Duran FP, et al. Pontes de miocárdio em bovinos azebuados. *Braz J Vet Res Anim Sci.* 1997;34(5):288-91.
33. Cheville NF. Ultrastructural pathology: an introduction to interpretation. 5th ed. Ames: Iowa State University Press; 1994. p. 376-8.
34. Stary HC, Chandler AB, Glagov S, Guyton JR, Insull W Jr, Rosenfeld ME, et al. A definition of initial, fatty streak, and intermediate lesions of atherosclerosis: a report from the Committee on Vascular Lesions of the Council on Arteriosclerosis, American Heart Association. *Atheroscler Thromb.* 1994;14(5):840-56.
35. Stary HC. Macrophages, macrophage foam cells, and eccentric intima thickening in the coronary arteries of young children. *Atherosclerosis.* 1987;64(2-3):91-108.