

Puente Miocárdico Asociado a Lesiones Cardiovasculares en Bovinos Adultos de la Raza Canchim

José Wilson dos Santos¹, Nader Wafae², Marcelo Emílio Beletti¹

Universidade Federal de Uberlândia¹, Uberlândia, MG; Universidade Federal de São Paulo², São Paulo, SP, Brasil

Resumen

Fundamento: La influencia que el puente miocárdico ejerce sobre la corriente sanguínea en el transcurso del segmento arterial bajo el puente, ha sido objeto de discusión por parte de la comunidad científica.

Objetivo: Comparar el tejido muscular ultra estructural del puente miocárdico y la pared ventricular; analizar el grado de lesión de la capa íntima de los segmentos arteriales e investigar posibles cambios que pueden preceder o iniciar el proceso de lesiones ateroscleróticas.

Método: Cuarenta corazones bovinos de la raza Canchim fueron estudiados con respecto a las alteraciones de la capa íntima de las arterias coronarias en los diferentes segmentos del puente miocárdico. Para el examen microscópico, se hicieron coloraciones por hematoxilina-eosina y fucsina-resorcina secundando las técnicas microscópicas convencionales. Para el examen de microscopía electrónica, los segmentos del puente miocárdico de doce corazones de bovinos de la raza Canchim, fueron recolectados así como de la pared ventricular y de la arteria coronaria y fueron procesados de acuerdo con las técnicas convencionales.

Resultados: En la microscopía de luz, observamos una mayor frecuencia de lesiones en segmentos de pre puente y pos-puente de la capa íntima, en comparación con el segmento puente. Los espesamientos de la capa íntima vinieron acompañados por un desarreglo en la lámina limitante elástica interna. Esas células a menudo presentan sus citoplasmas ingurgitados por gotas lipídicas, lo que compone las llamadas células de espuma. La microscopía electrónica reveló que las fibras musculares del puente miocárdico generalmente se unen de forma recta y lisa, presentando ramas laterales con un número mayor de mitocondrias en el músculo ventricular que en el puente.

Conclusiones: Existen pocas diferencias entre los tejidos musculares estudiados. Las lesiones de la capa íntima son menos frecuentes en las regiones del puente en comparación con las regiones pre y pos puente. (Arq Bras Cardiol 2012;98(1):22-28)

Palabras clave: Puente miocárdico/patología, arterosclerosis, bovinos, experimentación animal, mitocondrias cardíacas.

Introducción

Hace ya mucho tiempo que el miocardio está despertando un especial interés por parte de los investigadores, convirtiéndose en un órgano importante para los diferentes tipos de abordaje. La influencia que el puente miocárdico ejerce sobre la corriente sanguínea en el transcurso del segmento arterial bajo el puente, ha sido objeto de discusión por parte de la comunidad científica.

Brodsky et al¹ como también Kilic et al² sugieren que el puente miocárdico puede ser un factor de riesgo independiente para el desarrollo de la isquemia miocárdica y de la fibrosis intersticial. Santos et al³ afirman que las fibras musculares del segmento puente forman ángulos con

el eje longitudinal de los vasos arteriales, componiendo un promedio de 46°, siendo predominantemente oblicuo a ellos, e intentando seguir su eje longitudinal. Algunos autores⁴⁻⁷ relatan que la presencia del puente miocárdico puede influir en el tejido arterial por medio de cambios en la fuerza hemodinámica, causadas por la contracción muscular en el puente. Yamaguchi et al⁸ proponen que el músculo del puente posee características próximas al músculo esquelético estriado, y Masuda et al⁹, afirman que la extensión de la arterosclerosis en la capa íntima coronaria es menos significativa bajo el puente del miocardio en comparación con los segmentos proximal y distal, y refuerzan la sospecha de que el comportamiento de la capa íntima de las arterias coronarias puede ser alterado por la presencia del puente miocárdico. Basándonos en esa sospecha, nos propusimos investigar las posibles influencias del puente miocárdico sobre las características de la capa íntima de las arterias coronarias, como también las posibles diferencias entre el tejido del puente y del músculo cardíaco sub-epicárdico.

Correspondencia: José Wilson dos Santos •

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

E-mail: jw.santos@uol.com.br

Artículo recibido el 03/04/11; revisado recibido el 31/05/11; aceptado el 08/07/11.

Métodos

El material fue adquirido por los sacrificios realizados con los animales en diferentes establecimientos industriales, y contando con la autorización especial del Servicio de Inspección Federal del Ministerio de la Agricultura, originalmente de animales exentos de procesos cardíacos patológicos comprobados por examen anti y *post mortem*, de acuerdo con el procedimiento previsto en la legislación específica vigente.

Microscopía de luz

Cuarenta corazones bovinos Canchim de 25 machos y 15 hembras con edades aproximadas entre los 30 y los 48 meses, fueron utilizados en esta investigación. Fragmentos de puentes miocárdicos fueron posicionados sobre las ramificaciones interventriculares paraconales de la arteria coronaria izquierda. Esos fragmentos estaban constituidos por segmentos de vasos pre puente, puente y pos puente, y por el tejido muscular cardíaco adyacente, habiendo sido colocados en una solución acuosa de formaldehído al 10% por un período de 72 horas, y posteriormente reducida a bloques de 1 cm³ para aislar los referidos segmentos. El material fue sometido a la deshidratación en una serie progresiva de graduación alcohólica, clarificado en xileno y parafina, con cortes de 7 μm de espesor que fueron realizados inmediatamente. Los cortes fueron nuevamente hidratados para ser enrojados por los métodos Hematoxilina-Eosina (HE) y fucsina-resorcina. Después de que las láminas se prepararon y se enrojaron, las superficies de la capa íntima normal y de la capa íntima damnificada se midieron en todas las ramas arteriales de los segmentos pre puente, puente y pos puente para poder obtener el porcentaje del área danificada en diversas regiones de cada vaso. Para esas medidas, se usaron imágenes digitalizadas analizadas por el software *HL image 97*.

Microscopía electrónica

Doce corazones bovinos de hembras de la raza Canchim entre 30 a 48 meses de edad, fueron utilizados para esta investigación. Para el microscopio técnico electrónico, se recolectaron segmentos de la rama interventricular paraconal de la arteria coronaria izquierda. Los segmentos estaban compuestos por los vasos pre puente, puente y pos puente, conjuntamente con el músculo formando el puente miocárdico y los segmentos del músculo ventricular sub-epicárdico de la pared ventricular. Después de ser desconectados, se les colocó en una solución tampón de glutaraldehído al 2,5% en solución de cacodilato de sodio de 0,1 M (pH-7.2) durante 48 horas. Enseguida, el material se lavó en una solución tampón de cacodilato de sodio (pH-7.2) tres veces por quince minutos cada una, y después fue colocado en tetróxido de osmio al 0,1% además de una solución de ferrocianuro de potasio al 1,25% por 90 minutos. Posteriormente, el material se sometió a la deshidratación a niveles en crescendo de alcoholes y óxido de propileno, en una resina Epon y posteriormente, se hicieron los cortes ultrafinos a láser. Los cortes se contrastaron con el acetato de uranila y citrato de plomo, y después fueron analizados y documentados fotográficamente por el microscopio electrónico EM-109 Zeiss.

Los resultados de esas dos metodologías se analizaron estadísticamente. De acuerdo con los resultados del análisis de variancia, se compararon los promedios por el test de Tukey ($\alpha = 5\%$), permitiendo la comparación de los tratamientos. El porcentaje de ambos test estadísticos se transformó en un arco seno, dada la predisposición del análisis de variancia.

Resultados

Hallazgos microscópicos

Las alteraciones en la capa íntima de las ramificaciones interventriculares paraconales de la arteria coronaria izquierda, fueron vistas como espesamientos de esa capa donde se observaron células con citoplasma claro y desarreglo y/o duplicación en la lámina limitante elástica interna (fig. 1).

Los porcentajes del área damnificada en los segmentos pre puente, puente y pos puente de las ramificaciones interventriculares paraconales de la arteria coronaria izquierda, se analizaron estadísticamente, donde se observaron las variables posición y sexo. El test F (tab. 1) fue significativo para la posición, enfatizando que existe una variación en la frecuencia y en el grado de lesión entre los segmentos arteriales estudiados. El mismo tipo de test no fue significativo para la variable sexo. En otras palabras, la presencia de lesiones, no depende de esa variable.

Se consideró el test de Tukey (tab. 2 y 3) como significativo para la variable posición, con la seguridad de que existe una mayor frecuencia de lesiones en los segmentos pre puente y pos-puente de la capa íntima de la arteria coronaria izquierda en comparación con el segmento puente. Sin embargo, cuando se compararon los segmentos pre puente y pos puente, no hubo una diferencia significativa en el grado de lesión.

Técnica de microscopía electrónica

Aspectos ultra estructurales de las fibras musculares

En los cortes longitudinales, se pudo observar que las fibras musculares del puente miocárdico están generalmente unidas de forma recta y plana. Esas fibras quedan predominantemente unidas unas a las otras por medio de un disco intercalar. Los cortes longitudinales revelaron también el sistema de los tubos del retículo sarcoplasmático formando triadas, tanto en el músculo puente como en el músculo de la pared ventricular, pero las formas díada fueron las más frecuentes (fig. 2).

Las fibras miocárdicas de la pared ventricular sub-epicárdica mostraron, longitudinalmente, un curso elipsoide, presentando ramas laterales. Por medio de los datos morfométricos, se pudo evaluar el promedio y la desviación estándar relativas al área ocupada por las mitocondrias, tubo T y retículo sarcoplasmático encontrados en el músculo puente, como también en el músculo de la pared ventricular sub-epicárdica (tab. 4). El área de mitocondrias fue comparada mensurando ambos tejidos y el análisis estadístico arrojó una diferencia significativa, demostrando que ella es menor en el tejido puente que en el tejido cardíaco común. Sin embargo, el análisis estadístico no presentó diferencias significativas cuando el tubo T y el área del retículo sarcoplasmático se compararon en los dos tejidos (tab. 4).

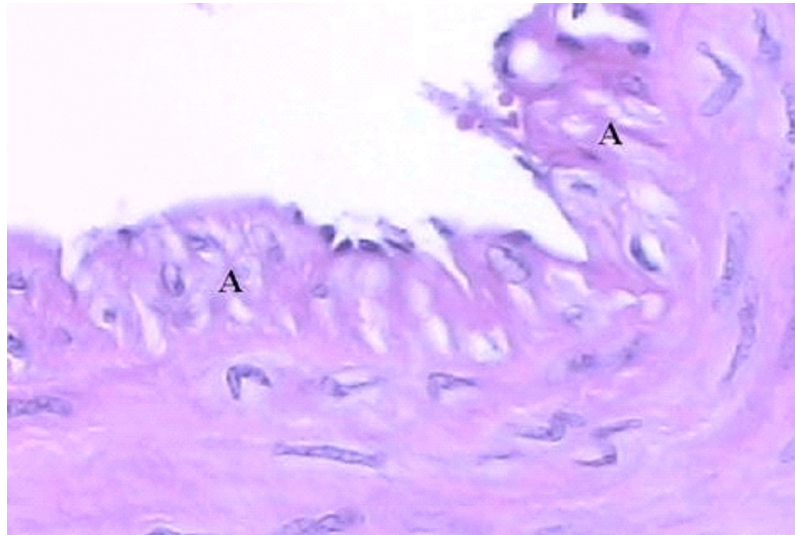


Figura 1 – Sección transversal microscópica de la rama interventricular paraconal de la arteria coronaria izquierda, enrojecida por el método hematoxilina-eosina, presentando espesamientos en toda la extensión de la capa íntima, donde se observaron células con citoplasma de luz (A). Aumento (400x).

Tabla 1 – Análisis de variancia de los porcentajes de lesión de la capa íntima de la rama interventricular paraconal de la arteria coronaria izquierda de animales de sexos diferentes, en los segmentos pre puente, puente y pos puente

Variación C.	G.L.	Q. M.	F
Sexo (S)	1	630.4924	0.79 NS
Error (A)	28	797.2693	
Posición (P)	2	2822.4686	18.64 *
Interacción P x S	2	69.9801	0.46 NS
Error (B)	56	151.4259	

Variación C. por Sex = 73.96
 Variación C. por Posición = 32.23

G.L. - grado de libertad; C.P. – valor promedio cuadrático; F - Análisis de Variancia; * - significativo por el test F ($\alpha=1\%$); NS – no significativo por el test F ($\alpha=5\%$).

Tabla 2 – Test de Tukey que establece las diferencias entre el sexo sobre la incidencia de lesiones en la capa íntima de las ramificaciones interventriculares paraconales de la arteria coronaria izquierda

Sexo	Promedio
Masculino	40.8226 A
Femenino	35.5290 A

Letras iguales (A) son promedios parecidos.

Aspectos ultra estructurales de la capa íntima de la arteria coronaria izquierda

No se pudo observar diferencias ultra estructurales en los tres segmentos arteriales analizados. Las lesiones observadas en la túnica íntima de la rama interventricular paraconal de la arteria coronaria izquierda, independientemente del tipo de segmento analizado, se describieron como el

Tabla 3 – Test de Tukey que establece las diferencias sobre la incidencia de lesiones en la capa íntima de las ramificaciones interventriculares paraconales de la arteria coronaria izquierda en diversos segmentos

Segmento	Promedio
Distal	43.8230 A
Proximal	43.7285 A
Inferior	26.9758 B

Letras iguales son promedios similares y letras diferentes son promedios diferentes unos de los otros.

espesamiento de la capa íntima, con o sin lesiones claras del endotelio. En la región de espesamiento, fibrilas de colágeno, células musculares lisas y algunas gotas lipídicas extracelulares se encontraron (fig. 3). Los espesamientos más

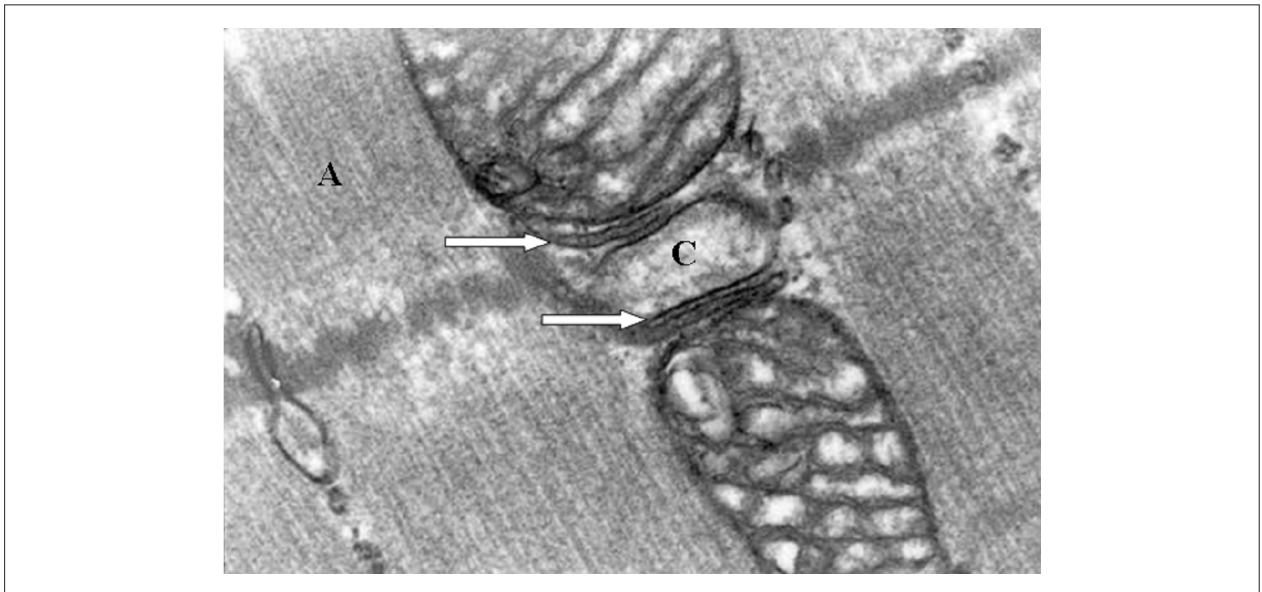


Figura 2 – Fotomicrografía del tejido muscular del puente miocárdico en un corte longitudinal, presentando miofibrilas (A), mitocondrias (B), tubo T (C) y retículo sarcoplasmático (→), ambos en forma de triade. (Aumento de 78000x).

Tabla 4 – Variable para el análisis del porcentaje de mitocondrias (C. P.1), tubo T % (C. P. 2) y retículo sarcoplasmático (C. P. 3)

Tasa de variación	G.L.	C. P. 1	C. P. 2	C. P. 3
Tratamientos	1	193.62*	0,75 NS	0.99 NS
Error	20	12.57	0.63	2.71
Tasa de variación Promedio		10.41	10.32	20.22
		34.05	7.73	8.15

G.L. - grado de libertad; C.P. - valor promedio cuadrático; * - Significativo por el test F ($\alpha=1\%$); NS – no significativo por el test F ($\alpha=5\%$); Datos transformados en Arc Sen SQRT ($X+0.50$).

intensos generalmente venían acompañados por un desajuste de la lámina limitante elástica interna, que se encontraba fragmentada o, en muchas ocasiones, duplicada (fig. 3).

En las regiones lesionadas, el endotelio estaba ocasionalmente fragmentado. Pero cuando estaba completamente compuesto por las células en formas poligonales o con prolongamiento, presentaba un alto nivel de micropinocitosis, incluso en las áreas no comprometidas. Las gotas lipídicas citoplasmáticas fueron frecuentemente observadas en las células del endotelio de las regiones lesionadas, pero aparentemente eran normales y aparecían con menor frecuencia. Las células musculares lisas encontradas en el espesamiento de la capa íntima eran, en su gran mayoría, redondeadas y con una tendencia al polígono, con una mayor cantidad de organelas en comparación con las células musculares de la capa media, muchas veces presentando gotas lipídicas citoplasmáticas (fig. 3).

Algunas células musculares lisas fueron ocasionalmente observadas en la íntima e incluso en la túnica media con su citoplasma ingurgitado por gotas lipídicas, componiendo así las llamadas células espumosas (fig. 4).

Discusión

A pesar de la fascinación causada por el estudio del miocardio por parte de los investigadores, estamos muy lejos de afirmar que es una estructura totalmente conocida. Dentro del contexto de la Anatomía Animal, podemos confirmar que los informes sistemáticos todavía son incipientes, especialmente cuando el asunto de que se trata son los puentes miocárdicos o las posibles influencias que ellos pueden ejercer sobre el flujo coronario.

Observamos que los autores clásicos¹⁰ estudiaron la topografía de las arterias coronarias solamente en lo concerniente a la caracterización de su curso y ramificaciones, sin abordar el tema que propusimos aquí. En este estudio, el análisis estadístico nos permite asegurar que existen variaciones en la frecuencia de lesiones presentes en la capa íntima de las ramificaciones de las arterias coronarias izquierdas, cuando los segmentos pre puente y pos puente son comparados con el segmento puente, como también la no aparición de variaciones significativas en el surgimiento de esas lesiones entre los machos y las hembras estudiadas. Esos resultados están a tono con los resultados de otros autores^{9,11-19}, una vez que todos los resultados garantizan que la lesión presente en la túnica íntima de esas arterias a lo largo

Artículo Original

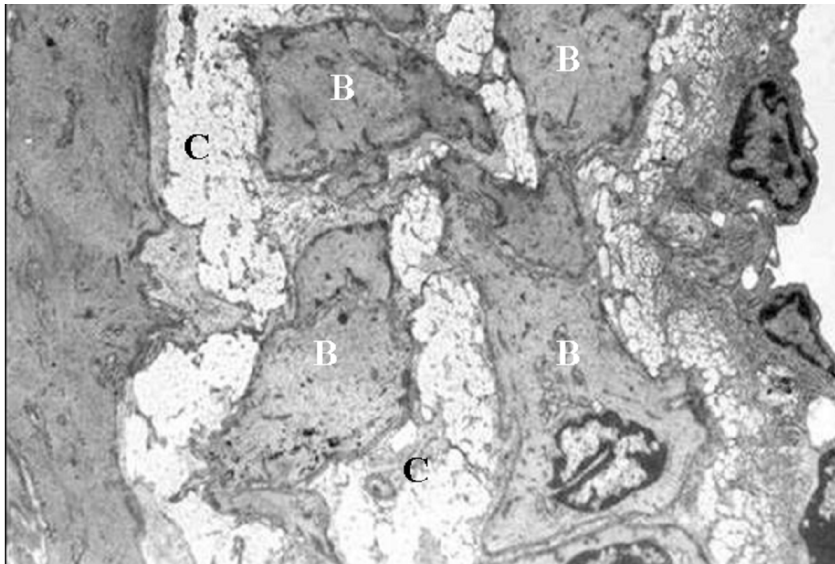


Figura 3 – Fotomicrografía de la capa íntima con el endotelio preservado, células musculares lisas en forma poligonal (B), la duplicación de la limitante elástica interna (C). (Aumento de 5000x).

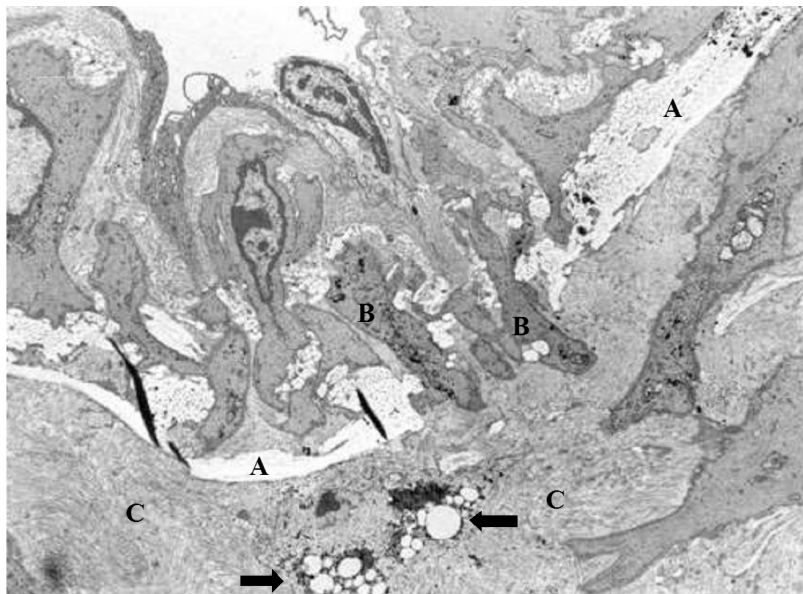


Figura 4 – Fotomicrografía de la capa íntima, presentando la célula de espuma en la capa media (→), limitante elástica interna (A), células musculares lisas (B) y matriz extracelular alterada (C). (Aumento de 5000x).

del segmento puente es menor que las lesiones observadas en los otros dos segmentos. También fue posible observar que cuando se compararon los segmentos pre puente y pos puente, no hubo diferencia significativa en el grado de la lesión. Zoghi et al²⁰ dicen que la función endotelial queda perjudicada en los pacientes con MB y que existe una mayor

tendencia para la arterosclerosis proximal al puente en los pacientes con MB. La disfunción endotelial es más grave en los pacientes con arterosclerosis proximal al puente.

En un estudio anterior, Santos et al³ observaron el ángulo generado entre la fibra muscular y el eje longitudinal de los respectivos vasos arteriales, que variaba de 11° a 168°

con un valor promedio de 46°. Ese hecho estableció una posición oblicua para esas fibras, con una tendencia a ser longitudinal con relación al eje de esos vasos. Esos resultados están a tono con otros que relatan que la alineación del puente miocárdico genera una fuerza longitudinal a lo largo del eje de la fibra con la constricción mínima de la arteria coronaria²¹, y con resultados relatando que la presencia del puente miocárdico puede influir en el tejido arterial por medio de alteraciones hemodinámicas en función de sus contracciones⁵. Por tanto, la mayor oblicuidad de las fibras³, como también el ambiente en que esa arteria está envuelta²¹⁻²³ pueden ser un mecanismo de disposición compensatoria para evitar posibles lesiones causadas por alteraciones hemodinámicas en los vasos.

A pesar de los diversos autores que ya han descrito hace tiempo la macroscopía del puente del miocardio, algunos de sus aspectos microscópicos y ultra estructurales todavía no han visto la luz²⁴⁻³².

El análisis ultra estructural del puente miocárdico del tejido muscular sub-epicárdico, revela que las fibras musculares están unidas de forma recta y lisa, como lo describen Yamaguchi et al⁸. Sin embargo, esta investigación relató una cantidad similar de ramas laterales en el puente y en la musculatura parietal, lo que se contradice con las observaciones presentadas por esos autores.

Como ya fue relatado por Yamaguchi et al⁸, la unión entre las fibras musculares del puente se hizo por el disco intercalar y la conexión conclusión-terminal utilizando fibras de colágeno que los autores llamaron juntas articuladas. Es importante considerar que esta investigación no encontró juntas articuladas en la pared ventricular del músculo cardíaco bovino de la raza Canchim, y que las células musculares encontradas en el puente miocárdico no forman juntas celulares lado a lado como lo describe el autor. Esos autores también afirman que el sistema del tubo retículo sarcoplasmático de las fibras musculares del puente, generalmente tenía la forma de triade y que esas fibras, en una sección transversal, estaban personalmente desconectadas por el tejido conjuntivo⁸.

Nuestros resultados están parcialmente de acuerdo con los de él, porque tal sistema también está presente en la forma de una triade; sin embargo, no era anatómicamente similar a los encontrados en el músculo esquelético, ya que, además del hecho de que el retículo sarcoplasmático no forme expansiones alrededor del túbulo T, que, a su vez quedaba gravemente dilatado, también se encontró esas estructuras con las estructuras similares en el músculo cardíaco de la pared ventricular. Las fibras musculares del puente que observamos también estaban personalmente desconectadas por el tejido conjuntivo de acuerdo con esos autores⁸, pero es importante resaltar que también fueron encontradas en la musculatura cardíaca parietal. Sin embargo, los resultados encontrados están de acuerdo con los resultados relatados por esos autores cuando afirman que algunos aspectos estructurales del tejido del puente miocárdico se destacaron de la estructura común cardíaca⁸, porque el análisis estadístico reveló que existe un mayor número de mitocondrias presentes en el tejido cardíaco parietal que en el tejido del puente cardíaco. Además, no hubo diferencia significativa cuando apareció

el tubo T y el retículo sarcoplasmático se comparó con los tejidos observados.

Sean cuales sean los aspectos ultra estructurales del análisis de la capa íntima de la arteria coronaria izquierda, no encontramos ninguna alteración en la anatomía de las células del endotelio, como por ejemplo, los cambios indicados por Ishikawa et al¹³, que describieron las formas poligonales de esas células en los segmentos pre puente y pos puente, mientras que en el segmento puente esas células tenían una forma alargada.

Con relación a los cambios en la capa íntima, los resultados de esta investigación están a tono con los resultados presentados por Chevillat³³ y Stary et al³⁴, que describieron diversos tipos de lesiones que precederían o iniciarían el proceso de arterosclerosis. Según ellos, el más intenso espesamiento de esa capa, causó desarreglos de la lámina elástica interna fragmentada y/o duplicada, generalmente seguidos por los compromisos del endotelio. También se pudo observar la invasión de las áreas de lesión por las células de colágeno y células musculares que se reproducían y presentaban gotas lipídicas.

La forma y la enorme cantidad de organelas observadas en las células musculares lisas de las regiones de la lesión de la capa íntima, y la ausencia de fibroblastos, sugieren que esas células están involucradas en el aumento de la matriz extracelular (fibras de colágeno y glicoproteína). Y como lo describieron otros autores³³⁻³⁵, una pequeña cantidad de células de espuma fue observada tanto en la capa íntima como en la capa media.

Conclusiones

Las lesiones de la capa íntima, que son visibles a la microscopía de luz, son menos frecuentes sobre las ramificaciones interventriculares paraconales de la arteria coronaria izquierda en las regiones que abarcan los puentes miocárdicos, en comparación con las regiones pre puente y pos puente.

Existen algunas diferencias entre la ultra estructura del tejido muscular del puente cardíaco y del tejido muscular parietal sub-epicárdico.

Las lesiones encontradas en la capa íntima de la rama interventricular paraconal de la arteria coronaria izquierda, independientemente de la posición analizada, son parecidas a las lesiones que preceden a la formación de la placa arterosclerótica.

Potencial Conflicto de Intereses

Declaro no haber conflicto de intereses pertinentes.

Fuentes de Financiación

El presente estudio no tuvo fuentes de financiación externas.

Vinculación Académica

Este artículo forma parte de tesis de Doctorado de José Wilson dos Santos, por Universidade Federal de São Paulo.

Referencias

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. Kilic 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, Kizilkhan 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, Kanjuh 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. Anatomía 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, Turk 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. Freqüência 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-Nikulic 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. Sary 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. Sary HC. Macrophages, macrophage foam cells, and eccentric intima thickening in the coronary arteries of young children. *Atherosclerosis.* 1987;64(2-3):91-108.