

# Biomechanical and morphological evaluation of aortic wall changes related to the cross-clamping method in different surgical techniques

## *Avaliações biomecânica e morfológica das alterações da parede aórtica relacionadas ao método de interrupção de fluxo em diferentes técnicas cirúrgicas*

Pedro Pereira Tenório<sup>1</sup> , Rodrigo Mendes<sup>2</sup> , José Honório de Almeida Palma da Fonseca<sup>2,3</sup>

**How to cite:** Tenório PP, Mendes R, Fonseca JHAP. Avaliações Biomechanical and morphological evaluation of aortic wall changes related to the cross-clamping method in different surgical techniques. *J Vasc Bras.* 2021;20:e20200204. <https://doi.org/10.1590/1677-5449.200204>

Dear Editor,

The objective of the authors of “Acute aortic wall injury caused by aortic cross-clamping: morphological and biomechanical study of the aorta in a swine model of three aortic surgery approaches”<sup>1</sup> was to assess changes to the aorta wall related to the clamping method used in different aortic surgery techniques. Their biomechanical study detected significant differences between the different surgical techniques studied. Specimens in the EV (endovascular) group proved to be more resistant to load than those from the other groups.

Whenever a vessel is handled, the possibility exists of plaque rupture, intimal injury, and formation of thrombi during and after placement of the hemostatic clamps or endovascular balloon. These injuries are predominantly dependent on the variables time and pressure applied, which lead to distortion of the intima and disarrangement of the tunica media, leading to weakening of the aorta wall, as previous studies have demonstrated.<sup>2,3</sup>

However, in this study, the histology of the aorta was unchanged. No changes were observed in collagen or elastic fibers and no cellular changes were observed either – the nuclei of the smooth muscle cells (SMCs) were intact. The Abstract of the article mentions that morphometric techniques were employed, but the methodology was not described. It was also unclear how many areas were selected in each field, in order to ensure standardization.

The reduction in vascular resistance may have been caused both by destruction of the extracellular matrix

- an event that leads to activation of the SMC apoptosis process<sup>4</sup> - and by buildup of mucoid material, which is of strongly anionic character, probably because of the presence of proteoglycans (PGs). Bearing in mind that the distensibility of the aorta is not exclusively because of collagen and elastin, but is also due to the presence of PGs, and that all of these can affect the resistance of the aorta to traction,<sup>5</sup> analysis of PGs would be indispensable. Such an analysis could have been conducted by staining with alcian blue and toluidine blue to mark sulphated and carboxylated structures, respectively,<sup>6</sup> followed by morphometric quantification.<sup>7</sup>

Thus, considering that the elastic capacity of cardiovascular tissues is directly proportional to their biomechanical behavior, it would be expected that some histological changes would have occurred along group lines and would have resulted in findings detected by the biomechanical experiments.

## ■ REFERENCES

1. Prata MP, Jaldin RG, Lourenção PL, et al. Lesão aguda da parede arterial provocada pelo método de interrupção temporária de fluxo em diferentes vias de cirurgia aórtica: estudo morfológico e biomecânico da aorta de porcos. *J Vasc Bras.* 2020;19:e20190025. <http://dx.doi.org/10.1590/1677-5449.190025>. PMID:32499823.
2. Slayback JB, Bowen WW, Hinshaw DB. Intimal injury from arterial clamps. *Am J Surg.* 1976;132(2):183-8. [http://dx.doi.org/10.1016/0002-9610\(76\)90045-3](http://dx.doi.org/10.1016/0002-9610(76)90045-3). PMID:952348.
3. Chen HY, Navia JA, Shafiqe S, Kassab GS. Fluid-structure interaction in aortic cross-clamp: implications for vessel injury. *J Biomech.* 2010;43(2):221-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiomech.2009.08.042>. PMID:19883917.

<sup>1</sup> Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Colegiado de Medicina, Campus Paulo Afonso, BA, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP, Escola Paulista de Medicina, São Paulo, SP, Brasil.

<sup>3</sup> Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – HCFMUSP, Instituto do Coração – InCor, São Paulo, SP, Brasil.

Financial support: None.

Conflicts of interest: No conflicts of interest declared concerning the publication of this article.

4. Wang Y, Zhao ZM, Zhang GX, et al. Dynamic autophagic activity affected the development of thoracic aortic dissection by regulating functional properties of smooth muscle cells. *Biochem Biophys Res Commun.* 2016;479(2):358-64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbrc.2016.09.080>. PMID:27644881.
5. Jaldin RG, Castardelli É, Perobelli JE, et al. Morphologic and biomechanical changes of thoracic and abdominal aorta in a rat model of cigarette smoke exposure. *Ann Vasc Surg.* 2013;27(6):791-800. <http://dx.doi.org/10.1016/j.avsg.2013.03.002>. PMID:23880458.
6. Vidal BC, Mello MLS. Toluidine blue staining for cell and tissue biology applications. *Acta Histochem.* 2019;121(2):101-12. <http://dx.doi.org/10.1016/j.acthis.2018.11.005>. PMID:30463688.
7. Tenório PP, Araújo MM, Ferreira KMB, Paiva MHS, de Melo-Junior MR. Histotechnological and socio-epidemiological evaluation of aorta aneurysmal and atheromatous lesions of in humans. *Int J Clin Exp Pathol.* 2017;10(6):6613-23.

**Correspondence**

Rodrigo Mendes  
 Rua Augusta de Jesus, 139 - Jardim Tremembé  
 Tel.: +55 (11) 95344-2365  
 CEP 02315-080 - São Paulo (SP), Brasil  
 E-mail: rodrigo\_mendes\_1996@hotmail.com

**Author information**

PPT - PhD; Professor of Human Pathology at the Collegiate of Medicine, Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Campus Paulo Afonso/BA.  
 RM - 5th year medical student, Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP).  
 JHAPF - MD; PhD; Associate professor; Tenured professor of Cirurgia Cardiovascular, Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP); Collaborating professor, Instituto do Coração (InCor), Hospital das Clínicas, Faculdade e Medicina, Universidade de São Paulo (HCFMUSP).

**RESPONSE LETTER**

Dear Editor,

The points made are entirely pertinent and were covered in the discussion dos results, particularly the role of the extracellular matrix (proteoglycans), which was not investigated in the study. The authors consider these to be the study's weak points, which is also mentioned in the discussion in the article, and indicate them as avenues for future research with the objective of measuring extracellular matrix components.

Rodrigo Gibin Jaldin 

**Correspondence**

Rodrigo Gibin Jaldin  
 Departamento de Cirurgia e Ortopedia, Faculdade de Medicina de Botucatu, Universidade Estadual Paulista – UNESP  
 Distrito de Rubião Jr, s/n  
 CEP 18618-970 - Botucatu (SP), Brasil  
 Tel.: +55 (14) 3811-6305  
 E-mail: rodrigo.gibin@unesp.br

**Author information**

RGJ - PhD in Bases Gerais da Cirurgia; Board certified in Cirurgia Vascular, Angiorradiologia, and Cirurgia Endovascular e Ecografia Vascular com Doppler; Vascular and endovascular surgeon, Hospital das Clínicas de Botucatu, Universidade Estadual Paulista (UNESP).

# Avaliações biomecânica e morfológica das alterações da parede aórtica relacionadas ao método de interrupção de fluxo em diferentes técnicas cirúrgicas

## *Biomechanical and morphological evaluation of aortic wall changes related to the cross-clamping method in different surgical techniques*

Pedro Pereira Tenório<sup>1</sup> , Rodrigo Mendes<sup>2</sup> , José Honório de Almeida Palma da Fonseca<sup>2,3</sup>

**Como citar:** Tenório PP, Mendes R, Fonseca JHAP. Avaliações biomecânica e morfológica das alterações da parede aórtica relacionadas ao método de interrupção de fluxo em diferentes técnicas cirúrgicas J Vasc Bras. 2021;20:e20200204. <https://doi.org/10.1590/1677-5449.200204>

Caro Editor,

No artigo intitulado “Lesão aguda da parede arterial provocada pelo método de interrupção temporária de fluxo em diferentes vias de cirurgia aórtica: estudo morfológico e biomecânico da aorta de porcos”<sup>1</sup>, os autores objetivaram avaliar as alterações da parede aórtica relacionadas ao método de interrupção de fluxo em diferentes técnicas de cirurgia da aorta. No estudo biomecânico, houve diferenças significativas entre as distintas técnicas cirúrgicas. O grupo EV (endovascular) mostrou-se mais resistente à carga quando comparado aos demais grupos.

Sempre que um vaso é manipulado, há possibilidade de ruptura de placas, lesão intimal e formação de trombos durante e após o posicionamento das pinças hemostáticas ou do balão endovascular. Essa lesão é dependente, sobretudo, das variáveis tempo e pressão empregada, que levam a uma distorção da íntima e a um desarranjo da camada média, conduzindo a um enfraquecimento da parede aórtica, como estudos prévios já demonstraram<sup>2,3</sup>.

Porém, no estudo, a histologia da aorta apresentou-se preservada. Não foram observadas alterações nas fibras colágenas e elásticas nem alterações celulares – o núcleo das células musculares lisas (CMLs) estavam preservados. No resumo do artigo, foi mencionado o emprego da técnica morfométrica, mas sua metodologia não foi descrita. Além disso, não ficou claro quantas áreas foram selecionadas em cada campo, a fim de garantir uma padronização.

A diminuição da resistência vascular poderia ser justificada tanto pela destruição da matriz extracelular,

evento que conduz à ativação do processo apoptótico das CMLs<sup>4</sup>, quanto pelo acúmulo de material mucoide, que apresenta caráter fortemente aniônico, provavelmente devido à presença de proteoglicanos (PGs). Tendo em vista que a distensibilidade da aorta se deve não apenas ao colágeno e à elastina, mas também aos PGs, e que todos podem afetar a resistência da aorta à tração<sup>5</sup>, seria imprescindível a análise dos PGs. Essa análise poderia ter sido realizada mediante o emprego do azul de alcian e azul de toluidina para marcação de compostos sulfatados e carboxilados, respectivamente<sup>6</sup>, seguida da quantificação morfométrica<sup>7</sup>.

Logo, tendo em vista que a capacidade elástica dos tecidos cardiovasculares é diretamente proporcional ao seu comportamento biomecânico, era de se esperar uma alteração histológica concordante com os grupos que apresentaram alterações nos ensaios biomecânicos.

## ■ REFERÊNCIAS

1. Prata MP, Jaldin RG, Lourenção PL, et al. Lesão aguda da parede arterial provocada pelo método de interrupção temporária de fluxo em diferentes vias de cirurgia aórtica: estudo morfológico e biomecânico da aorta de porcos. J Vasc Bras. 2020;19:e20190025. <http://dx.doi.org/10.1590/1677-5449.190025>. PMID:32499823.
2. Slayback JB, Bowen WW, Hinshaw DB. Intimal injury from arterial clamps. Am J Surg. 1976;132(2):183-8. [http://dx.doi.org/10.1016/0002-9610\(76\)90045-3](http://dx.doi.org/10.1016/0002-9610(76)90045-3). PMID:952348.
3. Chen HY, Navia JA, Shafique S, Kassab GS. Fluid-structure interaction in aortic cross-clamp: implications for vessel injury. J Biomech. 2010;43(2):221-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiomech.2009.08.042>. PMID:19883917.
4. Wang Y, Zhao ZM, Zhang GX, et al. Dynamic autophagic activity affected the development of thoracic aortic dissection by regulating

<sup>1</sup> Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Colegiado de Medicina, Campus Paulo Afonso, BA, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP, Escola Paulista de Medicina, São Paulo, SP, Brasil.

<sup>3</sup> Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – HCFMUSP, Instituto do Coração – InCor, São Paulo, SP, Brasil.

Fonte de financiamento: Nenhuma.

Conflito de interesse: Os autores declararam não haver conflitos de interesse que precisam ser informados.



functional properties of smooth muscle cells. *Biochem Biophys Res Commun.* 2016;479(2):358-64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbrc.2016.09.080>. PMID:27644881.

5. Jaldin RG, Castardelli É, Perobelli JE, et al. Morphologic and biomechanical changes of thoracic and abdominal aorta in a rat model of cigarette smoke exposure. *Ann Vasc Surg.* 2013;27(6):791-800. <http://dx.doi.org/10.1016/j.avsg.2013.03.002>. PMID:23880458.
6. Vidal BC, Mello MLS. Toluidine blue staining for cell and tissue biology applications. *Acta Histochem.* 2019;121(2):101-12. <http://dx.doi.org/10.1016/j.acthis.2018.11.005>. PMID:30463688.
7. Tenório PP, Araújo MM, Ferreira KMB, Paiva MHS, de Melo-Junior MR. Histotechnological and socio-epidemiological evaluation of aorta aneurysmal and atheromatous lesions of in humans. *Int J Clin Exp Pathol.* 2017;10(6):6613-23.

---

**Correspondência**

Rodrigo Mendes  
Rua Augusta de Jesus, 139 - Jardim Tremembé  
Tel.: (11) 95344-2365  
CEP 02315-080 - São Paulo (SP), Brasil  
E-mail: rodrigo\_mendes\_1996@hotmail.com

**Informações sobre os autores**

PPT - PhD; Professor de Patologia Humana do Colegiado de Medicina da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Campus Paulo Afonso/BA.  
RM - Acadêmico do 5º ano, Curso de Medicina, Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP).  
JHAPF - MD; PhD; Professor Associado, Livre Docente, Disciplina de Cirurgia Cardiovascular, Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP); Professor Colaborador, Instituto do Coração (InCor), Hospital da Clínica da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP).

---

**RESPONSE LETTER**

Prezado Editor,

Os pontos considerados são absolutamente pertinentes e foram abordados na discussão dos resultados, particularmente o papel da matriz extracelular (proteoglicanos), o qual não foi avaliado no estudo. Os autores consideram que esses são os pontos fracos do estudo, o que também consta na discussão do artigo, e deixam como horizonte pesquisas futuras com o objetivo de eventualmente mensurar os componentes da matriz extracelular.

Rodrigo Gibin Jaldin 

---

**Correspondência**

Rodrigo Gibin Jaldin  
Departamento de Cirurgia e Ortopedia, Faculdade de Medicina de Botucatu, Universidade Estadual Paulista – UNESP  
Distrito de Rubião Jr, s/n  
CEP 18618-970 - Botucatu (SP), Brasil  
Tel.: (14) 3811-6305  
E-mail: rodrigo.gibin@unesp.br

**Informações sobre o autor**

RGJ - Doutorado em Bases Gerais da Cirurgia; Título de Especialista em Cirurgia Vascular, Angiorradiologia e Cirurgia Endovascular e Ecografia Vascular com Doppler; Cirurgião Vascular e Endovascular, Hospital das Clínicas de Botucatu, Universidade Estadual Paulista (UNESP).