

## Artérias colaterais do arco aórtico do gerbil (*Meriones unguiculatus*)

Collateral Arteries of the Aortic Arch in Mongolian Gerbil (*Meriones unguiculatus*)

Radan Elvis Matias de Oliveira<sup>1</sup>, Hélio Noberto de Araújo Júnior<sup>1</sup>, Herson da Silva Costa<sup>1</sup>,  
Gleudson Benevides de Oliveira<sup>1</sup>, Carlos Eduardo Bezerra de Moura<sup>1</sup>,  
Danilo José Ayres de Menezes<sup>2</sup> & Moacir Franco de Oliveira<sup>1</sup>

### ABSTRACT

**Background:** Gerbils (*Meriones unguiculatus*) are rodents belonging to the Muridae family. Recently, breeding of this species as pets has increased significantly. Animal models are being investigated to study diseases related to the human aortic arch. Despite the importance of the aortic arch in maintaining homeostasis, there is limited data available regarding its morphology in gerbils. This study was performed with the objective of describing the collateral branches of the aortic arch in this animal to establish a standard model and thus contribute to future research on cardiovascular diseases in humans.

**Materials, Methods & Results:** This study used 20 male specimens from previous studies that were frozen and stored at the Laboratory of Veterinary Anatomy of the Federal Rural University of the Semi-Arid Region. After thawing the animals, the thoracic cavity was opened for aortic cannulation. The vascular system was washed using saline solution and Neoprene latex stained with red pigment was injected. Subsequently, the animals were fixed in 10% formaldehyde and were dissected and analyzed 72 h later. The arrangement of the collateral branches of the aortic arch in gerbils was analyzed in all animals. The brachiocephalic trunk, the left common carotid, and the left subclavian artery were observed to originate as collateral branches. The brachiocephalic trunk bifurcated into the right common carotid and the right subclavian arteries. The right and the left subclavian arteries branched into the vertebral artery, the internal thoracic artery, the superficial cervical artery, the costocervical trunk, and the axillary artery.

**Discussion:** Several studies reported in the literature describe the collateral branches of the aortic arch in domestic and wild mammalian species. These studies examined the main arteries that originate directly from the aortic arch and their respective branches, and classified the different anatomical variants of the aortic arch in each species. Three different arrangements have been commonly described. The first type corresponds only to the brachiocephalic artery originating from the aortic arch. The right and the left common carotid arteries and the right and the left subclavian arteries originate from this brachiocephalic artery. This type has already been described in the laboratory rat, catuqueiro-deer, cattle, and horses. The second type is characterized by the presence of 2 arteries - the brachiocephalic trunk and the left subclavian artery. The right and the left common carotid arteries and the right subclavian artery originate from the brachiocephalic trunk. This arrangement has been reported in most species already studied such as rodents including the paca, chinchilla, guinea pig, mocó, nutria and the preá. The third type of vascular arrangement is observed in the gerbil. In this species, 3 collateral arteries originate from the aortic arch (the brachiocephalic trunk, the left common carotid, and the left subclavian artery). The right common carotid and the right subclavian artery originate from the brachiocephalic trunk. This vascular model has been described in the manatee, in humans, mice, sauím, and the monkey-nail. Thus, we concluded that the branching pattern of the aortic arch of the gerbil was characterized by the brachiocephalic trunk, the left common carotid, and the left subclavian artery, as has been described in mice, the manatee, monkey-nail, sauím, and humans. Based on these morphological characteristics, gerbils could serve as potential experimental models to study diseases related to the human aortic arch.

**Keywords:** morphology, cardiovascular system, collateral branches, Gerbillinae, Mongolian squirrel.

**Descritores:** morfologia, sistema cardiovascular, ramos colaterais, Gerbillinae, esquilo da Mongólia.

DOI: 10.22456/1679-9216.79176.85987

Received: 15 May 2018

Accepted: 28 September 2018

Published: 22 November 2018

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, RN, Brazil. <sup>2</sup>Departamento de Morfologia (DMOR), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, RN. CORRESPONDENCE: R.E.M. Oliveira [radan\_elvis@hotmail.com - Tel.: +55 (84) 99170-8460. Laboratório de Morfofisiologia Animal Aplicada - UFERSA. CEP 59625-900 Mossoró, RN, Brazil.

## INTRODUÇÃO

O gerbil pode apresentar características morfofuncionais que são altamente relevantes para estudos comparativos com outros mamíferos, incluindo seres humanos [31]. Além disso, possui uma maior rusticidade quando comparado a camundongos (*Mus musculus*), portanto sendo mais resistentes a doenças [2].

Nos últimos anos, vários pesquisadores investigaram a hemodinâmica no arco aórtico de camundongos, que servem como modelo para o estudo de doenças vasculares em humanos [12,35,36]. Um dos fatores hemodinâmicos mais intensamente estudados é o estresse de cisalhamento de parede, pois contribui em grande parte para o desenvolvimento de aterosclerose e aneurismas [3,23].

Um conhecimento sólido do sistema circulatório do gerbil é, no entanto, um pré-requisito para a interpretação correta dos dados experimentais e a validação desses animais como modelos. Como resultado, descrições anatômicas detalhadas do arco aórtico do gerbil são indispensáveis. Tais descrições também poderiam ser úteis para estudos toxicológicos, pois numerosos produtos químicos, incluindo drogas, podem produzir malformações do arco aórtico em camundongos [25].

Assim, considerando a importância que o arranjo aórtico representa para a homeostase corporal, bem como, pela a escassez de dados sobre a sua morfologia nos gerbils, objetivou-se descrever as artérias colaterais do arco aórtico desta espécie, de modo a estabelecer um modelo padrão e assim contribuir para futuras pesquisas envolvendo doenças do sistema cardiovascular em humanos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### *Animais*

Foram utilizados vinte gerbils machos provenientes de estudos anteriores realizados no Laboratório de Parasitologia Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) sob Protocolo CEUA nº04/2014, Processo nº 23091.005376/2013-67, doados ao Laboratório de Morfofisiologia Animal Aplicada e encontravam-se congelados em freezer no Laboratório de Anatomia Veterinária (UFERSA).

### *Técnica anatômica*

Os espécimes foram descongelados e tiveram a cavidade torácica e abdominal aberta para canulação da artéria aorta abdominal no sentido caudo-cranial. O

sistema vascular foi lavado com solução salina aquosa a 0.9% e em seguida, perfundido com látex Neoprene 450<sup>1</sup> corado com pigmento vermelho. Posteriormente, os espécimes foram fixados em formaldeído a 10% e após 72 h foram dissecados e analisados, obtendo-se desenhos esquemáticos e fotografias do arranjo vascular do arco aórtico.

### *Análise dos resultados*

A análise baseou-se no cálculo de porcentagem simples e os resultados expostos com base na nomenclatura adotada pelo International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature [18] para a denominação das estruturas identificadas e os resultados comparados com a literatura referente a estudos com roedores e outros mamíferos domésticos e silvestres.

## RESULTADOS

O arranjo vascular do arco aórtico do gerbil foi comum a todos os animais estudados, não mostrando variação entre eles. Do arco aórtico emergiram, como ramos colaterais, o tronco braquiocefálico, a artéria carótida comum esquerda e a artéria subclávia esquerda (100% dos casos). O tronco braquiocefálico, em todos os animais estudados, se bifurcou em dois ramos, a artéria carótida comum direita e a artéria subclávia direita. As artérias subclávias direita e esquerda em todos os espécimes emitiram as artérias vertebral, torácica interna, cervical superficial, a artéria axilar e o tronco costocervical (Figura 1).

## DISCUSSÃO

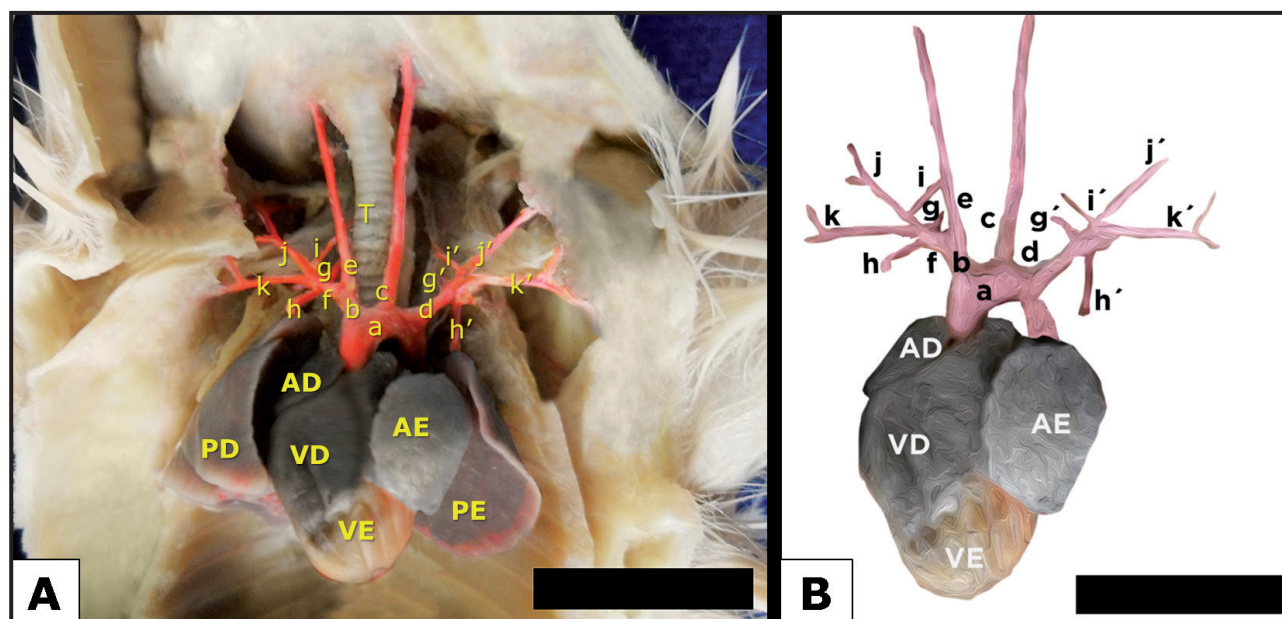
Na literatura, encontram-se estudos que descrevem os ramos colaterais do arco aórtico de espécies de mamíferos domésticos e silvestres, estudos estes que caracterizam as principais artérias que emergem diretamente do arco, seus respectivos ramos, e assim, classificando os diferentes tipos de arranjos vasculares do arco aórtico para cada espécie (Tabela 1). Basicamente já foram descritos, mais frequentemente, três diferentes tipos de arranjos, o primeiro tipo corresponde apenas o tronco braquiocefálico surgindo do arco aórtico e a partir deste surgem às artérias carótidas comum direita e esquerda e as artérias subclávias direita e esquerda, descrito desta forma no rato de laboratório [17], búfalo [8], capivara [9], veado-catingueiro [32], em bovinos e equinos [11]. Já o segundo tipo, caracteriza-se pelo surgimento de duas artérias, sendo estas, o tronco braquiocefálico, seguido da artéria subclávia esquerda, e

**Tabela 1.** Arranjos dos ramos colaterais do arco aórtico mais frequentes em mamíferos.

Espécie	Ramos colaterais	Referência
Gerbil	1. Tronco braquiocefálico: carótida comum (D) e subclávia (E) 2. Carótica comum (E) 3. Subclávia (E)	
Camundongo	1. Tronco braquiocefálico: carótida comum (D) e subclávia (D) 2. Carótica comum (E) 3. Subclávia (E)	[7]
Humano	1. Tronco braquiocefálico: carótida comum (D) e subclávia (D) 2. Carótica comum (E) 3. Subclávia (E)	[10,33]
Sauim	1. Tronco braquiocefálico: carótida comum (D) e subclávia (D) 2. Carótica comum (E) 3. Subclávia (E)	[4]
Macaco-prego	1. Tronco braquiocefálico: carótida comum (D) e subclávia (D) 2. Carótica comum (E) 3. Subclávia (E)	[14]
Peixe-boi-marinho	1. Tronco braquiocefálico: carótida comum (D) e subclávia (D) 2. Carótica comum (E) 3. Subclávia (E)	[29]
Coelho Nova Zelândia	1. Tronco braquiocefálico: carótida comum (E) e um pequeno tronco comum à carótida comum (D) e subclávia (D) 2. Subclávia (E).	[34]
Jaguaritica	1. Tronco braquiocefálico: carótida comum (E) e um pequeno tronco comum à carótida comum (D) e subclávia (D) 2. Subclávia (E)	[24]
Paca	1. Tronco braquiocefálico: carótida comum (E) e um pequeno tronco comum a carótida comum (D) e subclávia (D) 2. Subclávia (E).	[21,26]
Tamanduá-mirim	1. Tronco braquiocefálico: tronco bicarotídeo e subclávia (D) 2. Subclávia (E)	[28]
Lebre Europeia	1. Tronco braquiocefálico: tronco bicarotídeo e subclávia (D) 2. Subclávia (E)	[5]
Suíno	1. Tronco braquiocefálico: tronco bicarotídeo e subclávia (D) 2. Subclávia (E)	[20]
Mocó	1. Tronco braquiocefálico: tronco bicarotídeo e subclávia (D) 2. Subclávia (E)	[22]
Preá	1. Tronco braquiocefálico: carótida comum (E, D) e subclávia (D) 2. Subclávia (E)	[27]
Nutria	1. Tronco braquiocefálico: carótida comum (E, D) e subclávia (D) 2. Subclávia (E)	[6]
Chinchila	1. Tronco braquiocefálico: carótida comum (E, D) e subclávia (D) 2. Subclávia (E)	[1]
Porquinho-da-Índia	1. Tronco braquiocefálico: carótida comum (E, D) e subclávia (D) 2. Subclávia (E)	[19]
Mão-pelada	1. Tronco braquiocefálico: carótida comum (E, D) e subclávia (D) 2. Subclávia (E)	[30]

Cão	1. Tronco braquiocefálico: carótida comum (E, D) e subclávia (D) 2. Subclávia (E)	[15]
Gato	1. Tronco braquiocefálico: carótida comum (E, D) e subclávia (D) 2. Subclávia (E)	[13]
Capivara	1. Tronco braquiocefálico: subclávia (E), carótida comum (E), e tronco braquiocarotídeo [carótida comum (D) e subclávia (D)].	[9]
Rato	1. Tronco braquiocefálico: subclávia (E), carótida comum (E), carótida comum (D) e subclávia (D).	[17]
Veado-catingueiro	1. Tronco braquiocefálico: subclávia (E), carótida comum (E), carótida comum (D) e subclávia (D).	[32]
Búfalo	1. Tronco braquiocefálico: subclávia (E), carótida comum (E), carótida comum (D) e subclávia (D).	[8]
Bovino e Equino	1. Tronco braquiocefálico: subclávia (E), subclávia (D) e um tronco bicarotídeo.	[11]

D: antímero direito e E: antímero esquerdo.



**Figura 1.** Arco aórtico do gerbil e suas artérias colaterais, vista ventral. A- Observa-se o arco aórtico (a), o tronco braquiocefálico (b), artéria carótida comum esquerda (c), artéria subclávia esquerda (d), artéria carótida comum direita (e), artéria subclávia direita (f), artéria vertebral direita (g), artéria torácica interna direita (h), tronco costocervical direito (i), artéria cervical superficial direita (j), artéria axilar direita (k), artéria vertebral esquerda (g'), artéria torácica interna esquerda (h'), tronco costocervical esquerdo (i'), artéria cervical superficial esquerda (j'), artéria axilar esquerda (k'), átrio direito (AD), átrio esquerdo (AE), ventrículo direito (VD), ventrículo esquerdo (VE), pulmão direito (PD), pulmão esquerdo (PE) e traqueia (T). B- Desenho esquemático correspondente à Figura A. [Barra= 1 cm].

a partir do tronco braquiocefálico surgem as artérias carótidas comum direita e esquerda e subclávia direita, relatado assim na maioria das espécies já estudadas, correspondendo a maioria os roedores como a paca [26], chinchila [1], porquinho-da-índia [19], mocó [22], nutria [6] e o preá [27].

O arranjo vascular do gerbil se enquadra no terceiro tipo, onde surgem três artérias colaterais do arco aórtico, o tronco braquiocefálico, a artéria carótida comum esquerda e a artéria subclávia esquerda, e a partir do tronco braquiocefálico surgem as artérias carótida comum direita e subclávia direita, este modelo

vascular também foi descrito no peixe-boi-marinho [29], humano [10,33], camundongo [7], sauíim [4] e no macaco-prego [14].

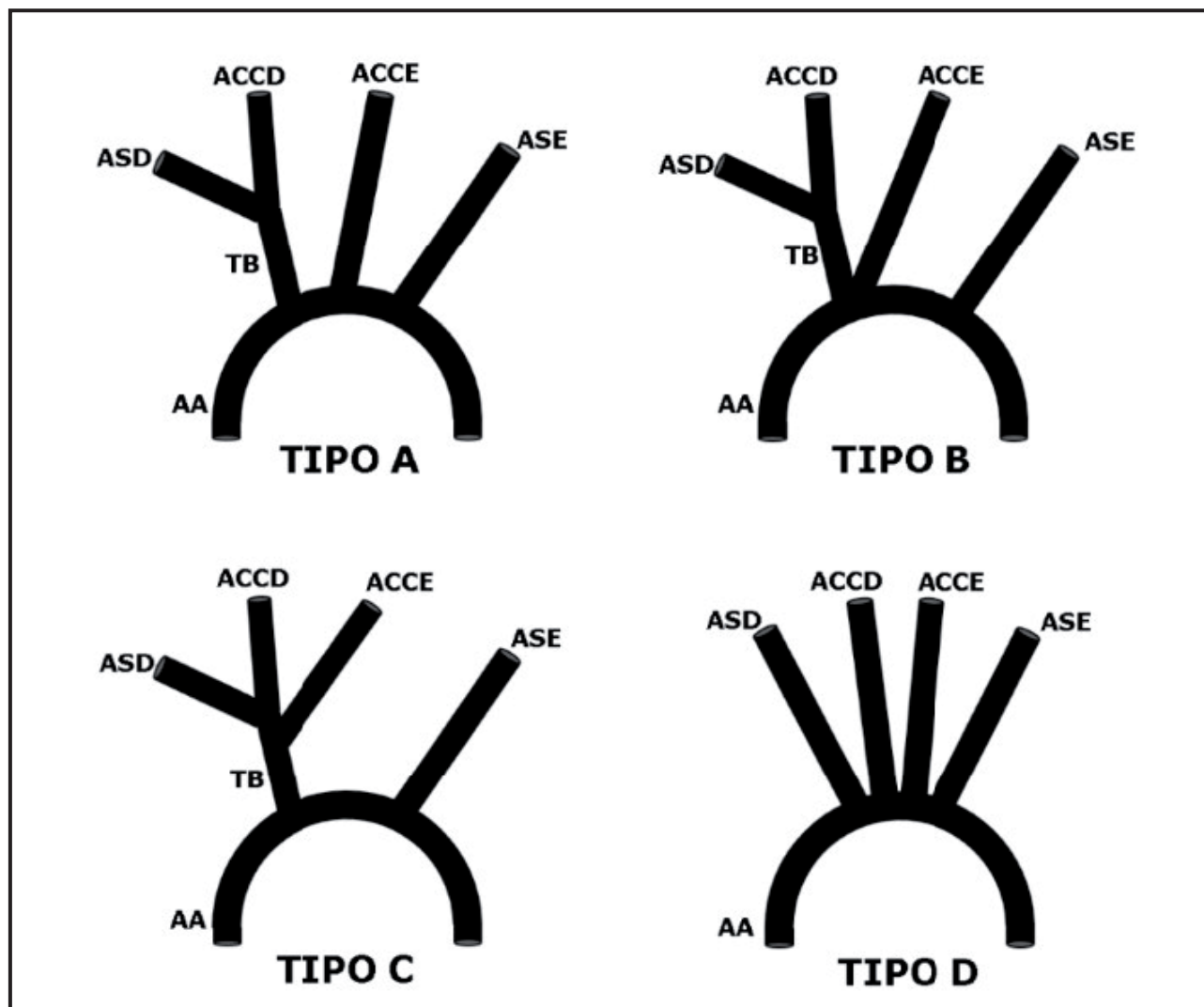
Na anatomia do arco aórtico nos seres humanos há relatos de variações, pelo menos quatro tipos já foram descritos (A, B, C e D), sendo o tipo A o mais encontrado, composto pelo tronco braquiocefálico, seguido pela artéria carótida comum esquerda e pela artéria subclávia esquerda, o mesmo arranjo observado em gerbils. O tipo B é caracterizado pelo surgimento da artéria carótida comum esquerda junto à origem do tronco braquiocefálico. No tipo C, a artéria carótida

comum esquerda surge do tronco braquiocefálico, assim como a artéria subclávia direita e artéria carótida comum direita. Por fim, no tipo D apresenta alteração expressiva devido à ausência do tronco braquiocefálico, de modo que as duas artérias carótidas e as duas subclávias (direita e esquerda) surgem diretamente do arco aórtico [33] (Figura 2).

Embora o fenótipo vascular de um animal seja determinado principalmente pelo seu genótipo, as condições ambientais a que o animal está exposto não devem ser negligenciadas. Em estudo realizado com fetos de ratos [37] descobriu-se que a deficiência nutricional de vitamina A aumenta consideravelmente o número de variedades vasculares nas artérias que se ramificam do arco aórtico. Já se esperava que esta condição não fosse evidenciada nos gerbils, tendo em vista que todos os animais foram alimentados com uma ração completa e

balanceada (Presence Ratos e Camundongos<sup>®</sup>)<sup>2</sup>, indicada para ratos, camundongos e hamsters de laboratório em todas as fases de criação, composto por ingredientes selecionados e de fornecedores credenciados.

Em algumas espécies de animais como é o caso da lebre europeia [5], do mocó [22], do suíno [20] e do tamanduá-mirim [28], todos possuem um tronco comum que originam as artérias carótidas comum direita e esquerda, chamado de tronco bicarotídeo, nestas espécies é uma estrutura padrão, porém pode ser evidenciado em outras espécies de animais como variação, à exemplo do que foi observado em 10% dos preás [27]. Nos gerbils, não foi observado esta estrutura, porque em todos os animais a artéria carótida comum esquerda surgiu diretamente do arco aórtico, impossibilitando a aproximação com a artérias carótida comum direita no tronco braquiocefálico.



**Figura 2.** Ilustração representativa das variações mais comuns do arco aórtico de humanos, com base na classificação de Silva *et al.* [33]. Observa-se a existência de quatro tipos de arranjos do arco aórtico (A, B, C, D), representados pelas artérias: arco aórtico (AA), tronco braquiocefálico (TB), artéria carótida comum direita (ACCD), artéria carótida comum esquerda (ACCE), artéria subclávia direita (ASD) e artéria subclávia esquerda (ASE).

Um segundo tronco chamado de braquiocarotídeo foi descrito em capivaras [9], que dá origem às artérias carótida comum direita e subclávia direita, este tronco tem origem do próprio tronco braquiocefálico, e em algumas espécies como é o caso da paca [21,26], jaguatirica [24] e do coelho Nova Zelândia [34], também foi observado esta mesma estrutura, porém os autores não chamaram de tronco braquiocarotídeo e sim de tronco comum para as artérias carótida comum direita e subclávia direita. Esta angioarquitetura não foi evidenciado nos animais desta pesquisa.

No presente estudo, observou-se em todos os animais que as artérias subclávias direita e esquerda emitiram a artéria vertebral, a artéria torácica interna, a artéria cervical superficial, o tronco costocervical e a artéria axilar. Este arranjo também foi relatado na paca [26], na jaguatirica [24], no tamanduá-mirim [28] e no preá [27]. Em contrapartida, diferiu da chinchila e da nutria, nos quais foram encontrados à formação do tronco comum às artérias cervical-superficial-profunda e o tronco comum cervical-superficial-profunda-escapular dorsal, observados na chinchila e na nutria, respectivamente [1,6].

Em um estudo realizado com macacos *Rhesus* adultos [16], para avaliar o grau de comprometimento do tecido nervoso, especificamente à perda das células do hipocampo, induzido por clipagem das artérias oriundas do arco aórtico cirurgicamente no tempo de 10 a 15 min, resultando assim na isquemia transitória do tecido, no entanto, durante o experimento observaram por acaso que 30% dos animais apresentaram três artérias colaterais no arco aórtico (tronco braquiocefálico, carótida comum esquerda e subclávia esquerda) ao invés de duas (tronco braquiocefálico e subclávia esquerda). Inicialmente tinham a intenção de clipar as únicas duas artérias colaterais do arco, e no momento que descobriram que existiam animais que possuíam as três artérias, compararam a perda de células do hipocampo entre os animais com 3 ramos arteriais, mas que

tiveram todos ou apenas dois ramos cortados durante a operação. Análises histológicas utilizando coloração de Nissl mostraram que nos animais com essa variação do arco aórtico recortando apenas 2 dos 3 ramos arteriais levaram a uma perda parcial de células e alteração mínima no número de camadas celulares na região hipocampal, quando comparados com o corte dos três ramos, resultando em morte celular do hipocampo. Este estudo mostra, a importância fisiológica dos animais que possuem como arranjo vascular as três artérias colaterais do arco aórtico como o peixe-boi-marinho [29], o humano [10,33], o camundongo [7], o sauim [4], e o macaco-prego [14], tal característica diminui as consequências da função neurológica em casos de obstrução de alguns desses vasos naturalmente.

## CONCLUSÃO

Com base nos resultados, observou-se que os ramos colaterais do arco aórtico de gerbils foram três, sendo representados pelo tronco braquiocefálico, artéria carótida comum esquerda e artéria subclávia esquerda. Este padrão foi semelhante ao encontrado para camundongo, peixe-boi-marinho, macaco-prego, sauim e humano. Desta forma, tal característica morfológica enquadra o gerbil como mais um possível modelo experimental para estudos de doenças relacionadas ao arco aórtico do humano.

## MANUFACTURERS

<sup>1</sup>Fisher Chemical. São Paulo, SP, Brazil.

<sup>2</sup>Presence - Nutrição Animal. Paulínia, SP, Brazil.

**Ethical approval.** This experiment was approved and performed under the guidelines of Ethics Committee for Animal Use of Federal Rural of the Semi-Arid University with protocol number 04/2014, process number 23091.005376/2013-67.

**Declaration of interest.** The authors report no conflicts of interest. The authors alone are responsible for the content and writing of paper.

## REFERENCES

- 1 Araújo A.C.P., Oliveira J.C.D. & Campos R. 2004. Ramos colaterais do arco aórtico e suas principais ramificações em chinchila (*Chinchilla lanigera*). *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*. 99(549): 53-58.
- 2 Blackwell W. 2010. *The UFAW Handbook on the Care and Management of Laboratory and Other Research Animals*. 8th edn. Ames: Wiley-Blackwell, 848p.
- 3 Bousset L., Rayz V., McCulloch C., Martin A., Acevedo-Bolton G., Lawton M., Higashida R., Smith W.S., Young W.L. & Saloner D. 2008. Aneurysm growth occurs at region of low wall shear stress: patient-specific correlation of hemodynamics and growth in a longitudinal study. *Stroke*. 39(11): 2997-3002.

- 4 Branco E., Aragão M.B.C., Martins D.M., Carmo D.C., Santos J.T. & Lima A.T. 2017. O arco aórtico do sauíim (*Saguinus niger*) e sua importância no processo de urbanização. *Biotemas*. 30(4): 95-100.
- 5 Brudnicki W., Macherzyńska A. & Nowicki W. 2007. Variation in the arteries of the aortic arch in european brown hare (*Lepus europaeus*). *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*. 10(1): 1-5.
- 6 Campos R., Araújo A.C.P. & Azambuja R.C. 2010. Ramos colaterais do arco aórtico e suas principais ramificações em nutria (*Myocastor coypus*). *Acta Scientiae Veterinariae*. 38(2): 139-146.
- 7 Casteleyn C., Trachet B., Loo D.V., Devos D.G.H., Broeck W.V., Simoens P. & Cornillie P. 2010. Validation of the murine aortic arch as a model to study human vascular diseases. *Journal of Anatomy*. 216(1): 563-571.
- 8 Cortellini L.M.F., Machado M.R.F., Oliveira F.S., Miglino M.A. & Artoni S.M.B. 2000. Ramos do arco aórtico de bubalinos. *Ciência Rural*. 30(3): 445-448.
- 9 Culau P.O.V., Reckziegel S.H., Lindemann T., Araújo A.C.P. & Balzaretto F. 2007. Colaterais do arco aórtico da capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*). *Acta Scientiae Veterinariae*. 35(1): 89-92.
- 10 Demertzis S., Hurni S., Stalder M., Gahl B., Herrmann G. & Van den Berg J. 2010. Aortic arch morphometry in living humans. *Journal of Anatomy*. 217(5): 588-596.
- 11 Dyce K.M., Sack W.O. & Wensing C.J. 2010. *Tratado de Anatomia Veterinária*. 4th edn. Rio de Janeiro: Elsevier, 834p.
- 12 Feintuch A., Ruengsakulrach P., Lin A., Zhang J., Zhou Y., Bishop J., Davidson L., Courtman D., Foster F.S., Steinman D.A., Henkelman R.M. & Ethier C.R. 2007. Hemodynamics in the mouse aortic arch as assessed by MRI, ultrasound, and numerical modeling. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. 292(1): H884-H892.
- 13 Fernandes Filho A. & Borelli V. 1970. Contribuição ao estudo dos colaterais calibrosos do arco aórtico no gato. *Revista da Faculdade de Medicina Veterinária de São Paulo*. 8(2): 385-388.
- 14 Furtado D.F.S., Vasconcelos L.D.P., Branco E. & Lima A.R. 2017. Anatomia cardíaca e ramificações da aorta em macaco-prego (*Sapajus apella*). *Biotemas*. 30(4): 83-93.
- 15 Ghoshal N.G. 1986. Coração e artérias do carnívoro. In: Getty R. (Ed). *Anatomia dos Animais Domésticos*. 5th edn. Rio de Janeiro: Interamericana, pp.1497-1550.
- 16 Hara K., Yasuhara T., Maki M., Matsukawa N., Yu G., Xu L., Tambrallo L., Rodriguez N.A., Stern D.M., Yamashita T., Buccafusco J.J., Kawase T., Hess D.C. & Borlongan C.V. 2010. Anomaly in aortic arch alters pathological outcome of transiente global ischemia in Rhesus macaques. *Brain Research*. 1286(1): 185-191.
- 17 Hebel R. & Stromberg M.V. 1986. *Anatomy and Embriology of the Laboratory Rat*. Würthersee: BioMed Verlag, 271p.
- 18 International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature. 2017. *Nomina Anatomica Veterinaria*. 6th edn. Knoxville: World Association on Veterinary Anatomist, 160p.
- 19 Kabak M. & Haziroglu R.M. 2003. Subgross investigation of vessels originating from *Arcus aortae* in Guinea-pig (*Cavia Porcellus*). *Anatomia, Histologia, Embryologia*. 32(1): 362-366.
- 20 König H.E. & Liebich H.G. 2011. *Anatomia dos Animais Domésticos: texto e atlas colorido*. 4th edn. Porto Alegre: Artmed, 788p.
- 21 Leal L.M., Samidi S., Oliveira F.S.D., Sasahara T.H., Minto B.W. & Machado M.R. 2017. Origin and distribution of the main arteries of the thoracic limb of *Cuniculus paca* (Linnaeus, 1766). *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 37(1): 79-82.
- 22 Magalhães M., Albuquerque J.F.G., Oliveira M.F., Papa P.C. & Moura C.E.B. 2007. Ramos do arco aórtico no mocó (*Kerodon rupestris*). *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*. 102(562): 49-52.
- 23 Malek A.M., Alper S.L. & Izumo S. 1999. Hemodynamic shear stress and its role in atherosclerosis. *Journal of the American Medical Association*. 282(21): 2035-2042.
- 24 Martins D.M., Lima A.R., Pinheiro L.P., Brígida S.S.S., Araújo E.B., Melul R., Lacrete Júnior A.C.C., Menezes A.M.C., Souza A.C.B., Pereira L.C., Fioretto E.T. & Branco E. 2010. Descrição morfológica dos ramos colaterais do arco aórtico e suas principais ramificações em *Leopardus pardalis*. *Acta Veterinaria Brasilica*. 4(2): 74-77.
- 25 Monnereau L., Carretero A., Berges S., Navarro M., Leonard M., Lyazrhi F., Sautet J. & Ruberte J. 2005. Morphometric study of the aortic arch and its major branches in rat fetuses on the 21st day of gestation. *Anatomy and Embryology*. 209(1): 357-369.

- 26 Oliveira F.S., Machado M.R.F., Miglino M.A. & Nogueira T.M. 2001. Gross anatomical study of the aortic ARC branches of the paca (*Agouti paca* Linnaeus, 1766). *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*. 38(3): 103-105.
- 27 Oliveira R.E.M., Oliveira G.B., Barbosa P.M.L., Bezerra F.V.F., Albuquerque J.F. G., Ambrósio C.E., Miglino M.A. & Oliveira M.F. 2015. Ramos colaterais do arco aórtico do preá (*Galea spixii* Wagler, 1831). *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 35(1): 762-766.
- 28 Pinheiro V.L.C., Lima A.R., Pereira L.C., Gomes B.D. & Branco E. 2012. Descrição anatômica dos ramos colaterais do arco aórtico do tamanduá-mirim (*Tamandua tetradactyla*). *Biotemas*. 25(2): 133-137.
- 29 Rowlatt L. & Marsh H. 1985. The heart of the dugong (*Dugong dugon*) and the West Indian Manatee (*Trichechus manatus*) (Sirenia). *Journal of Morphology*. 186(1): 95-105.
- 30 Santos A.L.Q., Morais F.M., Malta T.S., Carvalho S.F.M. & Alves Junior J.R.F. 2004. The topography of the think collaterais of the aortic arch in a crab-eating raccoon (*Procyon cancrivorus* Gray, 1865) Carnivora - Procyoniadae. *Archives of Veterinary Science*. 9(2): 67-72.
- 31 Santos F.C.A., Carvalho H.F., Góes R.M. & Taboga S.R. 2003. Structure, histochemistry, and ultrastructure of the epithelium and stroma in the gerbil (*Meriones unguiculatus*) female prostate. *Tissue and Cell*. 35(6): 447-457.
- 32 Schimming B.C., Matteis R., Silva J.R.C.P. & Guazzelli Filho J. 2012. Ramos do arco aórtico no veado-catingueiro. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*. 10(19): 1-9.
- 33 Silva K.F., Pereira K.F., Albuquerque K.P., Teixeira C.S. & Oda J.Y. 2012. Estudo descritivo das variações anatômicas dos ramos do arco aórtico. *Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR*. 16(3): 101-103.
- 34 Souza F., Bavaresco A.Z. & Campos R. 2013. Ramos colaterais do arco aórtico e suas principais ramificações em coelho da raça Nova Zelândia (*Oryctolagus cuniculus*). *Ciência Rural*. 43(12): 2261-2267.
- 35 Suo J., Ferrara D.E., Sorescu D., Guldberg R.E., Taylor W.R. & Giddens D.P. 2007. Hemodynamic shear stresses in mouse aortas - Implications for atherogenesis. *Arteriosclerosis, Thrombosis and Vascular Biology*. 27(1): 346-351.
- 36 Trachet B., Swillens A., Loo D.V., Casteleyn C., De Paepe A., Loeys B. & Segers P. 2009. The influence of aortic dimensions and boundary conditions on calculated wall shear stress in the mouse aortic arch. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*. 12(5): 491-499.
- 37 Wilson G.J. & Warkany J. 1949. Aortic arch and cardiac anomalies in the offspring of vitamin A deficient rats. *American Journal of Anatomy*. 99(1): 113-155.