

## Sistematização das artérias da base do encéfalo em nutria (*Myocastor coypus*)

Systematization of the Brain Base Arteries in Nutria (*Myocastor coypus*)

Rodrigo Cavalcanti de Azambuja<sup>1</sup>, Laura Ver Goltz<sup>1</sup> & Rui Campos<sup>2</sup>

### ABSTRACT

**Background:** The nutria (*Myocastor coypus*) is a medium-size, semi-aquatic rodent, valued in skin and meat industry. The brain circulation has been well studied in rodents but not in nutria. To understand and compare the phylogenetic development of the arteries of the base of the brain in rodents, this paper aims to describe and systematize these arteries, establishing a standard model and its main variations in nutria.

**Materials, Methods & Results:** Following approval by the Ethics Committee of Federal University of Rio Grande do Sul, thirty nutrias from a commercial establishment authorized by Brazilian Institute of Environment and Natural Resources (IBAMA) were studied. For euthanasia, was applied heparin (10000 U.I for animal), intraperitoneally, and after thirty minutes the animals were sedated with acepromazine (0.5 mg/kg) and meperidine (20 mg/kg), intramuscularly. After sedation, they were euthanized with thiopental sodium (120 mg/kg) and lidocaine (10 mg/mL), intraperitoneally. The heart was accessed, the cardiac apex was sectioned, the aorta was cannulated via the left ventricle and clamped close to the diaphragm, and the arterial system was washed with saline solution and filled with latex. The animals were submerged in water for latex polymerization, the trunk was sectioned, the skin removed and a bony window was opened in the skull vault. The pieces were fixed in formaldehyde. The brains were removed, and schematic drawings of the arteries from the base of the brain were made for elaboration of the results. The nutria's brain was vascularized by the vertebro-basilar system. The terminal branches of the right and left vertebral artery were anastomosed on the ventral surface of the medulla oblongata, forming the basilar artery, and caudally the ventral spinal artery. The basilar artery formed collateral branches, the caudal and middle cerebellar and trigeminal arteries, and at the height of the rostral pons groove, divided into its two terminal branches, the rostral cerebellar and cerebral caudal arteries. The terminal branches of the basilar artery projected rostrally, forming the hypophyseal and rostral choroid arteries. The basilar artery passed the optic tract and bifurcated in the middle cerebral artery, its last collateral branch, and in the rostral cerebral artery, its terminal branch. The rostral cerebral artery formed the medial branch, closing the cerebral arterial circle caudally in 40% of the cases.

**Discussion:** In rodents, variability of the cerebral arterial circle was observed due to the degree of atrophy of the internal carotid artery. The basilar artery was a rectilinear vessel of great caliber in all described rodents, and in rodents with a vertebro-basilar system, it was divided into its terminal branches after crossing the pons, forming the rostral cerebellar, hypophyseal, rostral choroid, caudal, middle and rostral cerebral arteries. The caudal cerebellar artery had variation of origin and sometimes duplication. The median cerebellar artery, a collateral branch of the caudal cerebellar artery, was a branch of the basilar artery in capybara. The caudal cerebral artery had variations between rodents. In capybara, chinchilla and nutria the middle cerebral artery was the collateral branch of the terminal branches of the basilar artery, and distributed on the convex surface of the cerebral hemisphere. The rostral cerebral artery, a branch of the terminal branch of the basilar artery, was a branch of the internal carotid artery in other rodents, forming the medial branch, which was anastomosed with that of the opposite antimer, when present, forming the rostral communicating artery. In nutria, the cerebral arterial circle was closed caudally in all cases, as in other rodents, however, it was opened rostrally in 60% of cases, compared to 70% in chinchilla and 10% in capybara.

**Keywords:** arterial vascularization, anatomy, roedores, nutria, brain.

**Descritores:** vascularização arterial, anatomia, roedores, nutria, cérebro.

<http://dx.doi.org/10.22456/1679-9216.85811>

Received: 28 March 2018

Accepted: 17 July 2018

Published: 27 August 2018

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias (PPGCV) & <sup>2</sup>Departamento de Ciências Morfológicas, Instituto de Ciências Básicas da Saúde (ICBS), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brazil. CORRESPONDENCE: L.V. Goltz [lauragoltz@gmail.com - Tel.: +55 (51) 3308-6924]. Laboratório de Anatomia Animal, Faculdade de Veterinária, UFRGS. Av. Bento Gonçalves n. 9090. Bairro Agronomia. CEP 91540-000 Porto Alegre, RS, Brazil.

## INTRODUÇÃO

Pesquisa sobre o funcionamento do sistema nervoso central foi intensificada nos últimos anos. Consequentemente foi necessário aumentar o conhecimento sobre a vascularização cerebral, desenvolvendo-se esse trabalho.

Os primeiros trabalhos clássicos sobre irrigação encefálica foram realizados [9,20], trazendo importantes considerações sobre a filogênese e a ontogênese dos modelos arteriais encefálicos.

O presente trabalho vai discutir a sistematização das artérias da base do encéfalo em nutria (*Myocastor Coypus*), um roedor semi-aquático de tamanho mediano, apreciada na indústria de peles e carne, que vive em banhados, rios e lagos, onde cava tocas ao longo das margens e alimenta-se de capim, raízes e plantas aquáticas [4].

Existem estudos sobre a irrigação encefálica em diversas espécies como em cão [1], em javali [16], em graxaim [8], em galinha [7], em porco doméstico [10] e em gambá [15]. Já em roedores existem relatos em chinchila [2,11,13,18], em capivara [17], em porquinho da índia (*Cavia porcellus*) [5,6], em ratos almiscarados (*Ondatra zibethica*) [13], em cobaia (*Cavia cobaya*) e em *Mus rattus* [9,20], em camundongos (*Mus musculus*) e em ratos (*Rattus norvegicus*) [14,19]. Devido à carência de informações sobre esta espécie, tanto na literatura clássica como em artigos especializados, os nossos resultados serão comparados com o de outros autores que decorreram em roedores.

Para compreender o desenvolvimento filogenético das artérias da base do encéfalo em nutria, este trabalho tem por objetivo descrever e sistematizar as artérias da base do encéfalo em nutria (*Myocastor coypus*), estabelecendo um modelo padrão e suas principais variações nesta espécie.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Animais

Foram utilizados para o desenvolvimento deste trabalho 30 encéfalos de nutrias, adultas, 15 machos e 15 fêmeas, provenientes de criatório comercial autorizado pelo IBAMA (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis) localizado em Caxias do Sul/RS, Brasil. Este projeto foi aprovado pela CEUA/UFRGS sob o número 29415. Os espécimes fornecidos para o experimento foram considerados animais de descarte pelo criador.

### Procedimento de eutanásia

Na eutanásia, os animais foram contidos fisicamente, foi aplicada heparina (Hepamax-s®)<sup>1</sup> 10000 U.I por animal, via intraperitoneal e depois de transcorridos 30 minutos foram sedados com associação das medicações pré-anestésicas acepromazina (Acepran 1%®)<sup>2</sup> 0,5 mg/kg e cloridrato de petidina (Dolosal®)<sup>3</sup> 20 mg/kg, pela via intramuscular. Após a sedação eles foram eutanasiados com tiopental sódico (Thiopentax®)<sup>4</sup> a 2,5%, na dose de 120 mg/kg e lidocaína (Dorfin®)<sup>5</sup>, na concentração de 10 mg/mL, via intraperitoneal.

### Preparação das peças

Após a confirmação da morte, a cavidade torácica foi aberta ventralmente, a aorta torácica clampeada próximo ao diafragma, o ápice cardíaco seccionado e a aorta canulada via ventrículo esquerdo. A artéria torácica interna foi clampeada próximo ao apêndice xifóide, o sistema arterial foi lavado com 150 mL por animal de solução salina resfriada a 0,9% (Cloro de Sódio 0,9%®)<sup>6</sup>, e preenchido com látex 603 (Látex Cola 603®)<sup>7</sup> corado em vermelho com corante específico (Suvinil Corante®)<sup>8</sup>. Os animais permaneceram por uma hora submersos em água corrente para polimerização do látex. A pele foi rebatida e uma janela óssea foi aberta na abóbada craniana. As peças foram então fixadas em formaldeído a 20% por 7 dias e transcorrido este período, os encéfalos com um segmento da medula espinhal cervical foram removidos para dissecação e observação das artérias da base do encéfalo.

### Análise estatística

Desenhos esquemáticos da vista ventral das artérias da base do encéfalo de todas as peças foram confeccionados com auxílio da lupa. Alguns exemplares foram fotografados para documentação.

Os vasos foram designados conforme a *Nomina Anatomica Veterinaria* [12], com algumas denominações, a nosso critério, com base nos territórios de suprimento sanguíneo de outras espécies animais encontrada na literatura. A análise estatística dos resultados constou da aplicação do cálculo de porcentagem.

## RESULTADOS

A artéria carótida interna, direita e esquerda, em nutria (*Myocastor coypus*) apresentou-se atrofiada em todos os casos, nos dois antímeros, sendo sua ramificação terminal encontrada na base do crânio antes de penetrar no forame lácero, não cooperando na vascularização arterial do encéfalo.

O encéfalo foi vascularizado exclusivamente pelo sistema vértebro-basilar. A artéria vertebral foi ramo colateral da artéria subclávia, ascendeu o pescoço pelo canal transversal das vértebras cervicais e ao alcançar a fossa atlantal atravessou os forames alar e vertebral lateral do Atlas, alcançando o interior do canal vertebral. Seu ramo terminal anastomosou-se com seu homólogo contra-lateral, na face ventral da medula oblonga, formando uma artéria basilar de grosso calibre, ao penetrar pelo forame magno, em todas as preparações. O ramo terminal da artéria vertebral que penetrou no canal vertebral era único em 90% das amostras à direita e duplo em 10%, e estes vasos anastomosavam-se antes da formação da artéria basilar, enquanto que à esquerda, em 96,7% das peças o ramo terminal da artéria vertebral era único e em 3,3% era duplo.

A artéria espinhal ventral foi um vaso de fino calibre, que se projetou a partir da anastomose dos ramos emitidos caudalmente, de ambos os ramos terminais das artérias vertebrais, próximo da formação da artéria basilar, na fissura mediana ventral da medula espinhal. A artéria espinhal ventral foi formada em 53,3% pela anastomose entre os dois ramos. Já em 23,3% formou-se apenas do ramo direito, enquanto que em 23,3% foi formado pelo ramo esquerdo.

A artéria basilar, um vaso de grosso calibre e retilíneo, dirigiu-se rostralmente na linha mediana ventral do rombencéfalo até o sulco rostral da ponte, onde se dividiu em seus dois ramos terminais, que divergiram látero-rostralmente, num ângulo aproximado de 90°.

A artéria basilar emitiu, para ambos os antímeros, uma seqüência de ramos colaterais, numerosos e finos, para a medula oblonga, ponte e cerebelo. Os ramos mais importantes que serão descritos, são as artérias cerebelares caudais, médias e trigeminais.

A artéria cerebelar caudal, geralmente única, foi emitida da metade mais caudal da artéria basilar. Ela projetou-se láterodorsalmente contornando a medula oblonga até alcançar o plexo coriídeo do IV ventrículo e os lóbulos mais caudais do cerebelo. Ao atingir as raízes do VII e VIII pares de nervos cranianos, lançou uma artéria cerebelar média, cujos ramos acompanhavam estes dois nervos, alcançando o pedúnculo cerebelar médio. A artéria cerebelar caudal direita foi única em 60%, dupla em 36,7% e tripla em 3,3%, sendo que neste caso de triplicidade, o vaso mais caudal teve dupla origem do ramo terminal da artéria vertebral direita, o vaso intermédio foi lançado da artéria basi-

lar a alguns milímetros caudal ao corpo trapezóide, enquanto o vaso mais rostral nasceu da artéria basilar na altura do bordo caudal do corpo trapezóide. Já à esquerda foi única em 60% e dupla em 40%.

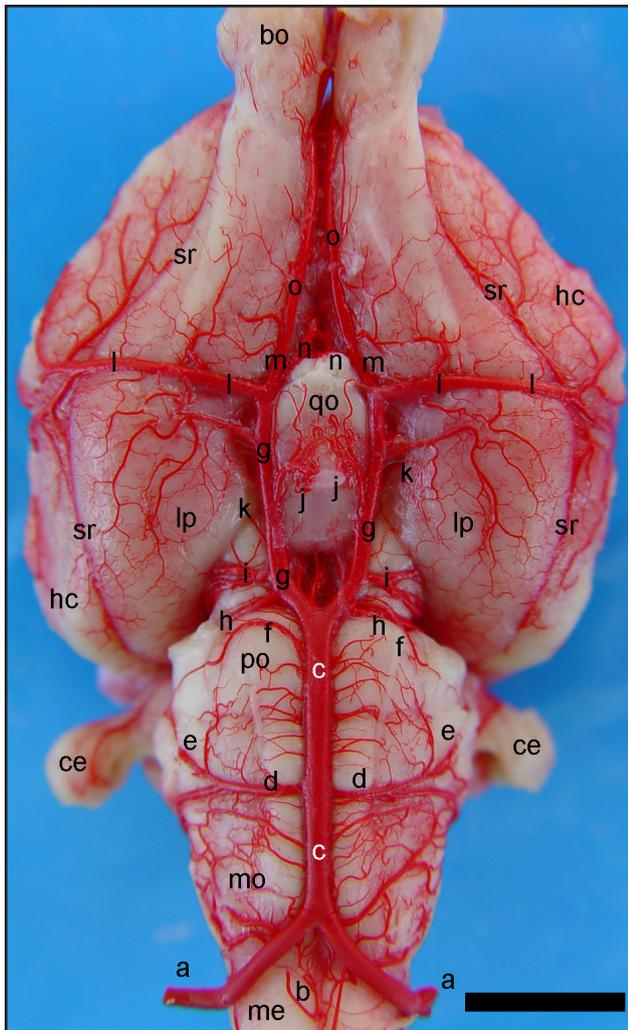
A artéria cerebelar média, ramo colateral da artéria cerebelar caudal em 70% das amostras à direita e em 73,3% à esquerda, distribuiu-se com os pares de nervos cranianos VII e VIII, alcançando o pedúnculo cerebelar médio. Essa artéria teve origem diretamente da artéria basilar em 30% dos casos à direita e em 26,7% à esquerda.

A artéria trigeminal foi um vaso único e fino emitido da artéria basilar, em todas as peças à direita e à esquerda, na altura da ponte, a alguns milímetros dos ramos terminais da artéria basilar. Projetou-se lateralmente alcançando a origem aparente do nervo trigêmeo.

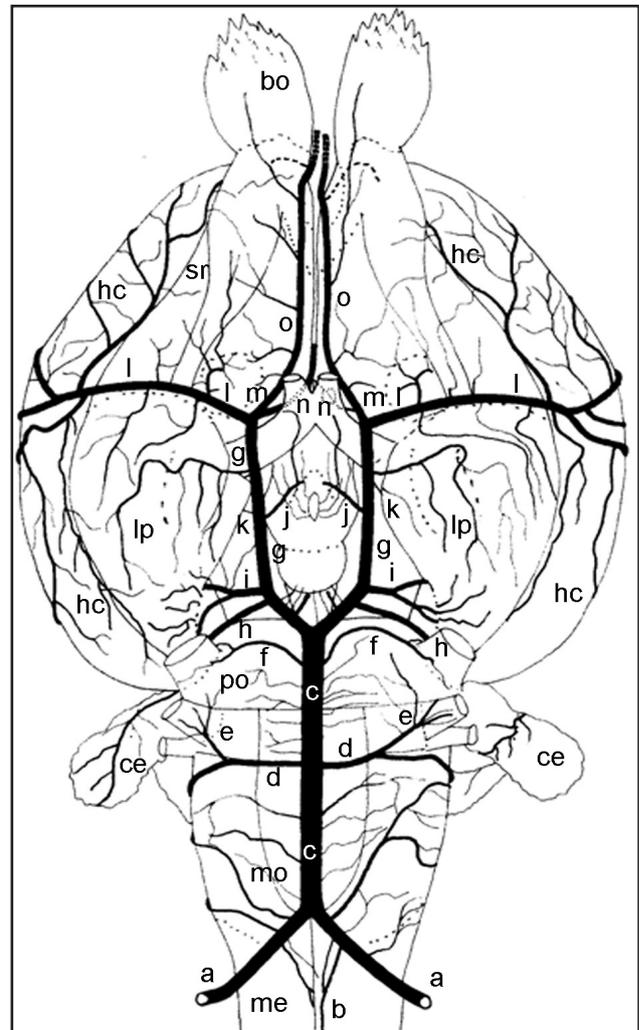
A artéria basilar bifurcou-se em seus dois ramos terminais na altura, ou próximo, do sulco rostral da ponte. Seus ramos originaram as artérias cerebelar rostral e cerebrais caudais. A partir da origem da artéria cerebral caudal, cada ramo terminal da artéria basilar projetou-se rostralmente, emitindo as artérias hipofisária e coriídea rostral. Ao ultrapassar o trato óptico, o ramo terminal da artéria basilar bifurcou-se em seu último ramo colateral, a artéria cerebral média, e na artéria cerebral rostral, seu ramo terminal. Os ramos terminais da artéria basilar em 96,7% apresentaram-se com calibres semelhantes, em 3,3% o ramo terminal direito era bem mais fino que o esquerdo, terminando-se na formação da artéria cerebral média direita. O ramo terminal esquerdo apresentou uma formação “em ilha” em 6,7% dos casos.

A artéria cerebelar rostral foi emitida como um vaso único, do ramo terminal da artéria basilar, entre a origem deste e a emissão da artéria cerebral caudal. Era um vaso de médio calibre que contornava o pedúnculo cerebral, indo alcançar o cerebelo. Pouco antes de distribuir-se no cerebelo, em seus lóbulos mais rostrais, em sua face tentorial e flóculo, lançou uma artéria tectal mesencefálica caudal para os colículos caudais. À direita ela foi única em 73,3% dos casos e dupla em 26,7% e à esquerda foi única em 70% e dupla em 30%.

A artéria cerebral caudal, um vaso de médio calibre, foi único em 66,7% das amostras à direita e 73,3% à esquerda. Contornou o pedúnculo cerebral, alcançando a fissura transversa do cérebro, indo se distribuir no tecto mesencefálico, tálamo, estria medular, corpo pineal, hipocampo e hemisfério cerebral, em sua



**Figura 1.** Vista ventral da base do encéfalo de nutria (Obs. 06) salientando a vascularização arterial: a - artéria vertebral; b - artéria espinhal ventral; c - artéria basilar; d - artéria cerebelar caudal; e - artéria cerebelar média; f - artéria trigeminal; g - ramo terminal de c; h - artéria cerebelar rostral; i - artéria cerebral caudal; j - artéria hipofisária; k - artéria coriídea rostral; l - artéria cerebral média; m - artéria cerebral rostral; n - ramo medial de m; o - eixo principal de m; bo - bulbo olfatório; qo - quiasma óptico; sr - sulco rinal lateral; hc - hemisfério cerebral; lp - lobo piriforme; po - ponte; mo - medula oblonga; me - medula espinhal; ce - cerebelo. [Barra= 8 mm].



**Figura 2.** Desenho esquemático em vista ventral da base do encéfalo em nutria (Obs. 06): a - artéria vertebral; b - artéria espinhal ventral; c - artéria basilar; d - artéria cerebelar caudal; e - artéria cerebelar média; f - artéria trigeminal; g - ramo terminal de c; h - artéria cerebelar rostral; i - artéria cerebral caudal; j - artéria hipofisária; k - artéria coriídea rostral; l - artéria cerebral média; m - artéria cerebral rostral; n - ramo medial de m; o - eixo principal de m; bo - bulbo olfatório; sr - sulco rinal lateral; hc - hemisfério cerebral; lp - lobo piriforme; po - ponte; mo - medula oblonga; me - medula espinhal; ce - cerebelo.

face tentorial e terço caudal da face medial. Nos casos em que houve duplicidade da artéria cerebral caudal em 33,3% das peças à direita e 26,7% à esquerda, o primeiro vaso lançado, sempre de menor calibre, era a artéria tectal mesencefálica rostral.

A artéria hipofisária, um vaso de fino calibre, foi lançada do ramo terminal, direito e esquerdo, da artéria basilar, medialmente, na altura do túber cinéreo e seus ramos vascularizavam o túber cinéreo, infundíbulo e hipófise. Ela foi um vaso único em todas as preparações, à direita e à esquerda.

A artéria coriídea rostral apresentou-se como um vaso de fino calibre emitido na altura do terço médio do ramo terminal, direito e esquerdo, da artéria basilar

em 100% das peças. Ela projetou-se lateralmente, mergulhando na fissura transversa do cérebro, entre o pedúnculo cerebral e o lobo piriforme, indo vascularizar o hipocampo e o plexo coriídeo do III ventrículo.

A artéria cerebral média, último ramo colateral do ramo terminal, direito e esquerdo, da artéria basilar, projetou-se lateralmente na altura do trato óptico para o interior da fossa lateral do cérebro, ascendendo à face convexa do hemisfério cerebral, distribuindo-se em arborescência. Ela apresentou-se única em 100% das amostras, nos dois antúmeros.

A artéria cerebral rostral foi o ramo terminal do ramo terminal, direito e esquerdo, da artéria basilar, cujo ramo medial penetrava na fissura longitudinal do

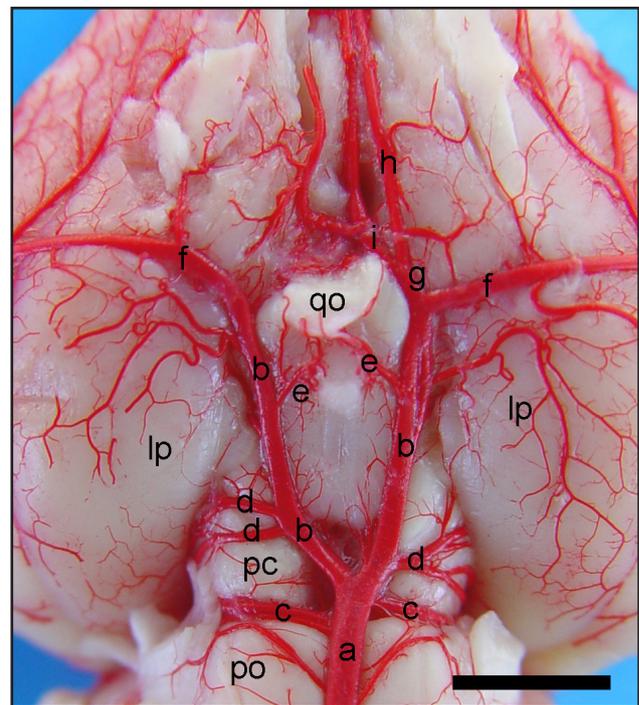
cérebro, ventralmente, um pouco rostral ao quiasma óptico, formando a artéria comunicante rostral. Seu tronco principal projetava-se rostralmente, na superfície ventral do hemisfério cerebral, acompanhando a fissura longitudinal do cérebro, onde na altura do pedúnculo olfatório lançou as artérias lateral e medial do bulbo olfatório, continuando-se como artéria etmoidal interna. Foi única em 86,7% das peças, à direita, e em 100% à esquerda, enquanto que à direita, em 10% das amostras, ela mostrou-se dupla, e em 3,3% a artéria cerebral rostral direita estava ausente.

A artéria cerebral rostral, direita e esquerda, ao ultrapassar o nervo óptico, dorsalmente, aproximando-se da fissura longitudinal do cérebro, ventralmente, lançou um desenvolvido ramo medial. Em alguns casos, em apenas um antímero, este vaso apresentou-se vestigial, ou muito fino. O ramo medial dos dois antímeros anastomosaram-se, originando uma artéria comunicante rostral, um vaso mediano ímpar, que ao aproximar-se do joelho do corpo caloso, bifurcava-se, continuando-se como as artérias interhemisféricas rostrais, direita e esquerda. O eixo principal da artéria cerebral rostral no início de seu percurso lançou uma finíssima artéria oftálmica interna, que acompanhava dorsalmente o nervo óptico para o interior da cavidade orbitária. Seus dois últimos ramos colaterais, as artérias medial e lateral do bulbo olfatório eram emitidos na altura do pedúnculo olfatório.

O ramo medial da artéria cerebral rostral apresentou-se bem desenvolvido em 66,7% à direita e em 73,4% à esquerda, foi vestigial em 23,3% tanto à direita como à esquerda e esteve ausente em 10% à direita e em 3,3% à esquerda.

O ramo medial da artéria cerebral rostral, direita e esquerda, em 40% das amostras fechava o círculo arterial cerebral rostralmente, pela anastomose entre os ramos mediais direito e esquerdo, formando a artéria comunicante rostral. Em 60% das peças, o círculo arterial cerebral mostrou-se aberto rostralmente, devido à ausência ou vestígio da artéria cerebral rostral ou de seu ramo medial, em um dos dois antímeros. Assim, o ramo desenvolvido formava a artéria comunicante rostral. Em 33,3% destes casos, apenas o ramo medial da artéria cerebral rostral esquerda era desenvolvido, formando a artéria comunicante rostral, enquanto que em 26,7% à direita, o ramo medial era desenvolvido.

O círculo arterial cerebral da nutria foi formado, normalmente, a partir da bifurcação dos ramos terminais da artéria basilar, que se projetaram rostrolateralmente,



**Figura 3.** Detalhe da vista ventral do encéfalo (Obs. 04) de nutria, para salientar a ausência da artéria cerebral rostral direita: a - artéria basilar; b - ramo terminal de a; c - artéria cerebelar rostral; d - artéria cerebral caudal; e - artéria hipofisária; f - artéria cerebral média; g - artéria cerebral rostral esquerda; h - eixo principal de g; i - ramo medial de g; qo - quiasma óptico; lp - lobo piriforme; pc - pedúnculo cerebral; po - ponte. [Barra= 6 mm].

em divergência aproximada de 90°, margeando a fossa interpeduncular. O trajeto tornou-se quase retilíneo e paralelo rostralmente, a partir da emissão da artéria cerebral caudal, acompanhando, lateralmente, nos dois antímeros, o corpo mamilar, túber cinéreo e hipófise, até alcançar a altura do quiasma óptico. Após esse ponto as artérias cerebrais rostrais complementaram o círculo arterial cerebral, com a anastomose dos ramos mediais, rostralmente ao quiasma óptico. O círculo arterial cerebral da nutria foi suprido em 100% dos encéfalos exclusivamente pelo sistema vértebro-basilar. Não foram observadas anastomoses importantes com o sistema vascular extracraniano que cooperassem na vascularização cerebral. O círculo arterial cerebral esteve sempre fechado caudalmente, enquanto que, rostralmente, foi geralmente aberto. O círculo arterial cerebral da nutria apresentou uma forma de hexágono, bastante simétrico e alongado caudorostralmente. Em 60% dos achados ele apresentou-se aberto rostralmente, e em 40% apresentou-se fechado rostralmente.

## DISCUSSÃO

Para a fundamentação da discussão foram utilizados trabalhos desenvolvidos em outros roedores como chinchila (*Chinchilla lanigera*), camundongo,

rato, rato almiscarado, ratinho albino, ratão albino, hamster sírio, porquinho da índia (*Cavia porcellus*), viscacha e capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*).

Nos roedores observa-se a maior variabilidade do círculo arterial cerebral devido aos graus de atrofia da artéria carótida interna. Em embriões de rato e de cobaia, a artéria carótida interna era muito desenvolvida e dividia-se em dois ramos, um rostral e um caudal, tinha-se então, a atrofia progressiva do sistema carotídeo e desenvolvimento progressivo do sistema cerebral vertebral. Na cobaia a artéria carótida interna estava ausente no animal adulto [9].

A artéria carótida interna foi bem desenvolvida em *Coendou prehensilis* [5,6], assim como em camundongos (*Mus musculus*), ratos (*Rattus norvegicus*) [14,19] e ratos almiscarados (*Ondatra zibethica*) [13]. Em *Thrynomys swinderianus*, *Bathyergus swillus*, *Cryptomys natalensis*, *Heterocephalus glaber*, porquinho da índia (*Cavia porcellus*), *Dolichotis patagona* e *Dasyprocta agutii*, as artérias carótidas internas eram rudimentares ou ausentes [5,6], sendo o mesmo observado em capivara [17]. Ainda em embriões de octodontídeos, onde se inclui a nutria (*Myocastor coypus*), e nos chinchilóides, onde se inclui a chinchila e a viscacha (*Lagostus maximus*), a artéria carótida interna obliterou-se e não participou da irrigação encefálica [5,6], sendo o mesmo foi observado em chinchila [2,3,11]. Contudo em chinchila [2,3] em duas observações à esquerda a artéria carótida interna colaborou na irrigação encefálica, cooperando na formação da artéria basilar.

Os ramos terminais das artérias vertebrais foram geralmente vasos únicos, em ambos os antúmeros, anastomosando-se para formar a artéria basilar na linha mediana ventral da medula oblonga, sendo a única fonte de suprimento sanguíneo para o cérebro da nutria. O mesmo foi observado em outros roedores [20], exceção feita em *Pedetes caffer*, *Sciurus* sp., *Cavia cobaya*, *Cavia agutii*, *Mus rattus*, *Lagostus* sp. e *Arctomys* sp. [9]. Já nos cavióides o cérebro era nutrido pelas artérias vertebrais e pela artéria carótida externa e na subordem Protrogomorpha exclusivamente pelas artérias vertebrais [5,6].

A artéria basilar foi um vaso retilíneo e de grosso calibre formada pela anastomose dos ramos terminais das artérias vertebrais [2,9,14,17-20], assim como em nutria. Em chinchila observou-se que em 3,3% dos casos, a artéria basilar foi formada exclusi-

vamente pela artéria carótida interna desenvolvida, a qual emitiu um ramo caudal que anastomosava-se com finos ramos das artérias vertebrais [2].

A artéria espinhal ventral da nutria foi um vaso de fino calibre que se projetava em direção caudal na fissura mediana ventral da medula espinhal, como em chinchilla [2,18] e capivara [17]. Em chinchila, a artéria espinhal ventral foi originada do ramo terminal da artéria vertebral esquerda, na maioria dos casos [2], enquanto que na nutria este mesmo vaso originou-se, normalmente, da anastomose de ramos de ambos os ramos terminais das artérias vertebrais.

O primeiro ramo colateral da artéria basilar, a artéria cerebelar caudal em chinchila foi um vaso único, à direita e à esquerda [2], sendo o mesmo observado em nutria, enquanto que, em capivara, este vaso apresentou-se duplo [17]. Em chinchila, ao longo do percurso da artéria basilar surgiram as artérias cerebelares caudais, com componentes caudais e rostrais, sendo que o componente caudal originava-se, normalmente, dos ramos terminais da artéria vertebral [18]. Em nutria esta origem diretamente dos ramos terminais da artéria vertebral só ocorreu em 13,3% dos casos, onde houve duplicidade da artéria cerebelar caudal e em 3,3% dos casos onde houve triplicidade deste vaso.

Em nutria a artéria cerebelar média foi normalmente lançada como ramo colateral da artéria cerebelar caudal, ao atingir as raízes do VII e VIII pares de nervos cranianos. Em capivara, a artéria cerebelar média foi ramo colateral da artéria basilar, apresentando-se única na maioria dos casos [17], o mesmo só foi encontrado em nutria em 30% dos casos à direita e 26,7% à esquerda.

A artéria trigeminal da chinchila foi descrita como um vaso único ímpar, emitido da artéria basilar próximo ao sulco rostral da ponte [2], como em nutria.

Nos animais em que o suprimento sanguíneo do cérebro foi feito somente pelas artérias vertebrais, a artéria basilar, após ultrapassar a ponte, dividiu-se em dois ramos de calibres semelhantes. Estes ramos seguiram rostralmente, ao longo da base do encéfalo, e cada um deles originava as artérias cerebrais caudal, média e rostral [9,20]. Esta disposição foi encontrada em *Cavia* sp., *Sciurus* sp. e *Arctomys* sp., [20] e foi idêntica ao encontrado em capivara [17], chinchila [2,13] e nutria.

A artéria cerebelar rostral em nutria foi, na maior parte dos casos, um vaso único e ramo dos ramos terminais da artéria basilar. Já em *Mus rattus* as

artérias cerebelares rostrais eram geralmente duplas e foram ramos colaterais diretos da artéria basilar [19]. Em nutria a artéria cerebelar rostral foi dupla em 26,7% dos casos à direita e em 30% à esquerda.

Em *Sciurus* sp., *Arctomys* sp. e *Cavia* sp., a artéria cerebral caudal tinha origem na artéria comunicante caudal [20], já em rato de telhado, era ramo da artéria comunicante caudal, que provinha diretamente da artéria carótida interna [14]. Em rato almiscarado, a artéria cerebral caudal foi um vaso calibroso, ramo da artéria carótida interna, emitido logo após sua entrada na cavidade craniana [13]. Em capivara, a artéria cerebral caudal originou-se dos ramos terminais da artéria basilar e projetou-se lateralmente, sendo normalmente duplo à direita e ímpar à esquerda [17]. Em nutria a artéria cerebral caudal foi um vaso único em 66,7% das peças à direita e 73,3% à esquerda, tendo como seu ramo colateral a artéria tectal mesencefálica rostral. Em chinchila a artéria tectal mesencefálica rostral foi um fino vaso emitido pelos ramos terminais da artéria basilar entre as artérias cerebelar rostral e cerebral caudal [2], tal padrão ocorreu em nutria nos casos onde houve duplicidade da artéria cerebral caudal, ou seja, em 33,3% dos casos à direita e 26,7% à esquerda.

A artéria hipofisária em chinchila foi descrita como ramo colateral dos ramos terminais da artéria basilar [2], como em nutria. Entretanto, foi também descrito em chinchila que os ramos terminais da artéria basilar uniam-se às finas artérias carótidas internas caudalmente ao nervo óptico [18].

Em capivara [17] e em chinchila [2], a artéria cerebral média foi ramo colateral dos ramos terminais da artéria basilar, cruzando a fossa lateral do cérebro, indo se distribuir na face convexa do hemisfério cerebral. A mesma descrição foi encontrada em nutria.

A artéria cerebral média em chinchila foi ramo colateral da artéria cerebral rostral, isso se devia ao fato de que os autores denominaram o segmento do ramo terminal da artéria basilar, rostral à artéria hipofisária, de artéria cerebral rostral [13,18]. Em *Mus rattus* a artéria cerebral média foi um dos ramos terminais da artéria carótida interna [19].

A artéria cerebral rostral em chinchila iniciava-se a partir da chegada da artéria carótida interna, e seguia rostralmente [13]. Já em nutria, a artéria cerebral rostral foi o ramo terminal dos ramos terminais da artéria basilar, originada a partir da emissão da artéria cerebral média, rostromedialmente, como observado

em capivara e em chinchila [2,17]. Afirmou-se que dados relativos à ontogênese e filogênese indicavam que a artéria cerebral rostral era o único ramo terminal da artéria carótida interna [9].

Em capivara, a artéria cerebral rostral esteve ausente em 6,7% dos casos à direita e em 3,3% à esquerda [17], e o mesmo ocorreu em chinchila, em 3,3% dos casos à direita e à esquerda, e devido a esta ausência, a artéria cerebral rostral desenvolvida de um antímero lançava ramos colaterais que se distribuíam no antímero oposto, suprimindo o território [2]. A ausência da artéria cerebral rostral também foi verificada em nutria em apenas 3,3% dos casos à direita.

Em todos os mamíferos, as artérias cerebrais rostrais anastomosavam-se entre si, formando uma artéria mediana ímpar, que contorna o joelho do corpo caloso bifurcando-se em seguida. Uma artéria mediana ímpar existia em *Sciurus* sp., *Cavia cobaya*, *Cavia agutii*, *Mus rattus* e *Castor* [9].

A artéria comunicante rostral, em nutria, foi formada, na maioria dos casos, por um ramo medial da artéria cerebral rostral de um antímero, e o mesmo comportamento foi observado em chinchila, contudo, este vaso foi denominado como artéria inter-hemisférica rostral mediana ímpar [2]. Em capivara, a artéria comunicante rostral era um vaso mediano ímpar, formado da anastomose entre as artérias cerebrais rostrais, direita e esquerda, ramificando-se para suprir o corpo caloso, áreas olfatórias mais rostrais e pólo rostral dos hemisférios cerebrais [17].

Os animais que se enquadravam na descrição do tipo III de irrigação encefálica, onde se inclui grande parte dos roedores, as artérias carótidas internas não participavam mais na composição do círculo arterial cerebral, que era formado exclusivamente pelas artérias vertebrais [9]. O círculo arterial cerebral em nutria foi formado da bifurcação da artéria basilar em seus ramos terminais, apresentou-se sempre fechado caudalmente e aberto rostralmente em 60% dos casos. Em chinchila, o círculo permaneceu aberto rostralmente na maioria das peças, pois a artéria do corpo caloso foi formada a partir de um dos antímero [11,18]. Também em chinchila foi descrito que o círculo arterial cerebral apresentou-se fechado caudalmente em 100% dos casos e aberto rostralmente em 70% das amostras [2]. Em capivara, o círculo arterial cerebral também foi fechado caudalmente em 100% dos casos e fechado rostralmente em 90%, enquanto que em 10% das peças

foi aberto rostralmente devido à ausência de uma das artérias cerebrais rostrais [17].

#### CONCLUSÃO

A artéria carótida interna atrofia-se próximo à entrada do forame lácero, não participando da vascularização encefálica em nutria.

A vascularização arterial do encéfalo da nutria é suprida exclusivamente pelo sistema vértebro-basilar, que não apresenta anastomoses importantes com o sistema vascular arterial extracraniano. Esta é enquadrada como sendo do tipo III, proposto por De Vriese [9].

O círculo arterial cerebral em nutria apresenta-se sempre fechado caudalmente, pela bifurcação da artéria basilar em seus dois ramos terminais, enquanto que rostralmente é aberto em 60% dos casos devido à ausência de um dos ramos mediais da artéria cerebral rostral em um dos antímeros. Em 40% dos achados, o círculo arterial cerebral é fechado rostralmente pela

anastomose entre os ramos mediais das artérias cerebrais rostrais direita e esquerda.

#### MANUFACTURERS

<sup>1</sup>Blausiegel Indústria e Comércio Ltda. Cotia, SP, Brazil.

<sup>2</sup>Vetnil Indústria e Comércio de Produtos Veterinários Ltda. Louveira, SP, Brazil.

<sup>3</sup>União Química. São Paulo, SP, Brazil.

<sup>4</sup>Cristália Produtos Químicos Farmacêuticos Ltda. Itapira, SP, Brazil.

<sup>5</sup>Hertape Calier Saúde Animal S.A. Juatuba, MG, Brazil.

<sup>6</sup>Fresenius Kabi Brasil Ltda. Barueri, SP, Brazil.

<sup>7</sup>Bertoncini Ltda. São Paulo, SP, Brazil.

<sup>8</sup>Suvinil BASF S.A. São Bernardo do Campo, SP, Brazil.

**Funding.** Projeto financiado pela CAPES.

**Ethical approval.** O experimento foi aprovado pela Comissão de Ética na Utilização de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil, sob número 29415.

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

#### REFERENCES

- 1 **Alcântara M.A. 1992.** Estudo anatômico das artérias da base do encéfalo de cães (*Canis familiaris*, LINNAEUS, 1758). 134f. São Paulo, SP. Dissertação (Mestrado em Anatomia) - Programa de Pós-graduação da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo.
- 2 **Araújo A.C.P. & Campos R. 2005.** A systematic study of the brain base arteries and their blood supply sources in the chinchilla (*Chinchilla lanigera* - Molina 1782). *Brazilian Journal of Morphological Sciences*. 22(4): 221-232.
- 3 **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.
- 4 **Baroffio R., De Paoli J. & Fiordelisi A. 1979.** Clasificación zoológica de la nutria. In: *Nuestra Nutria (Myocastor coypus)*. Buenos Aires: Hemisferio Sur, pp.2-5.
- 5 **Bugge J. 1971.** The cephalic arterial system in New and Old World hystricomorphs, and bathyergoids, with special reference to the systematic classification of rodents. *Acta Anatomica*. 80: 516-536.
- 6 **Bugge J. 1974.** The cephalic arterial system in insectivores, primates, rodents and lagomorphs, with special reference to the systematic classification. *Acta Anatomica*. 87(62): 1-159.
- 7 **Campos R. 1987.** Contribuição ao estudo das artérias carótidas na base do encéfalo em *Gallus gallus*. 101f. São Paulo, SP. Dissertação (Mestrado em Anatomia) - Programa de Pós-graduação da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo.
- 8 **Depedrini J.S. & Campos R. 2003.** A systematic study of the brain base arteries in the pampas fox (*Dusicyon gymnocercus*). *Brazilian Journal of Morphological Sciences*. 20(3): 181-188.
- 9 **De Vriese B. 1905.** Sur la signification morphologique des artères cérébrales. *Archives de Biologie*. 21: 357-457.
- 10 **Ferreira C.G. 1998.** Estudo anatômico das artérias da base do encéfalo de suínos (*Sus scrofa domesticus*, LINNAEUS, 1758). 98f. São Paulo, SP. Dissertação (Mestrado em Anatomia) - Programa de Pós-graduação da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo.
- 11 **Gielecki J.S., Brudnicki W. & Nowaki M.R. 1996.** Digital-image analysis of the brain-base arteries in chinchilla, *Chinchilla laniger* (Molina). *Anatomia Histologia Embryologia*. 25: 117-119.
- 12 **International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature. 2012.** *Nomina anatomica veterinaria*. 5th edn. New York: Editorial Committee, 160 p.
- 13 **Jablonski R. & Brudnicki W. 1984.** The effect of blood distribution to the brain on the structure and variability of the cerebral arterial circle in musk-rat and in chinchilla. *Folia Morphologica*. 43(2): 109-114.

- 14 **Lazorthes G., Gouazé A. & Salamon G. 1976.** Anatomie comparée du système artériel de l'encéphale. In: *Vascularization et circulation de l'encéphale*. Paris: Masson, pp.14-30.
- 15 **Lindemann T. 1994.** Sistematização das artérias na base do encéfalo em *Didelphis albiventris* (gambá). 134f. Porto Alegre, RS. Dissertação (Mestrado em Anatomia) - Curso de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- 16 **Oliveira J.C.D. 2004.** Sistematização das artérias da base do encéfalo, rede admirável epidural rostral e caudal e suas fontes de suprimento em javali (*Sus scrofa scrofa*). 184f. Porto Alegre, RS. Tese (Doutorado em Anatomia) - Curso de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- 17 **Reckziegel S.H., Lindemann T. & Campos R. 2001.** A systematic study of the brain base arteries in capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*). *Brazilian Journal of Morphological Sciences*. 18(2): 104-110.
- 18 **Roskosz T., Jablonski R. & Wiland C. 1988.** The arteries of the brain base in chinchilla, *Chinchilla laniger* (Molina). *Annals of Warsaw Agricultural University*. 14: 23-28.
- 19 **Scremin O.U. 1995.** Cerebral Vascular System. In: Scremin O.U. (Ed). *The Rat Nervous System*. 2nd edn. Sydney: Sydney Academy Press, pp.3-18.
- 20 **Tandler J. 1898.** Zur vergleichenden anatomie der Kopfarterien bein den Mammalia. *Denkschriften der Akademie der Wissenschaften*. 67: 677-784.