

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO

MÁRCIA CRISTINA DA CRUZ

EMPREGO DE OVINO (*Ovis aries*) *in vivo* COMO MODELO EXPERIMENTAL PARA
ESTUDO DA ARTERIOGRAFIA NO CÍRCULO DE WILLIS (CW).

Campos dos Goytacazes

Agosto 2014

MÁRCIA CRISTINA DA CRUZ

EMPREGO DE OVINO (*Ovis aries*) *in vivo* COMO MODELO EXPERIMENTAL PARA
ESTUDO DA ARTERIOGRAFIA NO CÍRCULO DE WILLIS (CW).

Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como requisito parcial para a obtenção do grau
de Doutor em Ciência Animal.

Orientador: Edmundo Jorge Abílio

Campos dos Goytacazes

Agosto 2014

MÁRCIA CRISTINA DA CRUZ

EMPREGO DE OVINO (*Ovis aries*) *in vivo* COMO MODELO EXPERIMENTAL PARA
ESTUDO DA ARTERIOGRAFIA NO CÍRCULO DE WILLIS (CW).

Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como requisito parcial para a obtenção do grau
de Doutor em Ciência Animal.

Aprovada em 29 de agosto de 2014.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a Viviane Alexandre Nunes Degani (Doutora em Ciências)- UFF

Prof^a Ana Bárbara Freitas Rodrigues (Doutora em Produção Animal)- UENF

Prof. Eulógio Carlos Queiroz de Carvalho (Doutor em Anatomia Patológica)- UENF

Prof. Renato Luiz Silveira (Doutor em Ciência Animal)- UFF

Prof. Edmundo Jorge Abílio (Doutor em Ciências)- UENF
(Orientador)

À minha amada Mãe, Geni da Cruz, de quem herdei a força de viver e com quem aprendi que nunca se desiste da vida, que os problemas passam, que agradecemos pelos amigos que temos e rezamos para os que nos veem como inimigos.

Às minhas irmãs, Marilda Elena da Cruz e Maria Perpétua da Cruz Proença, ao meu cunhado Carlos Alberto Proença pelo carinho eterno e pelo apoio em toda minha vida, incluindo a vida acadêmica.

Ao meu companheiro, amigo e parceiro, Osdenil Silva de Oliveira, pela presença, dedicação, apoio, cumplicidade e amor.

Sem essas pessoas na minha vida, talvez a jornada não tivesse se iniciado, e é por eles que, hoje, eu tenho o orgulho e a honra de ser quem me tornei. É importante saber o que se quer, assim como são importantes os alicerces que temos na vida, pois é verdadeiramente daí que nos tornamos gente com valores acrescidos, mas com a mesma essência.

DEDICO

AGRACIMENTOS

A Deus a quem, desde criança, pedi para ser instrumento e cuidar dos animais. A Ele, a quem agradeço por tudo que tenho conseguido conquistar ao longo de toda minha vida.

Agradeço aos animais por proporcionaram a chance de criarmos respostas no desenvolvimento da saúde dos mesmos e dos humanos.

A toda minha família por acreditar e apoiar minha vocação e caminhada, mesmo longe de casa, principalmente à minha querida mãe, Geni da Cruz, quem mais sente minha ausência, a Marilda Elena da Cruz, a Maria Perpétua da Cruz e a Osdenil Silva de Oliveira, por serem mais do que família em todos os momentos infinitos ao telefone.

Ao meu orientador, por ser uma pessoa presente em todos os momentos, com quem lapidei meus princípios de disciplina, ética e didática. A ele, que transcende os limites acadêmicos, fazendo-se presente como um dos mais fiéis amigos.

À minha querida amiga Marília Cipriano Dias, a quem, além dos agradecimentos de apoio e amizade, agradeço ao excelente desempenho técnico e profissional em enfermagem no decorrer de todo o tempo dedicado à UENF.

Ao técnico em enfermagem José Evaldo Machado, pela dedicação, pela presença e pelo profissionalismo durante todo o período de trabalho na UENF.

Agradeço à equipe de serviços gerais, principalmente a Marilene da Hora, pela dedicação, pelo carinho e pelo apoio.

À amiga Alexandra Faria do Amaral, pelo apoio em vários âmbitos da vida e por deixar a vida mais leve nas quartas-feiras.

À equipe técnica da UFRJ, Marcelo André Ludwig e, principalmente, ao Dr. André Marchiori, pelo apoio no desenvolvimento do projeto e pela concessão do equipamento para a realização da arteriografia.

À empresa GE pelo empréstimo e pelo transporte dos aparelhos de hemodinâmica móvel.

À empresa J. Procópio pelo empréstimo da mesa rádio-transparente de hemodinâmica.

À empresa Pion G pela doação de materiais fundamentais na execução do experimento.

Ao Hospital Geral Dr. Beda pelo apoio nas análises e pela avaliação dos hemogramas.

Agradeço às amigas veterinárias Patrícia Valerioti, Gabriele Mothé, ao técnico em Patologia Clínica Josias Alves Machado pela paciência e pela ajuda técnica.

Aos professores Manuel Vasquez, Ângelo Burla e aos técnicos João Siqueira, José Nilton Ribeiro Alonso Farias, Ricardo Benjamin Machado Alves e Orlando Augusto de Melo Júnior pelo apoio técnico no decorrer do trabalho.

Em especial, agradeço a esta banca por ter participado diretamente do meu crescimento profissional, pelo apoio e pela paciência nas minhas insistências em obter respostas.

A todos os meus amigos que, direta ou indiretamente, compreenderam-me, suportaram-me e ajudaram-me a reerguer-me em cada dificuldade.

“ O tempo tem a missão de trazer e depositar, em suas mãos, o fruto da semente que você plantou em sua vida”

(Autor desconhecido)

RESUMO

O Círculo de Willis (CW) é uma subsidiária circular da rede de canais vasculares arteriais que estabiliza o fluxo sanguíneo encefálico quando ocorrem falhas nas vias principais. O estudo buscou, no ovino, um modelo animal experimental para mapeamento da circulação encefálica, através da arteriografia e para avaliar a eficácia da perfusão bilateral entre os hemisférios com passagem do sangue através do Círculo de Willis. O estudo foi realizado em oito ovelhas *in vivo*, mestiças, adultas com peso entre 45,2 e 75kg. Os animais foram anestesiados e o procedimento realizado dentro das técnicas cirúrgicas. A arteriografia foi realizada após a injeção de 20ml de contraste não iônico na artéria carótida comum até a visualização da luz arterial e chegada ao encéfalo. A arteriografia foi visualizada através do aparelho de hemodinâmica móvel. A pressão arterial média (PAM) foi aferida em três momentos. Após a arteriografia, foi ressecado um segmento da artéria carótida comum e o animal mantido vivo após o procedimento, realizando-se interrupção total do fluxo sanguíneo. Nos resultados, as médias das PAM sem clampeamento foi de 67,91; com clampeamento proximal 50,91 e distal 80,2mmhg. A arteriografia revelou um CW eficiente com perfusão sanguínea colateral suficiente para manutenção das funções fisiológicas dos animais, revelando a chegada a uma rede admirável epiduralrostral por três vias. Após a ressecção de um segmento da artéria carótida comum, um animal apresentou alterações de ordem do SNC, realizando-se a eutanásia. Sete animais não apresentaram alteração de ordem nervosa ou fisiológica, comprovando a não necessidade da eutanásia no estudo com essa espécie. O estudo concluiu que a ovelha é um excelente modelo experimental para cirurgias cervicais, avaliação da circulação encefálica e revelou um Círculo de Willis com perfeita perfusão entre os hemisférios, mas a recomendação da MAP é a partir de 45mmhg.

Palavras-chave: ovelhas, arteriografia, Círculo de Willis, PAM.

ABSTRACT

The Circle of Willis (CW) is a circular network subsidiary of arterial vascular channels that stabilizes the encephalic blood flow when failures occurs on the main roads. The study looked at the sheep an experimental animal model to map encephalic circulation by arteriography and evaluate the effectiveness of bilateral perfusion between the hemispheres with passage of blood through the Circle of Willis. The study was conducted in eight mixed-breed sheep *in vivo* adult weighing between 45.2 and 75kg. The animals were anesthetized and the procedure performed in the surgical techniques. Arteriography was performed after injection of 20 ml of non-ionic contrast in the common carotid artery to the visualization of the arterial lumen and arrival to the brain. Arteriography was viewed through mobile hemodynamic device. Mean arterial pressure (MAP) was measured in three stages. After arteriography was resected a segment of the common carotid artery and the animal kept alive after the procedure by performing total interruption of blood flow. In the results, the mean MAP without clamping was 67.91; with proximal clamping 50.91 and distal clamping 80,2mmhg. The arteriography revealed an efficient CW with sufficient collateral blood perfusion to maintain the physiological functions of animals, revealing the arrival at an admirable epidural network rostra in three ways. After resection of a segment of the common carotid artery, one animal had CNS order changes, performing euthanasia. Seven animals showed no change nervous or physiological order, proving no need of euthanasia in the study of this species. The study concluded that the sheep are excellent experimental model for cervical surgery, assessment of brain circulation and revealed a Circle of Willis with perfect infusion between the hemispheres, but the recommendation of PAM is from 45 mmHg.

Keywords: sheep, arteriography, Circle of Willis, MAP.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Esquema da circulação sistêmica e cranial humana.....	18
Figura 2- Esquema da circulação arterial cefálica e encefálica em humanos...	20
Figura 3- Esquema da circulação arterial cefálica, extra e intracraniana em ovino.....	24
Figura 4- Posicionamento cirúrgico do ovino na mesa rádio-transparente.....	41
Figura 5- Cateterização da artéria carótida comum esquerda no ovino.....	41
Figura 6- Esquema da cateterização da artéria carótida comum esquerda no ovino.....	42
Figura 7- Sequência da ressecção de um fragmento da artéria carótida comum esquerda no ovino.....	44
Figura 8- Arteriografia, revelando o início da chegada do contraste na artéria carótida comum esquerda.....	49
Figura 9- Arteriografia cerebral, revelando as vias formadoras do Círculo de Willis em ovinos.....	50
Figura 10- Arteriografia cerebral, revelando as artérias do hemisfério contralateral esquerdo, após a passagem através do Círculo de Willis (CW).....	51
Figura 11- Esquema representativo do Círculo de Willis (CW) em ovino, após Arteriografia.....	52
Figura 12- Esquema da circulação arterial em ovino, da região cefálica até a região encefálica, demonstrando o Círculo de Willis (CW).....	53
Figura 13- Esquema das principais vias do fluxo arterial para o Círculo de Willis (CW) em ovino.....	54
Figura 14- Esquema da circulação arterial encefálica a partir do arco aórtico até o Círculo de Willis (CW) em ovino.....	55
Figura 15- Esquema comparativo entre as vias de irrigação do Círculo de Willis (CW) pela RAER em ovinos.....	64

LISTA DE SIGLAS

ACC	Artéria carótida comum
ACE	Artéria carótida externa
ACI	Artéria carótida interna
AB	Artéria basilar
AV	Artéria vertebral
ACM	Artéria cerebral média
ACA	Artéria cerebral anterior
ACP	Artéria cerebral posterior
ACca	Artéria cerebral caudal
ACmA	Artéria comunicante anterior
ACmr	Artéria comunicante rostral
ACoP	Artéria comunicante posterior
ACmca	Artéria comunicante caudal
RAER	Rede admirável epidural rostral
PAM	Pressão arterial média
CW	Círculo de Willis

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
	2.1 CIRCULAÇÃO SANGUÍNEA.....	15
	2.2 VOLUMETRIA E ESTRUTURA DOS VASOS SANGUÍNEOS	19
	2.3 ANATOMIA DO CORAÇÃO E CIRCULAÇÃO SANGUÍNEA CEREBRAL EM OVINOS.....	21
	2.4 CÍRCULO DE WILLIS: ANATOMIA E FISILOGIA.....	25
3	JUSTIFICATIVA.....	36
4	OBJETIVO GERAL.....	37
	4.1 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	37
5	MATERIAL E MÉTODO.....	38
	5.1 LOCAL DE EXPERIMENTAÇÃO	38
	5.3 AVALIAÇÃO DOS ANIMAIS.....	39
	5.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	39
	5.4.1 Pré-operatório e anestesia.....	39
	5.4.2 Trans-operatório	40
	5.4.3 Ressecção de fragmento da artéria carótida comum esquerda.....	43
	5.4.4 Pós-operatório.....	43
6	RESULTADOS.....	45
	6.1 MODELO EXPERIMENTAL.....	45
	6.2 TRANS-OPERATÓRIO.....	45
	6.2.1 Pressão arterial média (PAM).....	45
	6.2.2 Descrição da arteriografia cerebral e suas principais vias visualizadas no trans-operatório.....	47
	6.3 PÓS-OPERATÓRIO.....	56

7	DISCUSSÃO.....	57
8	CONCLUSÃO.....	65
	8.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67

1. INTRODUÇÃO

Estudos vêm sendo desenvolvidos, mostrando que o modelo ideal para pesquisas com acidente vascular encefálico deve envolver vários fatores e possuir um número de características similares aos humanos e, após a indução do processo patológico, os resultados devem ser investigados com o mínimo de limitações. Tais modelos satisfazem todos os requerimentos básicos necessários para induzir, manipular e tratar as doenças que afetam os humanos (LIMA *et al.*, 2013).

O estudo morfofuncional do sistema nervoso central vem demonstrando aspectos interessantes e pouco explorados, em especial aqueles relativos ao suprimento sanguíneo para o encéfalo (CUNHA *et al.*, 2001). Nos animais domésticos, as artérias encefálicas apresentam diferentes arranjos, devido às artérias formadoras do “Círculo de Willis”, que consiste em uma estrutura localizada na base do cérebro. Dessa forma, o comportamento das artérias encefálicas, comparativamente entre espécies, exibe um modelo básico ao qual são acrescentadas modificações relativas aos diferentes grupos de animais (LIMA *et al.*, 2006).

O circuito arterial da base do encéfalo é interpretado por alguns autores (KRAMER, 1912; SHELLSHEAR, 1927; ROGERS, 1947 apud LIMA, 2013) como uma anastomose de irrigação, sendo analisado e demonstrado em alguns vertebrados.

O suprimento sanguíneo para o encéfalo no ovino é realizado principalmente através das artérias carótidas e artéria maxilar que formam uma rede carotídea ou rede admirável epidural rostral, essa rede apresenta contorno triangular e comunica-se com a rede do lado oposto por meio de finos ramos caudais à borda caudal da hipófise denominado Círculo de Willis (NANDA, 1986).

O Círculo de Willis (CW), uma via colateral potencial do encéfalo, é uma subsidiária da rede de canais vasculares, que estabiliza o fluxo sanguíneo cerebral quando ocorrem falhas nas vias principais. A importância dessa anastomose circular torna-se evidente ao determinar a adequação da circulação cerebral em operações de aneurismas e ligaduras das artérias carótidas (ASHWINI *et al.*, 2008), além de subsidiar

estudos para doenças como o acidente vascular encefálico ou derrame (LIMA *et al.*, 2013).

A doença vascular pode apresentar caráter sistêmico. As estenoses e/ou oclusões podem atingir o cérebro, o coração, vísceras e membros, sendo a principal causa de mortes na espécie humana (BRAUNWALD, 1998). Segundo Brito (2002), no Brasil, mais de 30% das mortes são de causa vascular, o que reforça a importância do estudo da circulação encefálica.

A pesquisa, no desenvolvimento de um modelo animal para estudos vasculares cerebrais e cervicais, é de vital importância no crescimento nesse campo do estudo. Dessa forma, o foco em questão foi a pesquisa experimental de um modelo animal para estabelecimento da circulação do encéfalo e o Círculo de Willis realizados através de visualização por arteriografia no ovino *in vivo*.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CIRCULAÇÃO SANGUÍNEA- MORFOLOGIA E FISIOLOGIA

O sistema circulatório é um sistema fechado no interior do qual o sangue circula continuamente, abrangendo o sistema vascular sanguíneo e o sistema vascular linfático. O sistema vascular sanguíneo é composto pelas seguintes estruturas: coração, artérias, vasos capilares e veias (JUNQUEIRA, 2013).

O coração é um órgão cuja função é bombear o sangue através dos vasos sanguíneos.

As artérias consistem em uma série de vasos que se tornam menores à medida que se ramificam, e sua função é levar o sangue, com nutrientes e oxigênio, do coração para os tecidos (JUNQUEIRA, 2013).

As artérias são compostas por camadas, sendo a mais externa a adventícia; posteriormente, encontra-se uma camada média e, na sua porção mais interna, a camada íntima (composta por três camadas: lâmina elástica, lâmina basal e endotélio) (JUNQUEIRA, 2013).

O sistema vascular linfático inicia-se nos vasos capilares linfáticos situados nos tecidos. São túbulos de fundo cego que se juntam para formar tubos de diâmetro crescente; os vasos maiores desse sistema terminam no sistema vascular sanguíneo, desembocando em grandes veias na região próxima ao coração. Uma das funções do sistema linfático é retornar ao sangue o fluido contido nos espaços intersticiais (JUNQUEIRA, 2013).

O coração de mamíferos adultos consiste em duas bombas, que, anatomicamente, estão lado a lado, funcionalmente, conectadas em série (DUKES, 1984) (Figura 1).

O sistema vascular pode ser dividido em três tipos gerais de vasos com diferentes funções: aortas e artérias, representando um sistema distribuidor; a microcirculação como um sistema de difusão e filtração e as veias como um sistema coletor. Em contraste com o fluxo, está a pressão hidrostática, que é diferente nos três segmentos. Ela é maior na aorta e intermediária nas outras artérias e, então, cai

abruptamente nas arteríolas e capilares, sendo menor, ainda, nas veias de ambos os circuitos, pulmonar e sistêmico. Esse gradiente de pressão indica que a energia fornecida pelo coração para criar pressão e fluxo é, gradualmente, dissipada pela fricção e calor à medida que o sangue circula; sendo assim, as artérias são responsáveis pela circulação de alta pressão e as veias pela circulação de baixa pressão (DUKES, 1984).

As artérias apresentam características físicas e histológicas muito bem estabelecidas. São classificadas em artérias elásticas e musculares, diferenciando-se pela espessura e pela distribuição de células e fibras ao longo das camadas arteriais (JUNQUEIRA, 2013).

As grandes artérias elásticas contribuem para estabilizar o fluxo sanguíneo. As artérias elásticas incluem a aorta e seus grandes ramos. Esses vasos têm cor amarelada decorrente do acúmulo de elastina na túnica média. A íntima, rica em fibras elásticas, é mais espessa que a túnica correspondente de uma artéria muscular. Uma lâmina elástica interna, embora presente, não pode ser facilmente distinguida das demais lâminas elásticas existentes entre as camadas musculares que se seguem. A túnica média consiste em uma série de lâminas elásticas perfuradas, concentricamente organizadas, cujo número aumenta com a idade (há em torno de 40 lâminas no recém-nascido e 70 no adulto). Entre as lâminas elásticas, situam-se células musculares lisas, fibras de colágeno, proteoglicanos e glicoproteínas. A túnica adventícia é relativamente pouco desenvolvida (JUNQUEIRA, 2013).

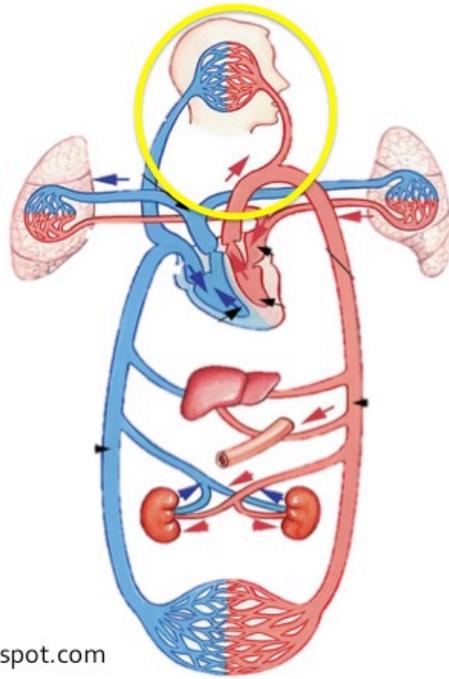
A túnica média das grandes artérias contém várias lâminas elásticas que contribuem para a importante função de tornar o fluxo de sangue mais uniforme. Durante a contração ventricular (sístole), a lâmina elástica das grandes artérias está distendida e reduz a variação da pressão. Durante relaxamento ventricular (diástole), a pressão, no ventrículo, cai para níveis muito baixos, mas a propriedade elástica das grandes artérias ajuda a manter a pressão arterial. Como consequência, a pressão arterial e a velocidade do sangue diminuem e se tornam menos variáveis à medida que se distanciam do coração (JUNQUEIRA, 2013).

As artérias musculares de diâmetro médio contêm a túnica média formada, essencialmente, por células musculares lisas. Nas artérias musculares, a íntima tem

uma camada subendotelial um pouco mais espessa do que a das arteríolas. A lâmina elástica interna, o componente mais externo da íntima, é proeminente, e a túnica média pode conter até 40 camadas de células musculares lisas. Essas células são entremeadas por um número variado de lamelas elásticas (dependendo do tamanho do vaso), como também por fibras reticulares e proteoglicanos, todos sintetizados pela própria célula muscular lisa. A lâmina elástica externa, o último componente da túnica média, só é encontrada nas artérias musculares maiores. A adventícia consiste em tecido conjuntivo frouxo. Nessa túnica, também são encontrados vasos capilares linfáticos e nervos da adventícia, podendo essas estruturas penetrar até a porção mais externa da média. As artérias musculares podem controlar o fluxo de sangue para os vários órgãos, contraindo ou relaxando as células musculares lisas de sua túnica média. Nos ramos mais delgados, as túnicas são mais delgadas (JUNQUEIRA, 2013).

A aorta e os seus ramos principais, mais próximos do coração, são exemplos de artérias elásticas. As artérias musculares posicionam-se mais na periferia da vasculatura, como as artérias dos membros, artérias cervicais e viscerais (JUNQUEIRA, 2013).

As artérias elásticas são mais espessas que as musculares, resistindo à elevada pressão, distendendo-se na sístole e retraíndo-se na diástole. Esse mecanismo permite a manutenção ininterrupta do fluxo do sangue, mesmo quando o coração apresenta-se em repouso, pois o mecanismo de retração arterial impulsiona para adiante, na diástole, o sangue residual dentro do vaso (JUNQUEIRA, 2013). Assim, como resposta à onda de pressão e de fluxo, há o efeito da retração arterial também em onda, completando o mecanismo do impulso na diástole (GUYTON, 2006).



Fonte: www.prof-chelle.blogspot.com

Figura 1: Esquema da circulação sanguínea em humanos, revelando a irrigação e drenagem da circulação pulmonar e sistêmica, com destaque para a circulação cranial.

2.2 VOLUMETRIA E ESTRUTURA ANATÔMICA DOS VASOS

A capacidade de volume do conjunto distribuidor de sangue arterial sistêmico (sistema de alta pressão) é mais limitado e menos variável; ou seja, é menos dilatável, contendo, apenas, cerca de 14% do volume sanguíneo. O restante está no coração (cerca de 7%) e no sistema de baixa pressão (cerca de 79%), sendo que, do último, cerca de 9% está no circuito pulmonar. O sistema de baixa pressão tem, assim, a maior capacidade e é o mais dilatável, servindo como um reservatório sanguíneo (DUKES, 1984).

A estrutura anatômica dos vasos é responsável pela complacência e resistência ao fluxo nos diversos tipos de vasos do sistema. De modo geral, o fluxo do volume sanguíneo é igual ao gradiente de pressão dividido pela resistência do vaso (DUKES, 1984).

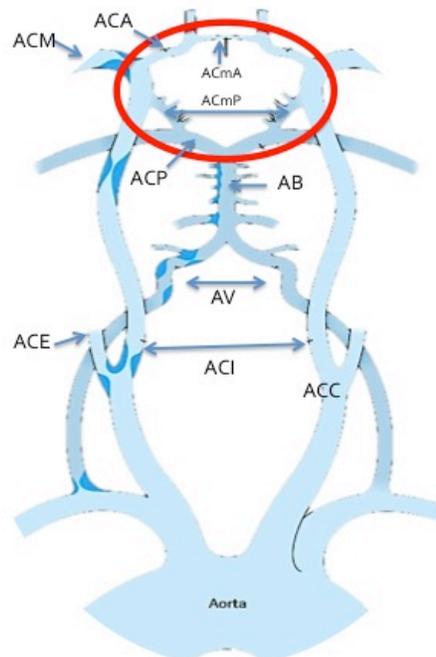
As artérias musculares se diferenciam pouco das artérias elásticas, com a redução na quantidade de material elástico e proporção maior de células musculares lisas (BRAUWALD, 1998). A explicação mecânica adaptativa que se dá pela menor quantidade de sangue transportado por esse tipo de artéria, responde a esse equilíbrio, mesmo que incida a mesma pressão sanguínea média sobre suas paredes (GUYTON, 2006) (Figura 2).

A íntima e o endotélio impedem a exposição da matriz extracelular e blindam as estruturas da parede arterial no contato com o sangue (BRAUWALD, 1998).

A pressão do sangue deve ser alta não apenas para superar a fricção nos vasos, como também para assegurar a perfusão adequada da microcirculação, apesar da pressão contrária que pode ser aplicada nesses pequenos vasos de extremidade. A pressão da gravidade, aceleração e desaceleração, pressão mecânica e a força elástica das paredes dos vasos devem ser opostas à pressão intraluminal (DUKES, 1984).

Os animais apresentam pressões arteriais sistêmicas diferentes. Em repouso, em nível do coração, a pressão sistêmica em girafas é de 219 mm Hg, em touros é 135 mm Hg e em seres humanos 90 mm Hg. Em nível cerebral, os valores são de 100 mm

Hg, 88 e 65 respectivamente, mas estreitamente uniforme, já que menos energia é perdida em uma coluna de sangue mais curta, como a do coração ao cérebro no homem (34 cm) do que numa distância mais longa como na girafa (160 cm). A dilatação ou ampliação do leito vascular diminui a resistência no segmento. Então, o fluxo é, portanto, rápido nas redes arteriais e coletora venosa (relativamente estreitas), sendo mais lentas nos pontos de difusão e filtração (DUKES, 1984).



www.medicinanet.com.br

Figura 2: Esquema da circulação arterial encefálica humana a partir da artéria aorta, com destaque para a formação do Círculo de Willis circundado em vermelho. ACC- Artéria carótida comum; ACI- Artéria carótida interna; ACE- Artéria carótida externa; AV- Artéria vertebral; AB- Artéria basilar; ACP- Artéria cerebral posterior; ACmP- Artéria comunicante posterior; ACmA- Artéria comunicante anterior; ACM- Artéria cerebral média; ACA- Artéria cerebral anterior.

2.3 ANATOMIA DO CORAÇÃO E CIRCULAÇÃO SANGUÍNEA CEREBRAL EM OVINOS

Anatomicamente, o coração está localizado entre o segundo e o quinto espaços intercostais. Situa-se obliquamente ao plano mediano, com ápice para a esquerda e no sentido do diafragma, sendo que a principal parte do coração situa-se à esquerda do plano mediastino. A base do coração é dorsal e o ápice ventral, seu formato é alongado e cônico. O coração de ovino mede: 15 cm de diâmetro sagital na base; 40 cm de circunferência no sulco coronário e seu peso absoluto varia de 220 a 240g, sendo que sua porcentagem em relação ao peso do corpo é de 0,45 a 0,5% (NANDA, 1986).

A circulação, de forma geral, é realizada, dividindo-se em grande circulação (distribuição de sangue arterial para o corpo pelas artérias e drenagem pelas veias correspondentes) e pela pequena circulação (sistema de artérias pulmonares para realização da hematose pulmonar, sendo drenado pelas veias correspondentes até ao coração direito) (NANDA, 1986).

A circulação cerebral tem sua origem da aorta ascendente, que, por sua vez, dá origem aos seguimentos: arco aórtico, tronco braquiocefálico, artérias subclávias, sendo que o tronco braquiocefálico, após a emissão das artérias subclávias, continua, ainda, como tronco bicarótido (7 a 10 mm no ovino), dando origem às artérias carótidas comum direita e esquerda (NANDA, 1986).

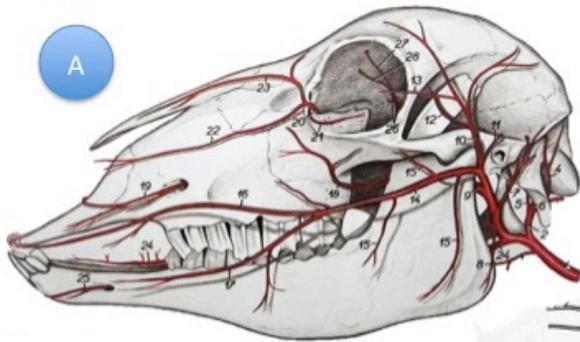
A artéria carótida comum, em ovinos, na parte cranial do pescoço, entre os músculos digástrico e estilo-hióideo, emite a artéria occipital, marcando a transição entre artéria carótida comum e externa (na ausência da parte extracranial da artéria carótida interna no adulto, representada, apenas, por um cordão de tecido conjuntivo). A artéria carótida externa é a continuação da artéria carótida comum, além da origem da artéria occipital (NANDA, 1986).

O suprimento sanguíneo para o cérebro, no ovino, é realizado, principalmente, através da artéria carótida interna e artéria maxilar, que formam uma rede carotídea ou rede admirável epidural rostral. Essa rede apresenta contorno triangular e comunica-se com a rede do lado oposto por meio de finos ramos caudais à borda caudal da hipófise,

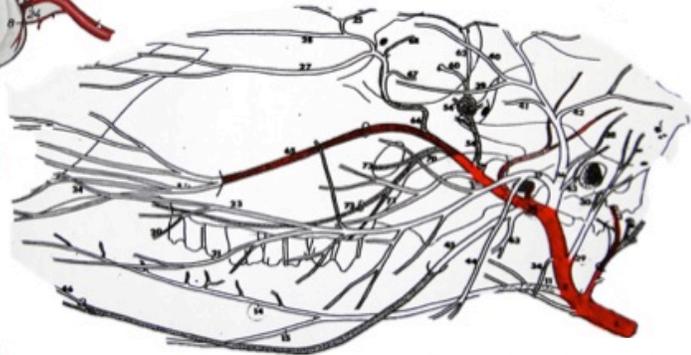
sendo a do ovino mais fraca comparada a outros ruminantes (NANDA, 1986) (Figura 3). Nos ruminantes, a artéria carótida interna oblitera-se após o nascimento, ramos da artéria maxilar assumem o suprimento sanguíneo do encéfalo. Nos bovinos, ocorre uma rede epidural rostral e uma caudal, diferente do que ocorre nos ovinos (NANDA, 1986). Esses ramos formam, na base do encéfalo, uma complicada rede admirável epidural rostral, a qual se entende, sendo a divisão de uma artéria em vários ramos, os quais confluem, novamente, para outra artéria. No suíno, no qual existe a artéria carótida interna, esta se ramifica na rede admirável epidural rostral. Essas redes admiráveis arteriais fecham-se, outra vez, de cada lado, juntamente na artéria cerebral média. A artéria cerebral média, na maioria dos animais, (e a artéria carótida interna em outros) perfura a duramater na região do diafragma da sela túrcica e forma, ao redor do infundíbulo, na base do encéfalo, o CW (círculo arterioso) (KONIG; LIEBICH, 2004). Dyce *et al.* (2004) descreveram que este arranjo artéria cerebral pode ser mais complexo em algumas espécies em que a artéria carótida interna se une a outras artérias da cabeça, especialmente a maxilar, antes de desembocar no CW (círculo arterioso). Em ovinos, quando a artéria carótida interna tem seu lúmen obliterado, a distribuição do sangue é realizada através da artéria carótida externa. Konig; Liebich (2004) descreveram que, além da obliteração da artéria carótida interna, os ramos da artéria maxilar assumem o suprimento sanguíneo do encéfalo, formando, nos ovinos, uma rede admirável epidural rostral.

A carótida comum tem como ramos no sentido cranial: a artéria occipital (de onde surge a carótida interna, a artéria meníngea média e o ramo occipital); a artéria carótida externa origina os ramos ascendentes: artéria auricular caudal (originando a artéria estilomastóidea), artéria maxilar (continuação da artéria carótida externa), ramo meníngeo e artéria temporal superficial (último ramo da carótida externa). A artéria maxilar origina o ramo caudal para a rede admirável epidural rostral, que se comunica com a rede admirável através do forame oval. Os ramos rostrais, para a rede admirável epidural rostral, surgem da artéria maxilar ao nível da artéria oftálmica externa e, após passar pelo forame órbito-rotundo, unem-se à rede admirável. A artéria carótida interna tem como ramos: a artéria média do cérebro e continua como artéria rostral do cérebro (que se comunica com o quiasma óptico). As artérias de ambos os lados

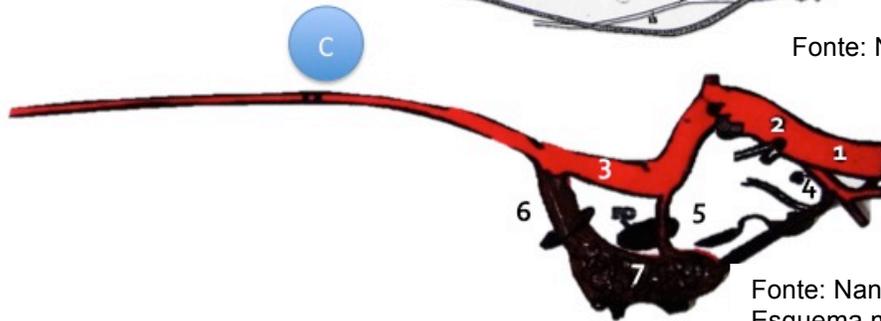
aproximam-se umas das outras no plano mediano e estão ligadas umas às outras por um fino vaso comunicante transverso. Essa comunicação é representada pela artéria comunicante rostral, que, por vezes, pode estar ausente. A artéria comunicante caudal é o ramo caudal da artéria carótida interna e continua na superfície da cruz do cérebro, antes ela emite a artéria caudal do cérebro. As artérias comunicantes caudais, de cada lado, unem-se para formar a artéria basilar. A artéria basilar emite a artéria caudal do cerebelo e ramos medulares. A artéria carótida interna emite, ainda, as artérias hipofisárias rostral, coriósica rostral e oftálmica interna (NANDA, 1986).



Fonte: Popesko, 1997



Fonte: Nanda, 1986



Fonte: Nanda, 1986.
Esquema modificado por
Márcia Cristina da Cruz, 2014

Figura 3: Esquema da circulação arterial cefálica e cranial de ovino. A- Circulação arterial extracraniana; B- Circulação arterial extra e intracraniana com destaque em vermelho; C- Circulação intracraniana com destaque para: 1- artéria carótida comum, 2- artéria carótida externa, 3- artéria maxilar, 4- artéria occipital, 5- Ramo caudal para rede admirável epidural rostral, 6- Ramo rostral para rede admirável epidural rostral, 7- Rede admirável epidural rostral.

2.4 CÍRCULO DE WILLIS: ANATOMIA E FISIOLOGIA

A primeira formação estabelecida pelas artérias da base do encéfalo data de 1658 para humanos, pelo cirurgião alemão Johan Wepter (FERREIRA; PRADA, 2005). Beavor, 1907, estudou a circulação cerebral em cadáveres humanos, porém a primeira descrição detalhada é atribuída ao anatomista Thomas Willis no ano de 1664 (FERREIRA; PRADA, 2005). Devido a esse fato, o circuito é conhecido como “Círculo ou Polígono de Willis” (MENEZES *et al.*, 2011), ou, ainda, Círculo arterial cerebral ou Círculo arterial de Willis (DUKES, 1984). A irrigação do encéfalo provém, principalmente, do círculo de Willis, sendo, hoje, mais conhecido como Círculo arterioso do cérebro (DYCE *et al.*, 2004).

Considerando-se a história evolutiva dos animais e do homem, pode-se dizer que a natureza levou tempo, trabalhando com a elaboração do cérebro, e o mesmo, certamente, ainda será alvo das mais variadas modificações em sua estrutura. De fato, verifica-se um aumento na complexidade e organização do sistema nervoso desde os animais considerados mais primitivos até aqueles com maior capacidade de exprimir comportamentos mais elaborados (MENEZES *et al.*, 2011).

Nos animais domésticos, considerando-se os aspectos filogenéticos, o estudo das artérias encefálicas mostra-se fascinante graças aos múltiplos arranjos apresentados pelas artérias formadoras do “Círculo de Willis” que consiste em um círculo arterial localizado na base do cérebro. Com esse preceito, tem-se em mente que o comportamento das artérias encefálicas, comparativamente entre as espécies, exhibe um modelo básico ao qual são acrescentadas modificações relativas aos diferentes grupos de animais (DE VRIESE, 1905, TESTUT, 1911 apud LIMA *et al.*, 2013).

Os trabalhos clássicos de Tandler (1898) e De Vriese (1905) trazem importantes considerações sobre a filogênese e a ontogênese dos modelos das artérias encefálicas, sugerindo, também, que o arranjo de vasos sanguíneos, no sistema nervoso das diferentes espécies, vem sofrendo modificações devidas, provavelmente, a adaptações comportamentais relativas, principalmente, ao modo de alimentação (OLIVEIRA; CAMPOS, 2013). A circulação intracranial e o CW são descritos por vários

autores em várias espécies, sendo que Beevor (1907) relatou o circuito no homem; Burda (1965) em tartarugas; Gillilan (1974) em ungulados; Santos (1987) em equinos puro sangue inglês; Santos (1993) em ovinos; Lindermann (1994) em gambás; Reckziegel (1994) em capivaras; Melo (1996) em bovinos; Alcântara (1996) em cães; Ferreira (1997) em macacos-prego; Ocal (1999) em camelos; Ferreira; Prada (2001) em macacos-prego; Araújo; Campos (2001) em chinchilas; Reckziegel (2001) em capivaras; Oliveira (2004) em javalis; Silva; Ferreira (2002) em macacos-prego; Campos (2003) em equinos; Araújo (2004) em chinchilas; Ferreira; Prada (2005) em suínos; Lima *et al.* (2006) em gatos; Ferreira (2007) em suínos; Menezes (2011) em javalis; Macedo *et al.* (2012) em mustelídeos e Lima *et al.* (2013) em tamanduás-mirim.

Segundo Barreiro *et al.* (2012), um modelo de classificação desses arranjos foi proposto por Tandler (1898), demonstrando que a filogenia e a ontogenia dessas artérias modificam-se em paralelismo com a evolução das exigências funcionais do sistema nervoso central. Oliveira, 2013, relata, em relação ao modelo arquitetônico do suprimento sanguíneo do sistema nervoso central dos animais, os estudos filo e ontogênicos de De Vriese (1905), Testut (1911) e Bug-ge (1974), mostrando, claramente, que, no processo evolutivo, processam-se modificações cuja tendência é responder as exigências, no sentido de que o Sistema Nervoso Central (SNC) possa desempenhar, adequadamente, o seu papel. A evolução cerebral não teria sido possível se não fosse acompanhada por uma correspondente adaptação dos padrões vasculares, decorrentes de modificações no modo de ramificação das artérias encefálicas que respondem pelas eventuais modificações nos mecanismos neurovasculares conquistados recentemente.

Tandler (1898) descreve a artéria carótida interna como um vaso primitivo, em constante desenvolvimento em toda a série de mamíferos, estando completamente obliterada na maioria dos *Artiodatyla*, sendo que a involução da artéria carótida interna ocorre após seu desenvolvimento embrionário, e sua obliteração atinge o seu final após o parto. Acredita-se que a obliteração da carótida interna está relacionada com o poderoso desenvolvimento da bolha timpânica e dos empecilhos mecânicos resultantes desse desenvolvimento (Tandler, 1898 apud OLIVEIRA, 2013).

Com relação às fontes de suprimento sanguíneo, podem ocorrer todos os tipos

possíveis entre os dois extremos, ou seja, o suprimento do círculo feito apenas pelas artérias vertebrais (*Rhinolophus*, *Chiromys* e *Lemur*) ou numa situação extrema contrária onde o círculo arterioso é suprido apenas pela artéria carótida interna, ou pela rede mirabile formada por esta (*Artiodactyla*). Finalmente, naqueles animais onde desapareceram as artérias vertebrais, a artéria basilar é formada pelos ramos caudais das artérias carótidas internas, o fluxo sanguíneo tem sentido caudal e seu calibre diminui no mesmo sentido, como ocorre na maioria dos *Artiodactyla* (OLIVEIRA, 2013).

Nos artiodáctilos, o trecho subdural da artéria carótida interna, que varia quanto ao comprimento, apresenta uma rede mirabile. Essa formação pode ser encontrada nos animais como um simples ramo anastomótico até uma rede mirabile. Nos casos em que se formam anastomoses secundárias, estabelecem-se, entre os vasos em lugar do simples ramo anastomótico, uma densa rede mirabile. Tais redes admiráveis, subdurais, contidas no seio carotídeo, são encontradas na maioria dos artiodáctilos (OLIVEIRA, 2013).

Tandler (1898) descreve que, em artiodáctilos, a artéria carótida comum divide-se na carótida interna e externa. A artéria carótida interna, na maioria dos artiodáctilos, forma-se, completamente, no embrião, começando sua obliteração nessa fase, sendo completada na vida extrauterina. O rudimento da carótida interna é comprovado, nitidamente, em forma de um cordão fibroso de tecido, que se ramifica a partir da parede dorsal da carótida comum Tandler (1898 apud OLIVEIRA, 2013).

A rede admirável se desenvolve num tempo relativamente curto da vida embrionária, porque, em estádios pouco distantes um do outro, ainda falta, completamente, num deles, enquanto, no outro, já alcançou seu completo desenvolvimento (OLIVEIRA, 2013).

De Vriese (1905 apud Oliveira, 2013), em seu extenso estudo sobre a ontogênese e a filogênese das artérias do encéfalo em diferentes espécies animais, incluindo o *Sus domesticus*, relata e classifica as variações encontradas na irrigação encefálica (OLIVEIRA, 2013). Segundo essa autora, nos artiodáctilos, a disposição das artérias cerebrais varia muito pouco de uma espécie para outra, o que pode ser resumido em um tipo geral. No *Bos taurus*, *Cervus*, *Elephas*, *Cervus capreolus*, *Cervus tarandus*, *Capra hircus*, *Ovis aries*, *Sus domesticus*, *Camelus dromedarius*,

Dama communis, *Portax pictus*, etc., as artérias cerebrais do adulto têm sua origem em uma rede mirabile (rede admirável), formada por muitas outras artérias. Quanto à artéria carótida interna, ela existe bem desenvolvida no embrião, onde ela dá origem aos ramos cerebrais emitidos, mais tarde, pela rede admirável. A artéria carótida interna atrofia-se, no curso do desenvolvimento, durante a vida intra e extrauterina, não persistindo no adulto senão como uma arteríola mais ou menos fina, que se perde na rede admirável. Em alguns casos, no adulto, ela se atrofia completamente, persistindo, apenas, como um cordão fibroso, podendo, ainda, a carótida interna ser substituída pela rede admirável (OLIVEIRA, 2013).

Dukes (1984) descreve que o suprimento sanguíneo arterial para o cérebro atinge a artéria cerebral posterior, média e anterior de ambos os lados através da via arterial comum, o Circuito de Willis. Na ovelha, o circuito é alimentado, principalmente, através da rede vascular (*rete mirabile*), que se interpõe entre o sistema carotídeo e o círculo, além de um menor suprimento das artérias carótidas internas, artérias vertebrais via artéria basilar. Sob o conceito de rede admirável, entende-se a divisão de uma artéria em vários ramos, os quais confluem, novamente, para outra artéria (KONIG, 2004).

Através do círculo arterial de Willis, há livre comunicação com o lado oposto do cérebro a partir de ambos os sistemas arterial carotídeo e vertebral. Assim, o fluxo sanguíneo arterial pode continuar para o cérebro, a despeito da oclusão de um único ponto do sistema (DUKES, 1984).

As paredes capilares são do tipo que não contém poros e estão separadas do contato direto com as células neuronais por neuroglia. Esse tipo de arranjo parece ser a base anatômica para a barreira de difusão (barreira hematoencefálica), que permite a passagem de pequenas moléculas (íons e glicose), mas impede a passagem de muitas substâncias de alto peso molecular (corantes, proteínas e moléculas orgânicas) (DUKES, 1984).

A artéria, que sai da rede admirável, após a perfuração da dura-máter, divide-se em dois ramos: um cranial (rostral) e outro caudal. O primeiro é um pouco mais desenvolvido que o segundo, o qual origina uma artéria cerebral média, a artéria coróideia anterior, e uma artéria marginal (etmoidal), sua terminação é a artéria

cerebral anterior (rostral) anastomosada, em algumas espécies, àquela do lado oposto por uma comunicante anterior (rostral). O ramo caudal fornece a artéria cerebral posterior (OLIVEIRA, 2013).

De Vriese (1905 apud Oliveira, 2013) resume esses fatos, relatando que o círculo arterial dos artiodáctilos aproxima-se, em muito, daquele dos vertebrados inferiores. Em suas conclusões filogenéticas, a autora classifica os círculos de Willis (arterial cerebral) em três tipos (I, II e III) fundamentais. O tipo I, em que o suprimento sanguíneo encefálico é feito, exclusivamente, pelas artérias carótidas internas, ou seja, o sistema carótico (artiodáctilos); o tipo II, em que o sistema carótico e o sistema vértebro-basilar participam, de forma conjunta, na irrigação cerebral, e o tipo III, em que, apenas, o sistema vértebro-basilar participa na irrigação encefálica (OLIVEIRA, 2013).

Na maioria desses casos, ocorre anastomose do sistema cerebral carotidiano com o vertebral ao nível da artéria basilar, já que esta resulta do lado cranial da fusão dos ramos caudais das artérias vertebrais; assim sendo, a artéria basilar diminui, caudalmente, de calibre, provando, dessa forma, que todo o sangue vem das artérias carótidas; nesses casos, a delgada terminação das artérias vertebrais une-se à basilar. Em alguns casos, como em alguns artiodáctilos, a artéria vertebral não chega a alcançar a região cefálica. O tipo I é encontrado nos vertebrados inferiores (aves), monotremas, marsupiais (cangurus), cetáceos, perissodáctilos e artiodáctilos, em numerosos carnívoros e nos pinípedes (OLIVEIRA, 2013).

Em relação às artérias cerebrais no decurso do desenvolvimento embrionário em artiodáctilos, De Vriese (1905) relata que, nestes, o círculo arterial de Willis (cerebral) é formado, no adulto, por uma artéria que nasce de uma rede admirável. Esta é formada por ramos da carótida externa (maxilar interna, meníngea) da artéria vertebral, da artéria occipital, etc. Em alguns casos, a terminação da artéria carótida interna, sempre pouco desenvolvida, perde-se na rede admirável; em outros casos, a carótida interna, é, apenas, representada por um cordão fibroso impermeável. Em embrião de vaca, porco e ovelha, existe, sempre, uma artéria carótida interna bem desenvolvida, que fornece as artérias cerebrais. No curso do desenvolvimento embrionário, ela diminui, progressivamente, de calibre, e se forma uma rede admirável, situada a

cada lado da sela túrcica, de onde nasce a artéria que retoma o domínio vascular cerebral da forte artéria carótida interna atrofiada, que continua no curso da vida extrauterina. Nos artiodáctilos, as artérias cerebrais são originadas, primitivamente, pela artéria carótida interna e, mais tarde, por uma rede admirável, onde os ramos terminais são, morfológicamente, as terminações da carótida embrionária atrofiada em sua totalidade ou em parte, no adulto. Observando-se a disposição das artérias cerebrais nos vertebrados inferiores, onde o Círculo de Willis é, exclusivamente, formado pelas artérias carótidas internas, anastomosadas caudalmente a um sistema arterial vertebral rudimentar, admite-se que, das artérias cerebrais, as mais antigas são as carótidas internas, e que as artérias vertebrais são, como artérias cerebrais, uma aquisição mais recente (OLIVEIRA, 2013).

Kramer (1912 apud BALDWIN; BELL, 1963) foi o primeiro a investigar a anatomia dinâmica do CW, injetando azul de metileno dentro da carótida e artéria vertebral de cão. Baldwin ; Bell (1963) realizaram um estudo da circulação cerebral e anatomia em ovelhas e bois através da determinação do fluxo sanguíneo com aplicação de corantes, aplicando as técnicas: 1-injeção de corantes fluorescentes dentro da carótida comum ou da artéria vertebral, utilizando luz ultravioleta para iluminação e observação do desenvolvimento de fluorescência nas membranas epiteliais da cavidade ocular, bucal e narinas; 2- observação direta da passagem de suspensões coloridas sobre a superfície dos hemisférios cerebrais, expostas após a injeção nas artérias carótidas comuns, ou vertebral; 3- exame histológico da distribuição de suspensões de cor no cérebro e na medula espinal, após injeção *in vivo* nas artérias carótidas comuns, ou vertebral. Em ambas as espécies, o suprimento intracerebral é realizado através da carótida externa via artéria maxilar interna. Segundo esses autores, a carótida interna é pouco desenvolvida em animais jovens e ausente nos adultos. A artéria basilar tem tênue conexão com a artéria vertebral em ovelhas e bezerras. Em ambas as espécies, a artéria basilar afina-se caudalmente e é contínua com a artéria ventral da coluna vertebral. O estudo revelou que, na ovelha, praticamente, o cérebro inteiro é suprido a partir das artérias carótidas comuns. O sangue vertebral fornece, apenas, para parte de coluna cervical em sua parte caudal. Existem diferenças individuais na fronteira entre os campos vertebrais e carótidas que podem variar no

animal vivo com a alteração dos níveis de pressão nas diferentes artérias. A técnica de fluoresceína revelou, também, que o sangue vertebral não participa, na oferta do sangue, além de estruturas cefálica-cerebral, porque se limita à região cervical, pois existe uma barreira entre a pressão da carótida arterial e vertebrais na anastomose occipito-vertebral.

Mcgrath (1977), estudando o circuito em fêmeas adultas de suíno e ovino, relata, em alguns membros da ordem dos artiodáctilos, uma rede carotídea bem desenvolvida dentro do seio cavernoso presente. A rede de carótida, nessas espécies, é compacta com anastomoses entrelaçadas livremente. Na ovelha, as duas redes estão conectadas através da linha mediana por poucos vasos de calibre variável, mas, no porco, a anastomose entre as redes é extensa, dando as redes uma aparência única. Nessas espécies, a artéria carótida interna está ausente em seu segmento proximal à rede. O principal vaso que supre a rede, no porco, é a artéria faríngea ascendente e, na ovelha, a artéria maxilar interna. Um segmento distal da artéria carótida interna é formado por vasos da rede na porção anterossuperior do seio cavernoso.

Ashwini *et al.* (2008) realizaram um estudo, comparando a anatomia do Círculo de Willis em diferentes espécies (homem, vaca, ovelha, cabra e porco), onde mostra a importância do estudo do Círculo de Willis e a circulação cerebral para as realizações cirúrgicas, principalmente, dos aneurismas cerebrais e ligadura da artéria carótida. A adequação de uma recuperação eficiente, após oclusão vascular, em parte, depende do estado anatômico do CW (Círculo de Willis) ser normal ou anormal. Parte da incidência (7%) de ocorrência de hemiplegia, após oclusão da carótida, tem sido atribuída à ausência congênita da artéria comunicante posterior. O estudo foi realizado com dez amostras de cérebro de cada espécie, sendo as cabeças coletadas de cadáveres e fixadas em formalina 10% (nos animais). No local de processamento, após lavagem com água para retirada de detritos, injetou-se formalina nas carótidas e as cabeças foram, então, imersas em formalina 10%, durante quatro semanas. Nos humanos, o cérebro foi retirado de cadáveres e fixado com a mesma metodologia. Após a fixação, foi realizada dissecação, identificado-se o CW, sendo retirada a dura-máter para uma avaliação mais precisa durante as comparações dos resultados entre

as espécies. O CW foi estudado em cada amostra com base na sua formação e variação. A umidade, ao longo das artérias, foi removida com o uso de papel filtro e acetona. Posteriormente, as artérias foram pintadas com esmalte vermelho para melhor visualização (ASHWINI, 2008).

Ashwini *et al.* (2008) concluíram que, no homem, o CW é formado pelas artérias carótidas internas, artéria cerebral anterior, artéria comunicante anterior, artéria comunicante posterior e artéria cerebral posterior. Nos animais, o CW é formado pelas artérias carótidas internas, artéria cerebral rostral, artéria comunicante rostral, artéria comunicante caudal.

No homem, as artérias carótidas internas, uma parte da CW, formam, apenas, um elo entre as artérias cerebrais anteriores e artérias posteriores, enquanto que, nos animais, eles correm um longo curso, que faz parte integrante do círculo. A artéria comunicante anterior está na forma de um único vaso no homem, mas um fino plexo de vasos nos animais (ASHWINI *et al.*, 2008).

Outro achado importante foi que a artéria cerebral posterior era um ramo da artéria basilar no homem, mas um ramo da artéria comunicante posterior, no caso dos animais estudados. Foi observado, ainda, que a artéria cerebral anterior do homem é quase o dobro do tamanho, quando comparado com o dos animais estudados. Mas, a mesma diferença não é considerada no caso da artéria comunicante posterior, que regrediu em tamanho, durante o desenvolvimento, no caso do homem (ASHWINI *et al.*, 2008).

As variações, no CW, das espécies estudadas (vaca, ovelha, cabra) apresentam um Círculo de Willis incompleto em 20% com a ausência da artéria comunicante anterior, sendo que, em suíno, o sistema apresentou-se completo em todos os exemplares, e, no homem, as alterações ocorreram, em maior parte, na metade posterior, sendo a maior dessas alterações o *string* como artéria comunicante posterior, além da não fusão da artéria cerebral posterior e artéria comunicante posterior. Na metade anterior, a alteração mais comum é a ausência da artéria comunicante anterior, que pode ser compensada pela anastomose das artérias cerebrais anteriores. Relatou-se, na mesma pesquisa, que, nos ovinos, o fornecimento de sangue ao cérebro é, unicamente, pelas artérias carótidas, podendo-se ocluir a artéria vertebral sem nenhum

prejuízo, podendo esses animais ser utilizados para estudos neurofisiológicos, após ligadura parcial ou completa das artérias carótidas e que, dentre os animais estudados, o porco possui maior semelhança com o CW do humano. Discute-se que os suínos e os ovinos têm sido usados com sucesso como modelos de estudo de malformação arterio-venosa, utilizando-se a rede mirabile e indicando maiores estudos da função dinâmica dessa rede para se criar modelos de sucesso para pesquisas de isquemia cerebral.

As variações no CW, a seguir, foram anotadas por Ashwini *et al.* (2008), sendo cada animal estudado individualmente:

- 1) Em vacas, nas 10 amostras estudadas, duas variações foram observadas em 2 amostras, onde, em uma, um círculo se apresentou completo e outro incompleto. No completo, observou-se que existiu uma variação no diâmetro de todos os vasos que formam o círculo; nesse caso, o diâmetro foi, significativamente, maior quando comparado com o de outras amostras de vaca. Na outra amostra, o círculo foi incompleto, devido à ausência da rede comunicante anterior. Todos os outros vasos que formam o círculo eram normais.
- 2) Em ovinos, dos 10 espécimes estudados, apenas dois deles apresentaram alguma variação, sendo o círculo incompleto. Isso se deveu à ausência da rede comunicante anterior.
- 3) Em cabra, o mesmo ocorreu em duas amostras, onde o círculo foi incompleto. Isso se deveu à ausência de rede comunicante anterior.
- 4) Em porcos, não foi observada variação em qualquer das 10 amostras estudadas. O Círculo de Willis mostrou-se um padrão consistente em todas as amostras.
- 5) Em seres humanos, dos 10 espécimes estudados, em 7, observaram-se variações. Entre esses sete espécimes, 3 apresentaram anomalias individuais e 4 mostraram anomalias múltiplas (ASHWINI *et al.*, 2008).

Quando o diâmetro dos vasos que formam o círculo é comparado, ele se apresenta maior no homem. Isso é devido ao aumento no tamanho dos hemisférios cerebrais, o que ocorreu ao longo do desenvolvimento no período neopálio (ASHWINI *et al.*, 2008).

A artéria comunicante caudal (ramo posterior do ACI-artéria carótida interna) é maior em diâmetro e mais ou menos igual à da artéria cerebral rostral (ramo anterior da ACI), em vaca, cabra, ovelha e porco. No homem, o calibre da artéria comunicante posterior é reduzido para cerca de metade do calibre da artéria cerebral anterior. Isso indica que o volume igual de sangue flui através de ambas as carótidas na divisão da artéria carótida interna, no caso de animais estudados, enquanto que, no homem, o fluxo de sangue, através da artéria comunicante posterior, é reduzido. As artérias comunicantes caudais (direita e esquerda) são maiores no calibre e em comprimento nos ovinos e caprinos, sendo o maior fornecimento de sangue para o cérebro através das carótidas e a contribuição de sangue da artéria vertebral é insignificante nos ovinos e caprinos (ASHWINI *et al.*, 2008). Observando as medições dos diâmetros externos das artérias cerebrais, Ashwini concluiu que, no homem, há um aumento de diâmetro do lado esquerdo, indicando o hemisfério esquerdo como dominante. Nos animais, esse diâmetro se apresenta menos variável.

Quando o diâmetro da artéria basilar na fronteira inferior e superior da ponte é comparado no homem e nos animais estudados, um fato significativo é notado, sendo que o diâmetro é maior na borda superior do que na borda inferior da vaca, ovelhas e cabras. No porco, o diâmetro é mais ou menos o mesmo em ambos os níveis. No homem, o diâmetro é maior na borda inferior do que na borda superior. Por isso, a artéria basilar pode ser considerada como um ramo de CW em vaca, ovelha e cabra. No porco, tem anastomosado ao vertebral e pode ser considerado como um ramo do último. No homem, a artéria basilar origina-se da artéria vertebral; desse modo, o diâmetro é maior na borda inferior da ponte que em sua borda superior. A medição externa do diâmetro dos vasos do CW, no homem, mostrou a existência de uma dominância de fluxo para o hemisfério esquerdo, que é, normalmente, segundo o autor, o hemisfério dominante. Nos animais estudados, o diâmetro da artéria cerebral anterior, o da artéria carótida interna e o da artéria comunicante posterior não possuem diferença significativa em relação ao seu calibre (ASHWINI *et al.*, 2008).

Nesse sentido, o pesquisador concluiu que o sangue que flui através do círculo é, principalmente, a partir das artérias carótidas em mamíferos inferiores, ao passo que, no homem, é a partir tanto da carótida e da vertebral (ASHWINI *et al.*, 2008).

A pressão arterial exerce importante papel na regulação da distribuição do sangue no encéfalo. A elevação da pressão arterial ou sua redução a um nível médio de 60 a 70 mm Hg tem pequeno efeito sobre o fluxo sanguíneo cerebral (FSC), mas essa autorregulação do fluxo é abolida com uma pressão arterial média de 50 mm Hg. Esta redução a 41 mm Hg reduz o fluxo sanguíneo cerebral, a captação de O₂, a produção de CO₂ e, a utilização de glicose pelo cérebro. Assim, quando a PAM cai de 40 mm Hg, o metabolismo oxidativo do cérebro é desequilibrado (DUKES, 1984).

O termo autorregulação é aplicado às modificações de fluxo sanguíneo nos tecidos e órgãos produzidos por controle local (intrínseco). Esse mecanismo tende a minimizar os efeitos das variações na pressão e perfusão sobre o fluxo, garantido um fluxo relativamente constante, quando a pressão é a única variável a modificar-se. Por outro lado, o fluxo sanguíneo aumentará com a elevação da atividade metabólica, ainda que a pressão de perfusão permaneça constante. A autorregulação tem sido demonstrada nas circulações do cérebro, coração, rins, intestino e músculos. Todo o mecanismo regulador serve para manter, em nível apropriado, as necessidades metabólicas requeridas pelos tecidos (DUKES, 1984).

Atualmente, apesar dos conhecimentos adquiridos nos estudos das artérias da base do encéfalo, muitas dúvidas, bem como questões conceituais permanecem, validando, assim, a recomendação em que De Vriese (1905) menciona que o assunto deve ser mais pesquisado, face à ocorrência de aspectos aparentemente estranhos e inesperados nas disposições dessas artérias nos diferentes grupos de mamíferos (LIMA *et al.*, 2006).

3. JUSTIFICATIVA

Este estudo se justifica pela necessidade de novas pesquisas, abrangendo uma espécie que venha a se tornar um modelo experimental que permita uma exploração cervical ampla das estruturas, utilizando-se o estabelecimento anatômico e visual contrastado *in vivo* da irrigação encefálica desde a artéria carótida comum esquerda até o Círculo de Willis em ovino. Nesse mesmo contexto, busca-se a comprovação de não haver necessidade da eutanásia do animal durante ou após a realização de cirurgias vasculares envolvendo a artéria carótida comum, permitindo ao animal a manutenção e a preservação da vida sem nenhuma alteração fisiológica que comprometa seu bem-estar.

A escolha da referida espécie se deve à facilidade de manuseio e às suas características corpóreas como, por exemplo, o pescoço alongado. Além desses fatores, a hemodinâmica, o sistema vascular, os aspectos reativos e inflamatórios se apresentam próximos ao da espécie humana.

4. OBJETIVO GERAL

- Desenvolver um modelo animal experimental para mapeamento da circulação encefálica em ovinos, a fim de comprovar, através da arteriografia, a existência eficaz da perfusão bilateral entre os hemisférios com passagem do sangue pelo Círculo de Willis, buscando, no futuro, a obstrução parcial ou definitiva do fluxo da artéria carótida comum.

4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudo da eficiência do Círculo de Willis por imagem contrastada e da circulação cerebral colateral em ovelhas, através da avaliação da imagem contrastada.
- Descrição anatomotopográfica do Círculo de Willis em ovino.
- Avaliação clínica no pós-operatório.
- Avaliação clínica após a ressecção de um segmento da artéria carótida comum.
- Definição de um modelo experimental animal para transplante de artéria carótida comum.

5. MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos realizados com as ovelhas foram conduzidos com monitorização e acompanhamento anestésico conforme as normas de boas práticas em animais experimentais. Os protocolos pertinentes foram autorizados pela Comissão de Ética em Pesquisa do Instituto de Medicina Nuclear e Endocrinologia – Campos dos Goytacazes – RJ (sob número pp01/2012). As análises desta pesquisa foram avaliadas pelo método de estatística descritiva (média e porcentagem).

5.1 LOCAL DA EXPERIMENTAÇÃO

A arteriografia e a etapa cirúrgica de implantação experimental do enxerto foram realizadas nas dependências do Hospital Veterinário da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro/UENF, no Estado do Rio de Janeiro em Campos dos Goytacazes.

5.2 AMOSTRAGEM

Foram utilizados oito ovinos hígidos, mestiços, sexo feminino, com peso entre 45,2 e 75 kg. Os animais foram mantidos em baias com água e alimentação adequada, durante 30 dias para adaptação.

5.3 AVALIAÇÃO DOS ANIMAIS

As avaliações clínicas e neurológicas (reflexo pupilar, simetria ocular, labial, deambulação, micção e evacuação) foram realizadas em todas as fases do experimento antes e após a ressecção da artéria carótida comum.

5.4 DELINEMANTO EXPERIMENTAL

Este projeto foi realizado simultaneamente à pesquisa de xenoenxerto de artéria ilíaca de suíno para artéria carótida comum em ovino realizado por André Marchiori (Marchiori, 2012). Para visualização da arteriografia (estudo da distribuição do fluxo sanguíneo cerebral e mapeamento do CW), foi utilizada a aplicação de contraste não iônico¹ através da artéria carótida comum esquerda. Após a realização do transplante, em tempos determinados, fez-se a ressecção definitiva do mesmo e foram realizadas as avaliações clínicas pós-operatória imediata e tardia.

5.4.1 Pré-operatório e anestesia

Desenvolveu-se de acordo com o delineamento experimental anestésico e cirúrgico de Marchiori (2012).

Os animais foram avaliados clinicamente. As cirurgias foram realizadas sob anestesia geral com sedação inicial com Midazolan a 0,3mg/kg, e, no procedimento operatório, utilizou-se Xilazina a 0,1 mg/kg (que permite forte sedação e analgesia durante 35 minutos) e Ketamina a 4mg/kg como bloqueador muscular e sedação.

¹Henetix®

²Xylocaína®

Repiques, se necessários, foram de 2 a 3 mg/kg de Ketamina e 5mg/kg e de Tiopental (para acréscimo de 5-10 minutos de imobilidade e de anestesia quando necessário).

Princípios clássicos de tricotomia, assepsia e antisepsia foram realizados conjuntamente à infiltração com bloqueio cervical local com 20 mL de Xilocaína² 1% (Lidocaína) sem vasoconstrictor para maior analgesia trans e pós-operatória.

5.4.2 Trans-operatório

O animal foi posicionado em decúbito lateral direito, tendo o segmento cervical orientado de forma a expor o sulco jugular. Realizou-se a mensuração da pressão invasiva (sistólica e diastólica) através da cateterização da artéria carótida comum esquerda (jelco número 22) para avaliação da Pressão Arterial Média (PAM). As pressões foram mensuradas em três momentos: sem clampeamento, com clampeamento distal ao cateter para avaliar o comportamento pressório com aumento da resistência distal e compensação de fluxo colateral e, em seguida, foi realizado o clampeamento proximal ao cateter, para se observar as medidas da pressão de refluxo carotídeo (refluxo do sangue que sobe ao crânio). Após as mensurações das pressões arteriais, injetou-se 20 ml de contraste não iônico¹ na artéria carótida comum esquerda, em duas ou três tomadas para início do estudo do CW até a visualização da luz arterial com demonstração das artérias carótidas, seus ramos e das artérias intracranianas. As arteriografias foram realizadas sob observação do aparelho de Hemodinâmica móvel², com *software* vascular, dispondo de recursos de magnificação de imagem, subtração digital e edição das mesmas, sob mesa rádio-transparente³. Os dados foram recolhidos em dispositivos eletrônicos e *compact discs*, sendo avaliados, posteriormente, em *softwares*⁴ (Figura 4, 5 e 6).

¹Henetix®

²General Electric - GE®, modelo 9900

³J. Procópio

⁴GE Centricity viewer



Fonte: Arq. pessoal

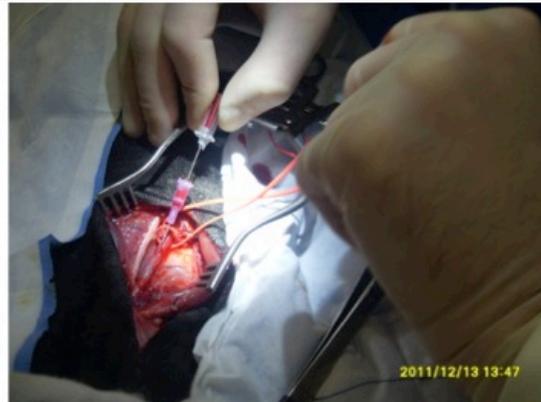


Figura 4: Posicionamento cirúrgico do ovino em decúbito lateral direito sobre mesa rádio-transparente para realização da arteriografia.

Figura 5: Posicionamento e introdução do cateter na artéria carótida comum esquerda para injeção do contraste não iônico para realização da arteriografia.

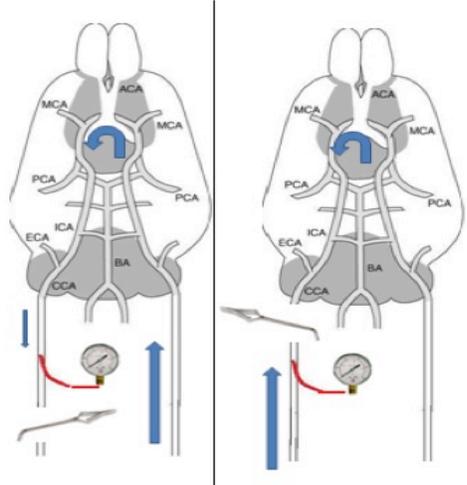


Figura 6: Esquema da cateterização da artéria carótida com posicionamento dos clamps nas posições proximal (esquerda) e distal (direita). Mensurações das pressões obtidas com manômetro digital.

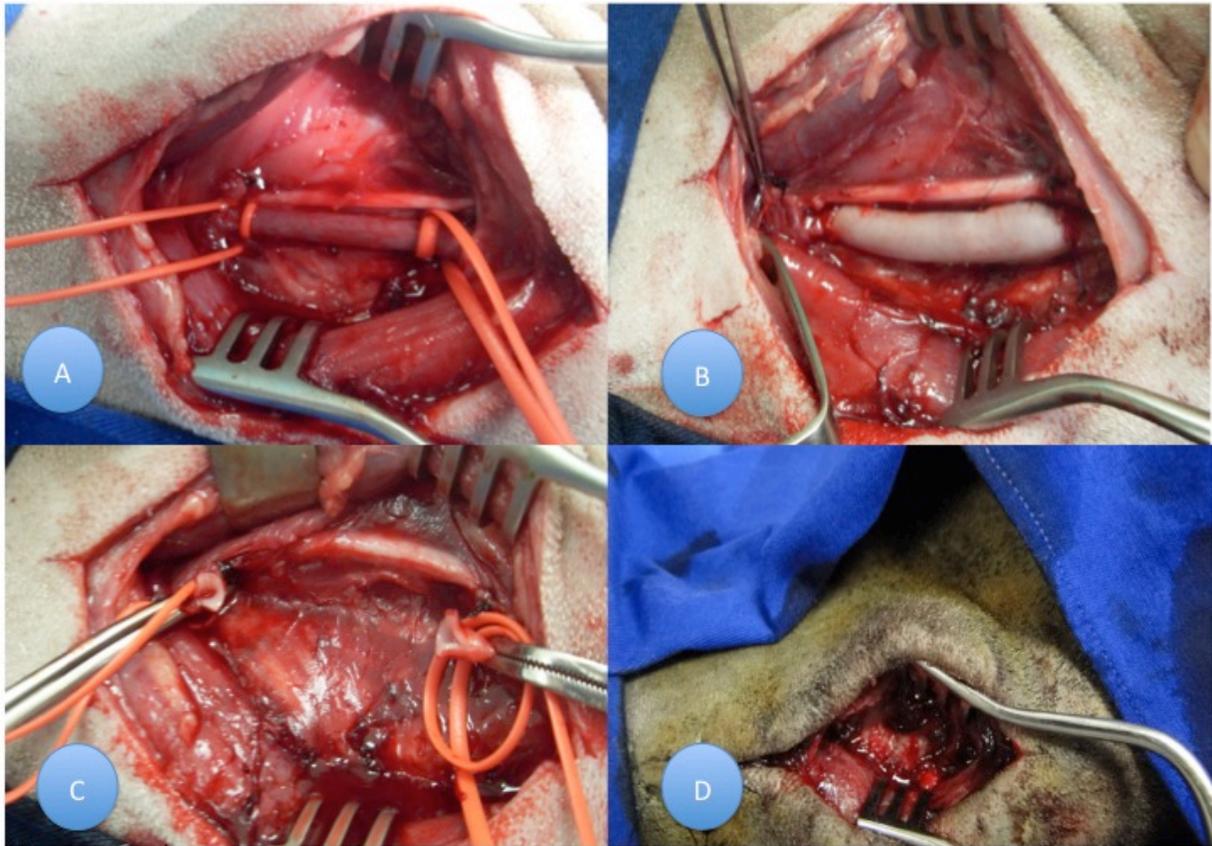
5.4.3 Ressecção de fragmento da artéria carótida comum esquerda

Os momentos de realização das ressecções de fragmento da artéria carótida comum esquerda foram em: 24h (Animal 1); após 72 horas (Animal 2); após sete dias, foram ressecados os segmentos arteriais de três animais (Animal 3, 5 e 6); após quinze dias, os animais 4 e 7. Todos os animais foram mantidos vivos após a ressecção do fragmento da artéria carótida comum esquerda (Figura 7).

5.4.4 Pós-operatório

No pós-operatório, os animais receberam amoxicilina em dose única, por via intramuscular na dose de 10mg/Kg. Durante o pré, trans e pós-operatório, foi utilizada a heparina não fracionada (HNF-5.000 UI/ml) na região escapular, por via intramuscular como anticoagulante ⁵, com intervalos de 8 horas entre as aplicações, de acordo com os respectivos dias estabelecidos anteriormente à ressecção do fragmento.

⁵Hepamax-S, Blausiegel, Brasil



Arq. pessoal

Figura 7: A e B-Sequência cirúrgica da ressecção de um segmento da artéria carótida comum esquerda em ovino, C e D- ressecção e ligamento definitivo e individual dos cotos arteriais.

6. RESULTADOS

6.1 MODELO EXPERIMENTAL

Os resultados com o modelo experimental escolhido apresentaram facilidade ao manuseio, excelente visualização das estruturas e eficiência para execução das manobras operatórias durante os períodos pré, trans e pós-operatórios.

6.2 TRANS-OPERATÓRIO

6.2.1 Pressão Arterial Média (PAM)

A PAM sem clampeamento apresentou-se com variações distintas entre os animais, sendo que a média da PAM fisiológica foi de 67,91. A PAM com clampeamento proximal para avaliação da perfusão cerebral apresentou aumento de 7,08% (animal 1). Nos demais animais, houve decréscimos diferenciados entre si, sendo que, em dois animais (4 e 6), houve queda na PAM de 47,5% e 46,3% respectivamente na perfusão cerebral. A média da PAM, nesta avaliação, foi de 50,91, sendo 25% menor do que a PAM sem clampeamento. A PAM com clampeamento distal diminuiu em um animal (animal 5) e, no restante dos animais, apresentou aumentos diferenciados entre os animais. A média da PAM, nesta avaliação, foi de 80,2, sendo 18% maior do que a PAM sem clampeamento (Tabela 1).

	S/clameamento antes do enxerto *PAM	c/clameamento Proximal antes do enxerto *PAM	c/clameamento Distal antes do enxerto *PAM
Animal 1	53/30 = 37,66	40/27 = 40,33	130/65 = 86,66
Animal 2	111/80 = 90,33	75/62 = 63	122/80 = 94,00
Animal 3	93/58 = 56,33	64/48 = 53,33	117/58 = 77,66
Animal 4	111/74 = 86,33	54/41 = 45,33	135/85 = 101,66
Animal 5	104/90 = 94,66	87/77 = 80,33	119/91 = 100,33
Animal 6	91/43 = 59	37/29 = 31,66	35/57 = 49,66
Animal 7	74/58 = 63,33	64/52 = 47	88/61 = 70,00
Animal 8	69/49 = 55,66	53/43 = 46,33	83/51 = 61,66
Média	67,91	50,91	80,20

Tabela 1: Mensuração da pressão invasiva da artéria carótida comum e sua PAM antes da ressecção do enxerto arterial em ovelha, sem a realização do clameamento e com a realização do clameamento.

$$*PAM = \frac{PAS + (PAD \times 2)}{3}$$

PAM= Pressão arterial média

PAS= Pressão artéria sistólica

6.2.2 Descrição da arteriografia cerebral e suas principais vias no visualizadas no trans-operatório

As descrições revelaram que o ovino apresenta o CW com funcionamento fisiológico adequado em perfusão quando se interrompe o fluxo na artéria carótida comum esquerda, apresentando perfeita perfusão contralateral, mostrada de forma dinâmica através da aplicação do contraste, suprimindo, dessa forma, a interrupção do fluxo sanguíneo na presença de clampeamento ou mesmo após a ressecção de um segmento da artéria carótida comum esquerda.

O contraste revelou um preenchimento homogêneo da artéria carótida comum até ao ramo da artéria occipital, posteriormente após a bifurcação das artérias temporal superficial e a artéria carótida externa. O preenchimento da artéria occipital é visualizado de forma precária, sugerindo, em sua continuidade, uma artéria carótida interna rudimentar, aparentemente com ligação com o ramo caudal para rede admirável epidural rostral, que, posteriormente, juntamente com os contrastes oriundos dos ramos caudal e rostral para a rede admirável epidural rostral, revela o CW e suas anastomoses bilaterais entre os hemisférios. A partir da bifurcação, o ramo da artéria temporal superficial segue, dando origem à artéria facial transversa, à artéria labial mandibular (inferior) e à artéria labial maxilar (superior). No ramo da artéria carótida externa, em sua continuidade, visualiza-se a artéria maxilar (que segue com desvio medial ao eixo central dos hemisférios). A artéria maxilar é preenchida, sendo visualizada toda sua extensão até a sua continuidade, mostrando a artéria infraorbitária. A artéria maxilar é revelada, mostrando dois pontos de acesso intracraniano para a rede admirável epidural rostral, sendo eles o ramo caudal e um ramo cranial. Visualizou-se, através do contraste, o ramo caudal para a rede admirável epidural rostral, tendo origem na altura da artéria alveolar mandibular. Este ramo da artéria maxilar é descrito, adentrando a parte intracraniana através do forame oval (FO) e o ramo cranial para a rede admirável epidural rostral, adentrando a parte intracraniana através do forame órbita rotundo. Os três acessos (artéria carótida interna e troncos, ramo caudal e ramo cranial para a rede admirável epidural rostral) são visualizados pelo

contraste de forma homogênea até a chegada ao CW e a passagem para o hemisfério colateral, sendo visualizados, ainda, o preenchimento contralateral das artérias carótida externa, artéria infraorbitária, artéria temporal superior e artéria facial transversa (Figuras 8, 9 e 10).

Os resultados de nossas pesquisas possibilitaram a formulação de um novo esquema da circulação do CW em ovinos (Figuras 11, 12, 13 e 14).

A ressecção do fragmento foi realizada no trans-operatório de acordo com os dias pré-determinados. Foi ressecado um comprimento de 10 cm da artéria carótida comum, sendo, posteriormente, realizada a ressecção e ligamento definitivo e individual dos cotos arteriais.

Não houve incidentes durante o trans-operatório em nenhum dos animais.



Figura 8: Arteriografia, demonstrando o início da chegada do contraste na artéria carótida comum esquerda realizado através do aparelho de Hemodinâmica Móvel- General Eletric-GE modelo 9900, com uso do contraste não iônico em ovinos (VD) e visualização das artérias carótida externa, maxilar e seus ramos.

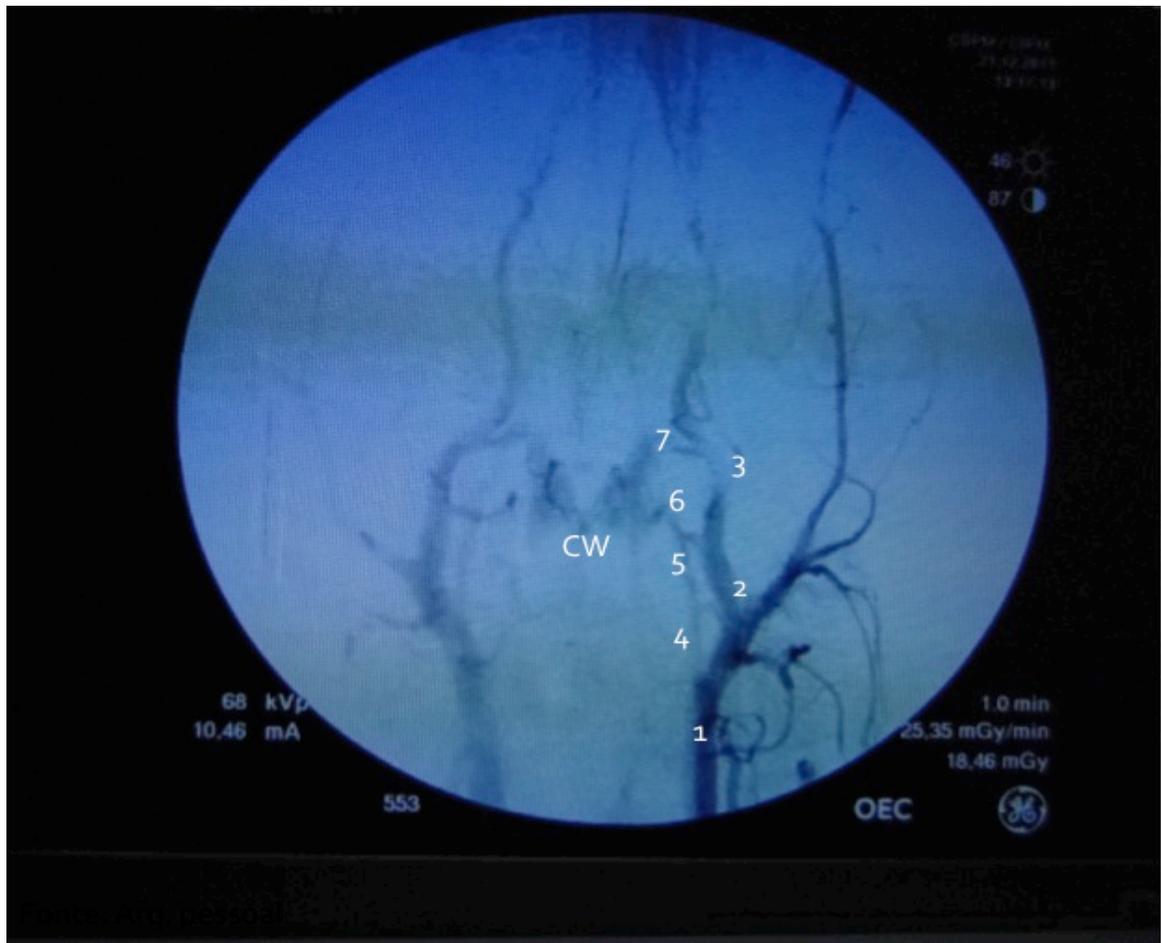


Figura 9: Arteriografia cerebral da carótida comum esquerda através do aparelho de Hemodinâmica Móvel-General Eletric-GE modelo 9900, com uso do contraste não iônico em ovinos (VD), com visualização do lado contralateral através da passagem pelo Círculo Willis (CW): 1- artéria carótida comum, 2- artéria carótida externa, 3- artéria maxilar, 4- artéria occipital, 5- artéria carótida interna, 6- ramo caudal para rede admirável epidural rostral, 7- ramo rostral para rede admirável epidural rostral.

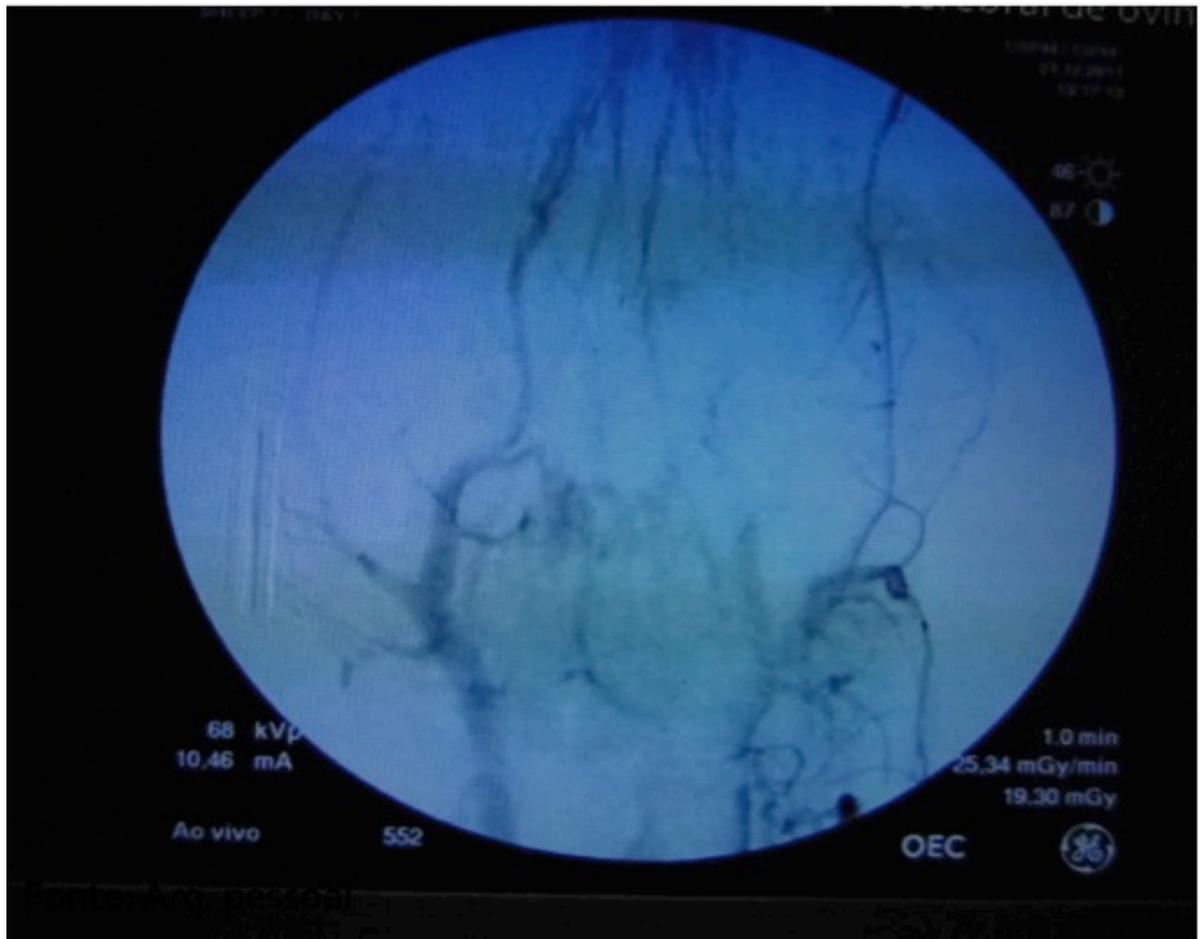


Figura 10: Arteriografia cerebral da carótida comum esquerda através do aparelho de Hemodinâmica Móvel-General Eletric-GE modelo 9900, com uso do contraste não iônico em ovinos (VD), com visualização do lado contralateral através da passagem pelo Círculo Willis (CW): 1- artéria carótida comum, 2- artéria carótida externa, 3- artéria maxilar, 4- artéria occipital, 5- artéria carótida interna, 6- ramo caudal para rede admirável epidural rostral, 7- ramo rostral para rede admirável epidural rostral.

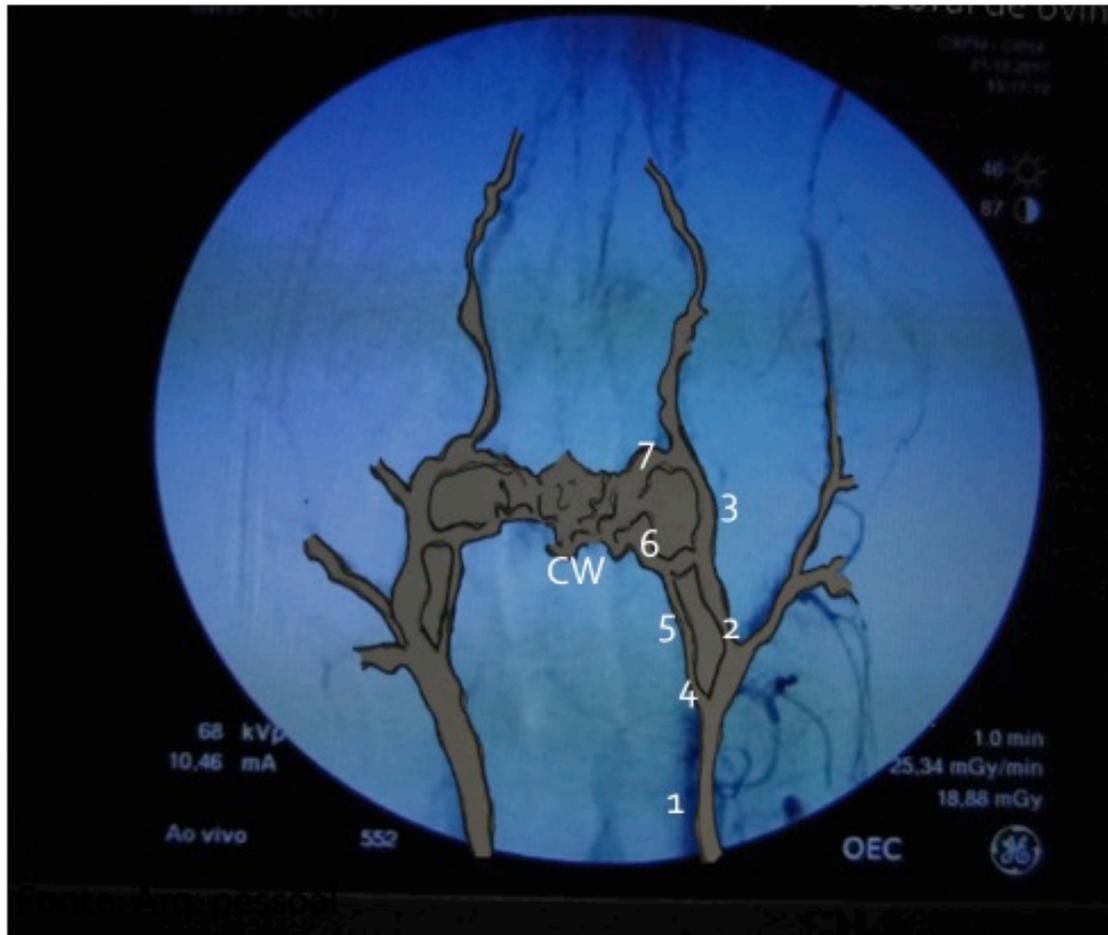
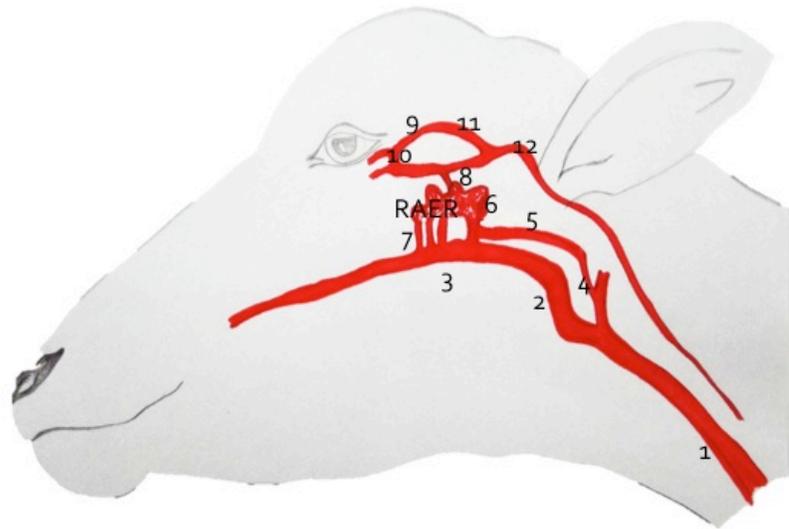
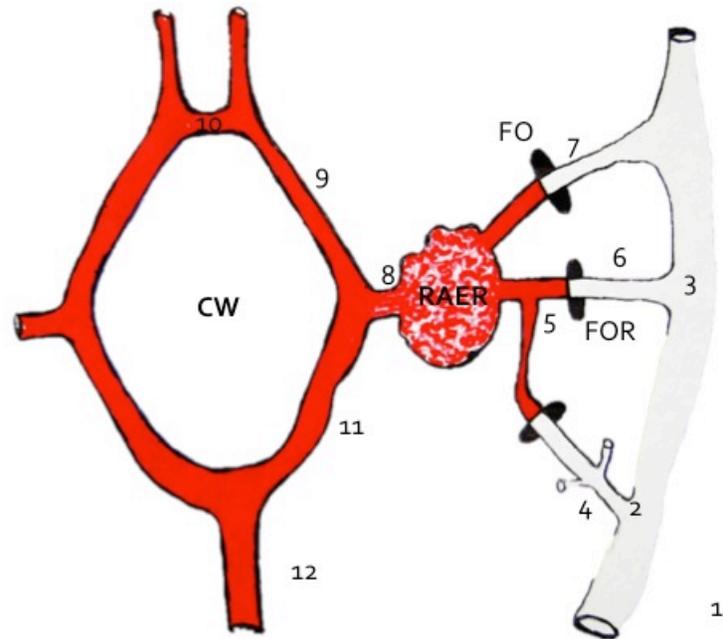


Figura 11: Esquema representativo das principais vias do fluxo sanguíneo para o Círculo de Willis (CW) em ovino, após avaliação de arteriografia: 1- artéria carótida comum, 2- artéria carótida externa, 3- artéria maxilar, 4- artéria occipital, 5- artéria carótida interna, 6- ramo caudal para rede admirável epidural rostral, 7- ramo rostral para rede admirável epidural rostral; CW-Círculo de Willis.



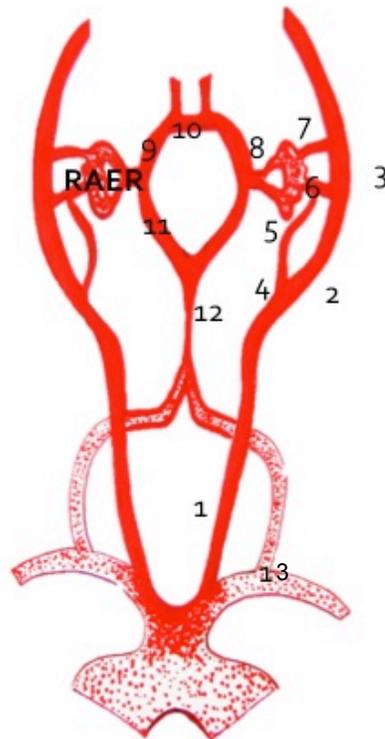
Márcia Cristina da Cruz

Figura 12: Esquema representativo da circulação arterial em ovino da região cefálica até o Círculo de Willis: 1- artéria carótida comum, 2- artéria carótida externa, 3- artéria maxilar, 4- artéria occipital, 5- artéria carótida interna, 6- ramo caudal para rede admirável epidural rostral, 7- ramo rostral para rede admirável epidural rostral, 8- artéria cerebral média, 9- artéria cerebral rostral, 10- artéria comunicante rostral, 11- artéria cerebral caudal, 12- artéria basilar.



Márcia Cristina da Cruz

Figura 13: Esquema representativo das principais vias do fluxo sanguíneo arterial para o Círculo de Willis (CW) em ovino, após avaliação de arteriografia: 1- Artéria carótida comum; 2- Artéria carótida externa; 3- Artéria maxilar; 4- Artéria occipital; 5- Artéria carótida interna; 6- Ramo caudal para Rede admirável Epidural Rostral; 7- Ramo rostral para Rede Admirável Epidural Rostral; 8- Artéria cerebral Média; 9- Artéria cerebral rostral; 10- Artéria comunicante rostral; 11 Artéria cerebral caudal; 12 Artéria basilar; CW- Círculo de Willis; R.A.E.R. -Rede Admirável Epidural Rostral.



Márcia Cristina da Cruz

Arco aórtico

Figura 14: Esquema representativo da circulação encefálica arterial, representando as principais vias do fluxo sanguíneo para o Círculo de Willis (CW) em ovino, após avaliação de arteriografia: 1- Artéria carótida comum; 2- Artéria carótida externa; 3- Artéria maxilar; 4- Artéria occipital; 5- Artéria carótida interna; 6- Ramo caudal para Rede admirável Epidural Rostral; 7- Ramo rostral para Rede Admirável Epidural Rostral; 8- Artéria cerebral Média; 9- Artéria cerebral rostral; 10- Artéria comunicante rostral; 11 Artéria cerebral caudal; 12 Artéria basilar; CW- Círculo de Willis; 13- Artéria vertebral; R.A.E.R. - Rede Admirável Epidural Rostral.

6.3 PÓS-OPERATÓRIO

No pós-operatório, durante a avaliação clínica, os animais apresentaram-se recuperados sem alterações fisiológicas (deambulação, micção, temperatura, reflexo pupilar, simetria ocular, labial e evacuação), exceto um animal (ovino 4- controle) que, no pós-operatório imediato à ressecção do enxerto, apresentou ataxia com completa incoordenação motora dos membros e midríase, demonstrando sinais de alterações neurológicas, sendo submetido à eutanásia. Ausência de quadro infeccioso, tanto no pós-operatório imediato quanto tardio (após a ressecção do enxerto), demonstrou que a dose e a escolha do antibiótico foram satisfatórias.

7. DISCUSSÃO

Dukes (1984) descreve um funcionamento circulatório em alta pressão para manutenção da perfeita perfusão do sistema, descreve, ainda, o funcionamento de um sistema de autorregulação no cérebro para manutenção do fluxo de nutrientes e pressão dentro dos limites fisiológicos. Em nossa pesquisa, realizando-se a média das PAM, observamos um aumento da pressão durante o clampeamento distal ao cateter (18%), quando comparado à média da PAM sem clampeamento (67,91mm Hg). Assim como observamos um decréscimo da média da PAM, quando o resultado sem clampeamento é comparado com a realização de um clampeamento proximal (aumento de 25%). Em todos os momentos, observamos um funcionamento, visualmente, adequado do CW. Dukes (1984), na mesma citação, descreve que a elevação da pressão arterial ou sua redução, a um nível médio de 60 a 70 mm Hg, tem pequeno efeito sobre o fluxo sanguíneo cerebral (FSC), mas essa autorregulação do fluxo é abolida com uma pressão arterial média de 50 mm Hg. Esta redução a 41 mm Hg reduz o fluxo sanguíneo cerebral, a captação de O₂, a produção de CO₂ e a utilização de glicose pelo cérebro. Assim, quando a PAM cai de 40 mm Hg, o metabolismo oxidativo do cérebro é desequilibrado. Descreve, ainda, uma pressão arterial diferenciada entre os animais. Nossas pesquisas revelaram, em vários momentos da experimentação, que a variação da pressão arterial é diferenciada entre os animais, concordando com a pesquisa de Dukes (1984). Em contrapartida, encontramos resultados de PAM abaixo de 40 mmhg em um animal (animal 6 PAM= 31,66), sem haver alterações clínicas ou neurológicas após a ressecção do segmento do enxerto.

Nanda (1986) relata que o suprimento sanguíneo para o cérebro, no ovino, é realizado, principalmente, através da artéria carótida interna e artéria maxilar, as quais formam uma rede carotídea ou rede admirável epidural rostral e que a comunicação com o lado oposto (no ovino) apresenta-se mais fraca comparada a outros ruminantes. Em nossas pesquisas, os resultados se contrastam com as pesquisas de Nanda (1986), ao observar que a artéria carótida interna não é um dos principais aportes para a circulação cerebral no ovino e que a comunicação com o hemisfério contralateral,

embora o autor a descreva como fraca, se faz com muita eficiência na perfusão através da rede admirável rostral, mostrando-se muito eficiente em ovinos. No mesmo texto, a autora relata, de forma contraditória, a não existência da artéria carótida interna em adultos, do que discordamos, já que, em nossas pesquisas, visualizamos um ramo menos desenvolvido, porém ativo da artéria carótida interna.

Baldwin; Bell (1963) demonstraram, experimentalmente, que o suprimento cerebral é realizado, principalmente, pela artéria carótida comum, já que a artéria carótida interna é pouco desenvolvida no ovino jovem e ausente no adulto. Tandler (1898 apud OLIVEIRA, 2013) descreveu a artéria carótida interna como um vaso primitivo, em constante desenvolvimento em toda a série de mamíferos, estando completamente obliterada na maioria dos *Artiodatyla*, ocorrendo sua involução após seu desenvolvimento embrionário e sua obliteração após o parto. Nossos achados vão ao encontro das pesquisas de Baldwin; Bell (1963) na descrição da artéria carótida comum ser uma das principais vias de suprimento sanguíneo cerebral, mas discordamos dos autores Baldwin; Bell (1963); Tandler (1898 apud OLIVEIRA, 2013) e Dyce, 2004 em relação à citação da não existência da artéria carótida interna no ovino adulto, já que a visualização da passagem do contraste *in vivo* é realizada. Oliveira (2013), em seus estudos, descreve, no trecho subdural, uma artéria carótida interna como um simples ramo anastomótico até a rede mirabile. Nossas pesquisas concordam com as observações do autor e descrevem uma artéria carótida interna ativa como continuação da artéria occipital, sendo essas informações comparadas e acordadas com as descrições e ilustrações de Nanda (1986).

Dukes (1984) descreveu que o suprimento arterial para o cérebro é alimentado, principalmente, pela rede vascular (*rete admirabile*), e que esta se interpõe entre o sistema carotídeo e o CW. Descreve, ainda, a participação de um menor suprimento vindo das artérias carótidas internas, descrevendo uma livre comunicação com o lado oposto do cérebro. Nesse segmento, concordamos com o autor, pois, durante a realização da arteriografia, observamos a descrição realizada por ele, além da observação da continuidade dessa perfusão após obstrução total da artéria carótida comum esquerda.

Mcgrath (1977) demonstrou o CW em fêmeas adultas de ovino e relatou uma rede carotídea bem desenvolvida, compacta e com anastomoses entrelaçadas livremente. Concordamos com as informações do autor a respeito da rede carotídea (ou rede admirável) já que, em nossas pesquisas, um emaranhado de artérias foi visualizado antes da passagem do contraste para o hemisfério contralateral, sendo que essa descrição se encaixa com o local anatômico descrito pelo autor. Esse descreve, também, a comunicação entre as duas redes (direita e esquerda) por uma conexão através da linha mediana por poucos vasos de calibres variados. Em nossos resultados, concordamos com a citação do autor, pois visualizamos a passagem do contraste para o lado contralateral por uma via, visualmente, de menor calibre. Baldwin; Bell (1963) descrevem que o principal vaso que supre o circuito arterial cerebral na ovelha é a artéria maxilar interna. Concordamos com o autor, já que, em nossas pesquisas, podemos visualizar a artéria maxilar como um prolongamento da artéria carótida externa e da artéria carótida comum como principais mantenedoras da circulação cerebral em ovinos.

Kramer (1912 apud BALDWIN; Bell 1963) investigou a anatomia dinâmica do CW, injetando azul de metileno dentro da artéria carótida e artéria vertebral do cão, visualizando, após dissecação, que, na ovelha, praticamente o cérebro inteiro é suprido a partir das artérias carótidas comum. Baldwin; Bell (1963), porém, demonstram, através de aplicação de corantes na artéria carótida comum (ou da artéria vertebral) *in vivo* e, posteriormente, analisando, por dissecação, que o suprimento intracerebral é realizado através da artéria carótida externa via artéria maxilar. Nossas pesquisas vão ao encontro das observações dos pesquisadores anteriormente citados, quando, durante a realização da injeção do contraste e sua passagem pelo sistema arterial cerebral, visualizamos as vias citadas através de angiografia com o animal vivo durante trans-operatório e após a obliteração de um dos ramos da artéria carótida comum, já que a artéria maxilar é uma continuidade da artéria carótida externa e é através dela que ocorrem as ramificações caudal e cranial para chegada à rede admirável epidural rostral. Nossos estudos vão ao encontro dos dois autores, pois nossas observações visualizaram *in vivo*, as limitações do arcabouço arterial cerebral com perfusão com

anastomose total para o hemisfério colateral sem extravasamento do contraste do sistema.

Menezes (2011) cita, em suas pesquisas, as obras de Thomas Willis (1664), descrevendo o CW como um arranjo das artérias da base do encéfalo. Nossas pesquisas vão ao encontro das observações da área ser formadora de um polígono, com sua localização em uma posição mediana entre os hemisférios cerebrais e a hipófise na base do encéfalo.

Tandler (1898 apud OLIVEIRA, 2013), segundo suas pesquisas, classificou as fontes de suprimento sanguíneo para o cérebro em três vias: apenas pelas artérias vertebrais; artéria carótida interna ou rede mirabile; ou, ainda, através da artéria basilar pela união das artérias carótidas internas em sentido apenas caudal. Por esse estudo, os *Artiodactyla* se encontram no perfil da segunda descrição, nossas observações concordam com as pesquisas do autor, pois, embora apresente uma artéria carótida interna rudimentar, mas eficiente, a rede mirabile é bem delineada e facilmente identificada durante aplicação do contraste. Nas pesquisas de De Vriese (1905 apud Oliveira, 2013), foi desenvolvido um sistema de classificação em algarismos romanos, analisando o sistema em animais *ex vivo*, no qual a ovelha insere-se na classificação I, onde o suprimento sanguíneo é realizado, exclusivamente, pelas artérias carótidas internas ou rede admirável, que, no ovino, substitui a carótida interna no adulto. Esta autora, em seus estudos, acrescenta que, nos artiodáctilos, a disposição das artérias cerebrais variam pouco de uma espécie para outra, podendo ser resumido em um tipo geral, citando que, no ovino (*Ovis aries*), as artérias cerebrais no adulto têm sua origem na rede admirável. Nossas pesquisas complementam o relato acima, quando, através da aplicação do contraste *in vivo* em ovelhas, visualizamos a passagem do contraste pela rede admirável exuberante, mas discordamos da citação de substituição da artéria carótida interna pela rede mirabile, já que visualizamos a passagem do contraste através da artéria carótida interna até sua chegada à rede admirável. Nesse sentido, a classificação dos ovinos é pelo tipo I, porém com a existência da artéria carótida interna. Concordamos, ainda, com a autora na descrição em que as disposições das artérias cerebrais, no ovino, variam pouco, já que, após a ressecção de uma das artérias, dos oito animais estudados, apenas um animal apresentou alteração

envolvendo o SNC. Esses resultados corroboram com as observações realizadas na pesquisa de Dukes (1984), quando, durante a aplicação do contraste e a avaliação após a ressecção do enxerto, demonstramos a eficiência na perfusão colateral, mostrando a inter-relação entre os hemisférios e o CW, assim como a eficiência da autorregulação e perfusão colateral após ressecção da artéria carótida comum nos outros sete animais.

Os estudos de Nanda (1986) citam que a artéria comunicante rostral pode, por vezes, estar ausente. Assim como os estudos de Ashwini *et al.* (2008) relatam, em seus experimentos, uma apresentação do CW incompleto pela ausência da rede comunicante anterior em 2 de 10 animais. No mesmo estudo, é relatado que, em parte, a recuperação eficiente, após oclusão vascular, depende do estado anatômico do CW ser normal (completo) ou anormal (incompleto), onde parte da ocorrência de hemiplegia, após oclusão de carótida, tem sido atribuída à ausência congênita da artéria comunicante posterior (CW em vaca, homem, ovelha, cabra e porco). Em nossas pesquisas, um animal apresentou ataxia e pedalagem dos membros, podendo este ser um resultado de uma falha anatômica do CW, ou o mesmo se apresentar de forma incompleta pela ausência congênita de uma das artérias do ciclo, concordando, dessa forma, com os achados dos autores anteriores.

Ashwini *et al.*, (2008), em suas pesquisas, concluíram que, nos humanos, a artéria carótida interna é um ponto de interseção no CW e que forma, apenas, um elo entre as cerebrais anteriores e artérias comunicantes posteriores; enquanto que, nos animais, eles correm um longo curso, fazendo parte integrante do círculo. Nossas pesquisas revelaram uma artéria carótida interna delgada, como continuação da artéria occipital, chegando até a rede mirabile, discordando que ela seja longa e parte integrante do CW. O autor também descreve que, nas ovelhas, o suprimento sanguíneo para o cérebro é, unicamente, pelas artérias carótidas, podendo-se ocluir a artéria vertebral sem nenhum prejuízo. Em nossas pesquisas, concordamos com o autor que o fluxo sanguíneo cerebral é suprido pelas carótidas, acrescentando a participação da artéria maxilar e que a artéria carótida comum pode ser ocluída ou ressecada sem causar alterações fisiológicas no animal. De acordo com as avaliações e descrições de Ashwini *et al.*, (2008) e Nanda (1986), concordamos com os autores de

que as artérias formadoras do CW, na ovelha, são: as artérias cerebral anterior, comunicante anterior, comunicante posterior e a artéria carótida interna em menor grau, segundo nossas observações. Nanda (1986); Oliveira (2013); Baldwin *et al.* (1963) descreveram a total obliteração da artéria carótida interna após o nascimento do ovino, porém, em nossos estudos, há descrição da permanência da artéria carótida interna delgada, mas não obliterada, contradizendo o padrão de distribuição de circulação cerebral do ovino adulto descrita pelos autores anteriores. As observações realizadas em nossas pesquisas mostram a passagem do contraste *in vivo* percorrendo os ramos da artéria maxilar e seus ramos (caudal e cranial) para a chegada da rede admirável epidural rostral e artéria occipital (com uma ramificação para a artéria carótida interna com chegada ao ramo caudal para rede admirável epidural rostral). Pela descrição de De Vriese (1905) é o ponto em que atingimos o CW. A descrição da via do contraste realizado em nosso experimento vai ao encontro das pesquisas do autor anteriormente citado.

A descrição da circulação do encéfalo de Nanda (1986) cita a artéria occipital dando origem, em sua continuidade, à artéria carótida interna, ligando-se à rede admirável epidural rostral posteriormente. Em nossos estudos, o contraste revelou o segmento da artéria carótida comum dando origem à artéria carótida externa, ligando-se ao ramo caudal para a rede admirável e não diretamente na rede admirável, como descrevem Nanda (1986) e Dyce (2004) (Figura 15). König; Liebjch (2004) descrevem que a artéria que liga a rede admirável epidural rostral ao CW é dividida em dois ramos (cranial e caudal), sendo que o cranial origina a artéria cerebral média, terminando em artéria cerebral anterior e a patê caudal dando origem à artéria cerebral posterior (ou artéria comunicante posterior). Nossas avaliações, durante a pesquisa, levaram-nos a concordar com ambos os autores, unindo suas pesquisas com as visualizações do contraste *in vivo*, permitindo-nos sugerir um novo modelo de esquema do CW em ovinos.

Ashwini *et al.* (2008) demonstraram, em sua experimentação, a ocorrência, em humanos, da dominância do fluxo cerebral esquerdo, enquanto, nos animais, essa diferença não foi observada com significância, porém, em nossas avaliações, após a ressecção da artéria carótida esquerda no animal número 4, houve alteração de ordem

do SNC, sendo visualizados movimentos circulares do pescoço e cabeça somente para o lado direito, pedalagem dos membros anteriores e posteriores com total incoordenação motora e incapacidade de deambulação, sugerindo uma perfusão não eficiente do sistema cerebral.

De Vriese (1905), LIMA *et al.*,(2006) e Ashwini *et al.* (2008) enfatizam a necessidade de maiores estudos a respeito da circulação cerebral nas várias espécies, nossas pesquisas corroboram com informações do estudo contrastado *in vivo* do CW, para construção de um modelo experimental seguro, além de concordar com as indicações supracitadas, levando-se em consideração as observações de individualidades anatômicas e fisiológicas dentro da espécie.

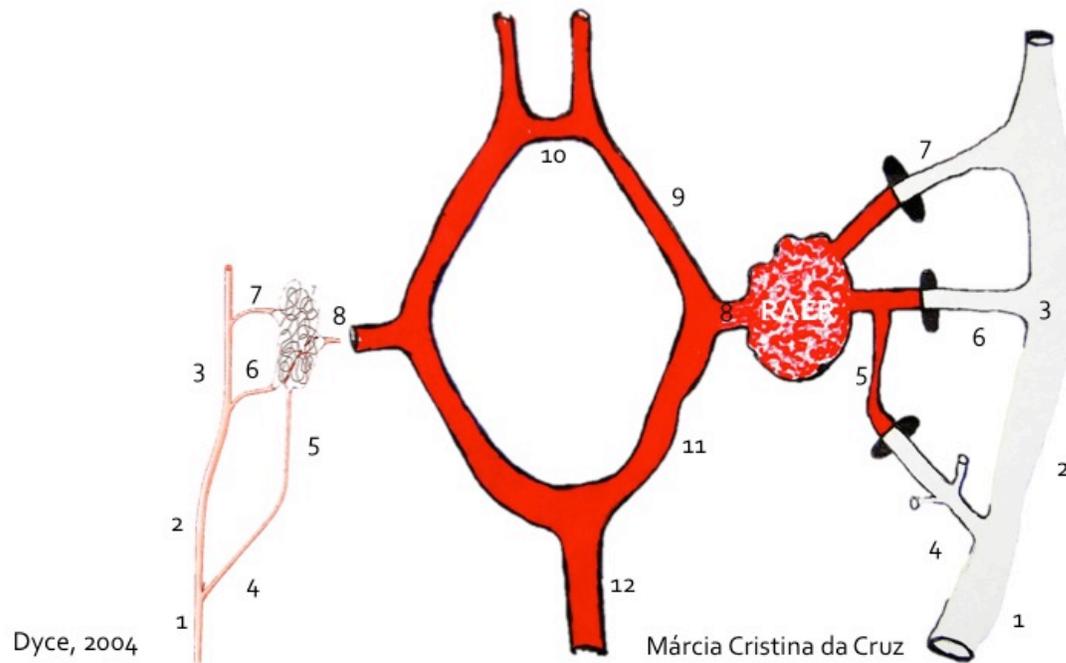


Figura 15: Esquema comparativo da chegada da artéria carótida comum (5) diretamente a rede admirável epidural rostral (RAER) (Dyce, 2004), com o esquema evidenciado pela arteriografia *in vivo* em ovino com contraste não iônico, revelando a chegada da artéria carótida comum(5) ao ramo caudal para a rede admirável rostral(RAER).

8. CONCLUSÃO

De acordo com os achados, podemos concluir que a PAM dos animais a serem selecionados para futuros experimentos vasculares seja maior que 45 mm Hg.

A anatomia de distribuição das artérias cerebrais permite um perfeito estudo mesmo após a ressecção de uma das artérias carótida comum, demonstrando que a ovelha é um excelente modelo experimental animal para pesquisas vasculares cerebrais com possível aplicação *a posteriori* em humanos, já que sua fisiologia é comparavelmente equivalente.

Após a ressecção da artéria carótida comum esquerda, 87,5% dos animais estudados não apresentaram nenhuma alteração de ordem do SNC, comprovando a não necessidade de eutanásia após experimento, mantendo-se todos os animais vivos ao final da pesquisa.

A aplicação do contraste, via artéria carótida comum esquerda, revelou um CW eficiente, com perfusão colateral suficiente para manutenção das funções fisiológicas dos animais estudados, mesmo após a ressecção da artéria carótida comum esquerda.

O estudo da via percorrida pelo contraste revelou a chegada a uma rede admirável epidural rostral, sendo demonstrada por 3 acessos (artéria carótida interna delgada, ramos caudal e cranial para rede admirável epidural rostral, ramos da artéria maxilar) sendo distribuídas, posteriormente, para o CW, que se interpõe entre as duas redes admiráveis (esquerda e direita).

8.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação da PAM, as alterações metabólicas e as diferenças anatômicas vasculares arteriais cerebrais devem ser complementadas com novas pesquisas por apresentarem variações, mesmo dentro da mesma espécie.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, M. A. **Artérias da base do encéfalo de cães (*Canis familiaris* LINNAEUS, 1758). II. Formação e comportamento do circuito arterial do encéfalo.** Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci., v. 33, n. 2, p. 72-76. 1996.

ARAÚJO, A. C. P. **Sistematização das artérias da base do encéfalo e suas fontes de suprimento sanguíneo em chinchilas (*Chinchilla lanigena*).** Porto Alegre. UFRGS. 2004.

ARAÚJO, A. C. P.; CAMPOS, R. **A systematic study of the brain base arteries in chinchila.** Braz. J. of Vet. Res. Anim. Sci., v. 18, n. 2, p. 139-140. 2001.

ASHWINI, C. A.; SHUBHA, R.; JAYANTHI, K. S. **Comparative anatomy of the circle of Willis in man, cow, sheep, goat, and pig.** Neuroanatomia. v. n. 7, p. 54-85. 2008. Disponível em: < <http://www.neuroanatomy.org> >

BALDWIN, B. A.; BELL, F.R. **The anatomy of the cerebral circulation of the sheep and ox. The dynamic distribution of the blood supplied by the carotid and vertebral arteries to cranial regions.** J. Anat., Lond. v.97, n. 2. p. 203-215. 1963.

BARREIRO, R. J.; CARVALHO, A. F.; FRANCIOLL, A. L. **Morfologia dos vasos da base do encéfalo do quati (*Nasua nasua*).** Pesq. Vet. Bras. v. 32, n.6, p. 567-572. junho 2012.

BEEVOR, C. E. **The cerebral arterial supply Brain.** v 30, n. 4. 1907. Disponível em: <<http://brain.oxfordjournals.org/content/30/4/403.full.pdf>>. Acesso em: 00:09h em 07/08/14.

BRITO, C.J. **Cirurgia Vasculuar.** 1ª ed. Revinter. 2002.

BRAUNWALD, E. **Atlas de doenças cardiovasculares.** Porto Alegre. Artmed. 1998.

BURDA, D. J. **Developmente of intracranial arterial patterns in turtles. Journal of Morphology.** New York. v. 116. Issue 2. p. 171-188. March 1965.

CAMPOS, A.; PRADA, I. L. S.; SANTOS, I. J.; SANTOS, D. **Artérias da base do encéfalo de eqüinos. Sistema occipito-basilar Encephalon basis' arteries in horses. Occipito-basilar system.** Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science. v. 40 (supl), p. 107-117. 2003.

CUNHA, I. P.; FAGUNDES, G. M.; SCAFF, R. M. C.; XIKOTA, J. C.; HEINZEN, R. P. S.; MARIANO, P. A.; ROSÁRIO, S. R. P. **Comportamento anatômico da artéria cerebelar média no cão (*Canis familiaris* – Linnaeus, 1758).** Veterinária Notícias, v.7, n. 2, p.13-22, 2001. ISSN 01043463. Disponível em: <<http://www.sovergs.com.br/conbravet2008/anais/cd/resumos/R0583-2.pdf>>. Acesso em: 29 maio. 2012.

DE VRIESE, B. **Sur la signification morfologique des artères cerébrales.** Archives de Biologie, Liège, v. 21, p. 357-457. 1905.

DUKES, M. J. S. **Fisiologia dos animais domésticos.** Guanabara. Rio de Janeiro. 10 edição. v1, p.169-174. 1984.

DYCE, K. M.; SACK, W.O.; WENSING, C. J. G. **Tratado de Anatomia Veterinária.** Elsevier. 3ª ed. Rio de Janeiro. p. 298-299. 2004.

FERREIRA, G. J. B. C. **Modelo experimental de acidente vascular encefálico (AVE). USP . 2007.** Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10132/tde-24032008-141559/en.php>> Acesso em: 2:50h. 07-08-14.

FERREIRA, J. R. **Estudo anatômico das artérias da base do encéfalo do macaco prego (*Cebus apella*, LINNAEUS, 1766).** 1997. 192 f. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1997.

FERREIRA, J. R.; PRADA, I. L. S. **Nomenclatura proposta para denominar as artérias da base do encéfalo do macaco prego (*Cebus apella* L., 1766).** Acta Scientiarum, v. 23, n. 2, p. 635-643. 2001.

FERREIRA, C. G.; PRADA, I. L. S. **O circuito arterial da base do encéfalo em suínos (*Sus scrofa domesticus* Linnaeus, 1758), formação e comportamento.** Braz J vet Res anim Sci. São Paulo, v. 42, n.1, p. 53-60. 2005.

FLECKNELL, P. **Laboratory animal anaesthesia**. 3^a ed. Elsevier. 2009.

GILLILAN, L. A. **Blood supply to brain of ungulates with and without a rete mirabile caroticum**. Journal Comparative Neurology. Philadelphia. v.153, n 3. p. 275-90. 1974.

GUYTON A. C.; HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 11^a ed. Rio de Janeiro, Elsevier. 2006.

JUNQUEIRA L. C, CARNEIRO J. **Histologia Básica**. 12^a ed. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan. p. 191-215. 2013.

KONIG, H. E.; LIEBICH, H.G. **Anatomia dos Animais Domésticos**. Texto e Atlas colorido. Órgãos e sistemas. Porto Alegre. Artmed. v. 2, p. 234-235. 2004.

LIMA, A., R.; PEREIRA, L. C.; BRANCO, E. **Anatomia do circuito arterial do encéfalo em Tamanduá-mirim**. Ciência Rural, Santa Maria. v. 43, n. 2, p. 277-282. Fev. 2013.

LIMA, E. M. M.; PRADA, I. L. S.; SILVA, F. O. C.; SEVERINO, R. S.; SANTOS, A. L. Q.; DRUMMOND, S. S.; RODRIGUES, G. S. **Estudo anatômico das artérias da base do encéfalo em gatos (*Felis catus domesticus*)**. Ars Veterinaria, Jaboticabal, SP, v. 22, n 1, p. 001-007. 2006.

LINDERMANN, T. **Sistematização da irrigação na base do encéfalo do gambá (*Didelphis albiventris*)**. 1994. 127 f. Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1994.

MACEDO, B. C.; BRANCO, E.; PEREIRA, L. C.; LIMA, A. R. **Estudo anatômico do circuito arterial do encéfalo em Papa-Mel (*Eira barbara*)**. Biotemas. v. 27, n. 2, p. 177-183. Junho. 2014.

MARCHIORI, A. **Desenvolvimento e Aplicação de Bioenxertos vasculares de Pequeno Calibre *in-vivo***. Rio de Janeiro. UFRJ. 2012.

McGRATH, P. **Observations on the intracranial carotid rete and the hypophysis in the mature female pig and sheep**. J Anat. v.124, n. 3, p.689-699. Dezembro 1977.

MELO, A. P. F. **Estudo anatômico das artérias da base do encéfalo em fetos de bovinos azebuados. 1996. 106 f.** Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1996.

MENEZES, L. T.; SANTOS, A. L. Q.; MORAES, A. P. S. K.; LEONAEDO, T. G.; NASCIMENTO, L. R.N. **Comportamento anatômico das artérias da base do encéfalo de javali (*Sus scrofa scrofa* – Linnaeus, 1758).** Pubvet, Londrina, v. 5, n. 13, Ed. 160, Art. 1085. 2011.

NANDA, B. S. **Suprimento sangüíneo para o cérebro. In: GETTY, R. Sisson /Grossman anatomia dos animais domésticos. 5. ed.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. v. 1, p. 943-948. 1986.

OCAL, M. K.; ERDEM, H.; OGUT, I.; KARA, M. E. **Quantitative study of the circulus arteriosus cerebri of the Camel (*Camelus dromedarius*).** Anat. Histol. Embryol., v 28, p. 271-272. 1999.

OLIVEIRA, J. C. D. **Sistematização das artérias da base do encéfalo, rede admirável epidural rostral e caudal e suas fontes de suprimento em javali (*Sus scrofa scrofa*).** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2013.

OLIVEIRA, J. C. D.; CAMPOS, R. **Rede admirável epidural rostral e caudal e suas fontes de suprimento sanguíneo em javali (*Sus scrofa scrofa*).** Ciência Rural. v. 34, n. 3. Santa Maria. May/June. 2004.

RECKZIEGEL, S. H. **Sistematização da irrigação na base do encéfalo de capivara (*Hydrochoerus hydrochoeris*).** 1994. 133 f. Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1994.

RECKZIEGEL, S. H.; LINDERMANN, T.; CAMPOS, R. **A systematic study of the brain base arteries in capybara (*Hydrochoerus hydrochoeris*).** Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci., v. 18, n. 2, p. 103-110. 2001.

SANTOS, A. **Estudo anatômico das artérias da base do encéfalo de eqüinos da raça puro sangue inglês. 1987. 111 f.** Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1987.

SANTOS, R. M. B. **Estudo anatômico das artérias da base do encéfalo em ovinos (*Ovis aries*, L., 1758).** 1993. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1993.

SILVA, R. A.; FERREIRA, J. R. **Morfologia da artéria cerebelar superior do macaco prego (*Cebus apella* L., 1766): divisões e anastomoses.** Acta Scientiarum, v. 24, n. 3, p. 687-695. 2002.

TANDLER, J. **Zur Vergleichenden Anatomie der Kopfarterien bein den Mammalia.** Denkschr. Akad. Wiss. Wien, v. 67, p. 677-784. 1898.