

ALTERAÇÕES ÁCIDO-BÁSICAS DECORRENTES DA CIRCULAÇÃO EXTRACORPÓREA EM CÃES*

Sheila Nogueira Ribeiro¹⁺, Guilherme Alexandre Soares Monteiro¹, Fabiane Azeredo Atallah¹, Lívia Gomes Amaral², Giseli dos Santos Ferreira¹, Cíntia Leite Santana¹, Carlos Jorge Logullo de Oliveira¹ e André Lacerda de Abreu Oliveira³

ABSTRACT. Ribeiro N.R., Monteiro G.A.S., Atallah F.A., Amaral L.G., Ferreira G.S., Santana C.L., Oliveira C.J.L. & Oliveira A.L.A. [**Acid-basic changes due to caediopulmonary bypass in dogs**]. Alterações ácido-básicas decorrentes da circulação extracorpórea em cães. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária*, 35(Sup. 1):84-90, 2013. Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal, CCTA, Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Av. Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia, Campos dos Goytacazes, RJ 28013-602 Brasil. E-mail: sheilanribeiro@hotmail.com

The use of cardiopulmonary bypass technique becomes necessary for the surgical treatment of various disorders as atrial septal defects and ventricular, pulmonary and aortic stenosis, tetralogy of Fallot and valvular diseases and despite complications related to CPB, some studies indicate the technique to be applied as feasible. In Brazil, the CEC in routine veterinary care not yet been achieved with success due to this factor, it was evaluated the physiological changes caused to the body of dogs undergoing CPB with pediatric model. Four dogs were used, previously evaluated clinically and laboratory for their sanity. All dogs underwent CPB for 30 minutes at normothermia, and kept in constant monitoring for parameters hemogasometric made from venous blood samples, using cartridges CG4 (pH, pCO₂, PO₂, Total CO₂, HCO₃, lactate, SpO₂). It was observed progressive decrease in pH and bicarbonate, the opposite of what happened with the lactate values. The tissue oxygenation during and after CPB was significantly reduced and there was an increase in the pO₂ and ratios of CO₂. As conclusion the CPB caused damage to the animal organism that difficult the postoperative survival.

KEY WORDS. CPB, blood gas analysis, animal, Brazil.

RESUMO. A utilização da técnica de circulação extracorpórea torna-se necessária para a correção cirúrgica de diversas afecções como, defeitos no septo atrial e ventricular, estenose pulmonar e aórtica, tetralogia de Fallot e doenças valvares e apesar das intercorrências relacionadas à utilização de CEC, alguns estudos apontam a técnica como viável de ser aplicada. No Brasil, a CEC na rotina médica veterinária ainda não foi alcançada com

êxito, devido a este fator, objetivou-se avaliar as alterações fisiológicas causadas ao organismo de cães submetidos à CEC com modelo pediátrico. Foram utilizados quatro cães, previamente avaliados clinicamente e laboratorialmente quanto à sua sanidade. Todos os cães foram submetidos à CEC por um período de 30 minutos, em normotermia, e mantidos em monitoramento constante quanto aos parâmetros hemogasométricos realizados a partir de

*Recebido em abril de 2013.

Aceito para publicação em 10 de outubro de 2013.

¹ Médica-veterinária, MSc. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal (PPGCA), Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias (CCTA), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Av. Alberto Lamego 2000, Horto, Campos dos Goytacazes, RJ 25959-215, Brasil. ⁺Autora para correspondência. E-mail: sheilanribeiro@hotmail.com E-mails: drguilherme@cannegatto.com.br, fabiane-vet@hotmail.com, gigisanfer@gmail.com

² Médica-veterinária. Laboratório de Clínica e Cirurgia Animal (LCCA), Sala 207-A, CCTA, UENF, Av. Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia, Campos dos Goytacazes, RJ 28013-602. E-mail: liviagamaral@yahoo.com.br

³ Médico-veterinário, DSc., LCCA, CCTA, UENF, Av. Alberto Lamego 2000, Horto, Campos dos Goytacazes, RJ 25959-215. E-mail: andrevet@uenf.br

amostras de sangue venoso, utilizando-se cartuchos CG4 (pH, pCO₂, PO₂, CO₂ Total, HCO₃, Lactato, SatO₂). Observou-se diminuição progressiva do pH e do bicarbonato, o oposto do ocorrido com os valores de lactato. A oxigenação tecidual durante e após a utilização da CEC mostrou-se significativamente reduzida e houve acréscimo nos valores de PO₂ e índices de CO₂. Conclui-se que a CEC ocasionou danos ao organismo animal que dificultaria a sobrevida pós-operatória.

PALAVRAS-CHAVE. CEC, hemogasometria, animal, Brasil.

INTRODUÇÃO

Os primeiros relatos de correções cirúrgicas intratorácicas, por médicos veterinários, foram direcionados à avaliação das técnicas de parada circulatória temporária (Kwasnicka et al. 2000, Stopiglia et al. 2001, Garcia et al. 2005, Andrade et al. 2006, Garcia et al. 2006, Mingrone et al. 2006), correções cirúrgicas da persistência do ducto arterioso (Stopiglia et al. 2004) e correção de comunicação interatrial (Freitas et al. 2005), além de estudos relacionados a pneumonectomia (Simões et al. 2005, Simões et al. 2007, Irino et al. 2009).

Algumas doenças cardíacas congênitas têm o tratamento cirúrgico já considerado rotineiro, como a persistência do ducto arterioso e a persistência do quarto arco aórtico direito (Hunt 2005). No entanto, para a correção cirúrgica de outras afecções como defeitos no septo atrial e ventricular, estenose pulmonar e aórtica, tetralogia de Fallot e doenças valvares, se faz necessária a utilização da técnica de circulação extracorpórea (Klement et al. 1987).

Apesar das intercorrências relacionadas à utilização de CEC, como a hemólise, hemorragia, oclusão microvascular, hipocalemia (Sant'ana & Lucchese 1994), trombocitopenia e acidose metabólica sistêmica (Kirklin & Kirklin 1990) alguns estudos apontam a técnica como viável de ser aplicada em cães (Klement et al. 1987, Orton 1994, Orton et al. 2001, Cakir et al. 2003, Freitas 2004, Orton et al. 2005) e em felinos (Brouman et al. 2003, Uechi et al. 2011).

No Brasil, a CEC na rotina médica veterinária ainda não foi alcançada com êxito por ser um procedimento oneroso e devido à alta mortalidade que ainda ocasiona (Freitas 2004), além da necessidade de uma grande equipe capacitada na área. Sendo importante ressaltar que atualmente na medicina veterinária, tanto o equipamento quanto o material utilizado na implantação da CEC é o mesmo utilizado na medicina humana, sem qualquer modificação

(Holmberg 1998). Portanto, o presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar as alterações fisiológicas causadas ao organismo de cães submetidos à CEC com modelo pediátrico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido nos Setores de Clínica Cirúrgica e de Experimentação Animal do Hospital Veterinário da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) para tanto, foram utilizados quatro cães domésticos (*Canis lupus familiaris*), sem raça definida, cedidos pelo Centro de Controle de Zoonoses do Município de Campos dos Goytacazes, RJ.

Os animais adultos, três machos e uma fêmea, com peso entre 15 a 25 kg, foram selecionados de forma aleatória. Quando admitidos no Hospital Veterinário da UENF, foram submetidos a exames clínicos e laboratoriais (hemograma, avaliação de albumina, análise de enzimas hepáticas e avaliação renal), além de eletrocardiograma (ECG), a fim de detectar quaisquer alterações impeditivas de participarem do estudo.

Os animais foram everminados profilaticamente através da administração oral de Ivermectina (0,2 mg.kg⁻¹, SID, VO, em dose única e repetido após 15 dias). Posteriormente, permaneceram alojados em canis apropriados, durante um período de 30 dias, recebendo alimentação própria para espécie, água *ad libitum*, higienização e banhos de sol.

Os animais foram mantidos em jejum alimentar de 12 horas e hídrico de oito horas, previamente ao procedimento cirúrgico. Cada animal recebeu medicação pré-anestésica com maleato de acepromazina (0,1mg.kg⁻¹), associado à morfina (0,2mg.kg⁻¹) pela via muscular (IM). Após 10 minutos da administração da medicação pré-anestésica, foi realizada a tricotomia ampla da região ventral do tórax, assim como da face cranial dos membros torácicos, região cervical ventral e medial dos membros pélvicos, para posterior cateterização da veia cefálica e jugular, e artéria femoral, respectivamente.

A cateterização da veia cefálica foi realizada pela introdução de cateter, após antisepsia da região com álcool. O cateter, por sua vez, foi acoplado a uma torneira de três vias e, caso necessário, a uma bomba de infusão contínua para infusão de fármacos vasoativos. Após a indução anestésica com propofol (5mg.kg⁻¹), o paciente foi intubado e a sonda traqueal acoplada ao aparelho de anestesia inalatória, em sistema fechado, mantendo-se a inalação de isoflurano a aproximadamente 0,5 CAM (1,0%) e ventilação provida manualmente, por balão acoplado ao aparelho de anestesia.

Após o acesso torácico o animal recebeu o brometo de pancurônio (0,1mg.kg⁻¹) e manteve-se infusão contínua de citrato de fentanila (6µg.kg⁻¹.h) associado a administração da solução de manutenção Ringer lactato (90ml.kg⁻¹.h).

Foi estabelecida uma linha arterial após antisepsia da região medial dos membros pélvicos com polivinilpirrolidona iodada (PVPI) e álcool 70%, com dissecação da artéria femoral e sua punção com cateter, que em seguida foi conectado a um equipo de soro e a um manômetro, mantendo-se, desta forma, a pressão arterial invasiva (PAI) monitorada continuamente.

Após o posicionamento do animal em Trendelenburg, hiperextensão do pescoço, rotação contra-lateral da cabeça ao lado da punção e assepsia da região com PVPI e álcool etílico

70%, os panos de campos foram posicionados e realizada a punção da veia jugular direita. A cateterização ocorreu de forma percutânea, com um cateter de poliuretano de lume duplo. O cateter venoso foi fixado na pele com fio inabsorvível de nylon 2-0 e conectado a um equipo de soro (formando coluna de água), mantendo-se, desta forma, monitoramento contínuo da pressão venosa central (PVC). Este acesso também permitiu coletas seriadas de sangue (1ml por amostra) para gasometria venosa e análises de coagulação.

Outros parâmetros também foram avaliados, como a temperatura corporal, por um dispositivo intra-esofágico; oximetria de pulso, com sensor mantido na língua do animal, ambos através do Monitor Multiparamétrico Adivisor® (Smith Medical PM).

Os animais permaneceram sobre um colchão térmico a fim de minimizar a perda da temperatura corpórea e os manter em normotermia, além de estarem sob monitoramento eletrocardiográfico (ECG).

Durante a CEC, os animais foram mantidos em ventilação apenas com oxigênio a 100%, sem expansão pulmonar, com volume corrente e frequência para manter a pressão parcial de dióxido de carbono no ar expirado dentro dos valores normais para espécie.

Ao término do preparo do animal e após a estabilização da anestesia os animais foram mantidos em decúbito dorsal para realização da esternotomia mediana. A incisão iniciou-se na linha média torácica, por toda extensão do esterno, incidindo sobre pele, subcutâneo e musculatura com bisturi elétrico monopolar.

Utilizou-se também um costótomo adaptado para acesso torácico, com exposição do mediastino anterior, abertura do saco pericárdico com fixação do mesmo às paredes torácicas, análise das estruturas cardíacas externas e acesso à aorta ascendente, veias cavas cranial e caudal (aurícula direita), respectivamente.

A canulação foi realizada a partir de uma incisão longitudinal na parede dos vasos, no interior de suturas em bolsa de fumo, seguida pela introdução das cânulas e fixação das mesmas com a sutura em bolsa.

Em seguida, para melhor perfundir o miocárdio com a solução de cardioplegia, um clamp na aorta foi mantido durante 20 minutos, sendo a proteção miocárdica realizada de forma anterógrada intermitente e com cardioplegia hipercalêmica. Todos os animais foram submetidos à circulação extracorpórea utilizando-se a máquina de circulação extracorpórea e oxigenador de membrana pediátrico, por um período de 30 minutos.

O circuito de CEC foi previamente preenchido com solução de Ringer lactato, manitol ($0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$) a 20%, heparina sódica (1000 UI.L^{-1} de prime) e bicarbonato de sódio (15 mg.L^{-1} de prime). A CEC foi realizada em normotermia, com fluxo arterial não pulsátil de $2,4 \text{ L.min.m}^2$ e pressão de perfusão mantida entre 60 e 80 mmHg, podendo ser utilizados fármacos vasoativos para sua manutenção.

Quando necessário, realizou-se a adição de maior volume de heparina até que se alcançasse um tempo de coagulação ativado (TCA) acima de 400 a 480 segundos (seg). A neutralização da heparina foi obtida com sulfato de protamina, na proporção de 1:1, em relação à massa da heparina administrada durante todo o procedimento, podendo ser acrescentado até mais um terço do valor total, de acordo com o TCA.

Ao final do procedimento cirúrgico, os pacientes foram transferidos à Unidade de Terapia Intensiva (UTI). Na UTI os animais foram monitorados continuamente, mensurando-se valores de pressão arterial invasiva, oximetria de pulso, traçado eletrocardiográfico e capnografia, além das avaliações periódicas da pressão venosa central e coleta de amostras para avaliação hemogasométrica, hematológica e bioquímica.

Os pacientes foram mantidos em sono induzido com a combinação de uma solução de cloridrato de cetamina, citrato de fentanila e cloridrato de lidocaína a 2%, e administração de brometo de pancurônio em doses intermitentes para a manutenção do bloqueio neuromuscular permitindo que o animal permanecesse em ventilação. Quando necessário, os pacientes eram estabilizados hemodinamicamente com uso de fármacos vasoativos, em infusão venosa contínua ou em bólus, de acordo com a avaliação individual de cada paciente. Ao final de uma hora de reperfusão pós-CEC, os animais eram eutanasiados com administração de tiopental sódico, na dose de 40 mg.kg^{-1} IV, e cloreto de potássio, na dose de 100 mg.kg^{-1} IV, respeitando-se princípios éticos do uso de animais de experimentação.

As análises hemogasométricas foram realizadas pelo analisador sanguíneo I-STAT (ProMédica) a partir de amostras de sangue venoso, coletados da veia jugular nos seguintes tempos: logo após a canulação venosa central (T0), seguida de avaliação ao final da CEC (T1), 30 minutos de reperfusão pós-CEC (T2), e uma hora de reperfusão pós-CEC (T3). Foram utilizados cartuchos CG4 (pH, pCO_2 , PO_2 , CO_2 Total, HCO_3^- , Lactato, SatO_2).

Os dados oriundos dos procedimentos descritos acima foram analisados por regressão, pelo Software SAS (REG Procedure), utilizando-se como variável dependente o parâmetro em análise. Considerou-se como tendência de variação do parâmetro em função do tempo quando $p > 0,05$ e $< 0,10$ e a significância quando $p < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação ao pH sanguíneo e bicarbonato, observamos diminuição progressiva do pH e do bicarbonato, quando comparamos as médias dos tempos avaliados (Tabelas 1 e 2), em concordância com o observado por Freitas (2004) em um experimento similar, porém em disparidade com Cox et al. (2003), que relataram o aumento progressivo do pH. Essa diminuição do pH sanguíneo observada neste experimento, deve-se a acidose metabólica, decorrente de má perfusão tecidual, que provoca hipóxia celular, corroborando com as informações fornecidas por Guyton et al. (1990) e Sant'anna & Lucchese (1994). Porém, deve-se levar em consideração que os valores de pH no sangue venoso são menores (Van Sluijs et al. 1983, Ilkin et al. 1991), assim como os valores de bicarbonato são superiores em sangue venoso. Este maior teor de bicarbonato no sangue venoso é decorrente do próprio aumento na geração de CO_2 da respiração celular, já que parte deste gás

Tabela 1. Avaliação do pH venoso de cães submetidos a 30 minutos de CEC e uma hora de reperfusão pós-CEC.

Tempo	Animal 1	Animal 2	Animal 3	Animal 4	^a Valores
T0	7,351	7,409	7,278	7,398	7,374 ± 0,059
T1	7,236	7,200	7,351	7,083	7,218 ± 0,110
T2	7,337	7,239	7,324	7,145	7,281 ± 0,088
T3	7,287	7,097	7,221	7,085	7,159 ± 0,098

^a Valores 7,312±0,052 7,219±0,129 7,301±0,056 7,115±0,149

^a Médias e desvio padrão.

Tabela 2. Avaliação do bicarbonato (HCO₃) em sangue venoso (mmol/l) de cães submetidos a 30 minutos de CEC e uma hora de reperfusão pós-CEC.

Tempo	Animal 1	Animal 2	Animal 3	Animal 4	^a Valores
T0	20,6	20,3	13,3	24,1	20,450 ± 4,525
T1	19,3	13,0	26,6	22,5	20,900 ± 5,739
T2	21,8	21,5	25,5	27,8	23,650 ± 3,038
T3	22,1	17,6	21,9	24,8	22,000 ± 2,976

^a Valores 21,200±1,277 18,950±3,770 23,700±6,027 24,450±2,219

^a Médias e desvio padrão.

pode ser transportado na forma de bicarbonato (Kaneke et al. 1997). Além disso, é importante destacar que o CO₂ transportado na forma de bicarbonato, é analisado na forma de TCO₂ (CO₂ total) e que em pacientes normais este valor deve então ser sempre maior do que o valor do HCO₃, aproximadamente 1 a 2 mEq/L (Di Bartola 2007).

Na circulação extracorpórea, independentemente da técnica utilizada, vários são os mecanismos que levam a uma inadequada perfusão tecidual (hipofluxo, hipotermia, hiperatividade simpática e ausência de fluxo pulsátil) com conseqüente acidose metabólica (Évora & Garcia 2008). A acidose metabólica suave ou moderada em cães não necessita de tratamento específico, sendo suficiente a correção da causa subjacente. Já acidose severa (pH < 7,2) requer tratamento com bicarbonato de sódio (Beletini et al. 2008), como realizado no presente experimento.

Quanto a aferição da temperatura pela via retal, observou-se uma elevação entre T0 e T1 e redução nos tempos seguintes (Tabela 3), na maioria dos animais experimentais, justifica-se o fato pela presença de um sistema de aquecimento na máquina

de circulação extracorpórea (Souza & Elias 2006), procedimento este normalmente utilizado quando se objetiva manter o paciente em normotermia, como aplicado neste experimento. A redução da temperatura nos tempos seguintes, explica-se pelo próprio procedimento cirúrgico, no qual é realizada a exposição dos órgãos intratorácicos, fazendo com que haja expressiva troca de calor com o ambiente, diminuindo a temperatura do paciente, sendo ainda corroborado com um ambiente cirúrgico climatizado para baixas temperaturas (Freitas 2004).

No presente experimento, optou-se manter os animais em normotermia devido a alguns inconvenientes com a aplicação da hipotermia, como por exemplo, o aumento da viscosidade sanguínea com seu esfriamento, tornando-se necessária a hemodiluição ainda mais expressiva, que causa edema por facilitar o extravasamento para o interstício de líquido capilar, condição que modifica a função do coração, pulmões e do sistema nervoso central (Farstad et al. 2003).

Quanto ao lactato sérico, que apresenta valor normal médio < 2,0 mM/L (Siegel et al. 2003),

Tabela 3. Avaliação da temperatura retal (TR), em grau Celsius (°C), de cães submetidos a 30 minutos de CEC e uma hora de reperfusão pós-CEC.

Tempo	Animal 1	Animal 2	Animal 3	Animal 4	^a Valores
T0	39,4	36,5	37,3	35,0	36,900 ± 1,834
T1	36,0	37,5	38,2	37,7	37,600 ± 0,947
T2	37,0	37,0	37,5	37,1	37,050 ± 0,238
T3	37,0	36,5	37,0	36,3	36,750 ± 0,356

^aValores 37,000±1,446 36,750±0,479 37,400±0,510 36,700±1,167

^a Médias e desvio padrão.

Tabela 4. Avaliação do lactato sérico em sangue venoso (mmol/l) de cães submetidos a 30 minutos de CEC e uma hora de reperfusão pós-CEC.

Tempo	Animal 1	Animal 2	Animal 3	Animal 4	^a Valores
T0	2,32	2,08	0,91	2,32	2,200 ± 0,674
T1	4,46	7,28	2,55	3,39	3,925 ± 2,061
T2	5,03	5,64	2,68	3,70	4,365 ± 1,331
T3	4,95	5,60	3,73	4,02	4,485 ± 0,859

^a Valores 4,705 ± 1,272 5,62 ± 2,191 2,615 ± 1,165 3,545 ± 0,738

^a Médias e desvio padrão.

Tabela 5. Avaliação da oxigenação pela pressão parcial de oxigênio em sangue venoso (PvO₂), em milímetros de mercúrio (mmHg), de cães submetidos a 30 minutos de CEC e uma hora de reperfusão pós-CEC.

Tempo	Animal 1	Animal 2	Animal 3	Animal 4	^a Valores
T0	55	52	50	59	53,500 ± 3,915
T1	60	26	36	54	45,000 ± 15,748
T2	41	33	38	47	39,500 ± 5,852
T3	47	41	47	32	44,000 ± 7,088

^a Média 51 ± 8,421 37 ± 11,165 42,5 ± 6,80150,500 ± 11,747

^a Médias e desvio padrão.

verificou-se níveis elevados, com discreto aumento já presente no T0, porém sendo este progressivo de acordo com os tempos de avaliação (Tabela 4). Em animais saudáveis, o fígado utiliza o lactato para produção de novas moléculas de glicose. Porém, quando a produção do lactato excede a capacidade de metabolização do fígado, ocorre a acumulação do mesmo no organismo. O acúmulo patológico do lactato se deve tanto ao decréscimo da sua utilização, quanto ao aumento da sua produção (Pittard 1999, Nel 2005).

Inúmeras condições podem propiciar hiperlactatemia, tais como: privação de oxigênio (hipóxia tecidual), sepse, infusão de adrenalina, deficiência de tiamina, alcalose (metabólica ou respiratória), disfunção hepática e intoxicação por nitroprussiato (James et al. 1999, Silva et al. 2001). A intoxicação por nitroprussiato (cianeto) também eleva o lactato devido à hipóxia tecidual (Silva et al. 2001). Diante do exposto anteriormente, pode-se inferir que a hiperlactatemia ocorrida neste experimento foi decorrente de hipóxia tecidual, não pela utilização do nitroprussiato, pois este não foi administrado em nenhum momento durante o procedimento, mas devido à hipoperfusão ocasionada pela CEC.

A oxigenação tecidual durante e após a utilização da CEC mostrou-se neste experimento significativamente reduzida, detectada por haver uma redução dos níveis de O₂ circulante no sangue venoso (Tabela 5), principalmente devido à técnica de hemodiluição, em concordância com outros autores (Guyton et al. 1990, Kirklin & Kirklin 1990, Freitas

2004). A hemodiluição é realizada rotineiramente em cirurgia cardíaca com a utilização da CEC, tendo como intuito reduzir a viscosidade do sangue e melhorar o fluxo sanguíneo na microcirculação, além de reduzir a necessidade de transfusões sanguíneas pela menor ocorrência de hemólise e manutenção do número de plaquetas (Mirhashemi et al. 1987, Kreimeier & Messmer 1996, Fransen et al. 1999, Hudetz et al. 1999, Dittrich et al. 2000). Entretanto, o perfusato acelular pode provocar uma hemodiluição excessiva, podendo diminuir o transporte de oxigênio para os tecidos (Pibarot et al. 1995), outro fator influenciador da acidose observada nos animais experimentais.

Também se deve considerar a hemólise ocasionada pelos oxigenadores de membrana, corroborando com Guyton et al. (1990); Sant'Anna & Luchese (1994); Souza & Elias (2006). É importante destacar que devido a CEC determinar o contato do sangue com as superfícies de estruturas não fisiológicas, provoca redução severa no número de hemácias circulantes e redução do hematócrito, além de alterações plaquetárias, das proteínas da coagulação e do sistema fibrinolítico (Horror 1993, Souza & Elias 2006).

Com relação ao acréscimo observado nos valores de PvO₂ em tempos distintos de diferentes animais (Tabela 6), ocorreu devido à administração de uma bolsa de sangue total, sendo esta fornecida conforme o hematócrito do animal atingisse um valor inferior a 20%, portanto justificando essa melhora na oxigenação tecidual em diferentes tempos de ava-

Tabela 6. Avaliação da oxigenação através da pressão parcial de dióxido de carbono em sangue venoso (PvCO₂), em milímetros de mercúrio (mmHg), de cães submetidos a 30 minutos de CEC e uma hora de reperfusão pós-CEC.

Tempo	Animal 1	Animal 2	Animal 3	Animal 4	^a Valores
T0	37,2	32,1	28,4	39,1	34,650 ± 4,866
T1	45,4	33,3	48,1	75,5	46,750 ± 17,819
T2	45,4	50,2	49,0	80,7	49,600 ± 16,377
T3	46,2	57,0	53,4	82,8	55,200 ± 15,945

^a Valores 45,400±4,250 41,750±12,391 48,550 ±11,126 78,100 ± 0,514

^a Médias e desvio padrão.

liação. Porém, a administração de sangue estocado também apresenta um ponto negativo que é a presença de uma considerável carga de radicais ácidos, resultante em grande parte do acúmulo de ácidos orgânicos, dentre eles o ácido cítrico do anticoagulante e o ácido láctico gerado pela hipotermia da estocagem (Évora & Garcia 2008), contudo evitou-se a infusão de maior quantidade de ácido láctico realizando-se a coleta da bolsa de sangue imediatamente antes do início do procedimento cirúrgico, minimizando a acidificação ainda maior do sangue e tecidos.

Quanto à elevação dos índices de CO₂ no sangue venoso, está em concordância com alguns autores, que relatam que ocorre sequestro de leucócitos e plaquetas pelos pulmões durante a CEC (Bando et al. 1990, Mayers et al. 1996), a síndrome da angústia respiratória após tal procedimento (Johnson et al. 1994, Holmberg 1998, Nieman et al. 1999), e a liberação de radicais livres, leucotrienos e elastase, devido a ativação de neutrófilos sequestrados nos pulmões (Liu et al. 2000), fatores estes que provocam insuficiente ventilação pulmonar e elevação dos níveis de CO₂ sanguíneo (Freitas 2004).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beletini S.T., Alberton L.R., Silva R.P.B., Stel R.F., Lourenço W.S. & Pachaly J.R. Avaliação dos níveis séricos de lactato em cães submetidos a anestesia dissociativa. *Arq. Cienc. Vet. Zool.*, 11:87-95, 2008.
- Brouman J.D., Schertel E.R., Holt D.W. & Olshove V.A. Cardiopulmonary bypass in the cat. *Vet. Surg.*, 31:412-417, 2003.
- Cox Jr. C.S., Allen S.J. & Brennan N. Analyses of intestinal microvascular permeability associated with cardiopulmonary bypass. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.*, 23:1040-1045, 2003.
- DiBartola S.P. *Anormalidades de Fluidos, Eletrólitos e Equilíbrio Ácido-Básico - Na Clínica de Pequenos Animais*. 1ª ed. Roca, São Paulo, 2007. 680p.
- Dittrich S., Schuth A., Aurich H., vonLoeper J., Grosse-Siestrup C. & Lange P.E. Haemodilution improves organ function during normothermic cardiopulmonary bypass: investigations in isolated perfused pig kidneys. *Perfusion*, 15:225-229, 2000.
- Évora P.R.B. & Garcia L.V. Equilíbrio ácido-base. *Medicina*, 41:301-311, 2008.
- Farstad M., Heltne J.K., Rynning S.E., Lund T., Mongstad A., Eliassen F. & Husby P. Fluid extravasation during cardiopulmonary bypass in piglets - effects of hypothermia and different cooling protocols. *Acta Anesth. Scand.*, 47:397-406, 2003.
- Freitas R.R. *Avaliação de alterações ocasionadas pela circulação extracorpórea em cães: estudo clínico, laboratorial e anátomo-histopatológico do coração e pulmões*. Tese (Medicina Veterinária), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. 152f. (Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10137/tde-28092006-193515/pt-br.php>>)
- Freitas R.R., Nogueira G.A.K.A., Irino E.T., Souza S.L., Stopiglia A.J., Fantoni D.T., Barbusci L.O.D., Larsson M.H.M.A. & Jatene F.B. Diagnosis and surgical correction of atrial septal defect by the inflow occlusion technique. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.*, 42:3:193-196, 2005.
- Garcia D.C., Stopiglia A.J., Mingrone L.E., Fantoni D.T. & Paulo R.T.C. Avaliação hemogasométrica de cães submetidos à parada circulatória total através do "Inflow Occlusion" - resultados preliminares. *Rev. Univ. Rur.: Cienc. Vida*, 25:272-273, 2005.
- Garcia D.C. *Parada circulatória total em cães por diferentes períodos de tempo através da técnica de "Inflow Occlusion"*. *Avaliação Clínica e Hemogasométrica*. Dissertação (Medicina Veterinária), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. 93f. (Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/.../Daniel_Cardoso_Garcia.pdf>)
- Guyton R.A., Williams W.H. & Hatcher Jr. C.R. Techniques of cardiopulmonary bypass, p.2194-2200. In: Hurst J.W. (Ed.), *The Heart*, 7th ed. McGraw-Hill Inc., Filadélfia, 1990.
- Irino E.T., Stopiglia A.J., Larsson M.H.M.A., Fantoni D.T., Aiello V.D., Kavhegian M.A.P., Simões E.A., Santos A.L.S. & Gama Filho H.A.N. Avaliação eletrocardiográfica em cães submetidos à pneumonectomia direita. *Pesq. Vet. Brasil*, 29:599-604, 2009.
- Haller J.D. & Cerruti M.M. Heart transplantation in man: Compilation of cases - January 1, 1964 to October 23, 1968. *Am. J. Cardiol.*, 22:840-843, 1968.
- Holmberg D.L. Auxílio circulatório extracorpóreo, p.1105-1110. In: Slatter D. (Ed.), *Manual de Cirurgia de Pequenos Animais*. 2ª ed. Editora Manole, São Paulo, 1998.

- Horrow J.C. Management of Coagulopathy Associated with Cardiopulmonary Bypass. In: Gravlee G.P., Davis R.F. & Utley J.R. *Cardiopulmonary Bypass. Principles and Practice*. Williams & Wilkins, Baltimore, 1993.
- Hudetz A.G., Wood J.D., Biswal B.B., Krolo I. & Kampine J.P. Effect of hemodilution on RBC velocity, supply rate, and hematocrit in the cerebral capillary network. *J. Appl. Physiol.*, 87:505-509, 1999.
- Ilkin J.E., Rose R.J. & Martin C.A. A comparison of simultaneously collected arterial, mixed venous, jugular venous and cephalic venous blood samples in the assessment of blood-gas and acid-base status in the dog. *J. Vet. Int. Med.*, 5:294-298, 1991.
- James J.H., Luchette F.A., McCarter F.D. & Fischer J.E. Lactate is an unreliable indicator of tissue hypoxia in injury or sepsis. *Lancet*, 354:505-508, 1999.
- Kaneko J.J., Harvey J.W. & Bruss M.L. *Clinical biochemistry of domestic animals*. 5th ed. San Academic, Diego, 1997. 932p.
- Kirklin J.K. & Kirklin J.W. Cardiopulmonary bypass for cardiac surgery, p.1107-1125. In: Sabiston Jr. D.C. & Spencer F.C. (Eds), *Surgery of the Chest*. 5th ed. W.B. Saunders Company, Minnesota, 1990.
- Klement P., Klement G., Del Nido P., Wilson G.J. & Mickleborough L. Technique and postoperative management for successful cardiopulmonary bypass and open-heart surgery in dogs. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 190:869-874, 1987.
- Kreimeier U. & Messmer K. Hemodilution in clinical surgery: state of the art 1996. *World J. Surgery*, 20:1208-1217, 1996.
- Kwasnicka K.L., Stopiglia A.J., Freitas R.R. & Fantoni D.T. Avaliação hemogasométrica durante a parada circulatória total - *Inflow Occlusion* - aplicada por diferentes períodos de tempo em cães saudáveis. *Braz. J. Vet. Res. An. Sci.*, 37:234-242, 2000.
- Mingrone L.E. *Avaliação hemodinâmica de cães submetidos à parada circulatória total através da técnica do "Inflow Occlusion" por diferentes períodos de tempo*. Dissertação (Medicina Veterinária), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. 122 f. (Acesso em: < www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10137/tde-07032007-105544>)
- Mirhashemi S., Ertefai S., Messmer K. & Intaglietta M. Model analysis of the enhancement of tissue oxygenation by hemodilution due to increased microvascular flow velocity. *Microsc. Res. Tech. J.*, 34:290-301, 1987.
- Nel M. *Serum lactate in canine babesiosis*. Thesis (Veterinary Medicine), Faculty of Veterinary Science, University of Pretoria, Pretoria. 2005. 56f. (Acesso em: < <http://upetd.up.ac.za/thesis/available/etd-03032005-121402/unrestricted/00dissertation.pdf>>)
- Orton C.E. Cardiopulmonary bypass for small animals. *Sem. Vet. Med. Surg.: Small Anim.* 9:210-216, 1994.
- Orton C.E., Hellyer P. & Hackett T.B. Open surgical repair of tetralogy of Fallot in dogs. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 219:1089-1093, 2001.
- Orton C.E., Hackett T.B., Mama K. & Boon J.A. Technique and outcome of mitral valve replacement in dogs. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 226:1-4, 2005.
- Pibarot P., Lanthier T., Durand L.G., Langlois Y., Lussier B. & Coppens P. Cardiorespiratory effects of hemic versus nonhemic prime during and immediately following mitral valve replacement in dogs. *Can. J. Vet. Res.*, 59:222-228, 1995.
- Pittard A.J. Does blood lactate measurement have a role in the management of the critically ill patient? *Ann. Clin. Biochem.*, 36:401-407, 1999.
- Sant'anna J.R.M. & Lucchese S.A. Circulação extracorpórea para cirurgia cardíaca, p.244-263. In: Nasralla I. (Ed.), *Cardiologia Cirúrgica: Perspectivas para o ano 2000*. 1^a ed. Fundação Editorial BYK, São Paulo, 1994.
- Siegel J.H., Fabian M., Smith J.A., Kingston E.P., Steele K.A. & Wells M.R. Oxygen debt criteria qualify the effectiveness of early partial resuscitation after hypovolemic hemorrhagic shock. *J. Trauma Inj. Inf. Crit. Care*, 54:862-880, 2003.
- Silva A., Garrido A.G. & Assunção M.S.C. Avaliação da perfusão tecidual no choque. *Medicina*, 34:27-35, 3^a parte, Capítulo III, 2001.
- Simões E.A., Jatene F.B., Stopiglia A.J., Monteiro R., Fantoni D.T., Guerra J.L., Aiello V.D., Monteiro R., Irino E.D., Otsubi D.A., Binoki D.H., Freitas R.R. & Unruh S.M. Estudo comparativo entre sutura mecânica e manual em brônquio após pneumectomia esquerda em cães (*Canis familiaris*). Uma avaliação anatomopatológica. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.*, 42:357-366, 2005.
- Simões E.A., Jatene F.B., Bernardo W.M., Stopiglia A.J., Monteiro R., Fantoni D.T., Abduch M.C.D., Yazbeck K.V.B., Irino E.T., Unruh S.M., Kahvegian M. & Santos A.L.S. Viabilidade da pneumectomia direita em cães: uma avaliação paramétrica, hemogasométrica e radiográfica. *Pesq. Vet. Bras.*, 27:447-454, 2007.
- Souza M.H.L. & Elias D.O. *Fundamentos da Circulação Extracorpórea*. 2^a ed. Centro Editorial Alfa Rio, Rio de Janeiro, 2006.
- Stopiglia A.J., Freitas R.R., Irino E.T., Pogliani F.C., Simões E.A., Fantoni D.T., Kwasnicka K.L. & Jatene F.B. Avaliação clínica da parada circulatória total em cães (*Canis familiaris*). *Acta Cir. Bras.*, 16:4:211-217, 2001.
- Stopiglia A.J., Freitas R.R., Irino E.T., Larsson M.H.M.A. & Jatene F.B. Persistência do ducto arterioso em cães: revisão. *Rev. Educ. Cont. CRMV-SP*, 7:1-3:23-33, 2004.
- Uechi M., Harada K., Mizukoshi T., Mizuno T., Mizuno M., Ebisawa T. & Ohta Y. Surgical Closure of an Atrial Septal Defect Using Cardiopulmonary Bypass in a Cat. *Vet. Surg.*, 40:413-417, 2011.
- Van Sluijs F.J., De Vries H.W., De Bruijne, J.J. & Van Den Brom W.E. Capillary and venous blood compared with arterial blood in the measurement of acid-base and blood gas status of dogs. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 44:459-462, 1983.