

## Tratamento de tromboembolismo e preparo para implantação de prótese osteointegrada com oxigenioterapia hiperbárica em uma gata

Treatment of Tromboembolism and Preparation for an Osseointegrated Prosthesis  
Fixation with Hyperbaric Oxygen Therapy in a Kitten

Rainer da Silva Reinstein<sup>1</sup>, Pâmela Caye<sup>1</sup>, Daniel Vargas<sup>1</sup>, Bernardo Nascimento Antunes<sup>1</sup>,  
Emanuelle Bortolotto Degregori<sup>1</sup>, Franciéli Mallmann Pozzobon<sup>2</sup>,  
Maurício Veloso Brun<sup>1</sup> & Daniel Curvello de Mendonça Muller<sup>1</sup>

### ABSTRACT

**Background:** Ischemic neuromyopathy is the most common reason for amputation in cats. In veterinary medicine, the use of prosthetic limbs is not widespread; therefore, in most cases total limb amputation is indicated. However, hyperbaric oxygen therapy (HBOT) is an alternative with several benefits for the treatment of vascular disorders with reperfusion, ischemia, and infection. Therefore, this study aimed to report the positive effects of HBOT on the treatment of ischemic neuromyopathy secondary to arterial thromboembolism on the patient's clinical improvement, and on the preparation of the patient for insertion of an osseointegrated prosthesis.

**Case:** A 6-month-old mixed-breed kitten returned for treatment after undergoing surgery seven days earlier for reduction of traumatic diaphragmatic hernia, during which it suffered a cardiorespiratory arrest. The patient presented with acute pelvic limb paralysis with 24-h evolution, absent femoral pulse, plantar cushions and dorsal part of the limbs cold and pale. After supportive therapy and diagnosis of aortic thromboembolism by arterial Doppler, the patient started adjunctive treatment with HBOT from the first day of hospitalization. Sessions took place in an exclusive hyperbaric chamber for animals and lasted 60 min at a pressure of 2.5 absolute atmospheres and 100% oxygen, initially every 12 h. However, during the first 5 days of hospitalization, the distal region of both pelvic limbs began to show tissue devitalization and edema, and hematologic parameters showed changes on the 7<sup>th</sup> day. The right pelvic limb (RPL) showed more involvement of superficial tissues, extending to the tarsometatarsal joint region. After 8 days of hospitalization, the devitalized tissue was debrided. The RPL had an extensive devitalized area with exposed bone in the phalanges and necrosis in the pads. The left pelvic limb (LPL) suffered minor complications, with involvement of the phalangeal region. After 12 days, with HBOT every 48 h, exuberant granulation tissue was observed. After 17 days, the patient was discharged, and HBOT sessions were performed weekly. Gangrene of the midfoot and lack of proprioception were observed in RPL, while LPL showed bone divulsion of the 1<sup>st</sup>, 3<sup>rd</sup>, and 4<sup>th</sup> phalanges. Because of the poor prognosis for limb viability, the RPL was partially amputated, and a self-threaded intraosseous prosthesis was inserted.

**Discussion:** The cardiorespiratory arrest that occurred during the surgical procedure to reduce the diaphragmatic hernia without thromboprophylaxis may have contributed to the peripheral ischemia. HBOT was proposed for the adjuvant treatment of ischemic injury because it is especially indicated for cases of ischemia-reperfusion injury. The main hematological parameters were evaluated at an average interval of 7 days. While the platelet count and hematocrit increased, the leukocytosis decreased. This demonstrates the benefit of oxygen therapy in the reported patient. The use of HBOT in orthopedic injuries is known to result mainly in stimulation of osteoblasts, promoting osseointegration of the prosthesis. We conclude that the adjuvant treatment with HBOT helped to preserve a large segment of both pelvic limbs, prevent the progression of necrosis, and provide a healthy bed for fixation of an osseointegrated prosthesis in the RPL, resulting in clinical improvement of the patient.

**Keywords:** surgery, cat, implant, therapy, thromboembolism.

**Descritores:** cirurgia, gato, implante, terapia, tromboembolismo.

DOI: 10.22456/1679-9216.130296

Received: 16 December 2022

Accepted: 19 March 2023

Published: 28 April 2023

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária (PPGMV) & <sup>2</sup>Curso de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brazil. CORRESPONDENCE: R.S. Reinstein [rainerreinstein@gmail.com]. Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, Hospital Veterinário Universitário - UFSM. Av. Roraima n. 1000. Camobi. CEP97105-900 Santa Maria, RS, Brazil.

## INTRODUÇÃO

As causas que levam à inviabilidade dos membros em cães e gatos são diversas. Dentre elas, acidentes automobilísticos, traumas, fraturas extensas ou neoplasias ósseas e, em muitos casos, a amputação torna-se a opção que garantirá melhor qualidade de vida ao animal [8].

Nos felinos, a neuromiopia isquêmica é a doença que mais comumente leva à amputação [3]. Tal condição é considerada grave e caracteriza-se quando um trombo se desprende e, através da circulação, instala-se na trifurcação aórtica, comprometendo a irrigação sanguínea dos membros pélvicos. Assim, ocorre paresia/paralisia uni ou bilateral, com diminuição ou ausência de reflexos, extremidades frias e diminuição ou ausência de pulso da artéria femoral [10].

Na medicina, o uso de próteses em membros é amplamente difundido. No entanto, na medicina veterinária, por tratar-se de procedimento que requer material especializado, de difícil acesso e alto custo, na maioria dos casos, opta-se pela amputação total do membro quando há indicação [4]. Entretanto, a oxigenioterapia hiperbárica (OHB) é uma alternativa com diversos benefícios para o tratamento de afecções vasculares que envolvam reperfusão, isquemia e infecção [12].

Não há relatos da associação da OHB como forma de preparação para implantação de prótese osteointegrada em animais, principalmente aqueles acometidos por tromboembolismo. Desse modo, o objetivo do estudo é reportar as vantagens proporcionadas pela OHB no tratamento da neuromiopia isquêmica secundária ao tromboembolismo arterial, na melhora clínica e no preparo de uma paciente que recebeu implante osteointegrado.

## CASO

Uma gata de 6 meses de idade, sem raça definida, retornou para atendimento após ser submetida, 7 dias antes, à cirurgia de redução de hérnia diafragmática traumática, onde sofreu uma parada cardiorrespiratória durante o procedimento. A paciente apresentava-se prostrada com paralisia aguda dos membros pélvicos, com evolução de 24 h pulso femoral ausente, coxins plantares e parte dorsal dos membros frios e pálidos.

Após terapia de suporte e diagnóstico de tromboembolismo aórtico definido através de doppler arterial, a paciente passou a receber tratamento adjuvante com OHB desde o primeiro dia de internação.

As sessões ocorreram em câmara hiperbárica exclusiva para animais [HVM-H1®]<sup>1</sup> (Figura 1 A) com duração de 60 min, a 2,5 atmosferas absolutas (ATA) de pressão (1,5 ATA da câmara hiperbárica mais 1 ATA do ambiente) e oxigênio à 100%, inicialmente, a cada 12 h. O protocolo previamente estipulado consistiu em 15 min de pressurização até atingir a pressão desejada em etapas (um terço da pressão de terapia a cada 5 min). Atingida a pressão de terapia, a paciente permanecia no interior pelo tempo estipulado (60 min), e, após esse período, a pressão era reduzida em etapas, por 15 min, até a equalização com a pressão atmosférica ambiente.

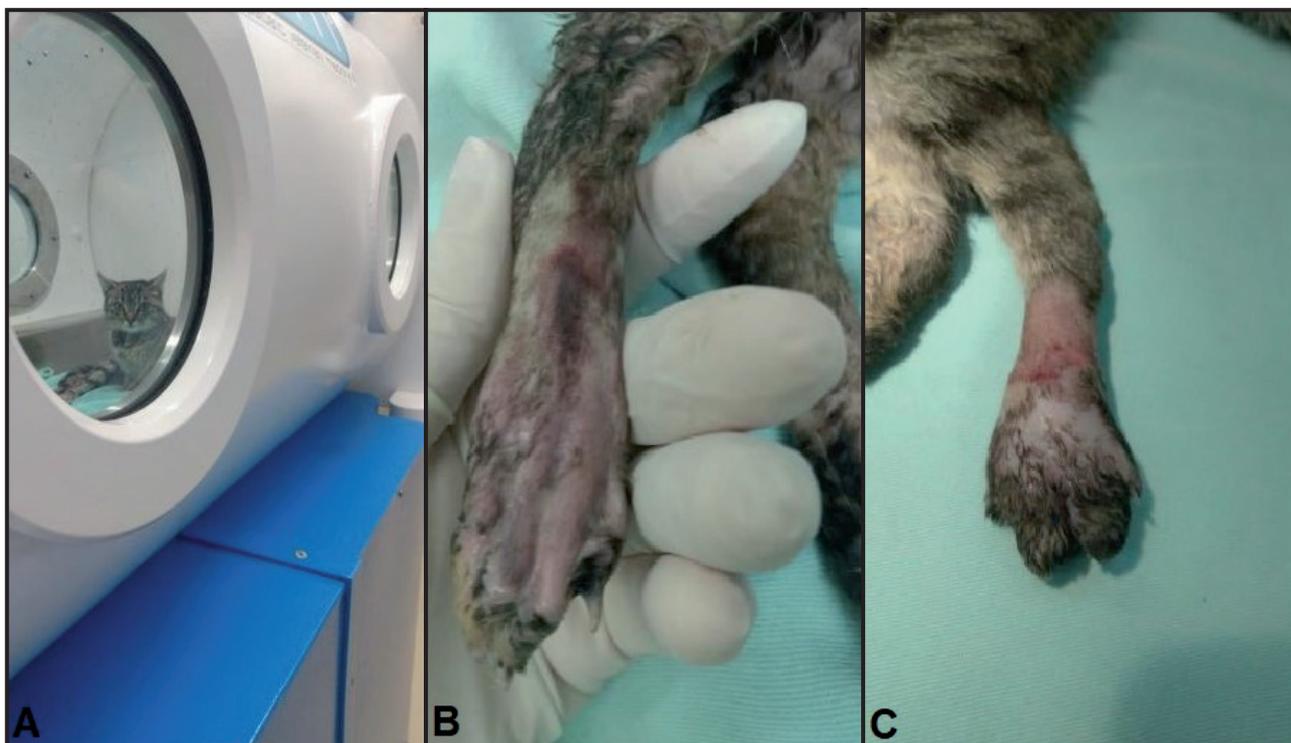
Porém, a região distal de ambos os membros pélvicos começou a apresentar desvitalização tecidual e edema nos primeiros 5 dias de internação (Figura 1 B & C) assim como os parâmetros hematológicos apresentaram alterações ao 7.º dia de evolução (Figura 2). O membro pélvico direito (MPD) apresentou maior comprometimento dos tecidos superficiais, estendendo-se até a região da articulação tarsometatarsica. Apresentou também edema intenso em regiões falangianas.

Aos 8 dias de internação, optou-se pelo desbridamento dos tecidos desvitalizados. No MPD evidenciou-se extensa área desvitalizada, com exposição óssea da região das falanges e necrose de região de coxim. O membro pélvico esquerdo (MPE) sofreu menores complicações, com acometimento de região das falanges. Seguindo evolução, após 12 dias, agora com OHB a cada 48 h, a paciente apresentou tecido de granulação exuberante.

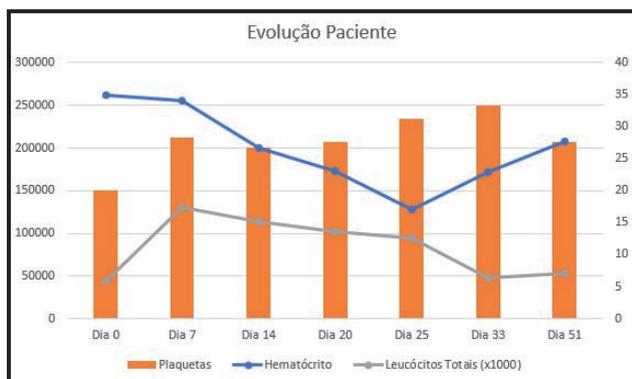
Como auxílio para investigação de áreas vascularizadas, utilizou-se um termográfico (FLIR modelo E2-Thermacam®)<sup>2</sup>, que apontou ausência de temperatura em MPD em região metatarsiana e diminuição de temperatura nas extremidades distais de ambos os membros pélvicos (Figura 3).

Aos 17 dias a paciente recebeu alta médica e as sessões de OHB passaram a ser feitas semanalmente. O MPD evoluiu para gangrena da região metatarsica e ausência de propriocepção, enquanto o MPE apresentou divulsão óssea da 1.ª, 3.ª e 4.ª falanges (Figura 4).

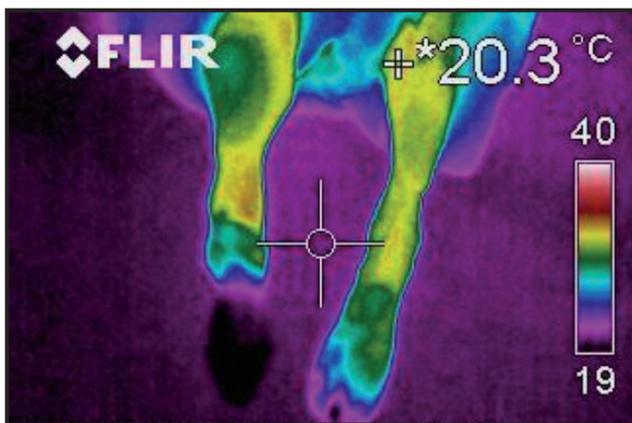
Devido ao prognóstico desfavorável da viabilidade do membro, optou-se pela amputação parcial do MPD e aplicação de prótese intraóssea auto rosqueada. Após incisão de pele, subcutâneo em região de articulação tarsometatarsiana e divulsão da musculatura, os ossos remanescentes e as falanges foram removidas. Na sequência, foi nivelada a região do calcâneo e perfurada



**Figura 1.** A- Paciente no interior da câmara hiperbárica (HVM modelo H1 - veterinary hyperbaric chamber). B- Lesão em MPD no 5º dia de evolução clínica. C- Lesão em MPE no 5º dia de evolução clínica.



**Figura 2.** Gráfico da evolução dos parâmetros hematológicos da paciente.

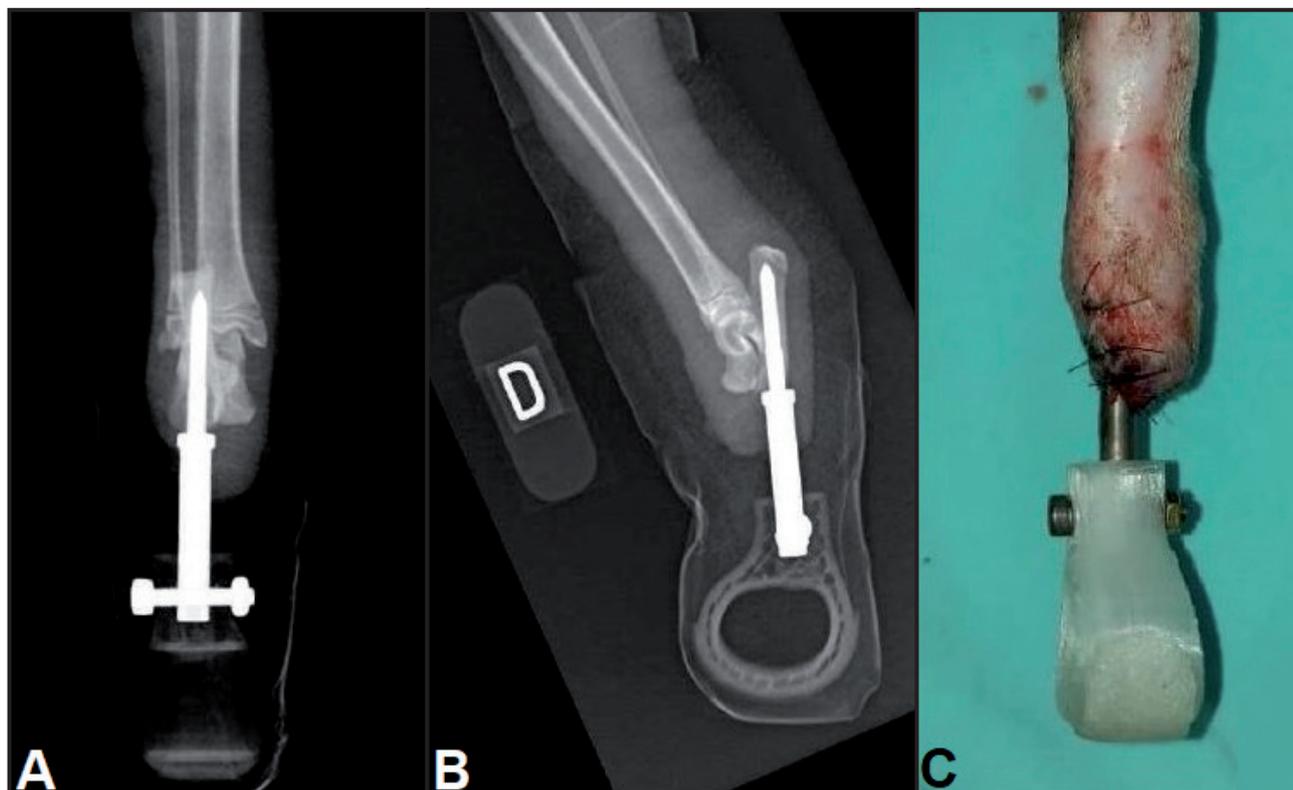


**Figura 3.** Imagem dos membros pélvicos gerada por um termógrafo (FLIR modelo E2-Thermacam), observar a ausência de temperatura na extremidade do MPD.



**Figura 4.** Membros pélvicos no 34º dia de evolução clínica, observar presença de tecido de granulação em ambos os membros (A) e (B).

a região central do osso com broca ortopédica 2 mm (Broca Ortopédica Cão Médica)<sup>3</sup> e furadeira ortopédica (Stryker System 6<sup>®</sup>)<sup>4</sup>, ampliado com broca ortopédica 2,7 mm (Broca Ortopédica Cão Médica)<sup>2</sup> e realizada a fixação do implante auto rosqueado de titânio, fabricado sob medida para a paciente. Por fim, foi realizada aplicação de parafuso na prótese externa do implante osteointegrado, concluindo a implantação (Figura 5).



**Figura 5.** A- Prótese osteointegrada aplicada no MPD, imagem radiográfica crânio-caudal do pós-cirúrgico imediato. B- Imagem radiográfica médio-lateral do pós-cirúrgico imediato. C- Imagem frontal do pós-cirúrgico imediato.

**Tabela 1.** Protocolo terapêutico utilizado por dia de hospitalização.

Procedimento	Dia de Hospitalização				
	1	2-32	32-38	38	40-44
Hospitalização, diagnóstico, tratamento clínico, OHB <sup>1</sup>	X	-	-	-	-
OHB <sup>1</sup> a cada 24 h	-	X	-	-	-
OHB <sup>1</sup> a cada 48 h	-	-	X	-	X
Aplicação da prótese <sup>2</sup>	-	-	-	X	-
Alta hospitalar	-	-	-	X	-

<sup>1</sup>45 min de sessão diária sob 2,5 atmosferas absolutas (ATA) de pressão (1,5 ATA da câmara hiperbárica mais 1 ATA do ambiente). <sup>2</sup>Procedimento realizado imediatamente após a oxigenioterapia hiperbárica (OHB).

### DISCUSSÃO

A neuromiopia isquêmica secundária ao tromboembolismo arterial em felinos é um grande desafio clínico. A parada cardiorrespiratória ocorrida durante o procedimento cirúrgico para redução de hérnia diafragmática, no qual a paciente foi submetida, pode ter contribuído para a isquemia periférica, uma vez que a formação de trombos é favorecida pela redução abrupta

e prolongada da circulação, e pela não realização de tromboprofilaxia [6]. No entanto, outras causas como senilidade e doenças pré-existentes como a cardiomiopatia hipertrófica [3,6] não se aplicam a esta paciente, o que pode ter contribuído para o prognóstico favorável. Além disso, a paciente foi diagnosticada e estabilizada nas primeiras horas, o que favoreceu para o sucesso do caso. Diferentemente de outros resultados descritos na

literatura [5,10,11], foi possível preservar o MPE quase que na sua totalidade e o MPD com amputação parcial seguida de implantação osteointegrada.

Para o tratamento adjuvante da lesão isquêmica foi proposta OHB. Esta é especialmente indicada para tratamento de feridas complicadas, promovendo aceleração dos fatores de crescimento local [9], além de ser eficaz como terapia auxiliar no combate ao edema e aceleração da cicatrização [1]. Nas lesões resultantes da necrose tecidual foi observado ótimo tecido de granulação e bordas reavivadas após as sessões de OHB, corroborando resultados anteriores [7].

Os principais parâmetros hematológicos (hematócrito, plaquetas e leucócitos totais) foram avaliados com intervalo médio de 7 dias, iniciando junto ao diagnóstico de tromboembolismo. Foi possível observar que a contagem de plaquetas apresentou elevação e a leucocitose redução, ambos iniciando ao 7.º dia. O hematócrito apresentou inicialmente queda seguida de elevação aos 33 dias de tratamento. A completa melhora clínica da paciente pode ser observada no 51º dia de evolução (Figura 2). Conforme alguns autores [2], sabe-se que a OHB não resulta em alterações significativas no hemograma, contudo, a melhora dos parâmetros hematológicos pode estar indiretamente relacionada à associação precoce da OHB no tratamento da neuromiopia isquêmica, pois pacientes com anemia e leucocitose são beneficiados a serem submetidos a OHB [1].

Foram observados benefícios evidentes da oxigenioterapia no paciente relatado, principalmente em relação aos tecidos inflamados e inficionados, o que colaborou para redução da leucocitose. A terapia hiperbárica proporciona potencialização da atividade de neutrófilos polimorfonucleares e na imunomodulação, atuando sobre bactérias anaeróbicas susceptíveis aos radicais livres [12].

A anemia resulta em diminuição da entrega de oxigênio aos tecidos. Contudo, os bons resultados observados se devem ao fato de a OHB ser altamente recomendada no tratamento da síndrome de reperfusão, isquemia

e/ou infecção. O aumento de pressão de oxigênio entre os tecidos auxilia na angiogênese, ação importante para lesões isquêmicas [12]. Nas lesões ou doenças em que o transporte de oxigênio está comprometido, a OHB estimula fatores de crescimento celular local e induz a liberação de células tronco a partir da medula óssea [9]. Além disso, quando o organismo está debilitado a demanda por oxigênio é elevada, em contraste com a capacidade de transporte que se apresenta diminuída, levando o organismo ao colapso, gerando estresse oxidativo [14].

Quanto ao benefício no preparo do leito ósseo para recebimento da prótese osteointegrada, sabe-se que a utilização de OHB em lesões ortopédicas resulta em estimulação de osteoblastos, melhora da biomineeralização, acréscimo da formação de nódulos ósseos, deposição de cálcio e atividade da fosfatase alcalina [13], auxiliando no processo de osteointegração.

O tratamento adjuvante de OHB auxiliou na preservação de grande segmento de ambos os membros pélvicos, evitando a progressão da necrose e proporcionando leito saudável para implantação da prótese osteointegrada no MPD, culminando com a melhora clínica da paciente.

#### MANUFACTURERS

<sup>1</sup>HVM Brasil. Curitiba, PR, Brazil.

<sup>2</sup>Teledyne FLIR LLC. Wilsonville, OR, USA.

<sup>3</sup>Cão Médica®. Campinas, SP, Brazil.

<sup>4</sup>Stryker do Brasil Ltda. São Paulo, SP, Brazil.

**Acknowledgements.** The authors thank Professor Thiago André Salvitti de Sá Rocha for fabricating and donating the osseointegrated prosthesis, Professor Flávio Desessards De La Côte for making the thermograph available and the resident veterinarian Fernanda Pinheiro for the care and dedication to the case. To HVM Brasil for providing a veterinary specific hyperbaric chamber unit for treatment at UFSM. The authors also thank the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) and the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) for the grant, assistance and granting scholarships throughout the research period.

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

#### REFERENCES

- 1 **Edwards M.L. 2010.** Hyperbaric oxygen therapy. Part 2: Application in disease. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care* 20(3): 289-297.
- 2 **Gunes A.E. & Aktas S. 2017.** Effect of hyperbaric oxygen therapy on complete blood count. *Undersea and Hyperbaric Medical Society*. 44(4): 357-364.
- 3 **Hassan M.H., Abu-Seida A.M., Torad F.A. & Hassan E.A. 2020.** Feline aortic thromboembolism: Presentation, diagnosis, and treatment outcomes of 15 cats. *Open Veterinary Journal*. 10(3): 340-346.

- 4 **Jarrell J.R., Farrell B.J., Kistenberg R.S., Dalton J.F., Pitkin M. & Prilutsky B.I. 2018.** Kinetics of individual limbs during level and slope walking with a unilateral transtibial bone-anchored prosthesis in the cat. *Journal of Biomechanics*. 76: 74-83.
- 5 **Kim J.H. & Park H.M. 2012.** Unilateral femoral arterial thrombosis in a dog with malignant mammary gland tumor: clinical and thermographic findings, and successful treatment with local intra-arterial administration of streptokinase. *The Journal of Veterinary Medical Science*. 74(5): 657-661.
- 6 **Lunsford K.V. & Mackin A.J. 2007.** Thromboembolic therapies in dogs and cats: an evidence-based approach. *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice*. 37(3): 579-609.
- 7 **Reinstein R.S., Santi E.M.T., Cartana C.B., Caye P., Vargas D., Fischborn N.T., Antunes B.N., Degregori E.B., Maieron Jr. A., Brun M.V., Monteiro S.G. & Muller D.C.M. 2022.** A positive association of larval therapy and hyperbaric oxygen therapy in veterinary wound care. *Parasitology International*. 87(102517): 1-4.
- 8 **Schulz K.S., Hayashi K. & Fossum T.W. 2019.** Other Diseases of Bones and Joints. In: Fossum T.W. (Ed). *Small Animal Surgery*. 5th edn. Philadelphia: Elsevier, pp.1295-1313.
- 9 **Silva A.C.D. 2018.** Indicação de oxigenioterapia hiperbárica como auxiliar na cicatrização de úlceras de membro inferiores. *Revista Médica de Minas Gerais*. 28: 1-4.
- 10 **Smith S.A. & Tobias A.H. 2004.** Feline arterial thromboembolism: an update. *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice*. 34(5): 1245-1271.
- 11 **Smith S.A., Tobias A.H., Jacob K.A., Fine D.M. & Grumbles P.L. 2003.** Arterial thromboembolism in cats: acute crisis in 127 cases (1992-2001) and long-term management with low-dose aspirin in 24 cases. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 17(1): 73-83.
- 12 **Val R.C., Silva R.C.O., Nunes T.A. & Souza T.K.P. 2003.** O papel da oxigenioterapia hiperbárica na doença vascular periférica. *Jornal Vascular Brasileiro*. 2(3): 177-182.
- 13 **Wu D., Malda J., Crawford R. & Xiao Y. 2007.** Effects of hyperbaric oxygen on proliferation and differentiation of osteoblasts from human alveolar bone. *Connective Tissue Research*. 48(4): 206-213.
- 14 **Yanagisawa H., Kanai E., Kayanuma H., Shida T. & Sukanuma T. 2011.** Hyperbaric air therapy in dogs for clinical veterinary medicine: a basic study. *The Journal of Veterinary Medical Science*. 73(10): 1351-1354.