

THALITA DE CASTRO CARVALHO SANTOS

**CORRELAÇÕES DO iMg COM PARÂMETROS
METABÓLICOS, IÔNICOS E HEMATOLÓGICOS EM
ANIMAIS DA ROTINA DO HOSPITAL VETERINÁRIO – UFJ**

Orientador: Prof. Dr. Douglas Regalin

JATAÍ-GO

2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES
ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

☒ [X] Dissertação ☐ [] Tese

2. Nome completo do autora: THALITA DE CASTRO CARVALHO SANTOS

3. Título do trabalho: CORRELAÇÕES DO iMG COM PARÂMETROS METABÓLICOS, IÔNICOS E HEMATOLÓGICOS EM ANIMAIS DA ROTINA DO HOSPITAL VETERINÁRIO - UFJ

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento ☐ [] SIM ☒ [X] NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa.

Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;

- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Doughlas Regalin, Orientador**, em 02/08/2021, às 13:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **THALITA DE CASTRO CARVALHO, Discente**, em 08/08/2021, às 16:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2248496** e o código CRC **0284D692**.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº **016/2021-PPGBA** da sessão de Defesa de Dissertação de **THALITA DE CASTRO CARVALHO SANTOS**, que confere o título de Mestra no Programa de Pós-Graduação em **BIOCIÊNCIA ANIMAL**, área de concentração em Saúde e Produção Animal.

Ao trigésimo dia, do mês de julho do ano de dois mil e vinte e um, a partir das 08:30 horas, realizou-se por meio de videoconferência a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada **“CORRELAÇÕES DO IMG COM PARÂMETROS METABÓLICOS, IÔNICOS E HEMATOLÓGICOS EM ANIMAIS DA ROTINA DO HOSPITAL VETERINÁRIO - UFJ”**. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor Doughlas Regalin (UACIAGRA/UFJ - Universidade Federal de Jataí/GO) com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professora Doutora Julieta Volpato (UDESC) - membro titular externo e Professor Doutor Klaus Casaro Saturnino (UACIAGRA/UFJ - Universidade Federal de Jataí/GO) - membro titular interno. Durante a arguição os membros da banca **não fizeram** sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora se reuniu em sessão secreta, a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido a candidata **aprovada** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor Doughlas Regalin, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, ao trigésimo dia, do mês de julho do ano de dois mil e vinte e um.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Doughlas Regalin, Orientador**, em 30/07/2021, às 10:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Klaus Casaro Saturnino, Professor do Magistério Superior**, em 30/07/2021, às 10:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Julieta Volpato, Usuário Externo**, em 30/07/2021, às 10:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2232330** e o código CRC **F9D96201**.

Referência: Processo nº 23070.034043/2021-01

SEI nº 2232330

THALITA DE CASTRO CARVALHO SANTOS

**CORRELAÇÕES DO iMg COM PARÂMETROS METABÓLICOS, IÔNICOS E
HEMATOLÓGICOS EM ANIMAIS DA ROTINA DO HOSPITAL VETERINÁRIO –
UFJ**

Orientador: Prof. Dr. Doughlas Regalin

Dissertação apresentada ao Programa de
Biociência Animal da Universidade Federal de
Jataí, como pré-requisito parcial para obtenção
do grau de Mestre em Biociência Animal.

JATAÍ-GO

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Santos, Thalita de Castro Carvalho
Correlações do iMg com Parâmetros Metabólicos, Iônicos e
Hematológicos em Animais da Rotina do Hospital Veterinário – UFJ
[manuscrito] / Thalita de Castro Carvalho Santos, Kaline Ogliari,
Doughlas Regalin. - 2021.
xiv, 39 f.

Orientador: Prof. Dr. Doughlas Regalin.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Unidade
Acadêmica Especial de Ciências Agrárias, Jataí, Programa de Pós
Graduação em Biociência Animal, Jataí, 2021.

Bibliografia.

Inclui abreviaturas, gráfico, tabelas.

1. Cães. 2. Eletrólitos. 3. Felinos. 4. Ionizável. 5. Magnésio. I.
Ogliari, Kaline. II. Regalin, Doughlas. III. Regalin, Doughlas, orient. IV.
Título.

CDU 639.09

Dedicatória

Dedico este trabalho ao meu amado filho Estevão, que ainda está em meu ventre, mas logo estará correndo pela casa e trazendo alegria. Você é o maior presente que eu e seu pai poderíamos receber, somos infinitamente gratos a Deus por sua vida.

Ao meu esposo Glender, que tem sido meu companheiro, parceiro e melhor amigo nesses últimos onze anos. Obrigada por me suportar nos dias de estresse e me fazer sorrir tanto com sua companhia especial.

Aos meus pais, minha irmã e toda minha família, que são meu porto seguro nessa vida cheia de desafios. Nada tem mais valor que a minha família. Vocês são tudo o que eu tenho!

Agradecimentos

Agradeço a Deus com todo meu coração por me capacitar a lutar todos os dias. Do Senhor vem meu sustento, minha força e minha paz. Se não fosse Sua graça (favor imerecido) sobre mim, eu jamais estaria de pé. Obrigada Pai!

Agradeço à toda minha família por todo abraço, conselho, apoio e lenço na hora das lágrimas. Obrigada por me estimularem a ir atrás quando pensei que não teria mais forças.

Agradeço ao meu professor e orientador Douglas Regalin, por ter acreditado em mim desde o início, além de ter dedicado tempo em ensino e correção. Suas orientações criteriosas e toda palavra de estímulo à perseverança, jamais serão esquecidas.

Agradeço à Kaline, que começou como uma colega da equipe de trabalho do programa de Mestrado, e se tornou uma amiga querida. Você foi fundamental para que este projeto se concretizasse, trabalhando comigo e tornando os dias difíceis tão leves e divertidos. Obrigada por fazer parte disso, nunca me esquecerei.

Agradeço ao Antônio, Gabriel, Jhennifer e Thales, que formaram uma equipe dedicada e persistente na busca da concretização deste projeto. Obrigada por serem tão dedicados. O trabalho de vocês foi essencial para que chegássemos até aqui.

Agradeço à Kênia, Jéssyka, Vanessa, Nadiene, Fábio, Agnes, Iana, Amanda, Kelly, Layanne e todos – sem exceção – da Clínica Veterinária Animallia. Muito me orgulha fazer parte de uma equipe de trabalho tão dedicada e compreensiva. Vocês me ajudaram a segurar as pontas e trouxeram mais alegria aos meus dias. O resultado deste trabalho também carrega vocês.

Agradeço a empresa Nova Biomedical®, responsável por ceder os aparelhos de alto nível que utilizamos para análise das amostras e coleta de dados. Ter disponíveis os equipamentos tecnológicos desta empresa nos possibilitaram executar este projeto de pesquisa, tornando possível o acesso a estas informações para contribuição científica. Obrigada Nova Biomedical® por conceder os aparelhos e fornecer um suporte de assistência técnica, manutenção e insumos de primeira qualidade sempre que necessário.

**“Seca-se a erva e caem suas flores [...],
mas a Palavra do SENHOR permanece para sempre.”**

(Bíblia Sagrada, Livro de Isaías, capítulo 40, versículos 7 e 8).

RESUMO

O magnésio é um eletrólito fundamental para a homeostase fisiológica e possui diversas funções intracelulares e extracelulares. É apresentado de três formas no organismo, sendo elas: ionizado ou livre, ligado a proteínas, ou formando complexos com substâncias como citrato, fosfato ou lactato. A fração biologicamente ativa é a ionizada (iMg), e, portanto, é recomendada sua avaliação para mensuração sérica e análise da depleção ou elevação dos níveis de magnésio no organismo. Este estudo objetivou analisar os níveis de iMg em 280 cães e gatos atendidos no Hospital Veterinário da Universidade Federal de Jataí, a fim de verificar possíveis correlações com outros parâmetros iônicos, metabólicos e hematológicos e alterações clínicas. Cães hígidos apresentaram médias de iMg de $0,57 \pm 0,07$ e gatos hígidos, médias elevadas de $0,64 \pm 0,07$. Os animais atendidos foram distribuídos em grupos segundo a enfermidade ou o procedimento a ser realizado. Os grupos de cães que apresentaram médias com valores acima de $0,61 \text{ mmol/L}$ e $0,58 \text{ mmol/L}$ para gatos, valor este considerado como referência conforme literatura recente, são citados a seguir: cães com distúrbios do trato urinário ($0,62 \pm 0,13$), endócrinos ($0,64 \pm 0,13$), e cardiopulmonares ($0,67 \pm 0,17$); e, gatos com distúrbios do trato urinário ($0,71 \pm 0,10$), *check-up* de animais hígidos ($0,64 \pm 0,07$) e doenças oncológicas ($0,91 \pm 0,19$). Foram utilizados o teste de correlação de Pearson e a Análise de Componentes Principais (ACP) para análise dos dados, considerando significativo quando $p \leq 0,05$. Após análise estatística dos dados coletados e considerando a metodologia aplicada, não foi observada uma correlação forte entre os grupos de enfermidades e os níveis de iMg, bem como, com os parâmetros iônicos, metabólicos, hematológicos dos animais do presente estudo.

Palavras-chave: Cães, Eletrólitos, Felinos, Ionizável, Magnésio.

ABSTRACT

Magnesium is a fundamental electrolyte for physiological homeostasis and has several intracellular and extracellular functions. It is presented in three forms in the body, namely: ionized or free, bound to proteins, or forming complexes with substances such as citrate, phosphate or lactate. The biologically active fraction is the ionized (iMg), and, therefore, its evaluation is recommended for serum measurement and analysis of depletion or elevation of magnesium levels in the body. This study aimed to analyze the iMg levels in 280 dogs and cats treated at the Veterinary Hospital of the Federal University of Jataí, in order to verify possible correlations with other ionic, metabolic and hematological parameters and clinical changes. Healthy dogs had mean iMg of $0,57 \pm 0,07$ and healthy cats had high means of $0,64 \pm 0,07$. The animals treated were divided into groups according to the disease or procedure to be performed. The groups of dogs that presented means with values above $0,61 \text{ mmol/L}$ and $0,58 \text{ mmol/L}$ for groups of cats, a value considered as a reference according to recent literature, are mentioned below: dogs with urinary tract disorders ($0,62 \pm 0,13$), endocrine ($0,64 \pm 0,13$), and cardiopulmonary ($0,67 \pm 0,17$); and cats with urinary tract disorders ($0,71 \pm 0,10$), check-up of healthy animals ($0,64 \pm 0,07$) and oncological diseases ($0,91 \pm 0,19$). Pearson's correlation test and Principal Component Analysis (PCA) were used for data analysis, considering it significant when $p \leq 0.05$. After statistical analysis of the collected data and considering the methodology applied, a strong correlation was not observed between the groups of diseases and iMg levels, as well as with the ionic, metabolic, and hematological parameters of the animals in the present study.

Keywords: Dogs, Electrolytes, Cats, Ionizable, Magnesium.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
LISTAS DE ABREVIATURAS	xiv
1 REFERENCIAL TEÓRICO	15
1.1 Distribuição e homeostase do magnésio	15
1.2 Importância fisiológica do magnésio no organismo	16
1.3 Alterações dos níveis de Mg	18
CAPÍTULO 1	21
INTRODUÇÃO	25
MATERIAIS E MÉTODOS	26
<i>Animais</i>	26
<i>Delineamento experimental</i>	26
<i>Análise Estatística</i>	28
RESULTADOS	29
DISCUSSÃO	31
CONCLUSÃO	34
<i>Fabricantes</i>	34
<i>Aprovação do comitê de ética</i>	35
<i>Declaração de interesses</i>	35
REFERÊNCIAS	35

LISTAS DE ABREVIATURAS

Mg – Magnésio
tMg – Magnésio total
iMg – Magnésio ionizado
ATP – Adenosina Trifosfato
Ca – Cálcio
ACP – Análise de Componentes Principais
FA – Fosfatase alcalina
ALT – Alanina aminotransferase
EDTA – Ácido etilenoaminotetracético
RPM – Rotações Por Minuto
pH – Potencial de hidrogênio
HCO₃ – Bicarbonato
DB – Déficit de base
EB – Excesso de base
Na – Sódio
K – Potássio
iCa – Cálcio ionizado
Cl – Cloro
AG – Ânion GAP
DP – Desvio Padrão
CEUA – Comissão de Ética no Uso de Animais

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Distribuição e homeostase do magnésio

O magnésio (Mg) é um cátion envolvido em centenas de reações enzimáticas, responsáveis por desenvolver importantes ações no metabolismo energético. Os ossos são os principais sítios de depósito do magnésio total do organismo, estando a maior parte armazenada neste tecido, formando complexos de cristais de apatita em uma relação com o cálcio (Ca) de 50:1, sendo o cálcio predominante (ELIN, 1994).

Aproximadamente 20-30% do total de Mg ósseo atua como íon de superfície, portanto, a troca com o magnésio sérico ocorre livremente. Os ossos servem como fonte de reserva, e liberam Mg se a concentração sérica estiver baixa, assim como, o armazenam em excesso se as concentrações estiverem elevadas, regulando os níveis séricos. Trata-se, portanto, de um local importante para sítios de troca rápida de Mg, mas, apesar de ser o principal sítio de armazenamento do organismo, a aferição sua em tecido ósseo ainda é inviável (ELIN, 1994; ALEXANDER et al., 2008).

A porção sérica e presente nas hemácias, representa aproximadamente 1% do magnésio corporal total (tMg). Embora o Mg esteja em pequena porcentagem nesta fração, esta reproduz a forma mais fidedigna possível do tMg, e constitui um meio acessível para amostragem e dosagem laboratorial (ELIN, 1994).

O magnésio sérico pode ser classificado em três frações: livre ou ionizado (iMg) (55%), ligado a proteínas (20-30%) ou formando complexos com ânions como bicarbonato, fosfato, citrato ou sulfato (15-25%). Apesar destas frações, a biologicamente ativa é a porção ionizada (JAHNEN-DECHENT e KETTELER, 2012).

A homeostase do Mg é mantida principalmente através do trato gastrointestinal, ossos e dos rins. O intestino é capaz de realizar sua absorção em toda sua extensão, sendo que, a maior parte é absorvida no íleo, seguida da participação do cólon e jejuno. A absorção pode ocorrer de forma paracelular passiva, fluindo através das células epiteliais em razão de seu gradiente eletroquímico, ou transcelular ativa, via proteínas de membrana (ALEXANDER et al., 2008).

Os rins atuam na regulação do magnésio, executando sua excreção e reabsorção, e assim, controlando sua concentração dentro dos limites adequados. Quando há o aumento de magnésio corporal em razão de seu consumo elevado, há

maior excreção renal a fim de manter níveis seguros. Cada segmento do néfron exerce um papel importante para a homeostase do referido íon, sendo que, de todo o Mg filtrado, 10-15% é reabsorvido no túbulo proximal e 60-70% no ramo ascendente da alça de Henle. Na urina, a proporção final é controlada por fatores hormonais e não-hormonais na porção distal do túbulo, pois trata-se do último local onde ocorre reabsorção (CORTES e MOSES, 2007).

Disfunções renais são frequentemente associadas à maior perda de Mg, e consequentemente, podem estabelecer um quadro de hipomagnesemia. A etiologia de tal deficiência pode estar ligada à ausência ou mal funcionamento de proteínas de membrana, presentes em diferentes segmentos do néfron, e que são responsáveis pela reabsorção do Mg e manutenção de seu equilíbrio fisiológico (HANSEN, 2000; ALEXANDER et al., 2008).

A biodisponibilidade do Mg desempenha um importante papel na absorção intestinal, sendo que, as dietas que contém maior quantidade de ácidos graxos, oxalato, fosfato e fibras reduzem a biodisponibilidade de Mg, pois ligam-se a ele e impedem sua absorção. Dietas ricas em cálcio também podem alterar a absorção do íon. Alguns estudos demonstram que a vitamina D regula a absorção intestinal de Mg, e que o hormônio paratireóideo age diminuindo-o na porção excretada pelos rins (ROSOL e CAPEN, 1996).

1.2 Importância fisiológica do magnésio no organismo

O magnésio desempenha importantes funções no organismo, atuando de modo à manutenção da homeostase fisiológica. Sabe-se de sua atuação no sistema cardiovascular, executando papel fundamental na excitabilidade cardíaca, contração e condução dos impulsos nervosos e promoção de efeitos regulatórios junto ao cálcio, através de suas concentrações intracelulares e extracelulares. Pode ainda atuar como agente antiarrítmico, reduzindo a sobrecarga de cálcio intracelular e fornecendo suporte para a reposição de potássio intracelular, e assim, corrigindo a hipocalcemia (BATEMAN, 2017).

No sistema neuromuscular, a depleção do magnésio pode levar ao aumento da excitabilidade neuronal e transmissão neuromuscular, além de atuar nos casos de

distúrbios eletrolíticos com acúmulo de potássio extracelular, por promover o efeito permissivo para a saída do potássio das células em caso de hipomagnesemia (BATEMAN, 2017).

O Mg atua também em diversas funções metabólicas e é um eletrólito vital na produção de adenosina-trifosfato (ATP) em razão de sua participação como cofator para reações enzimáticas celulares. Pode ser usado como coenzima para a bomba de sódio-potássio-ATPase, responsável pela manutenção do gradiente iônico através das membranas celulares. Qualquer alteração na função da bomba ATPase por desequilíbrio do magnésio, pode afetar os gradientes de membranas e alterar as funções esqueléticas, musculares e cardíacas. Por consequência, está intimamente ligado à manutenção do balanço celular iônico e modulação do transporte de íons através de bombas de íons e canais iônicos, nos quais auxiliam na transdução de sinais e regulação dos níveis intracelulares de cálcio e potássio (BATEMAN, 2006).

No sistema nervoso central, pode desempenhar função analgésica com o bloqueio de canais N-metil-D-aspartato. Na depleção de Mg no organismo, frequentemente ocorre hipocalemia, pois há excesso de perda de potássio para o meio extracelular, com consequente excreção renal deste eletrólito, considerando o controle que o Mg exerce na saída de potássio da célula (BATEMAN, 2017; SHIN et al., 2020).

Em razão de seus efeitos nas diversas bombas de íons, o Mg desempenha uma função importante na regulação do tônus muscular liso, influenciando a regulação da pressão arterial. Em pacientes com hipomagnesemia é comum encontrar alterações cardiovasculares como a hipotensão, porém a causa dessa alteração ainda é desconhecida (FAWCETT, 1999).

Estudos demonstraram que cães doentes em estado crítico e hipomagnesêmicos manifestaram maior incidência de hiponatremia e hipocalemia, podendo sofrer de enfermidades neuromusculares e cardiovasculares de alto risco. A hipomagnesemia é um distúrbio eletrolítico também associado ao aumento do tempo de internação, prognóstico desfavorável e com maior taxa de mortalidade em pacientes com esta deficiência, quando comparados aos animais doentes com valor sérico normal (MARTIN et al., 1994; SCHULZ et al., 2018). Além disso, a presença de valores baixos de Mg no organismo, pode estar correlacionada com desequilíbrio ácido-base, hiperproteinemia e insuficiência renal (UNTERER et al., 2004).

1.3 Alterações dos níveis de Mg

As concentrações de magnésio mais aferidas na rotina médica veterinária têm sido de magnésio total, em razão da técnica mais aplicável e viabilidade financeira do exame. Porém, estudos demonstraram baixa correlação entre tMg e iMg, dificultando a correta percepção clínica do paciente examinado, e a conduta terapêutica a ser estabelecida, quando apenas a porção total do eletrólito é dosada (UNTERER et al., 2004; GÜSSOW et al., 2018).

A aferição de tMg inclui a apresentação sérica do eletrólito ionizado e de sua porção ligada a proteínas. Assim, quaisquer alterações nas proteínas plasmáticas – disfunção esta comum em pacientes criticamente enfermos – podem induzir à leitura errônea dos níveis biologicamente disponíveis de magnésio (RAYANA et al., 2005).

Atualmente, ainda são escassos os estudos que abordem os valores de referência de iMg para cães e gatos. Pouco é conhecido também sobre a etiologia da hipermagnesemia da fração de iMg nestas espécies, apesar de ser sugerido que esteja ligada principalmente à disfunção renal, por se tratar do principal órgão que atua em seu equilíbrio. Apesar de rara ocorrência, a hipermagnesemia por iMg indica doença grave e pode estar relacionada à alta mortalidade (GÜSSOW et al., 2018).

Pacientes em terapia intensiva frequentemente demonstram maiores desvios no equilíbrio de Mg e, conseqüentemente, podem desenvolver problemas mais graves nos sistemas cardiovasculares, neuromusculares e alterações metabólicas (MARTIN et al., 1994). Um estudo médico, verificou dismagnesemia com frequência em pacientes hospitalizados, e apontou prognóstico mais desfavorável na ocorrência de hipermagnesemia (CHEUNG PASITPORN et al., 2015).

Em razão da importância do magnésio para o funcionamento do organismo e sua manutenção fisiológica, o presente estudo visa examinar fatores e disfunções possivelmente ligados à depleção, excesso ou concentrações normais de iMg em pacientes veterinários hospitalizados.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, R.T. HOENDEROP, J.G.; BINDELS, R.J. Molecular determinants of magnesium homeostasis: insights from human disease. **Journal of the American Society of Nephrology**, v.19, p. 1451–1458, 2008.

BATEMAN, S.W. Disorders of magnesium: magnesium deficit and excess. In: DIBARTOLA, S.P. **Fluid, electrolyte and acid-base disorders in small animal practice**. 3ª edição. Filadélfia: Elsevier, p. 210–226, 2006.

BATEMAN, S.W.A. Quik Reference on Magnesium. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 47, p. 235–239, 2017.

CHEUNGPAKITPORN, W.; THONGPRAYOON, C.; QIAN, Q. Dysmagnesemia in Hospitalized Patients: Prevalence and Prognostic Importance. **Mayo Clinic Proceedings**, v. 90, n. 8, p. 1001–1010, 2015.

CORTES, Y.E; MOSES, L. Magnesium disturbances in critically ill patients. **Compendium: Continuing Education for Veterinarians**, v. 29, n.7, p. 420–427. 2007.

ELIN, R.J. Magnesium: the fifth but forgotten electrolyte. **American Journal of Clinical Pathology**, v. 102, n. 5, p. 616–622, 1994.

FAWCETT, W.J.; HAXBY, E.J.; MALE, D.A. Magnesium: Physiology and pharmacology. **British Journal of Anaesthesia**, v. 83, p.302–320, 1999.

GÜSSOW, A.; SCHULZ, N.; BAUER, N.; MORITZ, A. Hypermagnesiämie des ionisierten Magnesiums bei 199 Hunden. **Tierärztliche Praxis Ausgabe K: Kleintiere/Heimtiere**, v. 46, n. 6, p. 370–379, 2018.

HANSEN, B. Disorders of magnesium. In: DIBARTOLA, S.P. **Fluid Therapy in Small Animal Practice**. 2ª edição. Filadélfia: WB Saunders, 2000. p. 175–186.

JAHNEN-DECHENT, W.; KETTELER, M. Magnesium basics. **Clinical Kidney Journal**, v. 5, n. 1, p. 3–14, 2012.

MARTIN, L.G.; MATTESON, V.L.; WNGFIELD, W.E.; VAN PELT, D.R.; HACKETT, T.B. Abnormalities of Serum III Dogs: Incidence and Magnesium in Critically Implications. **The Journal of Veterinary Emergency and Critical Care**, v. 4, p. 1–15, 1994.

RAYANA, M.C.; BURNETT, R.W.; COVINGTON, A.K.; D'ORAZIO, P.; FOGH-ANDERSEN, N.; JACOBS, E.; KÜLPMANN, W.R.; KUWA, K.; LARSSON, L.; LEWENSTAM, A.; MAAS, A.H.; MAGER, G.; NASKALSKI, J.H.; OKORODUDU, A.O.; RITTER, C.; JOHN, A. Guidelines for sampling, measuring and reporting ionized magnesium in undiluted serum, plasma or blood: International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (IFCC): IFCC Scientific Division, Committee on Point of Care Testing. **Clinical Chemistry and Laboratory Medicine**, v. 43. n. 5, p. 564–569, 2005.

ROSOL, T.J.; CAPEN, C.C. Pathophysiology of calcium, phosphorus, and magnesium metabolism in animals. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 26, n. 5, p. 1155–1184, 1996.

SCHULZ, N.; GÜSSOW, A.; BAUER, N.; MORITZ, A. Magnesium bei Hund und Katze – physiologische Aspekte, Messung und Störungen im Magnesiumhaushalt. **Tierärztliche Praxis Ausgabe K: Kleintiere/Heimtiere**, v. 46, n. 1, p. 21–32, 2018.

SHIN, H.J.; NA, H.S.; DO, S.H. Magnesium and Pain. **Nutrients**, v. 12, n. 8, 2020.

UNTERER, S.; LUTZ, H.; GERBER, B.; GLAUS, T.M.; HÄSSIG, M.; REUSCH, C.E. Evaluation of a electrolyte analyzer for measurement of ionized calcium and magnesium concentrations in blood, plasma, and serum of dogs. **American Journal of Veterinary Research**, v. 65, n. 2, p. 183–187, 2004.

CAPÍTULO 1

Acta Scientiae Veterinariae ARTIGO DE PESQUISA

Correlações do iMg com Parâmetros Metabólicos, Iônicos e Hematológicos em Animais da Rotina do Hospital Veterinário – UFJ

Thalita de Castro Carvalho Santos¹, Kaline Ogliari¹, Antônio Carlos Severino Neto², Gabriel Lopes Germano², Jhennifer Baptista de Oliveira Diniz², Rodrigo Rodrigues Evangelista³ & Douglas Regalin⁴.

*Artigo baseado em dissertação apresentada pela autora em cumprimento parcial dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre. ¹Programa de Pós-graduação em Biociência Animal (PPGBA), Universidade Federal de Jataí (UFJ), Jataí, Brasil. ²Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Jataí (UFJ), Jataí, Brasil. ³Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (IBILCE), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Campus de São José do Rio Preto. ⁴Hospital Veterinário, Universidade Federal de Jataí (UFJ), Jataí, Brasil. CORRESPONDECE: Thalita de C. C. Santos [vet.thalitac@gmail.com – Tel: +55 (64) 999552244] Hospital Veterinário, Universidade Federal de Jataí (UFJ). BR 364 Km 195 Setor Parque Industrial n. 3800, Campus Jatobá (Cidade Universitária José Cruciano de Araújo) CEP: 75801-615 Jataí, GO, Brazil.

RESUMO

Introdução: O magnésio (Mg) é um eletrólito essencial para o organismo, podendo interferir em diversos mecanismos fisiológicos e causar severas consequências à homeostase em situações de desequilíbrio. A fração biologicamente ativa e, portanto, mais indicada para aferição é a ionizada (iMg). O objetivo do presente estudo foi avaliar a concentração sérica de iMg em cães e gatos hospitalizados, aferindo também outros parâmetros de gasometria venosa e aspectos hematológicos, correlacionando-os com as respectivas alterações clínicas observadas.

Materiais, Métodos & Resultados: Foram analisadas amostras de sangue de 280 cães e gatos provenientes da rotina do Hospital Veterinário da Universidade Federal de Jataí. Informações a respeito da anamnese, e exames gasométricos, hematológicos e bioquímicos foram colhidas para análise de correlação com os níveis de iMg obtidos na gasometria venosa. A análise estatística procedeu-se utilizando o teste de correlação de Pearson a fim de verificar o grau de

correlação entre as variáveis iMg e os diferentes parâmetros avaliados nos animais do estudo, e a Análise de Componentes Principais (ACP) para agrupar os indivíduos de acordo com sua variação e observar de forma mais consistente qual das variáveis apresentavam correlações positivas entre si. As diferenças foram consideradas significativas em $p \leq 0,05$. Cães hígidos apresentaram médias de iMg de 0,57 ($\pm 0,07$) e gatos hígidos, médias de 0,64 ($\pm 0,07$). Os animais atendidos foram distribuídos em grupos conforme a enfermidade apresentada ou o procedimento a ser realizado durante permanência hospitalar. Os grupos de cães que apresentaram médias com valores acima de 0,61 mmol/L e 0,58 mmol/L para gatos, valor este considerado como referência conforme literatura recente, são citados a seguir: cães com distúrbios do trato urinário (0,62 $\pm$ 0,13), endócrinos (0,64 $\pm$ 0,13), e cardiopulmonares (0,67 $\pm$ 0,17); e, gatos com distúrbios do trato urinário (0,71 $\pm$ 0,10), *check-up* de animais hígidos (0,64 $\pm$ 0,07) e doenças oncológicas (0,91 $\pm$ 0,19). Após análise estatística dos dados coletados, e, considerando a metodologia aplicada, não foi observada uma correlação forte entre os grupos de enfermidades e os níveis de iMg, bem como, com os parâmetros iônicos, metabólicos, hematológicos dos animais do presente estudo.

Discussão: Apesar de não haver correlação, valores médios de iMg acima do intervalo de referência considerado para este estudo foram encontrados para cães e gatos em diferentes grupos. Cães com distúrbios do trato urinário, que incluíram apresentação de doença renal crônica, nefrolitíase, obstrução uretral, infecção do trato urinário inferior e cistite, apresentaram médias elevadas de iMg, resultados semelhantes aos obtidos a outros trabalhos que correlacionam os níveis de iMg ao estado clínico de animais hospitalizados. Foram observados oito cães classificados no grupo de distúrbios cardiopulmonares que apresentaram uma média elevada para iMg. A ausência de correlações fortes entre os níveis de iMg e os parâmetros iônicos, metabólicos e hematológicos dos animais avaliados, foi verificada neste estudo. Entretanto, ainda não foi possível elucidar se a ausência de correlação está ligada ao

baixo número de animais em cada grupo ou em razão da inexistência de associações entre as variáveis.

Conclusão: O presente estudo constatou que não houve correlação direta entre os níveis iMg com outros parâmetros hemogasométricos e hematológicos, considerando a metodologia e o *n* empregados. Não foi possível afirmar que há diferença significativa na concentração de iMg em cães e gatos hígidos ou com diferentes alterações clínicas detectadas durante sua permanência hospitalar. Sugere-se para estudos prospectivos, distribuir os animais enfermos de forma mais homogênea e em maior número em cada grupo, podendo assim favorecer a observação de possíveis correlações das enfermidades, por estes apresentados com os níveis de iMg e suas consequências iônicas, metabólicas e hematológicas.

Palavras-Chave: Cães, Eletrólitos, Felinos, Ionizável, Magnésio.

ABSTRACT

Introduction: Magnesium (Mg) is an essential electrolyte for the body, which can interfere in several physiological mechanisms and cause severe consequences to homeostasis in situations of imbalance. The biologically active fraction and, therefore, more suitable for measurement is the ionized (iMg). The aim of the present study was to evaluate the serum concentration of iMg in hospitalized dogs and cats, also measuring other parameters of venous blood gases and hematological aspects, correlating them with the respective observed clinical changes.

Materials, Methods & Results: Blood samples from 280 dogs and cats from the routine of the Veterinary Hospital of the Federal University of Jataí were analyzed. Information regarding the anamnesis, and gasometric, hematological and biochemical tests were collected for correlation analysis with the iMg levels obtained in the venous blood gas analysis. The statistical analysis was carried out using the Pearson correlation test in order to verify the degree of correlation between the iMg variables and the different parameters evaluated in the study animals, and the

Principal Component Analysis (PCA) to group the individuals according to with its variation and observe more consistently which of the variables showed positive correlations with each other. Differences were considered significant at $p \leq 0,05$. Healthy dogs had a mean iMg of 0,57 ($\pm 0,07$) and healthy cats had a mean of 0,64 ($\pm 0,07$). The animals treated were divided into groups according to the disease presented or the procedure to be performed during hospital stay. The groups of dogs that presented means with values above 0,61 mmol/L and 0,58 mmol/L for cats, a value considered as a reference according to recent literature, are mentioned below: dogs with urinary tract disorders ($0,62 \pm 0,13$), endocrine ($0,64 \pm 0,13$), and cardiopulmonary ($0,67 \pm 0,17$); and cats with urinary tract disorders ($0,71 \pm 0,10$), check-up of healthy animals ($0,64 \pm 0,07$) and oncological diseases ($0,91 \pm 0,19$). After statistical analysis of the collected data, and considering the methodology applied, a strong correlation was not observed between the groups of diseases and iMg levels, as well as with the ionic, metabolic, and hematological parameters of the animals in the present study.

Discussion: Although there is no correlation, mean iMg values above the reference range considered for this study were found for dogs and cats in different groups. Dogs with urinary tract disorders, which included presentation of chronic kidney disease, nephrolithiasis, urethral obstruction, lower urinary tract infection and cystitis, had high iMg means, results similar to those obtained in other studies that correlate iMg levels to clinical status of hospitalized animals. Eight dogs classified in the group of cardiopulmonary disorders that presented a high mean for iMg were observed. The absence of strong correlations between iMg levels and ionic, metabolic and hematological parameters of the evaluated animals was verified in this study. However, it has not yet been possible to elucidate whether the absence of correlation is linked to the low number of animals in each group or due to the lack of associations between the variables.

Conclusion: The present study found that there was no direct correlation between iMg levels with other hemogasometric and hematological parameters, considering the methodology and n used. It was not possible to state that there is a significant difference in the concentration of iMg in healthy dogs and cats or those with different clinical changes detected during their hospital stay. It is suggested for prospective studies to distribute the sick animals more homogeneously and in greater numbers in each group, thus favoring the observation of possible correlations of the diseases, presented by these with the levels of iMg and its ionic, metabolic and hematological consequences.

Keywords: Dogs, Electrolytes, Cats, Ionizable, Magnesium.

INTRODUÇÃO

O magnésio (Mg) é um eletrólito essencial para o organismo, e desempenha diversas funções intracelulares e extracelulares. Pode ser encontrado na porção sérica de três diferentes formas: ionizado ou livre (55%), ligado a proteínas (20-30%), ou formando complexos com substâncias como citrato, fosfato ou lactato (15-25%). Contudo, apenas a sua fração ionizada (iMg) é biologicamente ativa e, portanto, tem sido associada à resultados mais compatíveis com a depleção ou excesso do eletrólito no organismo [1, 23].

A hipomagnesemia (déficit de magnésio) é um distúrbio eletrolítico que pode estar associado ao aumento do tempo de internação hospitalar, prognóstico desfavorável e maior taxa de mortalidade em pacientes [18,21].

Há intensa pesquisa sobre magnésio e sua correlação clínica na medicina, porém, na medicina veterinária há um menor volume de periódicos publicados que avaliam o iMg sérico com o objetivo de correlacionar suas informações com a clínica apresentada pelo animal.

O objetivo do presente estudo foi avaliar a concentração sérica de iMg em cães e gatos hospitalizados, medindo conjuntamente outros parâmetros de gasometria venosa e aspectos hematológicos, e verificando sua possível correlação, também, com alterações clínicas apresentadas pelos respectivos animais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Animais

Os animais utilizados no estudo foram provenientes da rotina do Hospital Veterinário da Universidade Federal de Jataí, com o consentimento dos tutores. Foi utilizado o recrutamento aberto, permitindo que os dados fossem representativos da realidade hospitalar. Assim, foram coletados amostras e dados do maior número possível de animais atendidos no departamento clínico, cirúrgico e anestésico do hospital durante o período do estudo.

Delineamento experimental

Após a entrada dos pacientes no serviço de clínica médica veterinária da universidade, estes foram submetidos à completa identificação e anamnese para registro de informações como: espécie, raça, sexo, idade, peso, escore corporal, estado de fertilidade, tipo de alimentação, medicações em uso, doenças pregressas e suspeita clínica do médico veterinário.

Animais que tiveram indicação médica veterinária de análise de parâmetros sanguíneos, tiveram amostras venosas colhidas tanto para os respectivos exames específicos para fins diagnósticos, como para análise hemogasométrica, junto ao laboratório de patologia clínica do Hospital Veterinário da UFJ.

Os exames de hemograma completo analisaram os seguintes parâmetros: contagem total de eritrócitos ($\times 10^6/\mu\text{L}$), volume globular (%) e contagem total de leucócitos ($\times 10^3/\mu\text{L}$). As

análises bioquímicas solicitadas, avaliaram níveis séricos de fosfatase alcalina (FA) (UI/L), alanina aminotransferase (ALT) (UI/L), ureia (mg/dL) e creatinina (mg/dL).

Para realização dos hemogramas, 2 mL de sangue puncionados da veia jugular, foram acondicionados em frasco contendo ácido etilenodiaminotetracético (EDTA)¹ a 10%, resultando na proporção de 20µl/mL de sangue. Para as bioquímicas séricas, 2 mL de sangue puncionados da veia jugular foram acondicionados em frasco sem anticoagulante¹, posteriormente centrifugados² a 2000 rotações por minuto (RPM) por 10 minutos, para então separação do soro para análise.

Para os exames de hemogasometria, 2 mL de sangue foram puncionados da veia jugular, utilizando-se seringa específica³ heparinizada, a fim de evitar efeitos deletérios à leitura de Mg e Ca relacionados a outros anticoagulantes. O uso da heparina é recomendado como anticoagulante para aferição de iMg, pois quando utilizado na concentração adequada em proporção à amostra, causa efeitos mínimos no iMg do plasma [20]. Imediatamente após a colheita, o sangue era cuidadosamente homogeneizado, para que possíveis bolhas de ar existentes fossem retiradas, e a seringa pudesse ser então ocluída, conforme protocolo do fabricante⁴, até a realização das análises em equipamento específico⁴. O aparelho empregado na leitura das amostras dispõe da tecnologia do método eletrodo seletivo de íons de magnésio [20]. Amostras com presença de hemólise foram descartadas, e os respectivos pacientes excluídos do estudo, em razão da influência que a hemólise pode provocar na análise de eletrólitos, incluindo o magnésio [16, 17]. Este forneceu os resultados de glicose (mg/dL), potencial de hidrogênio (pH); bicarbonato (HCO_3^- ; mEq/L); déficit ou excesso de base (DB ou EB; mEq/L); Sódio (Na^+ ; mmol/L), Potássio (K^+ ; mmol/L), Cálcio ionizado (iCa; mmol/L), Magnésio ionizado (iMG; mmol/L); Cloro (Cl; mmol/L) e Ânion GAP (AG; mmol/L). Os valores encontrados revelaram que a técnica empregada e precisão do aparelho foram adequadas [14], atendendo as necessidades do presente estudo.

Atualmente não existem relatos de parâmetros considerados normais para cães e gatos utilizando-se a mesma metodologia do presente estudo. Entretanto, para parâmetro referencial, foram utilizados valores obtidos de estudos que empregaram técnicas e aparelhos semelhantes, que encontraram resultados de iMg que variaram de 0,41 a 0,61 mmol/L para cães [9] e 0,43 a 0,58 mmol/L para gatos [13].

Os animais foram primeiramente separados em atendimentos de cães e gatos. Depois os cães foram subdivididos, de acordo os atendimentos realizados, da seguinte forma: animais hígidos em avaliação rotineira, portadores de doenças infecciosas, portadores de doenças ou que realizaram procedimentos cirúrgicos ortopédicos, neuromusculares, neurológicos ou por trauma, portadores de doenças do trato urinário, portadores de doenças oncológicas, portadores de doenças do trato digestório, portadores de doenças ou que realizaram procedimentos cirúrgicos do trato reprodutivo, portadores de doenças dermatológicas, portadores de doenças endócrinas, portadores de doenças ou que realizaram procedimentos cirúrgicos oftálmicos e portadores de doenças cardiopulmonares. Os gatos foram subdivididos em animais hígidos em avaliação rotineira, portadores de doenças do trato urinário, portadores de doenças ou que realizaram procedimentos cirúrgicos ortopédicos, neuromusculares, neurológicos ou por trauma, portadores de doenças do trato digestório e portadores de doenças oncológicas. Em seguida foi realizada verificação de possíveis correlações positivas entre os subgrupos, dentro de cada espécie.

Análise Estatística

A análise estatística foi executada com auxílio do *software* estatístico *Statistica 7.0*. A fim de verificar o grau de correlação entre as variáveis iMg e os diferentes parâmetros avaliados nos animais do estudo, foi utilizado o teste de correlação de Pearson [7]. Com o objetivo de agrupar os indivíduos de acordo com sua variação e observar de forma mais consistente quais

variáveis apresentavam correlações positivas entre si, foi utilizada a Análise de Componentes Principais (ACP) [11]. As diferenças foram consideradas significativas em $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

Durante o período de aproximadamente um ano e meio, foram realizadas análises de 235 cães, sendo 144 fêmeas e 91 machos, com idade média de 5 anos. Cento e setenta cães eram animais férteis e 65 animais eram castrados. Os gatos inclusos representaram um total de 45 animais, com 35 fêmeas e 10 machos, possuindo idade média de 2,5 anos. Vinte e quatro gatos eram animais férteis e 21 animais eram castrados.

Os valores médios de iMg, com os respectivos desvios padrão (DP) de cada subgrupo de cães é apresentado na Tabela 1, e dos gatos na Tabela 2.

Tabela 1. Número absoluto e relativo de cães de acordo com diagnóstico, suspeita ou procedimento, atendidos no Hospital Veterinário da UFJ em um ano e meio, com respectivos valores médios $\pm$ DP de iMg (mmol/L), em relação ao parâmetro de referência adotado para cães de 0,41 a 0,61 (mmol/L).

Distúrbio/procedimento	Número de animais	iMg médio$\pm$DP
<i>Check-up</i> de animais hígidos	35 (15%)	0,57 $\pm$ 0,07
Doenças infecciosas	36 (15,3%)	0,59 $\pm$ 0,16
Distúrbios/procedimentos ortopédicos, neuro-musculares, neurológicos e traumáticos	33 (14%)	0,57 $\pm$ 0,10
Distúrbios do trato urinário	27 (11,4%)	0,62 $\pm$ 0,13
Doenças oncológicas	26 (11%)	0,57 $\pm$ 0,10
Distúrbios digestivos	21 (9%)	0,59 $\pm$ 0,11
Distúrbios/procedimentos reprodutivos	19 (8%)	0,60 $\pm$ 0,10
Doenças dermatológicas	16 (7%)	0,58 $\pm$ 0,11

Distúrbios endócrinos	6 (2,9%)	0,64±0,13
Distúrbios/procedimentos oftálmicos	7 (3%)	0,56±0,04
Distúrbios cardiopulmonares	8 (3,4%)	0,67±0,17
Total	235 (100%)	-

214

Tabela 2: Número absoluto e relativo de gatos de acordo com diagnóstico, suspeita ou procedimento, atendidos no Hospital Veterinário da UFJ em um ano e meio, com respectivos valores médios±DP de iMg (mmol/L), em relação ao parâmetro de referência adotado para gatos de 0,43 a 0,58 (mmol/L).

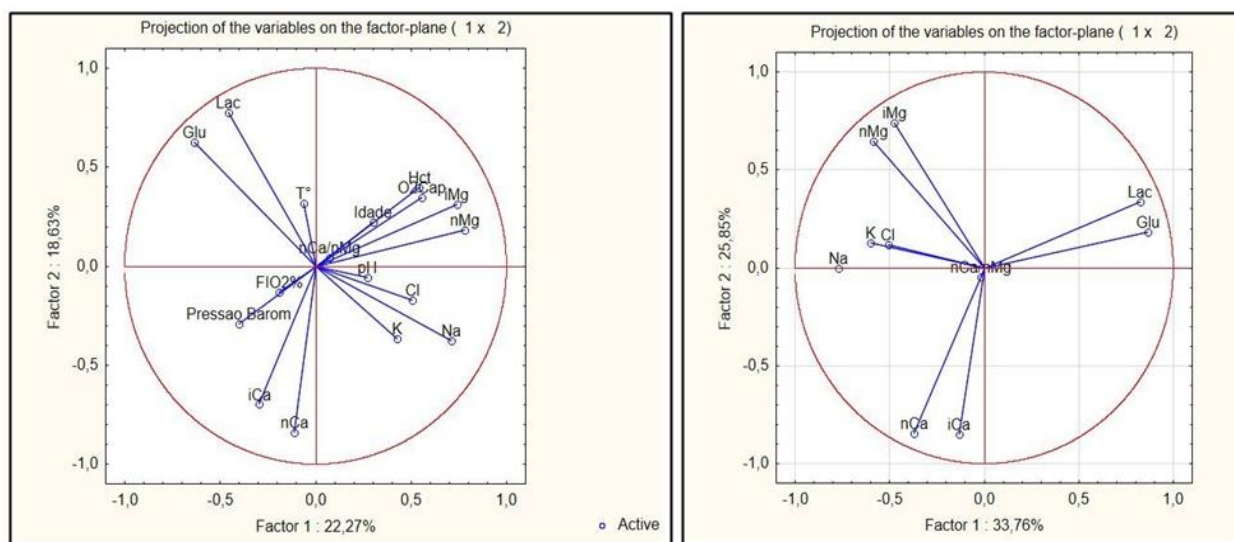
Distúrbio/procedimento	Número de animais	iMg médio±DP
<i>Check-up</i> de animais hígidos	28 (62%)	0,64±0,07
Distúrbios do trato urinário	8 (18%)	0,71±0,10
Distúrbios/procedimentos ortopédicos, neuro-musculares, neurológicos e traumáticos	4 (9%)	0,58±0,04
Distúrbios digestivos	3 (7%)	0,54±0,12
Doenças oncológicas	2 (4%)	0,91±0,19
Total	45 (100%)	-

215 Alguns grupos de animais apresentaram médias superiores (cães > 0,61 mmol/L; gatos
 216 > 0,58 mmol/L) aos níveis de iMg adotados como referência para este estudo. Os grupos de
 217 cães hospitalizados com hipermagnesemia, foram mais evidentes em animais com distúrbios
 218 do trato urinário, distúrbios endócrinos e distúrbios cardiopulmonares. Os gatos que
 219 demonstraram níveis elevados para iMg, foram os pertencentes aos grupos de *check-up* de

animais hígidos, distúrbios do trato urinário e doenças oncológicas. Nenhum grupo do presente estudo exibiu médias abaixo da referência para iMg.

Apesar de médias elevadas para concentração sérica de iMg em alguns grupos, não foi possível afirmar correlação forte ($p \leq 0,05$) entre as enfermidades e os níveis de iMg dos animais do estudo. Do mesmo modo, não foram encontradas associações entre as dosagens de íons (Na^+ , K^+ , iCa e Cl), parâmetros metabólicos (pH, HCO_3^- , glicose e DB ou EB), bioquímicas séricas (ALT, FA, creatinina e ureia), e hemograma (contagem total de eritrócitos, volume globular e contagem total de leucócitos) com os níveis de iMg apresentados pelos animais inclusos no estudo. A Figura 1 apresenta os gráficos obtidos após análise ACP.

Figura 1: Gráficos demonstrando ausência de correlação entre a variáveis, obtidos após análise ACP.



DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste estudo demonstraram não haver correlações fortes entre os parâmetros metabólicos, iônicos, hematológicos, e distúrbios clínicos com os níveis de iMg dos pacientes da rotina hospitalar. No entanto, os valores médios de iMg de alguns grupos foram

234 encontrados acima do intervalo de referência considerado, podendo ser julgados como grupos
235 de pacientes hipermagnesêmicos.

236 Os grupos de cães e gatos com doenças relacionadas ao trato urinário, incluem a
237 apresentação de doença renal crônica, nefrolitíase, obstrução uretral, infecção do trato urinário
238 inferior e cistite. Os animais pertencentes a estes grupos apresentaram hipermagnesemia.
239 Outros estudos que correlacionam os níveis de iMg ao estado clínico de animais hospitalizados
240 também observaram resultados correspondentes [4,9,18]. Este resultado pode estar ligado à
241 importante atribuição dos rins e trato urinário inferior na excreção e reabsorção do Mg,
242 podendo, inclusive, haver especulações futuras se níveis aumentados de iMg poderiam ser
243 utilizados como marcador de função renal. A ausência de correlação forte obtida após análise
244 estatística neste estudo, pode estar associada ao excesso de grupos categorizados, diminuindo
245 o *n* disponível em cada um deles e estabelecendo grupos demasiadamente heterogêneos. Outra
246 limitação do estudo foi a escassez de informações a respeito da evolução clínica, prognóstico e
247 taxa de mortalidade destes animais, pois seria possível classificar conforme o grau de
248 comprometimento renal, por exemplo, e assim, verificar se os níveis de iMg aumentados
249 relacionam-se com o prognóstico e maior taxa de mortalidade, como se obteve em estudos
250 anteriores [7].

251 Em situações de menor disponibilidade de Mg à célula, pode haver estresse oxidativo
252 à célula, podendo ocorrer modificações ao DNA e interferências nos mecanismos de reparo.
253 Assim, os níveis de Mg podem influenciar a ocorrência do processo carcinogênese [24]. Isto
254 posto, animais com distúrbios oncológicos podem apresentar dismagnesemias séricas [3]. No
255 grupo de gatos com doenças oncológicas, foi detectada média elevada de iMg ($0,91 \pm 0,19$
256 mmol/L), resultado obtido também em outro estudo avaliando dismagnesemia em animais
257 hospitalizados [22]. Porém, o número de gatos com doenças neoplásicas do presente estudo

($n=2$) pode ter sido muito pequeno para afirmar consistentemente que há associação entre a alteração oncológica e a concentração de iMg elevada.

Doenças infecciosas e distúrbios do trato digestivo, podem ser relacionados à endotoxemia, incluindo em sua apresentação clínica vômito e diarreia, com importante perda de eletrólitos, incluindo o magnésio [12]. Porém, a ausência de correlação significativa entre iMg e outros fatores em animais com possível endotoxemia, como animais com doenças infecciosas, por exemplo, também esteve presente em estudo com endotoxemia induzida em cães [10]. Entretanto, os estudos citados dispunham de uma maior gama de exames para diagnóstico dos animais com endotoxemia (natural ou induzida). Esta pode ter sido uma limitação do presente estudo, considerando o menor número de exames realizados e acompanhamento do paciente, que podem dificultar a classificação definitiva desses animais com choque endotóxico, e, portanto, a verificação de suas alterações de forma fidedigna.

Dismagnesemias tem sido associadas a alterações cardiovasculares, como fraqueza muscular e arritmias cardíacas. São arritmias não responsivas a terapia convencional antiarrítmica, porém demonstram resolução quando realizada infusão endovenosa de Mg. Dentre as diferentes anormalidades cardiovasculares observadas em humanos com deficiência de Mg, incluem-se: fibrilação atrial, síntoles atrial e ventricular prematura e taquicardia ventricular [19]. Porém, ainda que alguns trabalhos tenham relatado alterações cardiovasculares em pacientes dismagnesêmicos, um estudo em cães com arritmias secundárias à dilatação vólculo-gástrica não observou diferenças entre as concentrações séricas de Mg em pacientes com a alteração cardíaca e cães clinicamente normais [2]. Em nosso estudo foram observados oito cães classificados no grupo de distúrbios cardiopulmonares que apresentaram uma média elevada para iMg. Entretanto, deve-se considerar que houve uma baixa homogeneidade no grupo, pois incluiu pacientes com

alterações pulmonares (traqueobronquite, pneumonia e obstrução traqueal por corpo estranho) além de animais com comprometimento cardíaco especificamente.

A ausência de correlações fortes entre os níveis de iMg e os parâmetros iônicos, metabólicos e hematológicos dos animais avaliados, foi verificada neste estudo. Estudos semelhantes no que concerne à pesquisa de associações do Mg com parâmetros de animais e humanos com algum distúrbio e apresentação clínica alterada utilizaram um *n* maior [5,6,8,9,15], obtendo correlações mais expressivas em determinados casos, quando comparados ao presente estudo. Entretanto, ainda não foi possível elucidar se a ausência de correlação está ligada à baixa casuística de determinados grupos de animais doentes ou em razão da inexistência de associações entre as variáveis. Em geral, ainda não há um consenso na pesquisa sobre a interferência dos níveis de iMg em determinadas alterações clínicas e resultados laboratoriais de outros parâmetros [9].

CONCLUSÃO

O presente estudo constatou que, considerando a metodologia e o *n* empregados, não houve correlação forte entre os níveis iMg com outros parâmetros hemogasométricos e hematológicos. Não foi possível afirmar que há diferença significativa na concentração de iMg em cães e gatos hígidos ou com diferentes alterações clínicas detectadas durante sua permanência hospitalar.

Sendo assim, sugere-se novos estudos com maior *n* de animais doentes ou grupos de doenças específicas, para avaliação de possíveis correlações das enfermidades por estes apresentados com os níveis de iMg e, portanto, a observação mais concreta das dismagnesemias e possíveis consequências iônicas, metabólicas e hematológicas.

FABRICANTES

¹BD Vacutainer, Franklin Lakes, NJ, United States.

²Centrífuga Excelsa FANEM II 206-BL, Guarulhos, SP, Brazil.

³Sarstedt Monovette, North Rhine-Westphalia, Nümbrecht, Germany.

⁴Stat Profile Prime Plus VET, Nova Biomedical, Waltham, MA, United States.

Agradecimentos. Agradecemos à empresa Nova Biomedical por disponibilizar o aparelho para dosagem hemogasométrica neste trabalho.

Aprovação do comitê de ética. Este projeto foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Unidade Acadêmica Especial de Ciências Agrárias, Coordenação de Pesquisa e Inovação Tecnológica, sendo o Protocolo número 018-19.

Declaração de interesses. Os autores informam que não há conflitos de interesse. Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo e redação do artigo.

REFERÊNCIAS

- 1 **Bateman, S.W. 2017.** A Quik Reference on Magnesium. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 47(2). 235-239.
- 2 **Bebchuk T.N., Hauptman J.G., Braselton W.E., Walshaw R. 2000.** Intracellular magnesium concentrations in dogs with gastric dilatation-volvulus. *American Journal of Veterinary Research*. 61(11). 1415-1417.
- 3 **Brodzki A., Tatara M.R., Brodzki P. 2013.** Serum concentration of magnesium in dogs suffering from tumors of the perianal glands. *Magnesium Research*. 26(2). 87-92.
- 4 **Chacar F.C., Kogika M.M., Ferreira A.C., Kanayama K.K., Reche A. 2019.** Total serum magnesium in cats with chronic kidney disease with nephrolithiasis. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 21(12). 1172-1180.

- 5 **Cheungpasitporn W., Thongprayoon C., Qian Q. 2015.** Dysmagnesemia in Hospitalized Patients: Prevalence and Prognostic Importance. *Mayo Clinic Proceedings*. 90(8). 1001-1010.
- 6 **Cortes Y.E. & Moses L. 2007.** Magnesium disturbances in critically ill patients. *Compendium: Continuing Education for Veterinarians*. 29(7). 420-427.
- 7 **Figueiredo Filho D.B. & Silva Júnior J.A. 2009.** Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). *Revista Política Hoje*. 18(1). 115-146.
- 8 **Fincham S.C., Drobatz K.J., Gillespie T.N., Hess R.S. 2004.** Evaluation of plasma-ionized magnesium concentration in 122 dogs with diabetes mellitus: a retrospective study. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 18(5). 612-617.
- 9 **Güssow A., Schulz N., Bauer N., Moritz A. 2018.** Hypermagnesiämie des ionisierten Magnesiums bei 199 Hunden. *Tierärztliche Praxis Ausgabe K: Kleintiere Heimtiere*. 46(6). 370-379.
- 10 **Holowaychuk M.K., Birkenheuer A.J., Li, J., Marr H., Boll A., Nordone S.K. 2012.** Hypocalcemia and Hypovitaminosis D in Dogs with Induced Endotoxemia. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 26(2). 244-251.
- 11 **Hongyu K., Sandanielo V.L.M., Junior G.J.O. 2016.** Análise de Componentes Principais: Resumo Teórico, Aplicação e Interpretação. *E&S Engineering and Science*. 5(1). 83-90.
- 12 **Kalli I., Mylonakis M.E, Adamama-Moraitou K., Rallis T., Koutinas A.F. 2010.** Factors affecting the occurrence, duration of hospitalization and final outcome in canine parvovirus infection. *Research in Veterinary Science*. 89(2). 174-178.
- 13 **Jackson C.B. & Drobatz K.J. 2004.** Iatrogenic magnesium overdose: 2 case reports. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*. 14(2). 115-123.

- 14 **Jawa A., Motara F., Moolla M., Laher A.E. 2020.** A Comparative Assessment of the
Nova Stat Profile Prime Plus® Critical Care Analyzer. *Cureus*. 12(8):e9932. DOI:
10.7759/cureus.9932
- 15 **Khanna C., Lund, E.M., Raffe M., Armstrong P.J. 1998.** Hypomagnesemia in 188
Dogs: A Hospital Population Based Prevalence Study. *Journal of Veterinary Internal
Medicine*. 12(4). 304-309.
- 16 **Koseoglu M., Hur A., Atay A., Cuhadar S. 2011.** Effects of hemolysis interferences
on routine biochemistry parameters. *Biochemia Medica*. 21(1). 79-85.
- 17 **Lippi G., Salvagno G.L., Montagnana M., Brocco G., Guidi G.C. 2006.** Influence of
hemolysis on routine clinical chemistry testing. *Clinical Chemistry and Laboratory
Medicine*. 44(3). 311-316.
- 18 **Martin L.G., Matteson V.L., Wingfield W.E., Van Pelt D.R., Hackett T.B. 1994.**
Abnormalities of Serum III Dogs: Incidence and Magnesium in Critically Implications.
The Journal of Veterinary Emergency and Critical Care. 4(1). 15-20.
- 19 **Olerich M.A. & Rude, R.K. 1994.** Should we supplement magnesium in critically ill
patients? *New Horizons*. 2(2). 186-192.
- 20 **Rayana M.C., Burnett R.W., Covington A.K., D'Orazio P., Fogh-Andersen N.,
Jacobs E., Külpmann W.R., Kuwa K., Larsson L., Lewenstam A., Maas A.H.,
Mager G., Naskalski J.H., Okorodudu A.O., Ritter C., St John A. 2005.** Guidelines
for sampling, measuring and reporting ionized magnesium in undiluted serum, plasma
or blood: International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine

(IFCC): IFCC Scientific Division, Committee on Point of Care Testing. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 43(5). 564-569.

21 **Schulz N., Güssow A., Bauer N., Moritz A. 2018.** Magnesium bei Hund und Katze – physiologische Aspekte, Messung und Störungen im Magnesiumhaushalt. *Tierärztliche Praxis Ausgabe K: Kleintiere/Heimtiere*. 46(1). 21-32.

22 **Toll J., Erb H., Birnbaum N., Schermerhorn T. 2002.** Prevalence and incidence of serum magnesium abnormalities in hospitalized cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 16(3). 217-221.

23 **Unterer S., Lutz H., Gerber B., Glaus T.M., Hässig M., Reusch C.E. 2004.** Evaluation of an electrolyte analyzer for measurement of ionized calcium and magnesium concentrations in blood, plasma, and serum of dogs. *American Journal of Veterinary Research*. 65(2). 183-187.

24 **Wolf F.I., Maier J.A., Nasulewicz A., Feillet-Coudray C., Simonacci M., Mazur A., Cittadini A. 2007.** Magnesium and neoplasia: from carcinogenesis to tumor growth and progression or treatment. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 458(1). 24-32.

Legendas

Tabela 1. Número absoluto e relativo de cães de acordo com diagnóstico, suspeita ou procedimento, atendidos no Hospital Veterinário da UFJ em um ano e meio, com respectivos valores médios±DP de iMg (mmol/L), em relação ao parâmetro de referência adotado para cães de 0,41 a 0,61 (mmol/L).

Tabela 2. Número absoluto e relativo de gatos de acordo com diagnóstico, suspeita ou procedimento, atendidos no Hospital Veterinário da UFJ em um ano e meio, com

respectivos valores médios $\pm$ DP de iMg (mmol/L), em relação ao parâmetro de referência adotado para gatos de 0,43 a 0,58 (mmol/L).

Figura 1. Gráficos demonstrando ausência de correlação entre as variáveis, obtidos após análise ACP.