



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MEDICINA VETERINÁRIA

JOÃO LUCAS TENÓRIO DE SOUZA

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS VALORES DE PRESSÃO
INTRAOCULAR AFERIDOS POR TONÔMETROS DE APLANAÇÃO (TONO-PEN
AVIA®) E DE REBOTE (TONOVET PLUS®) EM GATOS SADIOS**

AREIA
2023

JOÃO LUCAS TENÓRIO DE SOUZA

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS VALORES DE PRESSÃO
INTRAOCULAR AFERIDOS POR TONÔMETROS DE APLANAÇÃO (TONO-PEN
AVIA®) E DE REBOTE (TONOVET PLUS®) EM GATOS SADIOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Medicina Veterinária.

Orientadora: Profa. Dra. Ivia Carmem Talieri

AREIA

2023

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S729e Souza, João Lucas Tenório de.

Estudo comparativo entre os valores de pressão intraocular aferidos por tonômetros de aplanção (Tono-Pen Avia®) e de rebote (TonoVet Plus®) em gatos saudáveis / João Lucas Tenório de Souza. - Areia:UFPB/CCA, 2023.

35 f. : il.

Orientação: Ivã Carmem Talieri.

TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Medicina Veterinária. 2. Oftalmologia. 3. Felis Catus. 4. Exame oftálmico. 5. Tonometria. I. Talieri, Ivã Carmem. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

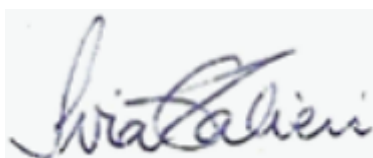
CDU 636.09(02)

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS VALORES DE PRESSÃO
INTRAOCULAR AFERIDOS POR TONÔMETROS DE APLANAÇÃO (TONO-PEN
AVIA®) E DE REBOTE (TONOVET PLUS®) EM GATOS SADIOS

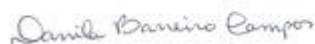
Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Medicina Veterinária.

Aprovado em: 09/11/2023.

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Ivia Carmem Talieri (Orientadora)
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Profa. Dra. Danila Barreiro Campos
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Prof. Me. Ismael de Oliveira Viegas
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

AGRADECIMENTOS

À natureza por ser sempre tão fascinante e ao destino por todas as escolhas que me trouxeram até aqui.

À minha mãe por todo o AMOR e educação, incentivo e apoio às minhas escolhas pessoais e profissionais. Por me incentivar, acolher e mostrar o caminho de alcançar este sonho e muitos outros, mesmo pequenos, que me fizeram chegar aqui, me ensinar o respeito e admiração pela vida, por todas as vidas e cada detalhe: a natureza, os animais, o carinho e as pequenas coisas. Grato por ter uma base forte a quem dedico todas as minhas conquistas, nunca eu sem um nós antes.

À minha família, que é, sempre foi e será o meu porto seguro, quem me fortalece durante toda a graduação. Especialmente minhas primas Suelen, Helena e Mariana Tenório pela amizade, companheirismo e serem este porto, quase um forte, por todos esses anos e muitos outros que virão. Ao marido de Suelen, Felipe Velez, minha referência e quem me deu meu primeiro gato, o Foguinho (e olha aonde eu cheguei!), por estar grande parte da minha infância comigo, por ter me ensinado a jogar videogame e usar o computador (até a falar outra língua eu aprendi por causa dele!), te devo TANTO e aprendi tanto. A filha da Helena e mãe do cachorro mais lindo do Rio de Janeiro, Nilza Evelyn Tenório, por ser essa criança (agora adolescente! Tempo, vá mais devagar por favor...) excepcional que me ensina humildade, inocência e delicadeza, todos os dias, seu amor pelos animais é lindo e espero um dia presenciar a realização de todos os seus sonhos. A Letícia Tenório que começou a dividir essa jornada areiense junto comigo, espero conseguir te ajudar e ser aquilo que um dia precisei nos momentos de solidão, conte comigo sempre, e agradeço também aos seus pais, meus padrinhos / tios e provavelmente tudo o que eu precisar que eles sejam (vocês são incríveis!), Betânia e Amauri por sempre me receberem tão bem, assim como auxiliarem e serem de fato um porto seguro. Tia Ivoneide, Tio Chico e Junior por me receberem de prontidão em suas casas durante o período de estágio. A mãe da Mariana, Tia Quininha, por ter feito uma das minhas melhores amigas (obrigado!) e ser essa pessoa incrível, sensível e verdadeira que me ensina, mostra, explica e gera muita admiração nas mais diversas ações e seguimentos da vida. Novamente a Helena Tenório que vai reclamar que escrevi pouco sobre ela, te amo muito, quase irmã.

À minha orientadora gigantesca e mãe acadêmica, incrível e inacreditável (como ela sabe tanto? Será se serei assim um dia?), professora, a senhora é luz e iluminou meu caminho na clínica médica com tanta delicadeza, atenção e companheirismo, muito obrigado por toda a acessibilidade, ensinamentos e oportunidades, já aprendi, cresci e evolui tanto, nesses anos. Devo muito à senhora! Agradeço por toda a orientação, por ser esse espelho profissional e pessoal, pelas correções e ensinamentos (sem isto eu não seria nem a metade do que sou). Agradeço a confiança depositada, por acreditar em mim e me permitir ser conduzido sobre a sua orientação, pela paciência e vontade desmedida em cooperar, ajudar e ensinar.

Às monitoras maravilhosas que passaram pela minha vida e me apaixonaram e dividiram comigo este segmento lindo da graduação: Rogéria Lima, Daniele Freitas, Victória Belarmino, Nathalia Lira, Maria Helena e Rayane Lopes.

Aos amigos e companheiros da graduação, em especial Bruna Segui Paraíso, Ana Livia Gomes, Gabriel Barbosa, Filipe Ribeiro, Davi Schuler, Tobias Soares, Victória Belarmino, Daniele Freitas, Daniel Lima, Gabriela Duarte, Mariana Lima, Vitória Maria; e aos queridos do GEMFEL-UFPB (maior grupo de estudos do planeta terra), em especial Carol Martins, Paula Gabrielle, Gaby Kretli, Lavínia Lemos, Gabriela Duarte, Judi Lopes e Thayna Siqueira, vocês foram essenciais para a minha jornada felina. Agradeço também ao maravilhoso professor Felipe Nael Seixas, pai do Montblanc e Dior, por tudo e tanto durante todos esses anos e a tantos outros que alegam e iluminam meus dias nessa cidade às vezes meio nublada. Obrigado pela trajetória ao meu lado, por segurarem minha mão quando eu ficava para trás ou os puxões de orelha nos raros momentos que errei (brincadeira!), agradeço pelo apoio, por compartilhar as dificuldades e alegrias, sonhos e realizações, por me entenderem, aconselharem e confiarem. O companheirismo foi imenso e a contribuição marcou minha vida pra sempre, nestes 5 anos mais delicados de todo o meu ser, vocês foram MUITO. Gratidão!

À professora Danila, assim como, Lídia e Ismael, por serem referências em tantos aspectos que não consigo listar, vocês são bondade, colaboração e muito aprendizado e essa pesquisa não seria a mesma sem vocês, não só pela realização deste estudo, mas por me permitirem conhecer pessoas tão excepcionais.

Por tantos que contribuíram de alguma forma para a conclusão deste ciclo. Meus sinceros agradecimentos!

RESUMO

O exame oftálmico constitui uma parte importante da avaliação clínica na rotina de atendimento médico de felinos, considerando-se a diversidade de afecções sistêmicas que podem se manifestar por meio de sinais oculares que afetam a pressão intraocular (PIO), sendo essa mensurada através de aparelhos como os tonômetros. No entanto, as informações sobre validações de tonômetros na espécie felina são escassas e, atualmente, há no mercado inúmeros modelos portáteis de tonômetros de aplanção e de rebote. Os aparelhos portáteis, na rotina, são os mais empregados para a mensuração da PIO na oftalmologia veterinária. O objetivo dessa pesquisa foi comparar os valores de PIO obtidos pelo tonômetro de aplanção do modelo Tono-Pen Avia® com os valores do tonômetro de rebote do modelo TonoVet Plus® em gatos domésticos sem alterações oculares. Foram avaliados 77 felinos (144 olhos) sadios, submetidos ao mesmo protocolo de aferição: sorteavam-se os olhos, realizava-se a aferição com o TonoVet Plus®, instilava-se o colírio anestésico e, após alguns minutos, procedia-se a aferição com o Tono-Pen Avia®. Para a análise estatística dos dados obtidos foram empregados o teste Anova, regressão linear e análise de Bland-Altman. Neste estudo, os valores de PIO obtidos com o TonoVet Plus® foram significativamente superiores, não havendo diferença entre os olhos direito e esquerdo. A média e desvio-padrão encontrados foram de $20,03 \pm 4,23$ mmHg com o TonoVet Plus® e de $14,04 \pm 3,12$ mmHg com o Tono-Pen Avia®. Os dados aqui apresentados permitirão que os clínicos interpretem os exames oftalmológicos realizados em felinos com ambos os tonômetros, pois os dois fornecem informações precisas e reprodutíveis, com baixa variabilidade.

Palavras-Chave: oftalmologia; *Felis catus*; exame oftálmico; tonometria.

ABSTRACT

The ophthalmic examination constitutes an important part of the clinical evaluation in routine medical care for felines, considering the diversity of systemic conditions that can be manifest through ocular signs that affect intraocular pressure (IOP), which is measured using devices such as tonometers. However, information on tonometer validations in feline species are scarce and, currently, there are numerous portable models of applanation and rebound tonometers on the market. Portable devices are routinely used to measure IOP in veterinary ophthalmology. The objective of this research was to compare the IOP values obtained by the applanation tonometer Tono-Pen Avia® with the values of the rebound tonometer TonoVet Plus® in domestic cats without ocular alterations. A total of 77 healthy cats (144 eyes) were evaluated. They were submitted to the same measurement protocol: first, the eyes were randomly selected and soon after, they were submitted to evaluation with the TonoVet Plus®. Anesthetic eye drops were instilled (Anestalcon®) and following the evaluation with the Tono-Pen Avia® was performed. Data were statistically analyzed by ANOVA test, linear regression and Bland-Altman. In this study, IOP values obtained with the TonoVet Plus® were significantly higher, with no differences between the right and left eyes. The mean IOP found were 20.03 ± 4.23 mmHg with the TonoVet Plus® and 14.04 ± 3.12 mmHg with the Tono-Pen Avia®. The data presented here will allow clinicians to interpret ophthalmological examinations performed on felines with both tonometers, as both provide accurate and reproducible information, with low variability.

Keywords: ophthalmology; *Felis catus*; ocular exam; tonometry

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	A) Examinadora realizando a mensuração da PIO em felino com o TonoVet Plus®. B) Paciente felino aclimatando-se aguardando avaliação oftálmica.....	23	:
Figura 2	Diagrama de dispersão com linha de regressão da PIO aferida em felinos (n=77 olhos) com o tonômetro de rebote TonoVet Plus® e com o tonômetro de aplanção Tono-Pen Avia®.....	25	:
Figura 3	Diagrama de Bland-Altman comparando a pressão intraocular em mmHg de felinos (n= 77 olhos) obtida por tonômetro de rebote TonoVet Plus® e o tonômetro de aplanção Tono-Pen Avia®.....	25	:

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valores de pressão intraocular (mmHg) aferidos com o tonômetro de rebote TonoVet Plus® e com o tonômetro de aplanação Tono-Pen Avia® em felinos (n = 144 olhos).....	24
Tabela 2	Valores de pressão intraocular (mmHg) aferidos com o tonômetro de rebote TonoVet Plus® e com o tonômetro de aplanação Tono-Pen Avia® nos olhos direito e esquerdo de felinos (n = 77 olhos)	24

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
FCov	Coronavírus felino
FHV-1	Herpesvírus Felino tipo 1
FIV	Imunodeficiência Viral Felina
FeLV	Leucemia Viral Felina
PIO	Pressão Intraocular

LISTA DE SÍMBOLOS

- \$ Dólar
- % Porcentagem
- © Copyright
- ™ Marca Comercial
- ® Marca Registrada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA	12
2	METODOLOGIA.....	22
3	RESULTADOS.....	24
4	DISCUSSÃO.....	26
5	CONCLUSÃO.....	29
	REFERÊNCIAS.....	30

1 INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA

Com o aumento da expectativa de vida dos gatos e considerando o crescimento exponencial desta espécie como pet (Daniel, 2014), uma maior atenção à saúde destes animais é cada vez mais requerida na medicina veterinária. Seguindo o advento da medicina veterinária preventiva, sobretudo em pacientes com idade avançada (Kroll; Miller; Rodan, 2001), o exame físico, laboratorial, mensurações de pressão arterial e um exame oftálmico de rotina são recomendados nos pacientes felinos (Lim; Maggs, 2012; Sandhas; Merle; Eule, 2018). Desse modo, a mensuração da pressão intraocular (PIO) constitui uma etapa importante do exame oftálmico (Andrade, 2008), visto que alterações neste parâmetro acompanham doenças oculares frequentes nos gatos, como glaucoma e uveíte, e que geralmente fazem parte de uma gama de sinais clínicos de afecções sistêmicas agudas ou crônicas que acometem a espécie (Lim; Maggs, 2012).

Em gatos, a uveíte endógena induzida por agente infeccioso é a causa mais frequente de uveíte, e as doenças infecciosas mais frequentemente registradas são a Coronavirose felina (FCoV), a Imunodeficiência Viral Felina (FIV) e a Leucemia Viral Felina (FeLV). No entanto, outros patógenos, como *Toxoplasma gondii*, *Cryptococcus* spp., Herpesvírus felino tipo 1 (FHV-1) (Andrew, 2001) e *Bartonella* spp. também foram relatados como causa de uveítes na espécie felina (Almeida *et al.*, 2023; Lim; Maggs, 2012; Pumphrey; Pirie; Rozanski, 2011; Stiles, 2014).

A principal causa do aparecimento de glaucoma no paciente felino são as uveítes, onde o glaucoma é denominado secundário. O glaucoma, em todas as espécies, é uma das condições de cegueira de tratamento mais desafiador, o que torna imprescindível o diagnóstico precoce. O seu diagnóstico baseia-se na determinação de valores elevados de PIO e, aqui é preciso distinguir duas condições, a hipertensão ocular e o glaucoma, que requerem diferenciação e acompanhamento para um tratamento assertivo. Para diferenciá-los, as PIOs precisam ser medidas com frequência e as tendências devem ser monitoradas cuidadosamente em resposta ao tratamento ou à falta dele (Grahn, 2023; Maggs, 2018).

Os fatores que afetam a PIO incluem a taxa de produção do humor aquoso pelo corpo ciliar, a resistência à passagem do humor aquoso através da rede trabecular e o nível de pressão exercida pelas veias episclerais (Kaufman *et al.*, 2005). A homeostase da PIO é mantida por um equilíbrio entre as taxas de produção e de

drenagem do humor aquoso através do ângulo de filtração iridocorneano, devendo ser taxas constantes (Colville, 2010; Renwick, 2014). Trata-se de um mecanismo complexo passivo e ativo que é conceituado pelo equilíbrio de formação e drenagem do humor aquoso (Glaze; Maggs; Plummer, 2021).

No olho saudável de um gato, o fluxo do humor aquoso gera um determinado valor de PIO, necessário para manter a forma e propriedades óticas adequadas do bulbo ocular (Goel, 2010). As principais estruturas oculares relacionadas com a dinâmica do humor aquoso são o corpo ciliar (local onde o humor aquoso é produzido), a malha trabecular e a via uveoescleral (principais locais de escoamento do humor aquoso) (Gum; Hendrix; Thomasy, 2021).

O corpo ciliar é formado por uma parte anterior denominada *pars plicata* e constituída pelos músculos e processos ciliares, e por uma parte posterior chamada de *pars plana* que se estende até a porção periférica da retina, servindo como terminação para os ligamentos zonulares da lente (Glaze; Maggs; Plummer, 2021; Gum; Hendrix; Thomasy, 2021; Slatter, 2005). A porção mais anterior do corpo ciliar é o ângulo iridocorneano, composto pela união da túnica corneoescleral, íris e porção anterior do corpo ciliar, que é a fenda ou seio cilioescleral. Dentro deste seio se localiza a malha trabecular, composta de filamentos de colágeno cruzados cobertos por células. Ao lado da rede trabecular encontram-se canais de coleta que drenam o humor aquoso para o plexo venoso intraescleral e, em seguida, para as veias do vórtice (Renwick, 2014; Slatter, 2005). Além da drenagem do humor aquoso exercida pela rede trabecular escleral, existe uma segunda via de saída através do corpo ciliar e da úvea anterior, denominada de drenagem uveoescleral. Frequentemente, os aumentos da PIO estão associados ao aumento de resistência nas duas vias de drenagem (Martin, 2010; Pippi; Gonçalves, 2009; Slatter, 2005).

O humor aquoso é responsável pelo suporte e pela remoção de metabólitos da córnea e da lente, uma vez que ambas são avasculares (Martin, 2010). A produção do humor aquoso ocorre no corpo ciliar por meio de três mecanismos, a secreção ativa pelo epitélio ciliar não pigmentado, a difusão e a ultrafiltração. O transporte ativo é o mecanismo mais importante na formação do humor aquoso e requer energia na forma de ATP para secretar os componentes contra um gradiente de concentração (Silva; Ferreira; Pinto, 2013). A difusão de solutos para o humor aquoso ocorre da área de maior para a área de menor concentração. E a ultrafiltração ocorre quando há diferença entre as forças de pressão hidrostática dos capilares do corpo ciliar e da

PIO. A taxa normal de produção de humor aquoso em felinos é cerca de 3 a 4 $\mu\text{l}/\text{min}$, (Slatter, 2005), e a homeostase deste gradiente é que gera a PIO.

Segundo Pierce-Tomlin, Shaughnessy e Hofmeister (2020), componentes extra e intraoculares podem afetar a PIO. Por exemplo, a compressão da veia jugular pode provocar vasodilatação e promover uma maior quantidade de sangue naquele local e, conseqüentemente, diminuir seu escoamento e aumentar a PIO. A capacidade de se obter uma medição precisa de PIO é crítica no diagnóstico e gerenciamento, por exemplo, de glaucoma em gatos. Rajaei *et al.* (2018) estudaram que em gatos a posição da cabeça e do corpo tem um efeito significativo na PIO, assim como em cães, cavalos e humanos. No entanto, diferentemente de cães e humanos, foi apontado neste estudo, que a compressão manual ipsilateral da veia jugular causa uma queda na PIO e a compressão manual bilateral não causa alteração nenhuma na PIO.

As causas intraoculares mais comuns que afetam a PIO são o glaucoma e a uveíte. O fator de risco mais importante para o desenvolvimento de glaucoma em humanos e animais é a PIO. No entanto, deve-se ter cautela no diagnóstico de glaucoma com base apenas em uma leitura única e elevada da PIO (McLellan, 2011). A PIO elevada na ausência de evidência clínica de glaucoma no nervo óptico e danos na retina se trata de hipertensão ocular, multifatorial. Sua distinção se dá por uma aferição fidedigna: com uma tonometria adequada, manejo e atenuação do estresse do paciente, assim como a realização de uma contenção adequada e boa anamnese para descarte de fatores corneanos que podem tornar o tonômetro impreciso (Stiles; Kimmitt, 2016).

A PIO aumenta devido à compressão externa do olho, devido à pressão direcionada ao músculo orbicular e conseqüente contração dos músculos extraoculares. Assim, deve-se atentar em como o olho é mantido aberto durante o procedimento (Rajaei, 2018). A melhor maneira de manter o olho aberto é pressionando suavemente as pálpebras com os dedos colocados na borda da região do osso da órbita (Renwick, 2014). Heinrich (2014) também ressaltou a importância da manipulação e contenção física adequadas do paciente ao aferir a PIO. A contenção deve ser mínima e a cabeça deve estar em posição horizontal, bem como é fundamental não pressionar a região cervical, pois a compressão da veia jugular aumenta a PIO, especialmente em animais braquicefálicos (Featherstone; Heinrich, 2021; Ghaffari; Gherekhloo, 2018). Pauli *et al.* (2006) realizaram um estudo no qual

se confirmou que a PIO aumenta significativamente quando se pressiona a região cervical.

Como a drenagem do humor aquoso pode ser afetada pela dilatação da pupila e pelo volume do aporte sanguíneo (Pierce-Tomlin; Shaughnessy; Hofmeister, 2020), variações no tamanho da pupila alteram a PIO. O olho em miose provoca um alargamento no ângulo iridocorneano aumentando, assim, a drenagem do humor aquoso e reduzindo esta pressão. De maneira oposta, a midríase estreita o ângulo iridocorneano e estabelece sua elevação (Gomez-Martinez *et al.*, 2019; Pierce-Tomlin; Shaughnessy; Hofmeister, 2020). Dessa maneira, os midriáticos tópicos só devem ser utilizados após a realização da tonometria (Featherstone; Heinrich, 2021). Esses colírios são compostos de tropicamida, cloridrato de fenilefrina ou sulfato de atropina, que são frequentemente empregados em pacientes para o exame de fundo de olho, sendo de suma importância respeitar a ordem do exame oftálmico a fim de uma avaliação fidedigna da PIO (Kovalcuka *et al.*, 2017).

Medicamentos com efeitos na produção e na taxa de escoamento do humor aquoso e fármacos que tenham efeitos parassimpático ou simpático sobre o tônus muscular extraocular também podem afetar diretamente a PIO (Jang *et al.*, 2021).

Algumas drogas pré-anestésicas podem causar o aumento da PIO, como é o caso da acepromazina (Micieli *et al.*, 2018). Em contrapartida, a detomidina e a dexmedetomidina foram relatadas como fármacos seguros para a PIO (Kanda *et al.*, 2015; Micieli *et al.*, 2018; Mrazova *et al.*, 2018). Além disso, a gabapentina, comumente utilizada na rotina clínica de felinos para redução de estresse durante o exame, não demonstrou afetar parâmetros oculares em gatos clinicamente saudáveis (Crowe *et al.*, 2022).

De acordo com Mughannam, Cook, Fritz (2004), é possível detectar variações na PIO em relação ao ciclo circadiano. Em um estudo com cães da raça Labrador foi observado valores mais altos pela manhã. Já em relação ao sexo não foi descrita diferença significativa. Reinwick (2014) relatou que à medida que o animal envelhece ocorre a diminuição da PIO. Aldeman *et al.* (2018) relataram que existe uma relação entre a expansão do bulbo ocular e o desenvolvimento da PIO pelo fato de que, nas primeiras horas de vida, a PIO sofre um aumento significativo e gradual.

Diferentemente de cães, o grau de desconforto, ou pelo menos a expressão de sinais clínicos de dor ocular (miose, hiperemia da conjuntiva bulbar, edema corneano, blefarospasmo, enoftalmia, buftalmia e perda parcial ou total da visão) são altamente

variáveis na espécie felina, e raramente ocorrem sinais oculares evidentes e persistentes, a não ser em casos em que a PIO esteja exorbitantemente elevada. Contudo, em gatos com glaucoma primário, a elevação profunda da PIO pode estar associada, surpreendentemente, à pouca evidência clínica de desconforto ocular, e os gatos cronicamente afetados geralmente mantêm um comportamento normal (McLellan, 2011).

A uveíte tem como característica a inflamação da íris e do corpo ciliar (uveíte anterior) e/ou da coróide (uveíte posterior) provocando diminuição da PIO. A uveíte tem poucos sinais patognomônicos e estes são notavelmente mais sutis em gatos do que em cães. Portanto, a uveíte em gatos muitas vezes passa despercebida pelos tutores e não é tratada pelos veterinários até que ocorram sequelas potencialmente graves, como glaucoma, catarata e descolamento ou degeneração da retina. As causas da uveíte são diversas e às vezes indescritíveis. Mesmo com um protocolo diagnóstico extenso, baseado em testes específicos para determinadas doenças, muitas vezes a causa não é descoberta em até 70% dos gatos com uveíte. Portanto, embora a uveíte felina possa ser subdividida em causas infecciosas, inflamatórias, traumáticas e neoplásicas, a classificação clinicamente relevante é a que divide as uveítes em idiopática ou secundária (Maggs, 2009).

A uveíte anterior pode resultar em queda da pressão intraocular devido à inflamação do corpo ciliar e, conseqüentemente, diminuição de produção de humor aquoso. Pacientes com uveíte correm o risco de desenvolver glaucoma secundário, por isso o monitoramento da PIO é uma ferramenta importante desde o diagnóstico até o tratamento (Renwick, 2014).

A avaliação da PIO valendo-se da manometria direta ou ocular é considerado o método mais fidedigno. No entanto, pelo fato de requerer anestesia geral na medicina veterinária, não se torna prático para o oftalmologista. Dessa maneira, na rotina mensura-se a PIO de maneira indireta, por meio dos tonômetros de contato e portáteis. Recomenda-se que a PIO do paciente seja aferida pelo mesmo tonômetro e mensurador durante todo o seu acompanhamento, visto que os resultados dos inúmeros tonômetros disponíveis podem variar de acordo com o modelo e com a método de aferição (von Spiessen et al., 2015).

Os tonômetros mais comumente empregados na rotina médica veterinária utilizam o método de aplanção (Kowa HA-2®, Tono-Pen®, Tono-Pen XL®, Tono-Pen Vet®, Tono-Pen Avia®, Tono-Pen Avia Vet®) ou, mais recentemente, o método de

rebote (TonoVet® e TonoVet Plus®) (Featherstone; Heinrich, 2021; Jorge *et al.*, 2023). Diversos estudos de comparação e de validação foram realizados na medicina veterinária para a identificação de variações entre as diferentes metodologias e modelos de tonômetros sobre os valores de PIO ao longo dos anos (Featherstone; Heinrich, 2021; Kiland *et al.*, 2023; Kerdchuchuen *et al.*, 2021; Kontiola, 2000; McLellan, 2013; Passareli *et al.*, 2021; Rusanen, 2010; Stoiber *et al.*, 2005; von Spiessen *et al.*, 2015; Wrzesniewska; Madany; Winiarczyk, 2018).

O tonômetro de aplanção Tono-Pen Avia® e o tonômetro de rebote TonoVet Plus® são amplamente utilizados em clínicas veterinárias para medir a PIO em animais de companhia e em ambientes de pesquisa. Ambos os tonômetros são leves e portáteis, tornando-os opções práticas para uso por médicos veterinários e por aqueles que realizam pesquisas oftalmológicas em modelos animais.

O princípio da tonometria de aplanção se baseia na força necessária para achatá-la uma determinada área de uma esfera, proporcional à pressão dentro dela. Portanto, se a área for conhecida (tamanho da forma) e a força for medida, a pressão pode ser estimada (Featherstone; Heinrich, 2021; Heinrich, 2014; Slatter, 2005). As vantagens do tonômetro de aplanção incluem o fácil manuseio e a cabeça do animal não precisar ser mantida verticalmente, embora a sonda deva encontrar-se e aplanar-se com a superfície da córnea em ângulo reto. Além disso, o pequeno tamanho do instrumento permite com que a PIO possa ser medida em animais selvagens, exóticos e pediátricos, assim como em animais com córneas irregulares ou doentes. A ponta da sonda deve ser coberta com um látex descartável, que não é oneroso e deve ser trocado entre os usos para evitar a transferência de infecções entre os pacientes (Maggs, 2018; Wrzesniewska; Madany; Winiarczyk, 2018).

Antes da utilização de qualquer tonômetro de aplanção uma gota de colírio anestésico deve ser instilada sobre a córnea. Após isso, com o paciente minimamente contido, deve-se respeitar o ângulo de aproximação da ponta da sonda à córnea, de modo que a superfície plana da ponta fique paralela à superfície da córnea (Ghaffari; Gherekhloo, 2018; Wrzesniewska; Madany; Winiarczyk, 2018). A córnea é tocada um número suficiente de vezes para se obter uma leitura média da PIO, indicada por um “bipe” eletrônico. O display digital está em mm Hg. A confiabilidade (coeficiente de variância) do resultado também é exibida na tela e deve ser 5% ou indica-se a repetição da medição (Kiland *et al.*, 2023; Maggs, 2018; Passaglia, 2004; von Spiessen *et al.*, 2015; Wrzesniewska; Madany; Winiarczyk, 2018).

Já a tonometria de rebote é outro método de estimação da PIO que utiliza o princípio mecânico. Os tonômetros de rebote ejetam uma pequena sonda eletromagnética a uma distância fixa da córnea e avalia o movimento da sonda conforme ela retorna ao instrumento após ricochetear na córnea (Rodrigues, 2021; Rusanen, 2010). Olhos com PIO mais elevada provocam uma desaceleração mais rápida da sonda e um tempo de retorno mais curto ao instrumento, como é o caso dos olhos glaucomatosos (McLellan, 2011; McLellan, 2013; Telle et al., 2019). Esta técnica é afetada até certo ponto pela espessura da córnea e pela tensão superficial ocular e, portanto, deve ser realizada antes da aplicação de qualquer medicamento tópico, incluindo os anestésicos. Devido à calibração específica para a espécie felina existente no aparelho mais moderno, a estimação da PIO tende a ser muito próxima da pressão manométrica verdadeira (Kiland et al., 2023; Maggs *et al.*, 2018).

A sonda dos tonômetros de rebote é descartável, evitando contaminação, e as medidas são realizadas sem anestesia tópica, tornando-se uma boa alternativa para o exame ocular. A tonometria de rebote é bem tolerada e causa menos estresse e desconforto (Featherstone; Heinrich, 2021; Jorge *et al.*, 2023). A desvantagem do método de rebote é que, diferentemente dos aparelhos de aplanação, não é possível usar o tonômetro em pacientes reclinados, uma vez que o instrumento deve ser mantido na posição vertical com a sonda horizontal (Featherstone; Heinrich, 2021; Heinrich, 2014).

Sabe-se que a turgescência ocular é gerada pela resistência da túnica fibrosa (Galera; Laus; Oriá, 2009), composta pela córnea e pela esclera, que contém o volume intraocular. Sendo assim, os resultados da PIO também podem ser afetados pelas características da córnea (von Spiessen *et al.*, 2015). Por exemplo, as córneas de cães e gatos possuem menos resistência à tonometria de aplanação comparativamente à córnea humana, pois possuem maior elasticidade (Featherstone; Heinrich, 2021). Já com o tonômetro de rebote, à medida que a córnea fica mais espessa, o movimento da sonda do aparelho aumenta, o que diminui a sua desaceleração e, conseqüentemente, a PIO. Ao contrário, na tonometria de aplanação é necessária uma pressão maior para achatar a córnea, elevando os valores da PIO (Kato, 2014).

Ainda em termos comparativos entre as duas metodologias de tonometria mais usadas na medicina veterinária atualmente, é importante frisar que a curva de calibração interna do Tono-Pen® (um modelo de aplanação) é otimizada para

humanos, logo, estimativas de PIO com este aparelho tendem a superestimar a pressão em níveis mais baixos (Feartherstone; Heinrich, 2021; Heinrich, 2014; Slatter, 2005). Desse modo, devido a estas estimativas diferentes obtidas pelos dois tonômetros, torna-se importante o registro de qual tonômetro foi empregado, utilizando-se valores de referência calculados para cada instrumento (Maggs, 2018).

Diversos estudos a respeito da utilização da tonometria como método de se estimar a PIO foram realizados, com os mais diferentes modelos de tonômetros e em várias espécies, a fim de validá-los para utilização na rotina do médico veterinário. Na espécie felina, o tonômetro de rebote TonoVet® foi comparado ao de aplanação Tono-Pen Vet® (Rusanen *et al.*, 2010) e o tonômetro de aplanação Kowa HA-2® foi estudado por Ricci *et al.* (2017). Também foram estudados os valores de PIO obtidos com o TonoVet Plus® em felinos braquicefálicos e não braquicefálicos (Kerdchuchuen *et al.*, 2021). Um estudo da PIO com cães e gatos portadores de glaucoma e de doenças corneanas foi feito utilizando os tonômetros de rebote TonoVet® e de aplanação Tono-Pen Vet® (von Spiessen *et al.*, 2015).

Sob tal ótica, com o advento de aparelhos mais modernos, novos protocolos de mensuração podem ser estabelecidos, como também a comparação entre eles, visando fornecer o melhor para os pacientes. Ainda, tendo em vista a grande usabilidade diagnóstica dos tonômetros em afecções oftálmicas importantes nos animais, estudos acerca da utilização de diferentes tonômetros se fazem cada vez mais necessários nas mais diversas espécies e raças. Dessa maneira, o objetivo desse estudo foi verificar e identificar diferenças nos valores de PIO aferidas com o Tono-Pen Avia® e com o TonoVet Plus®, bem como comprovar a acurácia de suas mensurações na espécie felina.

2 METODOLOGIA

Após aprovação pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) sob registro nº 7144100522 e após informar o tutor sobre o projeto, solicitando a participação do seu animal no experimento, a pesquisa foi conduzida de acordo com as diretrizes do Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA) e com os princípios humanos estabelecidos na Declaração ARVO (Statement for the Use of Animals in Ophthalmic and Vision Research) para o Uso de Animais em Pesquisas Oftalmológicas.

Foram selecionados 77 gatos domésticos sendo 44 fêmeas e 33 machos (144 olhos) e avaliados previamente pela equipe clínica do Hospital Veterinário da Universidade Federal da Paraíba a fim de se atestar a sanidade de cada um. Os gatos aptos para a pesquisa eram sem raça definida, com idade entre um e oito anos e participaram da análise comparativa entre os dois tonômetros avaliados (tonômetro de rebote - TonoVet Plus® e tonômetro de aplanção - Tono-Pen Avia®).

O número de olhos necessário para as amostras baseou-se na pesquisa de Andrade (2011), que comparou a utilização de dois tonômetros em equinos. No estudo, a pesquisadora calculou o tamanho da sua amostra considerando uma diferença de pelo menos 3 mmHg na PIO entre os tonômetros testados e confiança de 95%, necessitando assim, de 61 olhos, ou seja, 31 cavalos. Caso a diferença mínima entre a PIO dos tonômetros testados fosse de 5 mmHg, a amostra poderia ser menor, de 22 olhos ou 11 cavalos.

Todos os animais foram submetidos à avaliação oftálmica com a finalidade de se descartar qualquer condição oftálmica que afetasse a PIO ou a superfície ocular. Para tanto, os animais foram avaliados por meio do teste lacrimal de Schirmer, reflexo de ameaça, reflexo pupilar à luz, inspeção com biomicroscópio com lâmpada de fenda, oftalmoscopia indireta e teste de fluoresceína.

As aferições da PIO foram realizadas primeiramente com a utilização de um tonômetro de rebote do modelo TonoVet Plus® (Icare, Finland), seguidas pela tonometria de aplanção com o modelo Tono-Pen Avia® (Reichert, Reichert Technologies), ambos manuseados pelo mesmo examinador a fim de se evitar variações nos resultados obtidos.

A aferição da PIO dos gatos foi realizada no período da manhã, entre 9h e 11h, em ambos os olhos de cada animal, escolhidos aleatoriamente. Não foram utilizados

tranquilizantes, sedativos ou bloqueios anestésicos em nenhum dos animais do estudo. A cabeça do animal foi mantida acima do nível do coração e foi exercida mínima pressão sobre as pálpebras, suficiente para mantê-las abertas. Tal como relatado com qualquer outro procedimento no paciente felino, a contenção deve ser mínima a fim de se atingir um exame com parâmetros fidedignos (Figura 1B). Para gatos mais reativos, embrulhou-se o animal com uma toalha, tomando-se cuidado para que nenhuma pressão fosse aplicada diretamente ao redor do pescoço (Figura 1A), como sugerido por Stiles e Kimmitt (2016).



Figura 1. A) Examinadora realizando a mensuração da PIO em felino com o TonoVet Plus®. B) Paciente felino aclimatando-se aguardando avaliação oftálmica.

A PIO foi primeiramente aferida com o tonômetro de rebote TonoVet Plus®. As seis medições suaves não requerem a instilação de colírio anestésico e não provocaram reflexo corneano nos animais selecionados para o estudo. Também não é necessária calibração de manutenção pelo usuário.

A mensuração com o tonômetro de aplanção Tono-Pen Avia® foi realizada após cinco minutos da instilação de uma gota de colírio anestésico à base de proximetacaína a 0,5% (Anestalcon® - Novartis) em cada olho. Nesse aparelho, a medição da PIO é apresentada em dois grandes écrans LCD de fácil leitura e pode ser utilizada por utilizadores destros ou esquerdinos. O dispositivo exibe leituras individuais e a média de dez leituras, juntamente com um indicador de confiança estatística, garantindo resultados de tonometria precisos, repetíveis e confiáveis.

Conforme exposto, foi estabelecida uma comparação de valores de PIO mensurados pelo Tono-Pen Avia® em relação aos valores de PIO mensurados pelo TonoVet Plus® e foi estimada sua relação usando regressão linear simples e gráficos de dispersão. O coeficiente de correlação de Pearson foi calculado para os valores de PIO dos dois tonômetros, a fim de se avaliar a força da relação entre ambos.

Os dados de PIO obtidos dos 144 olhos felinos foram analisados pelo programa R Core Team (2023). A média e desvio padrão (DP) dos valores de PIO foram calculados e comparados estatisticamente pelo teste ANOVA. Foram calculados o coeficiente de determinação entre os dois tonômetros e determinada a regressão linear. Para comparar os dois métodos de medição da PIO (tonometria de rebote e tonometria de aplanção) foi realizada a análise de acordo de Bland-Altman usando o programa MedCalc (v. 19.1. Software MedCalc). O nível de significância de 5% ($p < 0,05$) foi adotado.

3 RESULTADOS

O valor médio da PIO foi significativamente maior ($p < 0,05$) quando a mensuração foi realizada com o tonômetro de rebote TonoVet Plus® (Tabela 1). Não houve diferença estatisticamente significativa entre a PIO dos olhos direito e esquerdo de gatos avaliados com o mesmo tonômetro (Tabela 2).

Tabela 1 - Valores de pressão intraocular (mmHg) aferidos com o tonômetro de rebote TonoVet Plus® e com o tonômetro de aplanção Tono-Pen Avia® em felinos (n = 144 olhos).

Equipamento	Média $\pm$ DP	Mediana (mín. e máx.)
Tono-Pen Avia®	14,04 ^a $\pm$ 3,12	14 (7- 23)
TonoVet Plus®	20,03 ^b $\pm$ 4,23	20 (9 – 31)

*Diferentes letras sobrescritas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

DP = desvio padrão.

Tabela 2 - Valores de pressão intraocular (mmHg) aferidos com o tonômetro de rebote TonoVet Plus® e com o tonômetro de aplanção Tono-Pen Avia® nos olhos direito e esquerdo de felinos (n = 77 olhos).

Olho	Tono-Pen Avia®		TonoVet Plus®	
	Média $\pm$ DP	Mediana (mín. e máx.)	Média $\pm$ DP	Mediana (mín. e máx.)
Direito	14,50 $\pm$ 2,86 ^a	14 (7-23)	20,50 $\pm$ 4,17 ^a	21 (10-30)

Esquerdo	13,50 ± 3,31 ^a	13 (8-22)	19,60 ± 4,27 ^a	19,50 (9-31)
----------	---------------------------	-----------	---------------------------	--------------

*Letras sobrescritas iguais indicam que não houve diferenças significativas ($p > 0,05$).

DP = desvio padrão.

O coeficiente de correlação entre o tonômetro de aplanação Tono-Pen Avia® e o tonômetro de rebote TonoVet Plus® em gatos foi 0,081 e a regressão linear foi $y = 9,83 + 0,21x$ (Figura 1). O diagrama de Bland-Altman demonstrando a concordância entre as medidas de PIO do dois tonômetros está ilustrado na Figura 2. O gráfico apresenta limite de concordância de $\pm 2,8$ mmHg a $\pm 14,79$ mmHg, indicando a concordância geral entre os dois métodos. Em felinos, o método de aferição da PIO pela tonometria de aplanação com o tonômetro Tono-Pen Avia® registra aproximadamente 6,0 mmHg a menos quando comparado ao método de tonometria de rebote com o tonômetro TonoVet Plus®.

Figura 2 - Diagrama de dispersão com linha de regressão da PIO aferida em felinos ($n=77$ olhos) com o tonômetro de rebote TonoVet Plus® e com o tonômetro de aplanação Tono-Pen Avia®.

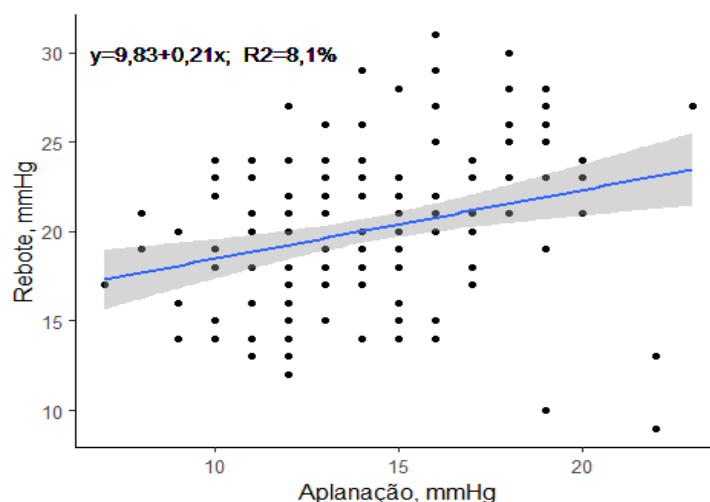
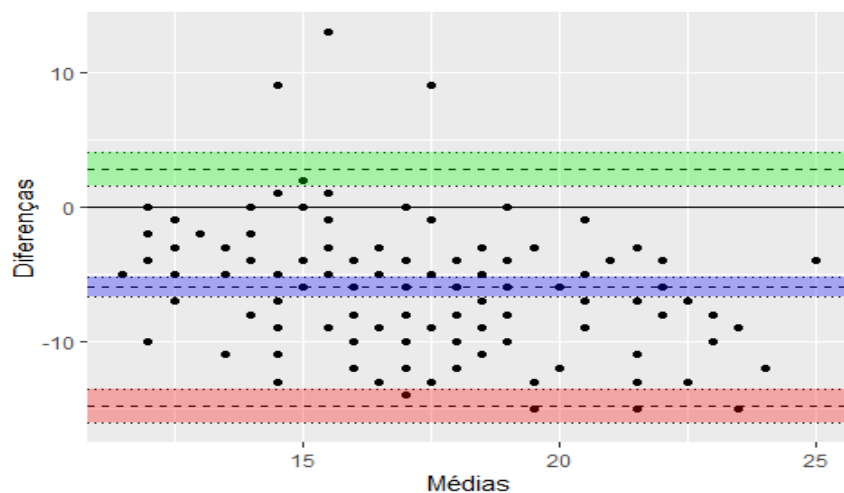


Figura 3 - Diagrama de Bland-Altman comparando a pressão intraocular em mmHg de felinos ($n= 77$ olhos) obtida por tonômetro de rebote TonoVet Plus® e o tonômetro de aplanação Tono-Pen Avia®.



4 DISCUSSÃO

Considerando que ambos os tonômetros, de aplanção e de rebote, possuem suas vantagens e limitações, descritas acima nesta revisão e, ainda, em virtude da escassez de estudos de validação referenciando-se a espécie felina, o presente estudo visou a mensuração da PIO em felinos sadios na posição esternal e utilizando métodos de contenção “cat-friendly” com os equipamentos Tono-Pen Avia® (tonometria de aplanção) e TonoVet Plus® (tonometria de rebote) a fim de determinar o intervalo de normalidade dos valores médios de PIO para a espécie para cada um dos aparelhos.

Ainda, tendo em vista que o mais importante ao verificar a PIO dos pacientes ao longo do tempo é utilizar o mesmo tonômetro para que as tendências da PIO sejam avaliadas de forma mais clara (von Spiessen et al., 2015), independentemente do tipo de tonometria empregada, decidiu-se por avaliar os dois tonômetros (um de aplanção e um de rebote) mais utilizados atualmente na rotina do clínico veterinário, sempre valendo-se do mesmo avaliador em todas as aferições.

Os valores relativos à PIO obtidos nessa pesquisa com o Tono-Pen Avia® ($14,04 \pm 3,12$ mmHg) foram menores, embora próximos, aos demais estudos realizados com outros tonômetros de aplanção. Na literatura, os valores de referência relatados para gatos adultos de diversas raças são de $15,1 \pm 1,7$ mmHg utilizando o tonômetro aplanção Perkins® (Andrade et al., 2009; Jorge et al., 2023), de $15,0 \pm 1,5$ mmHg utilizando o tonômetro de aplanção Kowa HA-2® (Ricci et al., 2017), de $16,8 \pm 3,6$ mmHg com o tonômetro Tono-Pen XL® (Andrade et al., 2012;

Jorge *et al.*, 2023) e de $18,4 \pm 0,5$ mmHg com o tonômetro de aplanção Tono-Pen XL® (Passaglia *et al.*, 2004). Ricci (2021) encontrou média de $17,6 \pm 7,9$ mmHg com o Tono-Pen Avia Vet® e de $16,8 \pm 2,0$ mmHg com o Kowa HA-2®.

Apenas em um estudo com gatos de idade mais avançada os nossos valores foram comparativamente maiores. Kroll, Miller, Rodan (2001), realizaram uma pesquisa com 538 gatos de sete anos de idade ou mais para analisar o tonômetro de aplanção (Tono-pen XL®) e observaram PIO média de $12,3 \pm 4,0$ mmHg. Segundo Kroll, Miller, Rodan (2001), a idade é inversamente proporcional à PIO, o que pode justificar os valores mais baixos encontrados por eles, comparativamente aos outros estudos.

Nossa pesquisa obteve o valor médio de $20,03 \pm 4,23$ mmHg utilizando-se o tonômetro de rebote TonoVet Plus®, similarmente à média encontrada por Rusanen *et al.* (2010) com o TonoVet®, que foi de $20,7 \pm 0,5$ mmHg. No entanto, nossa média foi inferior aos valores de $21,8 \pm 5,6$ mmHg achados por Telle *et al.* (2019) e por Ricci (2021), que constatou média de $21,1 \pm 3,6$ mmHg, também com o TonoVet®. Por outro lado, nossos resultados foram levemente maiores que a média de $19,7 \pm 7,2$ mmHg encontrada por Ricci (2021) com o TonoVet Plus®. Ricci (2021) ainda relatou, como percebido durante nosso estudo, uma maior tolerância dos gatos à aferição com o TonoVet® do que com os tonômetros de aplanção.

Sandhas, Merle, Eule (2018), avaliaram 209 gatos com idade entre nove e 24 anos com a tonometria de rebote, onde a visão era boa em 157/209 gatos (75,1%) e a PIO média foi de $16,5 \pm 5,0$ mmHg, valor significativamente menor do que o encontrado na tonometria de rebote em nosso estudo. Acredita-se que a idade mais avançada dos animais da pesquisa tenha contribuído para a demonstração de uma média de PIO mais baixa, quando comparada a outros estudos em gatos.

Ghaffari e Gherekhloo (2018) avaliaram 16 gatos sem quaisquer anormalidades oculares em três diferentes posições de decúbito (esternal, lateral direito e dorsal) utilizando o Tono-Pen Vet®. As leituras médias da PIO em decúbito esternal, decúbito lateral direito e decúbito dorsal foram $15,6 \pm 4,1$ mmHg, $16,6 \pm 6,4$ mmHg e $18,6 \pm 6,8$ mmHg, respectivamente. Valores significativamente maiores foram observados na PIO de gatos em decúbito dorsal quando comparados aos gatos em decúbito esternal. Os valores de PIO encontrados nesse estudo com o Tono-Pen Avia® ($14,04 \pm 3,12$ mmHg) aproximam-se aos dos gatos em decúbito esternal. É importante enfatizar que o decúbito esternal também foi a posição empregada aqui.

Rajaei *et al.* (2018) utilizando o TonoVet®, também avaliaram o efeito da posição corporal na PIO de gatos clinicamente saudáveis, onde a PIO basal também foi medida em todos os gatos, em decúbito ventral com posição normal da cabeça (horizontal ao solo) sem pressão no pescoço ou nas pálpebras obtendo valores de $16,1 \pm 2,9$ mmHg e de $17,1 \pm 5,0$ mmHg no decúbito dorsal. Em comparação com o estudo de Rajaei *et al.* (2018), os valores observados nesse estudo com o TonoVet Plus® ($20,03 \pm 4,23$ mmHg) foram significativamente maiores.

O efeito da posição corporal na PIO é reconhecido há muito tempo em humanos. O mecanismo exato de ação pelo qual a posição corporal pode alterar a PIO em gatos não é claro. Estudos anteriores em humanos sugeriram que as leituras da PIO foram alteradas como resultado da posição do corpo através de um ou mais dos seguintes mecanismos: alterações na pressão venosa episcleral, volume vascular da coróide, gravidade ou mudança de fluido corporal, aumento da pressão intraperitoneal e da pressão venosa central (Lee; Yoo; Kim, 2013). Na medicina felina a posição em que o gato é contido afeta diretamente os parâmetros fisiológicos avaliados durante a consulta (Kerdchuchuen *et al.*, 2021; Rodan, 2016), principalmente em situações de exposição do seu abdômen, como é o caso do decúbito dorsal, sendo as posições de decúbito esternal e sentada relatadas como as mais bem toleradas pela espécie durante o atendimento veterinário.

Kerdchuchuen *et al.* (2021) promoveram um estudo comparativo entre felinos braquicefálicos e não braquicefálicos saudáveis utilizando o tonômetro de rebote TonoVet Plus®. Os pesquisadores encontraram as médias de PIO para os gatos não braquicefálicos maiores que os de gatos braquicefálicos, onde uma possível justificativa para este achado foi o fato dos gatos braquicefálicos estarem habituados ao manuseio intensivo e interações com as pessoas, pois, tratava-se de animais residentes de um “café para gatos”. Em contrapartida, o grupo não braquicefálico era composto de gatos de propriedade privada, trazidos apenas para vacinação anual. Tal relato foi observado em nosso estudo, onde gatos mais socializados com o manuseio demonstraram mais tolerância à contenção e expressão de comportamentos mais relaxados durante a consulta (Rodan, 2016; Sparkes *et al.*, 2016; Stiles; Kimmitt, 2016), consequentemente, apresentando uma PIO menor do que gatos não habituados (Kerdchuchuen *et al.*, 2021).

Kiland *et al.* (2023) compararam os valores de PIO dos tonômetros de rebote TonoVet Plus®, TonoVet® e de aplanção Tono-Pen Vet® em 12 gatos normais e oito

glaucomatosos, onde os valores dos dois tonômetros de rebote correlacionaram-se fortemente. O Tono-Pen Vet® subestimou significativamente a PIO em relação ao TonoVet Plus® e ao TonoVet® (McLellan, 2013), principalmente na PIO elevada, assim como no estudo de von Spiessen *et al.* (2015) em olhos glaucomatosos, o TonoVet® produziu consistentemente valores mais elevados de PIO do que o Tono-Pen Vet®. Ambos os estudos sugeriram que a tonometria de rebote parece ser uma alternativa valiosa à tonometria de aplanção em pacientes com doenças oculares, como glaucoma e distúrbios da córnea. Em nosso estudo onde foram avaliados 77 gatos sem raça definida e sem distúrbios oculares, os achados também demonstraram que a PIO foi significativamente menor com o tonômetro de aplanção (Tono-Pen Avia®).

A PIO obtida pelo Tono-Pen Avia® foi cerca de 6mmHg menor nos felinos incluídos no estudo. Logo, a tonometria de rebote deve ser considerada, especialmente em casos de suspeita de glaucoma em gatos, devido à sua precisão na faixa clinicamente importante de 25-50mmHg (McLellan, 2013; Rusanen *et al.*, 2010). Não obstante, apesar da diferença significativa nas PIOs obtidas com tonômetros de rebote e de aplanção, o mesmo instrumento sendo utilizado para todos os exames de um determinado indivíduo pode minimizar a necessidade de seguir tal sugestão. Sob o exposto, reitera-se a necessidade de uma tabela de valores de referência de PIO para gatos para cada um dos tonômetros mencionados.

5 CONCLUSÃO

Os tonômetros de rebote TonoVet Plus® e de aplanção Tono-Pen Avia® fornecem leituras de PIO em gatos saudáveis que são precisas, apresentando apenas variações quando comparados entre si, com valores de PIO maiores no aparelho de rebote. No entanto, quando avaliados individualmente, fornecem informações precisas e reproduzíveis, com baixa variabilidade, realçando a necessidade de um examinador experiente associado a um acompanhamento da PIO por meio do mesmo aparelho na rotina clínica oftalmológica.

REFERÊNCIAS

ADELMAN, S. et al. The post-natal development of intraocular pressure in normal domestic cats (*Felis catus*) and in feline congenital glaucoma. **Experimental eye research**, v. 166, p. 70-73, 2018.

ALMEIDA, J.C.N. et al. Use of selected samples to diagnose a tricky feline viral disease in a cat with uveitis and neurological signs. **Brazilian Journal of Veterinary Medicine**, v.45, 2023.

ANDRADE, A.L. Semiologia do sistema visual dos animais domésticos. In: FEITOSA, F. L. P. **Semiologia Veterinária**. São Paulo: Roca, 2020. 4 ed., p. 547-571.

ANDRADE, M.C.C. **Estudo comparativo entre a tonometria de rebote e a tonometria de aplanção em equinos da raça Crioula (*Equus caballus*)**. 2011. Dissertação (Mestrado em Medicina Animal) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/49695>. Acesso em: 20 ago, 2023.

ANDRADE, S.F. et al. Comparison of intraocular pressure measurements between the Tono-Pen XL® and Perkins® applanation tonometers in dogs and cats.

Veterinary Ophthalmology, v.15, supl.1, p.14-20, 2012.

ANDRADE, S.F. et al. Evaluation of the Perkins® handheld applanation tonometer in the measurement of intraocular pressure in dogs and cats. **Veterinary**

Ophthalmology, v.12, n.5, p.277-84, 2009.

ANDREW, S.E. Ocular Manifestations of Feline Herpesvirus. **Journal of Feline Medicine and Surgery**, v.3, n.1, p.9-16, 2001.

CROWE, Y.C. et al. Gabapentin reduces stress and does not affect ocular parameters in clinically normal cats. **Veterinary Ophthalmology**, v. 25, n. 6, p. 493-498, 2022.

DANIEL, A.G.T. **Gatos: Os Pets do Século XXI**. Nosso Clínico: Medicina Veterinária para Animais de Companhia, São Paulo, v.1, n.101, p.78, set/out. 2014.

FEATHERSTONE, H.J.; HEINRICH, C.L. The eye examination and diagnostic procedures. In: GELATT, K.N. **Veterinary Ophthalmology**. 6 ed, Wiley Blackwell, p. 564-661, 2021.

GALERA, P.D.; LAUS, J.L.; ORIÁ, A.P. Afecções da túnica fibrosa. In: LAUS, J.L. **Oftalmologia Clínica e Cirúrgica em Cães e em Gatos**. São Paulo: Rocca, 2009. p. 69-96.

GHAFFARI, S.M.; GHEREKHLOO, A.A. Effect of body position on intraocular pressure in clinically normal cats. **Journal of Feline Medicine and Surgery**, v.20, n.8, p.749-751, 2018.

GLAZE, M.B.; MAGGS, D.J.; PLUMMER, C.E. Feline Ophthalmology. In: GELATT, K.N. **Veterinary Ophthalmology**. 6 ed, Wiley Blackwell, 2021. cap. 28, p.1665-1840.

GOMEZ-MARTINEZ, M.I. et al. Effects of fentanyl on intraocular pressure and pupil size in medetomidine-methadone premedicated dogs: a pilot study. **Veterinary Record Open**, v.7, n.1, p.e000391, 2020.

GRAHN, B. Feline Glaucoma. **Veterinary Clinics: Small Animal Practice**, v.53, n.2, p.367-387, 2023.

GUM, G.G.; HENDRIX, D.V.H.; THOMASY, S.M. Physiology of the Eye. In: GELATT, K.N. **Veterinary Ophthalmology**. 6 ed, Wiley Blackwell, 2021. cap. 3, p.124- 167.

HEINRICH, C. The ocular examination. In GOULD, D. and McLELLAN, G. (Ed.), BSAVA manual of canine and feline ophthalmology (3rd ed., pp. 1-23). **British Small Animal Veterinary Association**. 2014.

JANG, Min et al. Effect of intra-abdominal hypertension on the intraocular pressure of the conscious dogs. **Veterinary Medicine and Science**, v. 7, n. 3, p. 642-646, 2021.

JORGE, J.S. et al. Exames oftálmicos. In: SAFALE, A.M.V.; GALERA, P.D. **Oftalmologia Veterinária: clínica e cirurgia**. São Paulo: Payá Eireli. Cap. 07, p. 154.2023.

KANDA, T. et al. Effects of medetomidine and xylazine on intraocular pressure and pupil size in healthy Beagle dogs. **Veterinary Anesthesia and Analgesia**, v.42, p.623-628, 2015.

KATO, K. Comparison of two handheld applanation tonometers and the association of central corneal thickness, age, and intraocular pressure in normal and diseased canine eyes. **Veterinary Ophthalmology**, p.1-9, 2014.

KAUFMAN, P.L. et al. Changes in aqueous humor dynamics with age and glaucoma. **Progress in Retinal and Eye Research**, v.24, n.5, p.612-637, 2005.

KERDCHUCHUEN, K. et al. Comparison of intraocular pressure in healthy brachycephalic and nonbrachycephalic cats using the Icare® TONOVET Plus rebound tonometer. **Veterinary Ophthalmology**, v.24, n.5, p.484-490, 2021.

KILAND, J.A. et al. Comparison of the TONOVET Plus®, TonoVet®, and Tono-Pen Vet™ tonometers in normal cats and cats with glaucoma. **Veterinary Ophthalmology**, *online*, p.1-8, 2023.

KONTIOLA, A.I. A new induction-based impact method for measuring intraocular pressure. **Acta Ophthalmologica Scandinavica**, v.78, n.2, p.142-145, 2000.

KOVALCUKA, L. et al. Changes in intraocular pressure and horizontal pupil diameter during use of topical mydriatics in the canine eye. **Open Veterinary Journal**, v.7, n.1, p.16-22, 2017.

KROLL, M.M.; MILLER, P.E.; RODAN, I. Intraocular pressure measurements obtained as part of a comprehensive geriatric health examination from cats seven years of age or older. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v.219, n.10, p.1406-1410, 2001.

LEE, T.E.; YOO, C.; KIM, Y.Y. Effects of different sleeping postures on intraocular pressure and ocular perfusion pressure in healthy young subjects. **Ophthalmology**, v.120, n.8, p.1565-1570, 2013.

LIM, C.C.; MAGGS, D.J. Ophthalmology. In: LITTLE, S. **The Cat: Clinical Medicine and Management**. St. Louis: Elsevier, 2012. cap. 29, p.1150-1210.

MAGGS, D.J. Basic Diagnostic Techniques. In: SLATTER, D. **Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology**. 6. ed. St. Louis, Missouri: Saunders Elsevier, 2018. cap. 2, p. 19-36.

MAGGS, D.J. Feline uveitis: an 'intraocular lymphadenopathy'. **Journal of Feline Medicine and Surgery**, v.11, n.3, p.167-182, 2009.

MARTIN, C.L. Anterior Uvea and Anterior Chamber. In:___ **Ophthalmic Disease in Veterinary Medicine**. 1.ed. Manson, 2010. p.298-330.

McLELLAN, G.J.; KEMMERLING, J.P.; KILAND, J.A. Validation of the TonoVet® rebound tonometer in normal and glaucomatous cats. **Veterinary Ophthalmology**, v.16, n.2, p.111-118, 2013.

McLELLAN, G.J.; MILLER, P.E. Feline glaucoma - a comprehensive review. **Veterinary Ophthalmology**, v.14, p.15-29, 2011.

McLELLAN, G.J.; TEIXEIRA, L.B.C. Feline glaucoma. **Veterinary Clinics: Small Animal Practice**, v.45, n.6, p.1307-1333, 2015.

MICIELI, Fabiana et al. Comparison of intraocular pressure and pupil diameter after sedation with either acepromazine or dexmedetomidine in healthy dogs. **Veterinary anaesthesia and analgesia**, v. 45, n. 5, p. 667-672, 2018.

MRAZOVA, M. et al. Influence of medetomidine, acepromazine, fentanyl and butorphanol on intraocular pressure and pupil size in healthy dogs. **Veterinární medicína**, v. 63, n. 9, p. 413-419, 2018.

MUGHANNAM, A.J.; COOK, C.S.; FRITZ, C.L. Change in intraocular pressure during maturation in Labrador Retriever dogs. **Veterinary Ophthalmology**, v.7, n.2, p.87-89, 2004.

PASSAGLIA, C.L. et al. Tono-Pen XL® calibration curves for cats, cows and sheep. **Veterinary Ophthalmology**, v.7, n.4, p.261-264, 2004.

PASSARELI, J.V.G.C. et al. Comparison among TonoVet, TonoVet Plus, Tono-Pen Avia Vet, and Kowa HA-2 portable tonometers for measuring intraocular pressure in dogs. **Veterinary World**, v.14, n.9, p.2444, 2021.

PAULI, A.M. et al. Effects of the application of neck pressure by a collar or harness on intraocular pressure in dogs. **Journal of the American Animal Hospital Association**, v.42, n.3, p.207-211, 2006.

PIERCE-TOMLIN, T.; SHAUGHNESSY, M.R.; HOFMEISTER, E.H. A systematic review of the effects of injectable sedative and anesthetic drugs and inhalant anesthetics on intraocular pressure in the dog. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v.47, n.2, p.145-151, 2020.

PIPPI, N.L.; GONÇALVES, G.F. Anatomofisiologia Ocular. In: Laus, J.L. **Oftalmologia Clínica e Cirúrgica em Cães e em Gatos**. 1.ed. São Paulo: ROCA, 2009. p.1-10.

PUMPHREY, S.A.; PIRIE, C.G.; ROZANSKI, E.A. Uveitis associated with septic peritonitis in a cat. **Journal of Veterinary Emergency and Critical Care**, v.21, n.3, p.279-284, 2011.

RAJAEI, S.M. et al. Effect of body position, eyelid manipulation, and manual jugular compression on intraocular pressure in clinically normal cats. **Veterinary Ophthalmology**, v.21, n.2, p.140-143, 2018.

RENEWICK, P. Glaucoma. In GOULD, D.; McLELLAN G. (Ed.), **BSAVA manual of canine and feline ophthalmology** (3rd ed., pp. 273-296). British Small Animal Veterinary Association. 2014.

RICCI, C.L. **Avaliação morfológica da glândula de meibômio e conjuntiva palpebrais e comparação entre tonômetros portáteis na mensuração da pressão intraocular em gatos domésticos**. 2021. 75f. Tese (Doutorado em Fisiopatologia e Saúde Animal) - Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2021.

RICCI, C.L. et al. Ex vivo and in vivo study of Kowa HA-2 applanation tonometer in the measurement of intraocular pressure in cats. **Semina: Ciências Agrárias**, v.38, n.6, p.3647-3656, 2017.

RODAN, I. Compreensão e Manuseio Amistoso dos Gatos. In: LITTLE, S. E. **O Gato - Medicina Interna**. 1. ed. Rio de Janeiro: ROCA, p. 24-50, 2016.

RODRIGUES, B.D. et al. Intraocular pressure measurements using the TONOVET® rebound tonometer: influence of the probe-cornea distance. **Veterinary Ophthalmology**, v.24, p.175-185, 2021.

RUSANEN, E. et al. Evaluation of a rebound tonometer (Tonovet®) in clinically normal cat eyes. **Veterinary Ophthalmology**, v.13, n.1, p.31-36, 2010.

SANDHAS, E.; MERLE, R.; EULE, J.C. Consider the eye in preventive healthcare—ocular findings, intraocular pressure and Schirmer tear test in ageing cats. **Journal of Feline Medicine and Surgery**, v.20, n.12, p.1063-1071, 2018.

SILVA, J.V.; FERREIRA, B.F.A.; PINTO, H.S.R. **Princípios da oftalmologia. Anátomo-histologia funcional do olho**. Universidade Federal do Ceará, 2013.

SLATTER, D. Sistema lacrimal. In: _____. **Fundamentos de oftalmologia veterinária**. 3. ed. São Paulo: Roca, 2005. cap. 10, p. 259-282.

SPARKES, A. et al. Impact of stress and distress on physiology and clinical disease in cats. In: SPARKES, A.; ELLIS, S. **ISFM Guide to Feline Stress and Health: managing negative emotions to improve feline health and wellbeing**. Tisbury: International Cat Care, 2016. p. 41-54.

STILES, J. Ocular manifestations of feline viral diseases. **Veterinary Journal**, v.201, n.2, p.166-73, 2014.

STILES, J.; KIMMITT, B. Eye examination in the cat: Step-by-step approach and common findings. **Journal of Feline Medicine and Surgery**, v.18, n.9, p.702-711, 2016.

STOIBER, J. et al. Ex vivo evaluation of Tono-Pen and pneumotonometry in cat eyes. **Ophthalmic Research**, v.38, n.1, p.13-18, 2005.

TELLE, M.R. et al. Relationship between corneal sensitivity, corneal thickness, corneal diameter, and intraocular pressure in normal cats and cats with congenital glaucoma. **Veterinary Ophthalmology**, v.22, n.1, p.4-12, 2019.

VON SPIESSEN, L. et al. Evaluierung des Tonovet®-Reboundtonometers in der klinischen Anwendung bei Hund und Katze. **Tierärztliche Praxis Ausgabe K: Kleintiere/Heimtiere**, v.41, n.4, p.213-220, 2013.

VON SPIESSEN, L. et al. Clinical comparison of the Tono Vet® rebound tonometer and the Tono-P en V et® applanation tonometer in dogs and cats with ocular disease: glaucoma or corneal pathology. **Veterinary Ophthalmology**, v.18, n.1, p.20-27, 2015.

WRZEŚNIEWSKA, K.; MADANY, J.; WINIARCZYK, D. Comparison of intraocular pressure measurement with Schiotz tonometer and Tono-Pen Vet tonometer in healthy dogs. **Journal of Veterinary Research**, v.62, n.2, p.243, 2018.