

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

FACULDADE DE VETERINÁRIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA ANIMAL: EQUINOS

**Pressão intraocular média obtida por três diferentes avaliadores utilizando os
tonômetros de rebote e de aplanção em equinos**

TATIANA MARTINEZ MORENO

PORTO ALEGRE

2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

FACULDADE DE VETERINARIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA ANIMAL: EQUINOS

**Pressão intraocular média obtida por três diferentes avaliadores utilizando os
tonômetros de rebote e de aplanção em equinos**

Autor: Tatiana Martinez Moreno

Dissertação apresentada
como requisito parcial para
obtenção do grau de mestre
em Medicina Animal

Orientador: Prof. Dr. João Antonio Tadeu Pigatto

PORTO ALEGRE

2016

CIP - Catalogação na Publicação

martinez moreno, tatiana
pressão intraocular média obtida por três
diferentes avaliadores utilizando os tonômetros de
rebote e de aplanção / tatiana martinez moreno. --
2016.
60 f.

Orientador: João Antonio Tadeu Pigatto.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Veterinária,
Programa de Pós-Graduação em Medicina Animal: Equinos,
Porto Alegre, BR-RS, 2016.

1. oftalmologia veterinaria. 2. tonometria. 3.
equinos. I. Pigatto, João Antonio Tadeu, orient. II.
Título.

Tatiana Martinez Moreno

PRESSÃO INTRAOCULAR MÉDIA OBTIDA POR TRÊS DIFERENTES
AVALIADORES UTILIZANDO OS TONÔMETROS DE REBOTE E DE APLANAÇÃO
EM EQUINOS

Aprovada em 31 de Março 2016

APROVADO POR:

Prof. Dr. João Antonio Tadeu Pigatto

Orientador e presidente da Comissão

Prof. Dr. Ney Luis Pippi

Membro da Comissão

Prof. Dr. André de Silva Caríssimi

Membro da Comissão

Prof. Dr. Carlos Afonso de Castro Beck

Membro da Comissão

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la fuerza y la energía cada día.

A mi hermana que me dio la fuerza para estar lejos de casa y acompañarme en todo el proceso con su energía positiva a cumplir esta meta.

A todos los miembros del servicio de oftalmología (SOV), que fueron mi familia lejos de casa, aportaron conocimiento en el área de oftalmología y a nivel personal, a todos les debo mi gratitud eterna.

A mi orientador por creer en mi capacidad y abrir una puerta para esta experiencia maravillosa que fue ser parte de un servicio de oftalmología reconocido a nivel internacional, igualmente por su conocimiento y paciencia.

Luisa mi hermana de corazón, quien siempre estuvo ahí para mí.

A el Consejo Nacional de Desenvolvimiento Científico y Tecnológico (CNPq) por la bolsa de estudios.

RESUMO

A mensuração da pressão intraocular (PIO) é essencial para o exame oftálmico, pois permite o diagnóstico de doenças oftálmicas como uveíte e glaucoma, além de auxiliar no monitoramento das cirurgias intraoculares. Objetivou-se comparar a tonometria de rebote com a tonometria de aplanção em equinos. Além disso, determinar a reprodutibilidade dos valores obtidos em ambos os aparelhos. A PIO foi aferida em 30 equinos da raça Crioula, machos ou fêmeas, com idade entre um e 16 anos utilizando o tonômetro de rebote (TonoVet[®]) e o tonômetro de aplanção (Tonopen Avia[®]). Previamente a aferição da PIO, todos os animais foram submetidos ao exame oftálmico incluindo, avaliação dos reflexos pupilares, teste da lágrima de Schirmer, prova da fluoresceína e biomicroscopia com lâmpada de fenda portátil. Foram utilizados apenas bulbos oculares hígidos. A análise estatística foi feita com ANOVA e teste t de Student. A reprodutibilidade foi avaliada pelo cálculo do coeficiente de correlação intraclassa (ICC). A média da PIO foi de $26,16 \pm 5,13$ mmHg utilizando o tonômetro de rebote e de $22,55 \pm 7,32$ mmHg com o tonômetro de aplanção. A média da PIO de acordo com o avaliador utilizando o tonômetro de rebote foi de $25,27 \pm 4,9$ mmHg para o examinador A, $25,80 \pm 5,2$ mmHg para o examinador B e de $27,40 \pm 5,1$ mmHg para o examinador C. Com o tonômetro de aplanção as médias obtidas foram de $20,03 \pm 4,5$ mmHg com o examinador A, $19,67 \pm 6,0$ mmHg com o examinador B e de $27,97 \pm 10,3$ mmHg com o examinador C ($p < 2,3$). O ICC foi de 0,18 para o tonômetro de aplanção e de 0,41 para o tonômetro de rebote. Os valores da pressão intraocular média obtidos com o tonômetro de rebote são superestimados quando comparados aos valores obtidos com o tonômetro de Tonopen Avia[®] em equinos saudáveis. Comparativamente ao Tonopen Avia[®] os valores obtidos com o Tonovet[®] demonstraram maior reprodutibilidade.

Palavras chave: tonometria, rebote, aplanção, reprodutibilidade.

ABSTRACT

The measurement of intraocular pressure (IOP) is essential for the ophthalmic examination, as it allows the diagnosis of eye diseases such as uveitis and glaucoma, as well as aid in the monitoring of intraocular surgery. This study aimed to compare the mean intraocular pressure (IOP) values in horses obtained by three different examiners using the rebound and applanation tonometer's. Each examiner measured the IOP of 30 "Crioulo" horses, males or females, aged one to 16 years old, using rebound tonometer and applanation tonometer. Previous to the experiment an ophthalmic examination was performed in horses. Only animals without alterations were selected. Three veterinarians measured IOP with rebound (Tonovet®) and applanation tonometer's (Tonopen Avia®). Comparisons were made using ANOVA and student t test. Intraclass correlation coefficient (ICC) was calculated for reproducibility. IOP measurements resulted in mean values of 26.16 ± 5.13 mmHg for rebound tonometer and 22.55 ± 7.32 mmHg for applanation tonometer. These values were different on statistical analysis. Rebound tonometer mean values, according with the examiner, were: A 25.27 ± 4.9 mmHg, B 25.80 ± 5.2 , C 27.40 ± 5.1 mmHg. For applanation tonometer the mean IOP for examiner A (20.03 ± 4.5 mmHg), B (19.67 ± 6.0 mmHg), C (27.97 ± 10.3 mmHg). With the Tonopen Avia® tonometer examiner C measured higher IOP's than examiners A and B. Intraclass correlation coefficient was 0.41 for rebound tonometer was 0.18 for applanation tonometer. It was observed that the values obtained with the Tonovet® were overestimated compared to Tonopen Avia® in healthy horses. When compared with Tonopen Avia® values obtained with the Tonovet® showed a higher reproducibility.

Keywords: tonometry, rebound, applanation, reproducibility.

ABREVIATURAS

CA: câmara anterior

HA: humor aquoso

mmHg: milímetros de mercúrio

%: porcentagem

et al: e outros colaboradores

µl/min: microlitros por minuto

AA: ácido ascórbico

g/L: gramas por litro

µm: micrômetros

ERU: uveíte recorrente equina

Prof: professor

Dr.: doutor

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

LISTA DE FIGURAS

Figure 1- Photograph illustrating the IOP measuring by rebound tonometry (Tonovet®) in the right eye of a healthy horse, the correct mode without pressuring the eye and adnexa's .	30
Figure 2 Photograph illustrating the IOP measuring by aplanation tonometer Tonopen Avia® in the left eye of a healthy horse, the correct mode without pressuring the eye and adnexa's	30
Figure 3- Boxplot illustrating the mean intraocular pressure in mmHg, measured with the rebound tonometer (Tonovet®), for each examiners A (25.27), B (25.80), C (27.40) represented by a blue dot. As well a red star as the standard deviation of each practioner .	31
Figure 4 - Boxplot illustrating the mean intraocular pressure in mmHg, measured with the aplanation tonometer (Tonopen Avia®), for each examiners A (20.03), B (19.67), C (27.97) represented by a blue dot. As well a red star as standard deviation.....	32
Figure 5 –	32
Figure 6-	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
3. REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1. Anatomia do bulbo ocular.....	14
3.1.1. Corpo ciliar.....	15
3.1.2. Epitélio ciliar.....	16
3.2. Humor aquoso	16
3.2.1. Composição do humor aquoso	16
3.2.2. Funções do humor aquoso	17
3.2.3. Produção e formação do humor aquoso.....	18
3.2.4. Drenagem do humor aquoso.....	19
3.3. Principais doenças que alteram a PIO	20
3.3.1. Uveíte recorrente equina (ERU)	20
3.3.2. Glaucoma	21
3.4. Tonometria	23
3.4.1. Tonometria de rebote.....	23
3.4.2. Tonometria de aplanção.....	25
3.5. Fatores que influenciam nos valores da PIO.....	25
3.5.1. Fatores internos	25
3.5.2. Fatores externos.....	27
4. MATERIAIS E MÉTODOS E RESULTADOS	30
4.1 Artigo	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	;Error! Marcador no definido.

1. INTRODUÇÃO

A tonometria é fundamental para o diagnóstico e controle de doenças oculares que cursam com alterações da pressão intraocular (PIO). Existem estudos a respeito dos valores de referência da PIO em diferentes espécies, incluindo aves de rapina (REUTER et al., 2010; STILES et al., 1994), vacas (ANDRADE et al., 2011; GUM et al., 1998), cães (LEIVA et al., 2006; KNOLLINGER et al., 2005; GELATT, 1981), cabras (BROADWATER, 2007), coelhos (PEREIRA et al., 2011), cavalos (KNOLLINGER et al., 2005; MILLER et al., 2000), crocodilos (WHITTKER et al., 1995), corujas (JEONG et al., 2007), ferrets (SAPIENZA et al., 1991), gatos (RUSANEM et al., 2010; MILLER et al., 1991), leões (OFRI et al., 1998), ratos (GOLDBLUN et al., 2002; MOORE et al., 1993), ovelhas (PIGATTO et al., 2011), entre outras.

Na espécie equina, estudos demonstraram a importância da tonometria no diagnóstico e no controle de doenças oculares que podem levar a cegueira, como o glaucoma e a uveíte recorrente (THAGADURAI et al., 2010; BRANDES et al., 2007; WADA, 2006).

Existem diferentes métodos para avaliação da pressão intraocular. Em humanos o tonômetro mais utilizado é o de Goldman (MORAD et al., 1998). No entanto, em animais são utilizadas principalmente a tonometria de rebote, que consiste na estimação da desaceleração de uma ponteira impulsada por energia magnética após seu contato com a córnea (KONTIOLA et al., 2001) e a tonometria de aplanção que é baseada: “No princípio de aplanção de uma esfera onde a pressão interna dessa esfera aplicada sobre a córnea vai aumentando até que as áreas de contato entre a ponteira e a córnea formem uma superfície

plana” (KNIESTEDT et al., 2008).

Os valores da pressão intraocular podem sofrer variações decorrentes da espécie e das características físicas da córnea como rigidez e espessura (MARTINEZ DELA CASA et al., 2006), além da elasticidade (CHIU et al., 2008; MARTINEZ DELA CASA et al., 2005). Estes valores também podem ser influenciados por fatores como os hábitos alimentares e o ciclo circadiano das diferentes espécies animais, incluindo equinos (BERTOLUCCI et al., 2009; BROADWATER et al., 2008) coelhos (PEREIRA et al., 2011) e cães (GELATT et al., 1998). É comum o uso de sedativos e anestésicos regionais e locais para o exame oftálmico na espécie equina, alguns dos medicamentos utilizados diminuem o valor da PIO como a xilazina (VAN DER WOERDT et al., 1995; TRIM et al., 1985; McCLURE et al., 1976) a ketamina (TRIM et al., 1985) e a acepromazina (McCLURE et al., 1976). Os estudos realizados em humanos reportam a influência da posição da cabeça nos valores obtidos da PIO.

Linder et al., (1988) concluíram que a PIO pode apresentar um aumento de 2 a 4 mmHg quando o exame é realizado em posições externas e aumento de até 50% em posições invertidas (33 a 39 mmHg). Segundo Komárony e colaboradores, (2006), a exemplo do observado em humanos, a PIO na espécie equina também sofre influência do posicionamento da cabeça em relação ao nível do coração, aumentando os valores obtidos. Isto explica-se pela compressão e sobrecarga dos plexos de drenagem do humor aquoso.

2. OBJETIVOS

- Comparar a tonometria de rebote (TonoVet[®]) com a tonometria de aplanção (Tonopen Avia[®]) em equinos.
- Comparar os valores da pressão intraocular obtida utilizando o tonômetro de rebote (TonoVet[®]) e o tonômetro de aplanção (Tonopen Avia[®]) em equinos por 3 avaliadores.
- Avaliar a reprodutibilidade dos valores da pressão intraocular obtidos utilizando o tonômetro de rebote (TonoVet[®]) e o tonômetro de aplanção (Tonopen Avia[®]) em equinos.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Estudos demonstram que o Brasil tem aproximadamente oito milhões de equídeos entre cavalos, muares e asininos, constituindo o maior rebanho na América Latina. Essa indústria movimenta \$7,3 bilhões ao ano (LIMA et al., 2012). As doenças oftálmicas são também fatores responsáveis por perdas econômicas, sendo estimado que 1% dos cavalos no mundo perde a sua utilidade devido às afeções oculares (ANON, 2005).

A tonometria é um procedimento realizado com auxílio de um aparelho eletrônico que calcula a pressão intraocular, servindo como um indicativo da saúde do bulbo ocular. A tonometria tem dois objetivos principais, o diagnóstico das doenças que modificam o volume de humor aquoso e o acompanhamento pós operatório de procedimentos cirúrgicos, como por exemplo, a facoemulsificação e as cirurgias vitreoretinianas (WILKIE et al., 2010; BERTOLUCCI et al., 2009; LEIVA et al., 2006; WHITACRE et al., 1993; SMITH et al., 1986).

3.1. Anatomia do bulbo ocular

O bulbo do olho é composto por três túnicas, sendo elas a fibrosa, a vascular e a nervosa (GELATT, 2013). A túnica fibrosa é a externa e determina a forma e o tamanho ocular, características que são essenciais para o funcionamento adequado do bulbo ocular.

A túnica fibrosa é subdivida em esclera e córnea. A córnea possui características essenciais para a visão dos animais como a transparência e a refração (AMBRÓSIO et al., 2009; PIPPI & GONÇALVES, 2009).

A uvea é a segunda camada, altamente vascularizada e pigmentada. A uvea é formada pela coroide, pelo corpo ciliar e pela íris (SAMUELSON, 2013; SIMON, 2008).

A camada nervosa é a central. O nervo óptico e a retina fazem parte dela e são derivações do cérebro que possuem morfologia e anatomia semelhante ao sistema nervoso central. Sua principal função é a transmissão ganglionar, responsável pela geração de imagem junto ao cérebro. A retina capta os sinais luminosos por intermédio de suas células fotorreceptoras e transmite até o sistema nervoso central através do nervo óptico para que os sinais luminosos sejam convertidos em sinais visuais (SAMUELSON, 2013; PIPPI & GONÇALVES, 2009; SIMON, 2008).

3.1.1. Corpo ciliar

A continuação anterior da coroide forma o corpo ciliar onde estão localizados os processos ciliares. Esses são responsáveis pela produção do humor aquoso que proporciona resistência ao bulbo ocular além de nutrir as estruturas refratárias intraoculares (AMBRÓSIO, 2009).

Os equinos possuem 102 processos ciliares na parte anterior *Pars Plicata (Coroa Ciliaris)*, estes são responsáveis pela acomodação do cristalino além de proporcionar suporte às zônulas de Zinn para a estabilização da lente (PRINCES et al., 1960).

3.1.2. Epitélio ciliar

Chi-ho et al., (2002), descreveram o epitélio ciliar como uma camada dupla de células, sendo uma pigmentada e outra não. De um modo geral o epitélio não pigmentado é a camada interna do epitélio ciliar. Essa entra em contato com o vítreo e é considerada a continuação da camada neural da retina formando um epitélio secretor. Esse epitélio possui regiões de transporte ativo e células com grande número de mitocôndrias e retículo endoplasmáticos mais espessos, indicando assim uma atividade metabólica maior da camada do epitélio não pigmentado (DUNN et al., 2001; DAVSON, 1990).

De acordo com a espécie, as regiões com maior número de transporte de ions, que se relacionam com a formação do humor aquoso (HA) pelo epitélio ciliar, podem estar na região anterior (*pars plicata*) ou na região posterior (*pars plana*) (DUNN et al., 2001).

3.2. Humor aquoso

3.2.1. Composição do humor aquoso

Tyllmann et al., (2004), estudaram a composição do humor aquoso (HA) e o modo da ação das diferentes substâncias para o funcionamento das estruturas do bulbo ocular, concluindo que a transparência óptica depende do conteúdo proteico do HA. A radiação solar é absorvida parcialmente pelo ácido ascórbico; as principais substâncias derivadas do

plasma sanguíneo são: o ácido láctico e ascórbico, ureia, glicose, piruvato, além de íons de cálcio, cloreto, bicarbonato, sódio e potássio.

A origem do HA se dá a partir de um ultrafiltrado do plasma sanguíneo, possuindo características químicas e iônicas semelhantes (DAVSON, 1990). Segundo Chi-Ho, et al., (2002), para obter a transparência do HA, é indispensável que exista a diferença entre o HA e o plasma sanguíneo, o baixo nível de ácido ascórbico (AA) e proteínas. Esta diferença é de aproximadamente 0,05 – 0,15g/L no HA e de 60-70g/L no plasma sanguíneo. A concentração de AA é espécie específica.

Em coelhos e cobaias existe um aumento no bicarbonato e um déficit de cloreto em relação aos níveis do plasma sanguíneo. Ao contrário, em humanos e cavalos, existe um aumento nos níveis de cloreto e um déficit de bicarbonato (DAVSON, 1990).

3.2.2. Funções do humor aquoso

As principais funções do humor aquoso são levar até as estruturas avasculares internas do bulbo ocular como, a córnea e a lente, o oxigênio e os nutrientes, além de remover os resíduos resultantes dos processos metabólicos das mesmas (BROOKS, 2005; CHI-HO et al., 2002; STADES et al., 1999; MARTIN, 1998).

Outra importante função do HA é a estabilização da PIO. O mesmo também é fundamental para manter o formato do bulbo ocular possibilitando o seu correto funcionamento. Além disso, o HA é responsável pelo transporte de anticorpos do sistema imune através de um filtrado do plasma sanguíneo, e pelo transporte de ácido ascórbico

como substância antioxidante de radicais livres na câmara anterior do olho (WADA, 2006; WILKIE & GILGER, 2004). É necessário que exista um equilíbrio entre a taxa de formação do HA e a taxa de drenagem. Essa diferença tem como resultado um olho saudável, sendo que qualquer alteração do mesmo leva à doenças oculares nas diversas espécies animais (WILKIE, 2010; BAUM et al., 1995)

3.2.3. Produção e formação do humor aquoso

A formação do HA é um processo complexo, no qual pode ser subdividido em 4 etapas de acordo com Chi-Ho, et al., (2002):

- I. Os processos ciliares devem receber um fluxo de sangue constante.
- II. Os capilares fenestrados dos processos ciliares devem processar o ultrafiltrado, este é filtrado pelo alto conteúdo proteico entre as vênulas e o epitélio ciliar.
- III. O epitélio ciliar transporta solutos da câmara posterior.
- IV. O processo osmótico é favorecido pelos gradientes de concentração, ajudando a entrada da água no olho.

O funcionamento do epitélio ciliar para o transporte de solutos ocorre por intermédio de três mecanismos independentes: difusão, ultra filtração e transporte ativo (DALMORO & NETTO, 2004; DUNN et al., 2001).

Estima-se que a taxa de formação do humor aquoso seja de 2,6 $\mu\text{l}/\text{min}$ durante o dia e de 1,08 $\mu\text{l}/\text{min}$ a noite em humanos (McCANNEL et al., 1992) proveniente de duas vias. A via hidrostática que é a de filtração passiva do sangue e a via secretora de transporte

passivo do sódio e outros íons pelo epitélio do corpo ciliar (KNIESTEDT et al., 2008). A mesma taxa de produção é descrita em coelhos, sendo que em felinos é de 3 a 4µl/min e em caninos é superior (SLATTER , 2005).

A produção do HA pelo epitélio ciliar é proveniente de dois processos sendo um deles dependente e o outro independente de energia (WILKIE, 2004). Na produção ativa do HA, a enzima anidrase carbônica e citocromo oxidase são essenciais, devido a atuarem como parte do mecanismo secretor do epitélio não pigmentado do epitélio ciliar (CHI-HO et al., 2002; WILKIE, 2010).

3.2.4. Drenagem do humor aquoso

Nos mamíferos existem duas vias pelas quais o HA é drenado, a via convencional composta pela malha trabecular, uvea e o ângulo iridocorneano, e a via não convencional uveoescleral (SEDACCA et al., 2012; SMITH et al., 1986).

A drenagem uveoescleral, no qual o HA da câmara anterior é filtrado pelos espaços da musculatura dos corpos ciliares em direção aos espaços supracoróideo e supraciliares (SMITH et al., 1986; SEDACCA et al., 2012), tem maior importância nos herbívoros, devido ao ângulo iridocorneano possuir variações de acordo com a classificação taxonômica. Os cavalos se caracterizam por ter uma musculatura ciliar subdesenvolvida, sendo a via convencional, a de drenagem mais limitada (SAMUELSON et al., 1989).

De acordo com Smith, (1986), a porcentagem do HA total drenado pela via não convencional pode variar entre as diferentes espécies sendo nos humanos (4-14%), macacos

(30-65%), cães (15%), gatos (3%), coelhos (13%), cavalos (65%). Nos equinos o espaço supraciliar é mais proeminente que nos cães e macacos, aumentando a porcentagem de HA drenado pela via uveoescleral.

3.3. Principais doenças que alteram a PIO

As principais afecções que ocasionam alterações nos valores da PIO em equinos são a uveíte recorrente equina (ERU) e o glaucoma (MILLER et al., 2001). A ERU é caracterizada pela inflamação da uvea e pela diminuição da pressão intraocular (WADA, 2006). Em consequência da inflamação crônica ocasionada pela ERU, os equinos podem desenvolver o glaucoma, considerado uma síndrome neuropática, caracterizada pelo aumento de pressão intraocular (WILKIE, 2010; WILKIE & GILGER 2004; MILLER et al.,2001). Por sua importância na espécie equina, as alterações que influenciam os valores da PIO serão descritas a seguir.

3.3.1. Uveíte recorrente equina (ERU)

Uveíte é definida como a inflamação da uvea (camada vascular) que é formada pela íris, corpo ciliar e coroide (GILGER, 2010).

Essa inflamação não é evidente macroscopicamente em alguns casos e possui diferentes causas, entre elas, mais comumente infecciosa, onde existe uma quebra da barreira hemato ocular (GILGER, 2010). Os principais sinais clínicos da uveíte em equinos

são: miose, *flare* aquoso, presença de precipitados proteicos na câmara anterior, hipópio, fibrina na CA, sinéquia posterior ou anterior e *phthisis bulbi* (WADA, 2006; SMITH et al., 1986).

A uveíte recorrente equina também chamada a cegueira da lua, iridociclite ou oftalmia periódica, é a principal causa de cegueira em equinos no mundo (LOWE, 2010; GILGER, 2010; SMITH et al., 1986). De acordo com Gelatt, et al., (2003), a patogenia da ERU é imunomediada, porém, a causa específica é independente para cada indivíduo. As causas descritas incluem: toxoplasmose, brucelose, *Rhodococcus equi*, entre outras, permanecendo desconhecida na maioria dos casos. Os estudos a respeito da etiologia da ERU demonstram hipersensibilidade aos agentes infecciosos da *leptospira interrogans*, identificado como a principal causa para a ERU (BRANDES et al., 2007; FABER et al., 2000).

A inflamação da úvea leva à diminuição da quantidade de HA na CA devido à queda na produção do mesmo pelos processos ciliares. Nessa situação ocorre a quebra da barreira hemato ocular elevando o número de prostaglandinas circulantes e assim aumentando a drenagem uveoescleral do HA (COLLINS & MOORE, 1999).

3.3.2. Glaucoma

O glaucoma é uma síndrome caracterizada pelo aumento da PIO incompatível com a saúde das estruturas nervosas oculares, levando a uma neuropatia irreversível que ocasiona a cegueira. O glaucoma pode ser congênito, primário ou secundário (WILKIE, 2010; WILKIE & GILGER, 2004; MILLER et al., 2001).

Em equinos o glaucoma secundário é o mais comum. Geralmente ocorre em consequência das inflamações crônicas intraoculares como a uveíte e traumas severos (WILKIE, 2010; WILKIE et al., 2001; MILLER et al., 2001; VAN DER WOERDT et al., 1998) ou ainda em virtude de neoplasias intraoculares (WILKIE, 2010). O glaucoma secundário à uveíte recorrente equina pode manifestar-se devido à formação de uma membrana fibrovascular na região preiridial, secundário à sinéquia anterior ou posterior ou ainda em virtude de obstrução das vias de drenagem do HA pelas células e precipitados inflamatórios, todos esses sinais clínicos são considerados patognomônicos (WILKIE, 2010; WILKIE & GILGER, 2004; MILLER et al., 2001).

Em equinos, é incomum o glaucoma agudo e primário, ao contrário de outras espécies como os cães e os humanos. Equinos da raça Appalosa, adultos, com idade superior a 15 anos e cavalos com doenças inflamatórias crônicas oculares apresentam maior predisposição ao surgimento da doença (MILLER et al., 2001; WILKIE et al., 2001).

O tratamento do glaucoma em equinos depende da resposta de algumas perguntas tais como: há presença da visão no cavalo, existem doenças oculares no olho afetado, idade e propósito do paciente, fatores econômicos e facilidade para realizar o tratamento (WILKIE, 2010; WILKIE, et al., 2001).

Os sinais clínicos do glaucoma podem variar de acordo com a cronicidade e com a presença de doenças inflamatórias concomitantes com a uveíte recorrente equina. Alguns dos sinais clínicos são: quemose, blefarospasmo, sinéquia, atrofia da grânula irídica, degeneração vítrea e escavação no nervo óptico (WILKIE, 2010; WILKIE et al., 2001).

De acordo com Mughannam, et al., (1999), existem controvérsias a respeito da utilização do colírio de atropina no glaucoma, já que é relatado que nessa espécie ocorre

maior filtração do HA através da via não convencional. Nesse caso, o colírio de atropina ajudaria no relaxamento da íris e da musculatura do corpo ciliar resultando em uma abertura do espaço supraciliar e supracoroideano.

3.4. Tonometria

A tonometria é um método indireto de mensuração da pressão intraocular (OLLIVER, 2007). Em animais existem principalmente dois métodos para a avaliação da PIO, sendo eles a tonometria de rebote e a tonometria de aplanção.

Os valores da PIO são expressos em milímetros de mercúrio (mmHg) e variam de acordo com a espécie. Nos equinos os valores considerados normais variam entre 16 a 30 mmHg. Qualquer variação acima de 5 mmHg leva à suspeita de doença e deve ser feito o exame para comprovação da aferição (CARASTRO, 2004; WANDA, 2006).

3.4.1. Tonometria de rebote

Originalmente, há mais de 60 anos atrás, Obbick formulou os princípios do tonômetro de rebote, porém, não houve aceitação pelos membros das escolas de oftalmologia a nível mundial (DANIAS et al., 2003). Em 2001, ocorreu o desenvolvimento de um tonômetro (Tonovet[®]) para modelos experimentais em roedores, pois o modelo já existente (Tono-pen XL[®]), apresentava dificuldades no tamanho da ponteira utilizada em relação com a região da córnea a ser avaliada em animais de laboratório, resultando em valores pouco confiáveis (KONTIOLA et al., 2001).

A tonometria dinâmica ou de rebote, foi desenvolvida com o intuito de criar um aparelho que determine a pressão intraocular dos animais de forma não invasiva. O funcionamento é mediante uma *probe* (ponteira) que se movimenta em direção a região central da córnea numa distância entre 3-7mm, essa encosta na córnea e retorna a sua posição inicial com uma velocidade de 0,2-0,4m/s e esta ação chamada de rebote estima a PIO (MARTINEZ DE LA CASA et al., 2005; DANIAS et al., 2003; KONTIOLA, 1997)

Para a obtenção da pressão intraocular média são necessários seis contatos da ponteira com a córnea do paciente. Dessas medidas o valor maior e o valor menor são descartados automaticamente (SPIESSEN et al., 2015; KNOLLIGER et al., 2005).

A maioria dos tonômetros são calibrados de acordo com o diâmetro da córnea de humanos, fator que influi nas medições, porém o Tonovet[®] tem a calibração interna para os diferentes diâmetros entre as espécies. O examinador seleciona os diferentes modos de acordo com a espécie desejada. As opções são: O modo “d” corresponde a cães e felinos, “h” cavalos e “p” para outras espécies (SPIESSEN et al., 2015; KNOLLIGER et al., 2005; KONTIOLA, 1997). Em caso de erro, o aparelho emite um som que adverte o examinador. Entre os erros pode-se mencionar: valores superestimados, desvio da ponteira nos diferentes ângulos de contato com a córnea e ainda a distância maior de 8 mm da ponteira em relação à córnea (SPIESSEN et al., 2015; KNOLLIGER et al., 2005).

Para a avaliação da pressão intraocular utilizando o TonoVet[®] não é necessário o uso de colírio anestésico pois o seu contato com a córnea é preciso, rápido e minimamente invasivo (KONTIOLA et al., 2004). Os fabricantes recomendam o descarte das ponteiras após a utilização para diminuir o risco de contaminação por agentes virais e bacterianos entre os pacientes.

3.4.2. Tonometria de aplanção

A tonometria de aplanção não afere diretamente a PIO. Com a tonometria de aplanção realiza-se uma estimativa da força utilizada para aplanar uma área específica da superfície da córnea (MILLER et al., 1990), mediante o princípio de “Imbert-Fick law” representante da fórmula: $\text{pressão} = \text{força} / \text{área}$ (KNIESTDT et al., 2008).

Essa classe de tonômetro é composta por uma área de superfície aproximada de 3mm, precisando entrar em contato com a superfície central da córnea. Esse movimento é feito pelo examinador devendo realizar movimentos exatos na mesma área da córnea com uma força neutra (GELATT, 2013; LEIVA et al., 2006). O Tonopen Avia[®] é uma versão atual do Tonopen XL[®], a diferença principal é o desenho ergonômico que facilita a manipulação do aparelho pelo avaliador para o exame e não precisa calibração já que possui um sistema interno que realiza este procedimento automaticamente (PEREIRA et al., 2011).

3.5. Fatores que influenciam nos valores da PIO

3.5.1. Fatores internos

A PIO pode apresentar valores alterados em virtude de diferentes fatores, entre eles: hemodinâmica, tônus muscular extraocular, posicionamento das pálpebras e retração do

músculo retrator do bulbo ocular (VAN DER WOERDT et al., 1995; HART, 1992; SAPIENZA et al., 1991) Além disso, a pressão venosa pode alterar a taxa de formação no humor aquoso e a sua drenagem (ERICKSON-LAMY et al., 1984).

As propriedades físicas do bulbo ocular, em especial as da córnea influenciam nos valores da PIO. Entre esses fatores deve-se mencionar a curvatura, a espessura (MARTINEZ DE LA CASA et al., 2006) e também a elasticidade corneana, (CHIU et al., 2008) a rigidez da esclera e a viscosidade da lágrima (NAGATA et al., 2011; PARK et al., 2011; KNOLLINGER et al., 2005).

O estudo do diâmetro da córnea foi realizado em diferentes espécies incluindo bovinos (ANDRADE, et al., 2011; GUM, et al., 1998), cães (KNOLLINGER et al., 2005), cavalos (KNOLLINGER et al., 2005; MILLER et al., 2000). Os valores obtidos na espécie equina variaram entre 750µm a 1mm, possuindo a medida central menor que a periférica (SVALDENIÉNE et al., 2004; PLUMMER et al., 2003; ANDREW et al., 2001; RAMSEY et al., 1999; VAN DER WOERDT et al., 1995).

O aumento na pressão venosa episcleral, diminui a drenagem do HA, levando ao aumento da PIO (FRIEDENWALD, 1987). Também existe uma correlação positiva entre a pressão sistólica e diastólica com o aumento da PIO em humanos (DIELEMANS et al., 1995). Nos cães, o uso de Captopril reduziu a pressão arterial, levando a uma queda na perfusão sanguínea no nervo óptico e alteração na PIO (HASHIMOTO et al., 2002).

Constata-se aumento nos valores obtidos na tonometria em córneas com alterações estruturais como por exemplo, nos casos de modificação no pigmento, edema, fibrose e vascularização (SLACK et al., 2012; PARK et al., 2011; LEIVA et al., 2006)

3.5.2. Fatores externos

As alterações na PIO podem estar relacionadas com diversos fatores externos ao bulbo ocular, como por exemplo, o tipo de aparelho empregado para a medição, a experiência do examinador no manejo do tonômetro (MOORE et al., 1993) e o comportamento do animal no momento do exame (GELATT et al., 1998).

Os tonômetros de aplanção são dependentes da espessura da córnea principalmente porque no momento da sua fabricação o seu desenho foi baseado em córneas de 500 μm . Devido a esse fato, em córneas com espessuras superiores a 600 μm , o aparelho tende a superestimar os resultados das aferições, contudo em córneas inferiores a 490 μm os valores são subestimados (AMARAL et al., 2006; DALMARO & NETO, 2004; BRANDT et al., 2001)

De acordo com Park et al., (2011) o aumento de 100 μm na espessura da córnea altera os valores obtidos com o tonômetro de rebote em 1 a 2mmHg. Isso ocorre porque as córneas mais finas aumentam o efeito rebote da ponteira, obtendo valores superestimados.

As mensurações da PIO com os tonômetros portáteis tendem a superestimar os valores da PIO quando comparados aos valores obtidos na manometria (AMARAL et al., 2006; ILIEV et al., 2006; MARTINEZ DE LA CASA et al., 2006). No entanto, continuam sendo a melhor opção para avaliação da PIO em animais por ser uma técnica minimamente invasiva (LOPEZ-CABALLERO et al., 2007).

As publicações nas quais são comparadas a utilização da tonometria de aplanção em relação a tonometria de rebote, descrevem a tendência do Tonovet[®] em superestimar os

valores da PIO nos felinos (RUSANEM et al., 2010), nos equinos (KNOLLINGER et al., 2005) e nas corujas, (JEONG et al., 2007) porém, ele subestima a PIO em cães (PARK et al., 2011; GÖRIG et al., 2006; LEIVA et al., 2006; KNOLLINGER et al., 2005) e em coelhos (PEREIRA et al., 2011).

Os dedos do examinador podem exercer pressão sobre as pálpebras do paciente influenciando os movimentos oculares (KNIESTEDT et al., 2008) levando ao aumento na PIO (WILKIE et al., 2004).

Em mamíferos o ciclo circadiano é determinado pelo período de escuridão e luminosidade percebido pelos fotorreceptores retinianos. Vários fatores são influenciados pelos processos fisiológicos como a liberação de melatonina e de dopamina, a sensibilidade visual e a pressão intraocular (BERTOLUCCI et al., 2009; DOYLE et al., 2002).

O ciclo circadiano exerce influência sobre a PIO de diversas espécies. Estudos realizados em humanos relatam elevação nos valores da PIO durante o período da manhã (GELATT & MACKAY, 1998; HENKIND & LEITMAN, 1973). As pesquisas conduzidas na espécie equina demonstraram baixa influência do ciclo circadiano nessa espécie, não levando a modificações significativas dos valores durante o dia ou a noite (WILLIS et al., 2001a; WILLIS et al., 2001b; VAN DER WOERDT et al., 1995). Contudo, existem estudos que verificaram alterações nos valores obtidos da PIO relatando o seu aumento no período da tarde em comparação com o período da manhã (BERTOLUCCI et al., 2009; WADA, 2006).

Em humanos foram realizados estudos avaliando a influência da posição da cabeça nos valores da PIO e concluíram um aumento de 2 a 4mmHg em posições externas e um

aumento de 50% em posições invertidas (33 a 39mmHg). Essa elevação da PIO se atribui ao aumento na pressão venosa episcleral, às forças compressivas das estruturas internas do bulbo ocular e à congestão do trato uveal (BROADWATER et al., 2008; MEIRELLES et al., 2008; LINDER et al., 1988)

Segundo Komaromy et al., (2006) o efeito da posição da cabeça com relação ao nível do coração dos cavalos é igual aos humanos, aumentando a PIO pela compressão e sobrecarga dos plexos na drenagem do HA.

Nos equinos é comum o uso de sedativos para realizar procedimentos diagnósticos em virtude do seu difícil manejo. Alguns dos medicamentos utilizados nesta espécie diminuem o valor da PIO: por exemplo, a xilazina (VAN DER WOERDT et al., 1995; TRIM, et al., 1985; McCLURE et al., 1976), a quetamina (TRIM et al., 1985) e a acepromazina (McCLURE et al., 1976).

Para o exame oftálmico nos equinos comumente é realizado o bloqueio auriculopalpebral com o intuito de diminuir os movimentos dos músculos extraoculares e palpebrais facilitando a visualização do bulbo ocular. Este bloqueio não exerce influência nos valores de PIO (VAN DER WOERDT et al., 1995; MILLER et al., 1991).

Demais fatores relacionados com o aumento da PIO são: erro de posicionamento do examinador durante a realização da tonometria, no qual o aparelho entra em contato com os anexos oculares (MOSES, 1958) e esforço do paciente para fechar as pálpebras durante o exame (PARAG et al., 2001). A elevação da frequência respiratória em decorrência do stress pode levar a um aumento de até 150% nos valores obtidos da PIO em humanos (MAURICE, 1958).

4. MATERIAIS E MÉTODOS E RESULTADOS

Esta dissertação de mestrado foi elaborada na forma de artigo científico conforme as normas do Programa de Pós-Graduação em Medicina Animal: Equinos da Universidade Federal do Rio Grande Do Sul. Desta forma, a metodologia, os resultados obtidos, a discussão e a conclusão foram descritos de acordo com as normas da revista Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, para a qual o artigo será submetido.

4.1 Artigo

Intraocular pressure obtained by three different evaluators using the rebound and applanation tonometry in horses

Pressão intraocular obtida por três diferentes avaliadores em equinos utilizando tonometria de aplação e rebote

T. M. Moreno¹, M. C. C. Andrade¹, P. S. Hünning¹, F.Q. Pereira¹, L. Albuquerque¹, E. Ghiggi¹, E. V. Camilo², J.A.T. Pigatto¹

¹Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

²Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo

ABSTRACT

This study aimed to compare the mean intraocular pressure (IOP) values in horses obtained by three different examiners using the rebound and applanation tonometers. Each examiner measured the IOP of 30 “Crioulo” horses, males or females, aged one to 16 years old, using rebound tonometer and applanation tonometer. Previous to the experiment an ophthalmic examination was performed in all the horses. Only animals without alterations were selected. Comparisons were made using an ANOVA and student t test. Intraclass correlation coefficient (ICC) was calculated for reproducibility. IOP measurements resulted in mean values of 26.16 ± 5.13 mmHg for rebound tonometer and 22.55 ± 7.32 mmHg for applanation tonometer. These values were different on statistical analysis. Rebound tonometer mean values, according with the examiner, were: A 25.27 ± 4.9 mmHg, B 25.80 ± 5.2 , C 27.40 ± 5.1 mmHg. For applanation tonometer the mean IOP for examiner A 20.03 ± 4.5 mmHg, B 19.67 ± 6.0 mmHg, C 27.97 ± 10.3 mmHg. With the Tonopen Avia[®] tonometer examiner C measured higher IOP's than examiners A and B. Intraclass correlation coefficient was 0.41 for rebound tonometer was 0.18 for applanation tonometer. It was observed that the values obtained with the Tonovet[®] were overestimated compared to Tonopen Avia[®] in healthy horses. When compared with Tonopen Avia[®] values obtained with the Tonovet[®] showed a higher reproducibility.

Keywords: tonometry, rebound, applanation, reproducibility.

INTRODUCTION

Tonometry is a fundamental part of the routine ophthalmological exam in humans and animals, because is not just for the diagnosis of ocular abnormalities such as glaucoma and uveite (Wada, 2006). Besides that, its indicator of ocular health and prognostic of ocular surgeries (Whitacre et al., 1993).

Portable instruments are commonly used for measuring intraocular pressure (IOP) in domestic animals; since the introduction of rebound tonometry in 2000th veterinary practitioners had available two principal methods for evaluation of IOP, the rebound tonometer and applanation tonometer (Leiva et al., 2006; Kontiola et al., 2001).

The rebound tonometer is a noninvasive method, which through an impact/induction principle measures the IOP. The mechanic device calculates the deceleration of the probe in contact with the central area of the cornea. According to manufactures, it does not require the use of topical anesthesia, and has an internal software for calibration with the environment and different modes for selecting species according with corneal diameters (Danas et al., 2003; Kontiola et al., 2001; Kontiola, 1997).

The applanation tonometer works by the “Imbert-Flick law”, which is represented in the formula: $pressure = force / area$; this law is not a physic principle, is the base description of how it works. Therefore, applanation tonometry calculates IOP with the force required to flatten a specific area of the cornea (Miller et al., 1991).

The TonoPen XL[®] is one of the most common applanation tonometer used in veterinary medicine. This tonometer has to be calibrated, and needs topical anesthesia before gauging pressure in subjects. TonoPen Avia[®] is more ergonomic allowing measuring of IOP in different positions and does not require calibration between

measurements (Pereira et al., 2011).

In veterinary, IOP values have been reported in different species such as: birds of prey (Reuter et al., 2010; Stiles et al., 1994), cows (Andrade et al., 2011; Gum et al., 1998), dogs (Slack et al., 2012; Leiva et al., 2006; Knollinger et al., 2005; Gelatt et al., 1998; Gelatt et al., 1981), goats (Broadwater et al., 2007), rabbits (Pereira et al., 2011), horses (Andrade et al., 2011; Miller et al., 2000; Miller et al., 1991), alligators (Whitter et al., 2001), owls (Jeong et al., 2007), ferrets (Sapienza et al., 1991), cats (Rusanem et al., 2010; Miller et al., 1991), lions (Ofri et al., 1991), mice (Goldblund et al., 2002) and sheep (Pigatto, et al, 2011), among others.

Studies comparing applanation and rebound tonometry describe the tendency of Tonovet[®] to superestimate values of IOP in cats (Rusanem et al., 2010), horses (Knollinger et al., 2005) and owls (Jeong, et al., 2007). Applanation tonometer subestimate values of IOP in dogs (Park et al., 2011; Leiva et al., 2006; Knollinger et al., 2005), rabbits (Pereira et al., 2001), mice (Goldblund et al., 2002) and owl (Jeong et al., 2007).

In humans, studies have been conducted to verify if there are influences from different examiners in the values of intraocular pressure (Parag et al., 2001). To the author's knowledge, the effect of different examiners in intraocular pressure of horses has never been studied. This study aimed to compare the mean intraocular pressure (IOP) values in horses obtained by three different examiners using the rebound and applanation tonometer's.

MATERIALS AND METHODS

Sixty healthy eyes from 30 “*Crioulo*” horses, including both males and females of different ages, were studied. Horses were from the Cabanha do Vigário, Viamão, RS, Brazil. The owner of the animals signed informed consent for participation in the study.

The Animal Use Ethics Committee of the Federal University of Rio Grande do Sul (CEUA-UFRGS) approved this research. The study was conducted according to the Association for Research in Vision and Ophthalmology (ARVO) statement for the use of animals in ophthalmic and visual research.

Ophthalmic examination was carried out before the experiment on both eyes of each horse. The examination consisted of slit-lamp biomicroscopy (Portable Slit Lamp SL 15, Kowa, Japan), Schirmer tear Test (Opthalmos, SP, Brazil), fluorescein test (Fluorescein Strips, Opthalmos, SP, Brazil) and IOP evaluation in both eyes with Applanation Tonometer (Tonopen Avia[®], Reichert, New York, USA) or rebound tonometer (Tonovet[®], Thiols, Helsinki, Finland). Selection of the devices was random. All eyes included in the study were free of clinically relevant ocular abnormalities.

All measurements were performed between 9:00 am and 11:00 am. Three veterinarians measured IOP with rebound (Tonovet[®]) and applanation tonometer's (Tonopen Avia[®]). Measurements were performed 30 min apart from the other one. Practitioners had different levels of experience with tonometry: examiner A has used tonometers for four years, examiner B for more than eight years, and examiner C had never used before. Previously to the experiment a randomly selection was made for assigning the order of the examiners for each horse. It intended to reduce influence of stress reaction of

the animals for just one practitioner.

Tonometry was performed on both eyes, the rebound tonometer was used on the right eyes (Figure 1) and the applanation tonometer was performed on the left eyes (Figure 2). Measurements were first performed with the Tonovet[®] calibrated in 'h' mode (for horses). On the left eye three drops 0.5% proximetacaine chloridrate (Anestalcon[®], Allergan, Brazil) was instilled on the ocular surface, and after 30 seconds, pressure was measured with applanation tonometer. Only readings with 95% confidence were considered.

Intraocular pressure measurements acquired by the three different examiners were compared using ANOVA for repeated measurements, as well an analysis of variance between groups. Comparisons were made using a student t test. The value of $p < 0.05$ was considered significant for all analysis. As well Intraclass correlation coefficient (ICC) was calculated.

RESULTS

All horses were considered healthy based on ophthalmic examination that were within reference ranges reported for the species. It was possible to obtain the values of intraocular pressure using the two tonometer's. In the ophthalmic examination before the beginning of the experiment no significant differences were seen between the mean IOP values of the left eye compared to the right eye.

Figure 3 presents readings obtained with the TonoVet[®] from observer A, B and C, means and standard deviation (SD). No significant statistical difference ($p= 0.252$) was found between examiners.

As well as in figure 4 presents mean IOP values measured with Tonopen Avia[®], standard deviation. For applanation tonometry, an influence of the examiner was markedly noticed ($p>0.5$); the mean of the examiner C was higher in relationship with the others examiners (Figure 5), demonstrating the influence of the human factor in this device. As well, the standard deviation presents greater intervals of values, allowing to assume a low degree of confidence of the IOP for applanation tonometer.

Figure 6 presents IOP mean values of all examiners per tonometer's, standard errors and lower and upper bounds with an interval of confidence 95%. For rebound tonometry, examiner A measured IOP from 23 to 27 mmHg; examiner B values ranged between 23 to 27 mmHg; examiner C IOP's ranged between 25 to 29 mmHg. For the applanation tonometer, values obtained by examiner A ranged from 18 to 21 mmHg; examiner B, from 17 to 22 mmHg; and examiner C, from 24 to 32 mmHg.

Intraclass correlation coefficient was 0.41 for rebound tonometer and 0.18 for applanation tonometer.

DISCUSSION

Values of IOP in healthy horses, should not have a difference of 5 mmHg between eyes, meaning undiagnosed glaucoma or uveitis (Wada, 2006). Based on this fact, in the present study was selected, for the right eye, the use of rebound tonometry (Tonovet[®]) and for the left eye applanation tonometer (TonoPen Avia[®]). Tear film viscosity can be altered by the use of eye drops, what could interfere with the rebound tonometry (Chiu *et al.*, 2008). In this way, Tonopen Avia[®] tonometry was always performed in the left eyes, intending to avoid alterations in contralateral eyes.

The values of IOP have an influence by many factors such as corneal properties (Parks et al., 2011) species (Kontiola, 1997), head position (Komáromy et al., 2006), and device properties (Moore et al., 1993) and some other factors. Based in this facts, some consideration were taken on the design of this study, for eliminating or controlling the influences in the results.

The horses where kept inside their stables, no sedative or nerve block procedure was performed (Van Der Woerdt et al., 1995; TRIM et al., 1985; Mcclure et al., 1976), neither restrained methods (lip-twitch) were applied during any evaluation performed by any examiners. In addition, any force or pressure was made on the head, neck or eyelids of the animal; the head was kept above heart level for decreasing the effect of compression of veins (Komáromy et al., 2006; Brosnan et al., 2002; Linder et al., 1988).

Studies had demonstrated increase in IOP values influenced by head position referring with the heart of equine and humans. This elevated IOP is caused by the compression of the musculature of the eye and blood return, decreasing drainage of aqueous humor (Komáromy et al., 2006; Broadwater et al., 2008; Linder et al., 1988).

Other considerations that were well-thought-out for avoiding alterations in IOP, was the use of sedatives, such as xylazine, acepromazine, and ketamine. These drugs have a lowering effect on IOP (Van Der Woerdt et al., 1995; Trim et al., 1985; Mcclure et al., 1976). The effect of auriculopalpebral nerve block in IOP values in horses has been studied, but none effect has been related (Miller et al., 2000; Van Der Woerdt et al., 1995).

The values of IOP can have variation during a 24 hours period (day/night); it is not indication of sickness, these alterations are due to external factors such as light regimens (circadian rhythm). According to the feed habits of the specie, the IOP can increase or

decrease the value through the day (Pereira et al., 2011; Bertolucci et al., 2009; Doyle et al., 2002; Gelatt et al., 1981). Based on this influence of the circadian rhythm in horses the study was performed in the morning period in which the IOP values are lower (Bertolucci et al., 2009; Wada, 2006).

The values of normal tonometry for equine species are 15-30 mmHg (Wada, 2006; Wilkie, 2001). In our study, some values were higher than 30 mmHg. Although, this was not an indicator of glaucoma, we assume there was influence of the examiners (Parag et al., 2001) and stress reaction of the animals to continuous manipulation.

The applanation tonometer works through the “Imbert-Fick law”. In this formula, a force can be modified by the examiner, creating false IOP values (Van Der Woerd et al., 1995; Trim et al., 1985; McClure et al., 1976). This asymmetry with Tonopen Avia® data shows the influence of this kind of tonometer by the human (manipulation) factor. This may be a cause of the force applied during the tonometry in the horses, according to Kniestedt et al. (2008). The tonometer of applanation has an influence by the examiner because the force executed to flatten the cornea is subjective and individual. Besides that, a pressure over eyelids with the examiners' fingers, for keeping it opened during the ophthalmic exam, can alter IOP values (Parag et al., 2001; Wilkie et al., 2001).

A study in humans demonstrated an increase in IOP, after conscious closure of eyelids. Values were higher if the practitioner made pressure on the head and face for keeping the eye open during the examination of these subjects (Parag et al., 2001). This phenomenon was observed during our study with the tonometer of applanation with the examiners without experience.

Knollinger et al., (2001), compared rebound and applanation tonometry in dogs and horses. In this study, author's describe an underestimation on IOP values in horses measured with the Tonopen. They attribute this effect to increased corneal thickness of horses compared with dogs corneas (Knollinger et al., 2001).

The reproducibility indicates the variation of measurements obtained by differences observer using the same device. This value can be evaluated through the means of the interclass correlation coefficient (ICC), (Miglor, et al., 2004). The highest value of reproducibility is ICC =1. According with the value is a scale, were values between 1 -0,75 are considerate excellent, 0,4-0,75 satisfactory and 0,4-0,0 are poor (Rau, et al ., 2012) .

TonoVet[®] had a value of ICC 0.41, according to the scale is a satisfactory degree of reproducibility, this indicates that has a less influence of operator and environments in relation with Tonopen Avia[®] with a value of ICC (0.18) indicates poor in the same scale.

CONCLUSIONS

With the two tonometers were possible to obtain IOP values in healthy horses with different veterinarians, but it was observed that the values of IOP with the rebound tonometer (Tonovet[®]) were overestimated compared to applanation tonometer (TonoPen Avia[®]), As well the applanation tonometer indicates lower reproductibility in relationship with the rebound tonometer.

ACKNOWLEDGMENT

We would like to thank Cabanha do Vigário Farm for supplying the horses used in this study.

ETHICAL COMMITTEE

This research was approved by the Animal Use Ethics Committee of the Federal University of Rio Grande do Sul (CEUA-UFRGS) and conducted according to the Association for Research in Vision and Ophthalmology (ARVO) statement for the use of animals in ophthalmic and visual research.



Figure 1-
 Photograph illustrating the IOP measuring by rebound tonometry (Tonovet®) in the right eye of a healthy horse, the correct mode without pressuring the eye and adnexa's .



Figure 2
 Photograph illustrating the IOP measuring by applanation tonometer Tonopen Avia® in the left eye of a healthy horse, the correct mode without pressuring the eye and adnexa's .

Figure 3-
Boxplot illustrating the mean intraocular pressure in mmHg, measured with the rebound tonometer (Tonovet®), for each examiners A (25.27), B (25.80), C (27.40) represented by a blue dot. As well a red star as the standard deviation of each practioner

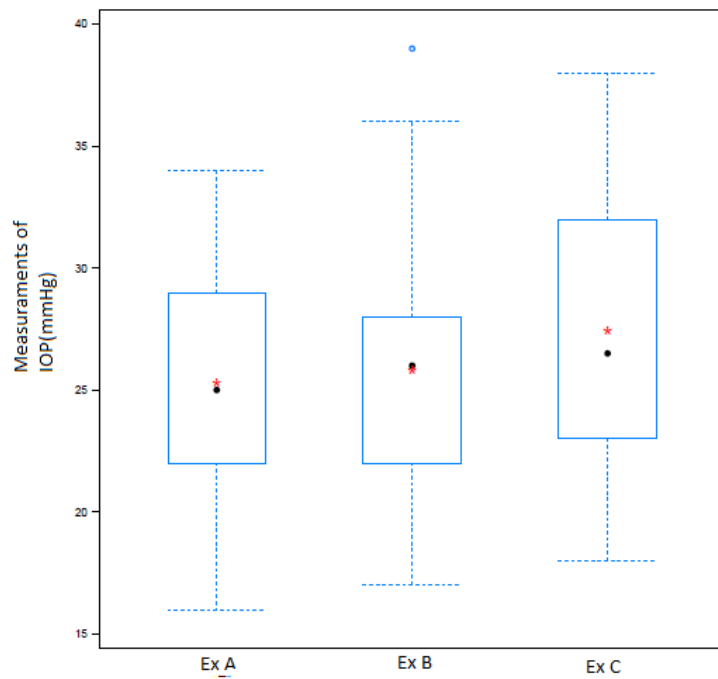


Figure 4 -
 Boxplot illustrating the mean intraocular pressure in mmHg, measured with the applanation tonometer (Tonopen Avia®), for each examiners A (20.03), B (19.67), C (27.97) represented by a blue dot. As well a red star as standard deviation

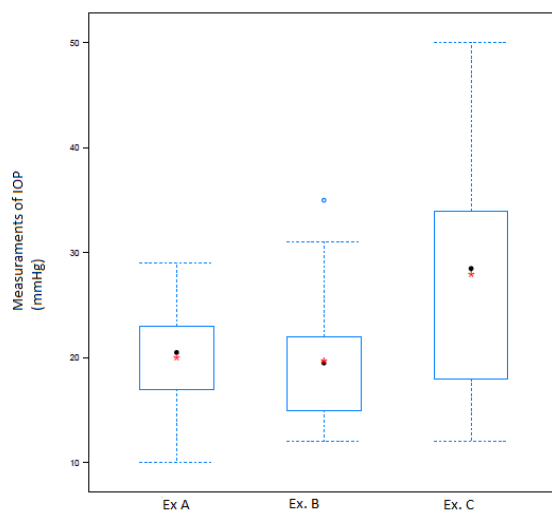


Figure 5 –

Mean and standard deviation of IOP values in mmHg of horses, for three different examiners measured with rebound tonometer (TonoVet®) and applanation tonometer (Tonopen Avia®).

EXAMINER	TonoVet®	TonoPen Avia®
A	25.27 ± 4.96 ^a	20.03 ± 4.52 ^b
B	25.80 ± 5.29 ^a	19.67 ± 6.00 ^b
C	27.40 ± 5.14 ^a	27.97 ± 10.36 ^c

Different letters between lines mean statistical difference (p>0.05).

Figure 6-

Upper and lower bound standard error and mean IOP in mmHg for each examiner with the two tonometers with Rebound Tonometer (TonoVet®) and applanation tonometer (Tonopen Avia®).

Tonometer		Mean (mmHg)	Std, Error	95% Confidence Interval	
				Lower bound	Upper bound
TonoVet®	A	25.27	0.90	23.41	27.11
	B	25.80	0.96	23.82	27.77
	C	27.40	0.93	25.47	29.32
Tonopen Avia®	A	20.03	0.82	18.34	21.72
	B	19.67	1.09	17.42	21.90
	C	27.97	1.89	24.09	31.83

REFERENCES

1. ANDRADE, S.F.; KUPPER, D.S.; RODRIGUES DE PINHO, L.F.; FRANCO, E.C.; PRATAVIERA, M.V.F.F.; DUARTE, R.R.; JUNQUEIRA, J.R.C. Evaluation of the Perkins handheld applanation tonometer's in horses and cattle. **Journal of Veterinary Science**, v.12, n.2, p.171-176, 2011.
2. BERTOLUCCI, C.; GIUDICE, E; FAZIO, F; PICCIONE, G. Circadian intraocular pressure rhythms in athletic horses under different lighting regime. **Chronobiology International**, v.26, n.2, p-348-358, 2009.
3. BHARTIYA, S.; BALI, S.J.; JAMES, M.; PANDA, A.; DADA, T. Test retest variability of TonoPen AVIA. **Indian Journal Ophthalmology**, v.61, n.3, p.129-131, 2013.
4. BROADWATER, J.J; SCHORLING, J.J; HERRING, I.P; ELVINGER,F. Effect of body position on intraocular pressure in dogs without glaucoma. **American Journal of Veterinary Research**, v.69, n.4, p.527-530, 2008.
5. BROADWATER, J.J; SCHORLING,J.J; HERRING, I.P; PICKETT, J.P. Ophthalmic examination findings in adult pygmy goats (*Capra Hicus*). **Veterinary Ophthalmology**, v.10, n.5, p.269-273, 2007.
6. BROSNAN, R.J; STEFFEY, E.P; LeCOUTEUR, R.A; IMAI, A; FARVER, T.B; KORTZ, G.B. Effect of body position on intracranial and cerebral perfusion pressures in isoflurane-anesthetized horses. **Journal of Applied Physiology**,v.92, n.6, p.2542-2546, 2002.
7. CHIU, W; LAM, A; CHEN,; CHIU, R,;. The influence of corneal properties rebound tonometry. **Ophthalmology**, v.115, n.1, p.80-84, 2008.
8. DANIAS, J.; KONTIOLA, A. I.; FILIPPOPOULOS, T.; MITTAG, T. Method for the Noninvasive measurement of intraocular pressure in mice. **Ophthalmology & Visual Science**, v.44, n.3, p.1138-1141, 2003.
9. DOYLE, S.E.; GRACE, M.S.; McIVOR, W.; MENAKER, M. Circadian rhythms of dopamine in mouse retina: the role of melatonin. **Visual Neurosciences**, v.19, n.05, p.593-601, 2002.
10. GELATT, K. N.; GUM, G. G.; BARRIE, K. P.; WILLIAMS, L. Diurnal variation in intraocular pressure in normotensive and glaucomatous Beagles. **Glaucoma**, v.29, n.3, p.21-24, 1981.

11. GELATT, K.N.; MACKAY, E.O. Distribution of intraocular pressure in dogs. **Veterinary Ophthalmology**, v.1, n.3, p.109-114, 1998.
12. GOLDBLUN, D.; KONTIOLA, A.I.; MITTAG, T.; CHEN, B.; DANIAS, J. Non-invasive determination of intraocular pressure in the rat eye . Comparison of electronic tonometer (Tonopen®) and rebound (Impact probe) tonometer. **Graefe'S Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology**, v.240, n.11, p.942-946, 2002.
13. GUM, G.G.; GELATT, K.N.; MILLER, D.N.; MACKAY, E.O. Intraocular pressure in normal dairy cattle. **Veterinary Ophthalmology**, v.1, n.2-3, p.159-161, 1998.
14. JEONG, M.; KIM, Y.; YI, N.; PARK, S.; KIM, W.; CHAE, J.; KIM, J.; LEE, H; SEO, K; Comparison of the rebound tonometer (Tonovet with the applanation tonometer (Tonopen XL ®) in normal Eurasian owls (*Bubo bubo*). **Veterinary Ophthalmology**, v.10, n.6, p.376.379, 2007.
15. KNIESTTEDT, C.; PUNJABI.O.; LIN, S.; STAMPER, R.L. Tonometry through the ages. **Survey of Ophthalmology**, v.53, n.6, p.568-591,2008.
16. KNOLLINGER, A.M.; LA CROIX, N.C.; BARRET, P.M.; MILLER, P.E. Evaluation of the Tonovet rebound tonometer for measuring intraocular pressure in dogs and horses. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, v.46, n.2, p.244-248, 2005.
17. KOMÁROMY, A.M.; GARG, C.D.; YING,G.S.; LIU, C. Effect of head position on intraocular pressure in horses. **American Journal of Veterinary Research**, v.67, n.7, p.1232-1235, 2006.
18. KONTIOLA, A. I.; GOLDBLUM, D.; MITTAG, T.; DANIAS, J. The induction/ Impact tonometer: a new instrument to measure intraocular pressure in the rat. **Experimental Eye Research**, v.73, n.6, p781-785, 2001.
19. KONTIOLA, A. A new electromechanical method for measuring intraocular pressure. **Documenta Ophthalmologica**. v.93, n.3, p.265-276, 1997.
20. LEIVA, M.; NARANJO, C.; PEÑA, M.T. Comparison of the rebound tonometer (ICARE®) to the applanation tonometer (TONOPEN XL®) in normotensive dogs. **Veterinary Ophthalmology**, v.9, n.1, p.17-21, 2006.
21. LINDER, B.J.; TRICK, G.L.; WOLF M.L. Altering body position affects intraocular pressure and visual function. **Investigative Ophthalmology & Vision Science**, v.29, n.10, p.1492-1497, 1988.

22. McCLURE, J.R.; GELATT, K.N.; MANNING J.P. The effect of parenteral acepromazine and xylazine on intraocular pressure in the horse. **Veterinary Medical Small Animal Clinician**, v.32, n.32, p. 1727-1730, 1976.
23. MIGLIOR, S.; ALBE, E.; GUARESCHI, M. MANDELLY, G.; GOMARASCA, S.; ORZALESI, N. Intraobserver and interobserver reproducibility in the evaluation of ultrasonic pachymetry measurements of central cornea thickness. **British Journal of Ophthalmology**, v.88, n.2, p.174-177, 2004.
24. MILLER, P.E.; PICKETT, J.P.; MAJORS,L.J. Evaluation of two applanation tonometer in cats. **American Journal of Veterinary Research**, v.52, n.11, p.1917-1921, 1991.
25. MILLER, P.E.; PICKETT, J.P.; MAJORS,L.J. Evaluation of two applanation tonometer in horses. **American Journal of Veterinary Research**, v.51, n.6, p.935-937, 2000.
26. MOORE, C.G.; MILNE, S.T.; MORRISON, J.C.; Noninvasive measurement of rat intraocular pressure with the Tono-pen. **Investigative Ophthalmology and Visual Science**, v.34. n.2, p.363-369, 1993.
27. OFRI, R.; HOROWITZ, I.H.; JACOBSON, S.; KASS, P.H. The effects of anesthesia and gender on intraocular pressure in lions (*Panther Leo*). **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, v.29, n.1, p. 307-310, 1998.
28. PARAG, G; GÜRSES-ÖZDEN, R; LIEBMANN, J.; RITCH, R. Attempted eyelid closure affect intraocular pressure measurement. **American Journal Ophthalmology**, v.131, n.4, p.417-420, 2001.
29. PARK, Y.W.; JEONG, M.B.; KIM, T.H.; AHN, J.S.; AHN, J.T. Effect of central cornea thickness on intraocular pressure with the rebound tonometer and the applanation tonometer in normal dogs. **Veterinary Ophthalmology**, v.14, n.3, p.169-173, 2011.
30. PEREIRA, F.Q.; BERCHT, B.S.; SOARES, M.G.; MOTA, M.G.B.; PIGATTO, J.A.T. Comparison of rebound and applanation tonometer for measuring intraocular pressure in normal rabbits, **Veterinary Ophthalmology**, v.1, n.5, p.321-326, 2011.
31. PIGATTO, J.A.T.; PEREIRA, F.Q.; ALBUQUERQUE. L.; DUTRA CORRÊA, L.F.; STEFANO BERCHT, B.; STIEVEN HÜNNING P. Intraocular Pressure Measurement In Sheep Using An Applanation Tonometer. **Revista CERES**, v.58, n.6, p.685-689, 2011.

32. RAU, R.; SILVA, A.L.F.; SALAME, A.L.A.; JUNIOR, L.A.S. M.; SOARES, L.A. Avaliação da reprodutibilidade das medidas da camada de fibras nervosas retiniana e da cabeça do nervo óptico pela tomografia de coerência óptica. **Revista Brasileira de Oftalmologia**, v.71, n.5, p.380-384, 2012.
33. REUTER, A.; MÜLLER, K.; ARNDT, G.; EULE, J.C. Accuracy and reproducibility of the Tonovet rebound tonometer in birds of prey. **Veterinary Ophthalmology**, v.13, n.1 p.80-65, 2010.
34. RUSANEM, E.; FLORIN, M.; HÄSSIG, M.; SPIESS, B.M. Evaluation of a rebound tonometer (Tonovet®) in clinically normal cat eyes. **Veterinary Ophthalmology**, v.13, n.5, p.31-36, 2010.
35. SAPIENZA, J.S.; PORCHER, D.; COLINS, B.R.; GUM, G.; BROOK, D. Tonometry in clinically normal ferrets (*Mustela Putorius Furo*). **Progress in Veterinary and Comparative Ophthalmology**. v.1, n.4, p.291-294, 1991.
36. SLACK, J.M.; STILES, J.; MOORE, G.E; Comparison of rebound tonometer with applanation tonometer in dogs with glaucoma. **Veterinary Record**. v. 171, n.15, p.273-279, 2012.
37. STILES, J.; BUYUKMIH, N.C.; FARVER, T.B. Tonometry of normal eye in raptors, **American Journal of Veterinary Research**. v.55, n.4, p.477-479, 1994.
38. TRIM, C.M.; COLBERN, G.T.; MARTIN C.L. Effect of xylazine and ketamine on intraocular pressure in horses. **Veterinary Record**, v.117, n.17,p.442-443, 1985.
39. VAN DER WOERDT, A.; GILBERT, B.C.; WILKIE, D.A.; STRAUCH, S.M. The effect of auriculopapebral nerve block and intravenous administration of xylaxine on intraocular pressure and corneal thickness in horses. **American Journal of Veterinary Research**, v. 56, n.17, p. 155-158. 1995.
40. WADA, S. Changes of intraocular pressure in uveitic horses. **Journal of Equine Science**, v.17, n,3, p.67-73, 2006.
41. WHITACRE, M.M.; STEIN, R. Sources of error with the use of Goldmann-Type tonometer's. **Survey of Ophthalmology**, v.38, n.1, p.1-27, 1993.
42. WHITTKER, C.J.G.; HATON-JONES, J.T.; KUBILIS, P.S.; SMITH, P.J; BROOKS, D.E.; KOSAREK, C.; MACKAY, E.O.; GELATT, K.N. Intraocular pressure variation associated with body length in young American alligator

(*Alligator Mississippiensis*). **American Journal of Veterinary Research**, v.56, n.10, p. 1380-1383, 1995.

43. WILKIE, D.A.; GILGER, B.C.; Equine Glaucoma. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v.20, n.2, p.381-391, 2004.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Existem variações dos valores da PIO obtidos com os diferentes tonômetros em equinos. Observou-se que os valores obtidos com o Tonovet[®] foram superestimados quando comparados ao Tonopen Avia[®].
- Quando comparado com o Tonopen Avia[®] os valores obtidos com o Tonovet[®] demonstraram uma maior reprodutibilidade.
- Foi possível realizar a tonometria com ambos os tonômetros. No entanto, é importante considerar que fatores externos podem influenciar nos valores da PIO obtidos resultando em dados não fidedignos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, W.O.G.; TEIXEIRA, R.M.B.; ALENCAR, L.M.; CRONEMBERGER, S.; CALIXTO, N. Espessura central e periférica da córnea: influencia na medida da pressão intraocular pelo tonopen. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, Belo horizonte, v.69, n.1, p.41-46, 2006.

AMBRÓSIO Jr., R., et al. Propiedades Biomecânicas da córnea. In: YAMANE, R. **Semiologia Ocular**. Rio de Janeiro: Cultura médica, Cap.9, p.107-111, 2009.

ANDRADE, S.F., et al. Evaluation of the Perkins handheld applanation tonometers in horses and cattle. **Journal of Veterinary Science**, Seoul, v.12, n.2, p.171-176, Jun, 2011.

ANDREW, S.E., et al. Density of corneal endothelial cells and corneal thickness in eyes of euthanatized horses. **American Journal of Veterinary Research**, Chicago, v.62, n.4, p.479-482, April. 2001.

ANON. The economic impact of the horse industry in the United State. IN:___ US horse council. 2005.

BAUM, J., et al. Assessment of intraocular pressure by palpation. **American Journal of Ophthalmology**, Chicago, v.119, n.1, p.650-651, May. 1995.

BECHERA, J.N., et al. Avaliação da pressão intraocular de equinos anestesiados com romifidina, tiletamina/zolepam, halotano e vecurânio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.28, n.1, p.59-64, 1998.

BERTOLUCCI, C. et al. Circadian intraocular pressure rhythms in athletic horses under different lighting regime. **Chronobiology International**, Oxford, v.26, n.2, p-348-358, Feb. 2009.

BRANDES, K., et al. Recurrent uveitis in horses; vitreal examination with ultra structural detection of Leptospire. **Journal of Veterinary Medicine**, Berlin, v.54, n.5, p.270-275, Jun. 2007.

BRANDT, J.D., et al. Central corneal thickness in the ocular hypertension treatment study (OHTS). **Ophthalmology**, Rochester, v.108, n.10, p.1179-1788, Oct. 2001.

BROADWATER, J.J., et al. Ophthalmic examination findings in adult pygmy goats (*Capra Hicus*). **Veterinary Ophthalmology**, Osney Mead, v.10, n.5, p.269-273, Sept-Oct. 2007.

BROADWATER, J.J., et al. Effect of body position on intraocular pressure in dogs without glaucoma. **American Journal of Veterinary Research**, Chicago, v.69, n.4, p.527-

530, Apr. 2008.

BROOKS, D.E. Hipertensive iridocyclitis and glaucoma in horses. **Clinical Techniques in Equine Practices**, Amsrerdam, v.4, n.1, p.72-80, March. 2005.

BROSNAN, R.J., et al. Effect of body position on intracranial and cerebral perfusion pressures in isoflurane-anesthetized horses. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.92, n.6, p.2542-2546, Jun. 2002.

CARASTRO, S.M. Equine ocular anatomy and ophthalmic examination. **Veterinary Clinics of North America Equine Practice**, Philadelphia, v. 20, n.2, p. 285-299, Aug. 2004.

CHI-HO, T., et al. The mechanism of aqueous humour formation. **Clinical & Experimental Optometry**, Carloton, Victoria, v.85, n.6, p.335-349, Nov. 2002.

CHIU, W.; LAM, A.; CHEN, R.; CHIU, R. The influence of corneal properties rebound tonometry. **Ophthalmology**, Rochester, v.115. n.1, p.80-84, Jan. 2008.

COLLINS, B.K & MOORE, C.P. Diseases and surgery of the canine anterior uvea, P.755-795, IN: *Veterinary Ophthalmology 3er Ed.* (Gelatt, K:N) 1999.

DALMORO, G.; NETTO, A.A. Estudo da pressao intraocular em pacientes normais na cidade de Florianópolis. **Revista Brasileira de Oftalmologia**, Rio De Janeiro, v.63, n.3, p.177-188, Mar. 2004.

DANIAS, J., et al. Method for the noninvasive measurement of intraocular pressure in mice. **Investigative Ophthalmology and Visual Science**, St. Louis, v.44, n.3, p.1138-1141, Mar. 2003.

DAVSON, H. The aqueous humor and intraocular pressure. IN: *Davson H. Ed. Davson's eye physiology of the eye.* London, p.3-95, 1990.

DIELEMANS, I., et al. Primary open angle glaucoma, intraocular pressure and systemic blood pressure in the general elderly population. **Ophthalmology**, Rochester v.102, n.1, p.54-60, Jan. 1995.

DOYLE, S.E., et al. Circadian rhythms of dopamine in mouse retina: the role of melatonina. **Visual Neurosciences**, Cambridge, v.19, n.5, p.593-601, Sept-Oct. 2002.

DUNN. J.J., et al Immunolocalization of Na-Cl-K cotransporter in bovine ciliary epithelium. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, St. Louis, v.42, n.1, p.343-353, 2001.

ERICKSON-LAMY, B.A., et al. Comparative anesthetic effect on aqueous humor dynamic in the cynomolgus monkey. **Archives of Ophthalmology**, Chicago, v.102, n.12, p.1815-

1820, Dec. 1984.

FABER, N.A., et al. Detection of *Leptospira* spp. in the aqueous humor of horses with naturally acquired Recurrents uveitis. **Journal of Clinical Microbiology**, Washington, v. 38, n.7, p.2731-2733, Jul. 2000.

FRIEDENWALD, J.S. Contribution to the theory and practice of tonometry. **American Journal Ophthalmology**, Chicago, v.20, n.10, p.985-1024, Dec. 1937.

FRIGER, T.R., et al. Intraocular and episcleral venous pressure, increase during inverted posture. **American Journal Ophthalmology**, Chicago, v.103, n.4, p.523-526, Apr.1987.

GELATT, K. N.; GUM, G. G.; BARRIE, K. P.; WILLIAMS, L. Diurnal variation in intraocular pressure in normotensive and glaucomatous Beagles. **Glaucoma**, New York, v.29, n.3, p.21-24, 1981.

GELATT, K.N. Oftalmologia Equina. IN:_ **Manual de Oftalmologia Veterinária**, 3ed, Barueri: Manole, Cap.13, p.337-377, 2003.

GELATT, K.N.; MACKAY, E.O. Distribution of intraocular pressure in dogs. **Veterinary Ophthalmology**, Osney Mead, v.1, n.2-3, p.109-114.1998.

GELATT, K.N.; GILGER, B.C.; KEM. *Veterinary Ophthalmology*. Fifth edition, by John Wiley & Son.inc, Iowa, EEUU, 2013.

GERMANN, S.E.; MATHEIS, F.L.; RAMPAZZO, A.; BURGER, D.; ROOS, M.; SPIESS, B.M. Effect of topical administration of 1% brinolamide on intraocular pressure in clinically normal horses. **Equine Veterinary Journal**, v.40, n.7, p.662-665, 2008.

GILGER, B. C. Equine recurrent uveitis: the viewpoint from the USA. **Equine Veterinary Journal**, v. 42, n. 37, p.57-61, 2010

GOLDBLUN, D., et al . Non-invasive determination of intraocular pressure in the rat eye . Comparison of electronic tonometer (Tonopen®) and rebound (Impact probe) tonometer. **Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology**, Berlin, v.240, n.11, p.942-946, 2002.

GÖRIG, C., et al .Comparison of the use of new handheld tonometer and established applanation tonometer's in the dog. **American Journal of Veterinary Research**, Chicago, v.67, n.1, p.134-144,2006.

GUIDICE, E., et al. The effect of exercise on intraocular pressure in horses. **Acta Veterinária**, v.79, n.1, p.409-413, 2010.

GUM, G.G, et al. Intraocular pressure in normal dairy cattle. **Veterinary Ophthalmology**,

Osney Mead, v.1, n.2-3, p.159-161, 1998.

HART W.M.JR. Intraocular pressure. IN_ Adler's physiology of the eye 9th Ed. Mosby year book INC. St Louis. P.248-267, 1992.

HASHIMOTO, M., et al. Efeito de drogas utilizadas no tratamento da pressão arterial sistêmica sobre a pressão intraocular estudo experimental no cão. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, v.65, n.1, p.229-233, 2002.

HENKIND, P., et al. The diurnal curve in man: new observations. **Investigation Ophthalmology**, St. Louis, v.12, n.9, p.705-707, Jul. 1973.

ILIEV, M.V, et al. Comparison of Rebound Tonometry with Goldman applanation Tonometry And correlation with central Thickness. **The British Journal of Ophthalmology**, v.90, n.1, p.833-835, 2006.

JEONG, M., et al. Comparison of the rebound tonometer (Tonovet with the applanation tonometer (Tonopen XL ®) in normal Eurasian owls (*Bubo bubo*). **Veterinary Ophthalmology**, Osney Mead, v.10, n.6, p.376-379, Nov-Dec. 2007.

KNIESTEDT, C., et al. Tonometry through the ages. **Survey of Ophthalmology**, New York, v.53, n.6, p.568-591, Nov-Dec. 2008.

KNOLLINGER, A.M., et al. Evaluation of the Tonovet rebound tonometer for measuring intraocular pressure in dogs and horses. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, St. Louis, v.46, n.2, p.244-248, Jul. 2005.

KOMÁROMY, A.M., et al. Effect of head position on intraocular pressure in horses. **American Journal of Veterinary Research**, Chicago, v.67, n.7, p.1232-1235, Jul. 2006.

KONTIOLA, A. I., et al. The induction/ Impact tonometer: a new instrument to measure intraocular pressure in the rat. **Experimental Eye Research**, London, v.73, n.6, p781-785, Dec. 2001.

KONTIOLA, A.; PUSKA, P. Measuring intraocular pressure with the Pulsair 3000 and Rebound tonometers in elderly patients without an anesthetic. **Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology**, Berlin, v.242, n.1, p.3-7, Jan. 2004.

KONTIOLA, A.A new electromechanical method for measuring intraocular pressure. **Documenta Ophthalmologica**, Dordrecht, v.93, n.3, p.265-276, 1997.

LEIVA, M., et al. Comparison of the rebound tonometer (ICARE®) to the applanation tonometer (TONOPEN XL®) in normotensive dogs. **Veterinary Ophthalmology**, Osney Mead, v.9, n.1, p.17-21, Jan- Feb, 2006.

LIMA, R.A.S.; OLIVEIRA, R.A.; MENDE, C.Q. Perfil e tendências da equideocultura brasileira. **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 49, 2012.

LINDER, B.J., et al. Altering body position affects intraocular pressure and visual fuction. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, St. Louis, v.29, n.10, p.1492-1497, Oct. 1988.

LOPEZ-CABALLERO, C., et al. Tonometria de rebote en la practica clinica: comparación com la tonometria de aplanación. **Archivos de la Sociedade Española de Oftalmologia**, Madrid, v.82, n.5, p.273-278, 2007.

LOWE, R.C. Equine uveitis: a UK perspective. **Equine Veterinary Journal**, Newmarket, Suffolk, v. 42, n.37, p.46-49, Mar. 2010.

MARTIN, C.L. Glaucoma. IN:___ **Manual de Cirurgia de Pequenos Animais**. 2ed. São Paulo: Manole, v.2, p.1506-1507, 1998.

MARTINEZ DE LA CASA, J.M., et al. Effect of corneal thickness on dynamic contour, rebound and Goldman tonometry. **Ophthalmology**, Rochester, v.113, n.1, p.2156-2162, Dec. 2006.

MARTINEZ DE LA CASA, J.M., et al. Reproducibility and clinical evaluation of rebound Tonometry. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, St. Louis, v.46, n.12, p.4578-4580, Dec. 2005.

MAURICE, D.M. A recording tonometer. **Brazilian Journal Ophthalmology**, v,42, n.1, p.321-325. 1958.

McCANNEL, C.A., et al. Acetazolamide but no timolol lower aqueous humor flow in sleeping humans. **Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology**, Berlin, v.230, n.6, p.518-520, 1992.

McCLURE, J.R., et al. The effect of parenteral acepromazine and xylazine on intraocular pressure in the horse. **Veterinary Medicine Small Animal Clinician**, Bonner Springs, v.32, n.12, p. 1727-1730, Dec. 1976.

MEIRELLES, S.H., et al. Influencia da postura na pressão intraocular e nos defeitos de campo visual no glaucoma primário de ângulo aberto e glaucoma de pressão normal. **Revista Brasileira de Oftalmologia**, Rio De Janeiro, v.67, n.1, p.19-24, Jan- Feb. 2008.

MILLER, P.E., et al. Evaluation of two applanation tonometer in horses. **American Journal of Veterinary Research**, Chicago,v.32, n.6, p.270-277,Jun. 2000.

MILLER, P.E., et al. Evaluation of two applanation tonometer in cats, **American Journal Of Veterinary Research**, Chicago, v.52, n.11, p.1917-1921, Nov. 1991.

MILLER, T. L., et al. Description of ciliary body anatomy and identification of sites for transcleral cyclophotocoagulation in the equine eye. **Veterinary Ophthalmology**, Osney Mead, v.4, n.3 p.183-190, Sept. 2001.

MOORE, C.G., et al. Noninvasive measurement of rat intraocular pressure with the Tonopen. **Investigative Ophthalmology and Visual Science**, St. Louis, v.34, n.2, p.363-369, Feb. 1993.

MORAD, Y., et al. Corneal thickness and curvature in normal tension glaucoma. **American Journal of Ophthalmology**, Chicago, v.125, n.2, p.164-168, Feb. 1998.

MORRIS, C.A., et al. Comparison of invase and noninvasive tonometry in the mouse. **Experimental Eye Research**, London, v.82, n.10, p.1094-1099, Jun. 2006.

MOSES, R.A. The goldmann applanation tonometer, **American Journal Ophthalmology**, Chicago, v.46, n.6, p.865-869, Dec. 1958.

MUGHANNAM, A.J.; BUYUKMIHCI, N.C.; KASS, P.H. Effecty of topical atropine on intraocular pressure and pupil diameter in the normal horse eye. **Veterinary Ophthalmology**, Osney Mead, v.2, n.4, p, 213-215, 1999.

NAGATA, N., et al. In vitro and in vivo comparasion of applanation tonometry and rebound tonometry in dogs. **The Journal of Veterinary Medical Science**, Tokyo, v.73, n.12, p.1584-1589, Dec. 2011.

OFRI, R., et al. The effects of anesthesia and gender on intraocular pressure in lions (*Panther Leo*). **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, Lawrence, v.29, n.1, p. 307-310, Sept. 1998.

OLLIVER, F.J.; PLUMMER, C.E.; BARRIE, K.P. ophthalmic examination and diagnostics, part.1: the eye examination and diagnostic procedures. IN: *Veterinary ophthalmology*. 4th Edition, p.438-476, 2007

PARAG, D. GANDHI., et al. Attempted eyelid closure affect intraocular pressure measurement. **American Journal Ophthalmology**, Chicago, v.131, n.4, p.417-420, Apr. 2001.

PARK, Y., et al. Effect of central cornea thickness on intraocular pressure with the rebound tonometer and the applanation tonometer in normal dogs. **Veterinary Ophthalmology**, Osney Mead, v.14, n.3, p.169-173, May. 2011.

PEREIRA, F.Q., et al. Comparison of rebound and applanation tonometer for measuring intraocular pressure in normal rabbits. **Veterinary Ophthalmology**, Osney Mead, v.1, n.5, p.321-326, Sept. 2011.

PIGATTO, J.A.T.; PEREIRA, F.Q.; ALBUQUERQUE, L.; DUTRA CORRÊA, L.F.; STEFANO BERCHT, B.; STIEVEN HÜNNING, P. Intraocular Pressure Measurement in Sheep Using An Applanation Tonometer. **Revista CERES**, v.58, n.6, p.685-689, 2011.

PIPPI, N.L.; GONCALVES, G.F. Anatomofisiologia Ocular, IN: LAUS, J.L. **Oftalmologia Clínica e Cirúrgica em Cães e Gatos**. São Paulo: Roca, Cap.1, p.1-10, 2009.

PLUMMER, C.E., et al. Assessment of corneal thickness, intraocular pressure, optical corneal diameter and axial globe dimension in Miniature Horses. **American Journal Veterinary Research**, Chicago, v.64, n.6, p.661-665, Jun. 2003.

PRINCES, J.H.; EGLITIS, I.; The Uvea. IN: PRINCES, J.H. **The Rabbit in Eye Research**. Springfield, Charles C. Thomas; p.140-161; 1960

RAMSEY, D.T. et al. Corneal Thickness intraocular pressure and optical corneal diameter in Rocky Mountain Horse with cornea globosa or clinically normal corneas. **American Journal of Veterinary Research**, Chicago, v.60, n.10, p.1317-1321, Oct. 1999.

REUTER, A. et al. Accuracy and reproducibility of the Tonovet rebound tonometer in birds of prey. **Veterinary Ophthalmology**, Osney Mead, v.13, n.1, p.80-65, Sept. 2010.

RUSANEM, E et al. Evaluation of a rebound tonometer (Tonovet®) in clinically normal cat eyes. **Veterinary Ophthalmology**, Osney Mead, v.13, n.5, p.31-36, Jan. 2010.

SAMUELSON, D. et al. Morphologic features of the aqueous humor drainage pathways in horses. **American Journal of Veterinary Research**, Chicago, v.50, n.5, p.720-727, May. 1989.

SAMUELSON, D.A. Ophthalmic anatomy. IN_ Veterinary Ophthalmology. Fifth edition, by John Wiley & Son. INC, Iowa, EEUU, 2013.

SAPIENZA, J. S.; PORCHER, D.; COLLINS, B. R.; GUM, G. G.; BROOKS, D. E. Tonometry in clinically normal ferrets (*Mustela Putorius Furo*). **Progress in Veterinary And Comparative Ophthalmology**, v.1, n.4, p.291-294. 1991.

SEDACCA, K et al. Examination of the anterior uveosecleral pathways in domestic species. **Veterinary Ophthalmology**, Osney Mead, v.15, n.1, p.1-7, Mar. 2012.

SIMON, M. Afecções do trato uveal. IN: HERRERA, D. **Oftalmologia Clínica em Animais de Companhia**. São Paulo: MedVet, Cap.10, p.173-174, 2008.

SLACK, J.M.; STILES, J.; MOORE, G.E.; Comparison of rebound tonometer with applanation tonometer in dogs with glaucoma. **Veterinary Record**, London, v.171, n.1, p.273-279, Oct. 2012.

SLATTER, D. Neurooftalmologia, IN:_ **Fundamentos de Oftalmologia**. 3ed. São Paulo: Roca, p.501-503. 2005.

SMITH, P.J et al. Unconventional aqueous humor outflow of microspheres perfused in the equine eye. **American of Journal Veterinary Research**, Chicago, v. 47, n.1, p.2445-2453, Nov. 1986.

SPIESSEN, L.V. et al. Clinical comparison of the tonovet® rebound tonometer and the Tono.pen vet®, applanation tonometer in dogs and cats with ocular diseases: glaucoma e corneal pathology. **Veterinary Ophthalmology**, Osney Mead, v.18, n.1, p. 20-27, Jan. 2015.

STADES, F.C; BOEVÉ, M.H.; NEWMANN, W.; WYMAN, M. Pressão intraocular e glaucoma, IN:_ **Fundamentos da Oftalmología Veterinária**, São Paulo, p.1-129. 1999.

STILES, J et al. Tonometry of normal eye in raptors, **American Journal of Veterinary Research**, Chicago, v.55, n.4, p.477-479, Apr. 1994

SVALDENIÉNE, E.; PAUNKSNIENE, M.; BABRAUSKIENE, V. Ultrasonografic study of equine eyes. **Ultragarsas Journal**, v.53, n.4, p.49-51, 2004.

THANGADURAI, R.; SHARMA, S.; BALI, D.; RANA, B.P.; MAHAJAN, V.; SAMANTA, I.; HAZRA, S. Prevalence of ocular disorders in indian population of horses. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.30, n.6, p.326-329, 2010.

TRIM, C.M et al. Effect of Xylazine and ketamine on intraocular pressure in horses. **Veterinary Record**, London, v.117, n.17, p.442-443, Oct. 1985.

TYLLMANN, C.; FERREIRA, P.R.L.; MEYER, G.S.C. Humor aquoso e pressão intraocular. IN:_ **Oftalmologia: Ciências Básicas**, Rio de janeiro: Cultura medica. Cap.6, p.136-139, 2004.

VAN DER WOERDT, A et al. Normal variation in and effect of 2% pilocarpine on, intraocular pressure and pupil size in female horses. **American Journal Veterinary Research**, Chicago, v.59, n. 2, p.1459-1462 , Nov. 1998.

VAN DER WOERDT, A et al. The effect of auriculopalpebral nerve block and intravenous administration of xylaxine on intraocular pressure and corneal thickness in horses. **American Journal of Veterinary Research**, Chicago, v.56, n.2, p 155-158, Feb. 1995.

WADA, S. Changes of intraocular pressure in uveitic horses. **Journal of Equine Science**, Tokyo, v.17, n.3, p.67-73, 2006.

WHITACRE, M.M.; STEIN, R. Sources of error with the use of Goldmann-Type tonometer's. **Survey of Ophthalmology**, New York, v.38, n.1, p. 1-27, Jul-Aug. 1993.

WHITTKER, C.J.G et al. Intraocular pressure variation associated with body length in young American alligator (*Alligator mississippiensis*). **American Journal of Veterinary Research**, Chicago, v.56, n.10, p. 1380-1383, Oct. 1995.

WILKIE, D.A. Equine glaucoma: state of art. **Equine Veterinary Journal**. v.37, n.1, p.62-68, 2010.

WILKIE, D.A.; GILGER, B.C; Equine Glaucoma, **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, Philadelphia, v.20, n.2, p.381-391, Aug. 2004.

WILKIE, D.A et al. Equine glaucoma and Diode laser transcleral cyclophotocoagulation: 27 cases. **Veterinary Ophthalmology**, Osney Mead, v.4 p.294-298, 2001

WILLIS, A. M et al. Effect of topical administration of 0.005% latanoprost solution on eyes of clinically normal horse. **American Journal of Veterinary Research**, Chicago, v.62, n.12, p.1945-1951, Dec. 2001a

WILLIS, A. M et al. Effect of topical administration of 2% dorzolamide hydrochloride or 2% dorzolamide hydrochloride-0.5% timolol maleate on intraocular pressure in clinically normal horse. **American Journal of Veterinary Research**, Chicago, v.62, n.5, p.709-713, May. 2001b

2001b