

UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia



“Comparación de las medidas de presión intraocular obtenidas por un tonómetro de rebote y un tonómetro de indentación en gatos mestizos adultos aparentemente sanos en la Clínica Veterinaria Docente Cayetano Heredia”

Tesis para optar el Título Profesional de:
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Katherine Stephany Saldaña Morales

Bachiller en Medicina Veterinaria y Zootecnia

LIMA - PERÚ

2019

A mis padres y familia, quienes estuvieron apoyándome en todo momento y me impulsaron a ser mejor persona y profesional.

ABSTRACT

Intraocular pressure (IOP) is the pressure exerted by the aqueous humor inside the eye. The measurement of IOP is important for the evaluation and management of diseases such as glaucoma and uveitis in cats. In veterinary ophthalmology, tonometry by indentation has been used for a long time, through the Schiøtz tonometer to determine the IOP; however, this method requires local anesthesia and good patient containment. It is for this reason that recently new technologies with easy handling and good precision had been search to obtain IOP, one of this is the rebound tonometer. The aim of this study was to compare the IOP measures through a rebound tonometer and an indentation tonometer, in apparently healthy adult cats, between 1 and 5 years old, at the Cayetano Heredia Veterinary Clinic. A random sample of 35 cats was taken and all the measurements were taken during the day from 9 a.m. to 1 p.m. prior to the procedure, a physical examination and an ophthalmological observation were performed to rule out alterations in the cats that could affect the IOP. The measurements were taken with both tonometers in the 35 cats, first the rebound tonometer was used, then a drop of 0.5% tetracaine was applied in each eye of the individuals and the measurement was made with the indentation tonometer. After analyzing the data through the student's t-test for matched samples, no significant difference was found between both tonometers, so both can be used for the diagnosis of diseases with a similar precision.

Key words: rebound tonometry, Schiøtz tonometry, intraocular pressure, domestic cats

RESUMEN

La presión intraocular (PIO) es la fuerza que ejerce el humor acuoso dentro del ojo. La medida de PIO es importante para la evaluación y el manejo de enfermedades como el glaucoma y la uveítis en gatos. En oftalmología veterinaria, se ha usado por mucho tiempo el tonómetro de Schiøtz® para determinar la PIO; sin embargo este requiere de anestesia local y una buena sujeción del paciente. Es por esta razón que en los últimos años se ha buscado nuevas tecnologías que posean una buena precisión y sean prácticas al obtener las medidas de PIO, como el tonómetro de rebote (Tonovet®). El objetivo de este estudio fue determinar la precisión del tonómetro de rebote (Tonovet®) en comparación con el tonómetro de Schiøtz al obtener las medidas de PIO en gatos mestizos adultos, de 1 a 5 años de edad, clínicamente sanos, en la Clínica Veterinaria Cayetano Heredia. Se obtuvo una muestra aleatoria de 35 gatos mestizos y todas las medidas fueron obtenidas durante el día en el rango de 9am a 1pm. Antes de tomar las medidas de PIO se realizó un examen físico y una evaluación oftalmológica descartando alteraciones que podrían afectar los resultados. Se midió la PIO con ambos tonómetros en cada uno de los 35 gatos, utilizando primero el tonómetro de rebote, luego se aplicó una gota de tetracaína al 0.5% en cada ojo de los individuos y se procedió a realizar la medida con el tonómetro de indentación. Tras analizar los datos a través del análisis de t de student para muestras emparejadas no se encontró una diferencia significativa entre los resultados obtenidos con ambos tonómetros.

Palabras claves: tonometría de rebote, tonometría de Schiøtz, presión intraocular, gatos domésticos.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la población de gatos domésticos ha venido incrementando, debido a la continua urbanización de nuestra ciudad; las viviendas son cada vez más pequeñas y las personas disponen de menos espacio para sus mascotas. Un estudio de la Compañía Peruana de estudios de mercado y opinión pública (CPI) del 2016 muestra que el 36.8% de las mascotas en Lima Metropolitana son gatos, siendo la segunda mascota favorita después de los perros (CPI, 2016). Por otro lado, el interés en la tenencia responsable de mascotas también ha ido en aumento en los últimos años, tanto en canes como en gatos domésticos; generando mayor preocupación por la salud de éstos de parte de los dueños, e incluso se está incursionando en el registro de gatos por parte de las municipalidades para un mejor control de su población y enfermedades (Carrión, 2017).

La PIO es la presión que ejerce el humor acuoso dentro del ojo (Ma *et al.*, 2016), el humor acuoso mantiene la forma y las propiedades del globo ocular, este es un fluido incoloro cumple una función análoga a la sangre en las estructuras avasculares del globo ocular, tales como el cristalino y la córnea (Goel *et al.*, 2010; Dismuke *et al.*, 2015).

La medición de PIO sirve para evaluar y manejar algunas enfermedades tales como la uveítis, el glaucoma, los quistes uveales, entre otros. La PIO se modifica por diversos factores como el ritmo circadiano, la presión ambiental y la edad de los individuos (Vico Ruíz, 2016). Los estudios han demostrado que, tanto en gatos sanos como en gatos con uveítis o glaucoma, los valores de PIO en horario nocturno suelen ser más elevados que los registrados en horario diurnos (Del Solé *et al.*, 2007). Así también se ha observado influencia de la edad en la PIO, siendo

considerablemente menor en gatos geriátricos (Kroll *et al.*, 2011). Otros factores que pueden alterar los resultados son el tipo de tonómetro utilizado y la posición del animal (McLellan & Miller; 2011).

En nuestro país existe una elevada población de gatos callejeros, los cuales debido a las condiciones en las que viven están predispuestos a padecer traumas, infecciones bacterianas, parasitarias y fúngicas (Lee *et al.*, 2002). Del mismo modo están predispuestos a enfermedades virales causadas por retrovirus como la inmunodeficiencia felina (VIF) y la leucemia felina (VLFe), las cuales se han visto comúnmente asociadas a uveítis (Del Solé *et al.*, 2005), las cuales pueden ocasionar lesiones oculares que pueden alterar la PIO.

La uveítis es un desorden oftálmico frecuente en felinos. La inflamación de los cuerpos ciliares que se puede producir durante la uveítis, reduce la producción de humor acuoso y por lo tanto genera la disminución en la presión intraocular (Parry & Maggio, 2007; Pontes *et al.*, 2015). Si bien, la uveítis puede causarse por traumas e infecciones oftálmicas, el 70% de casos son asociados a enfermedades sistémicas como la toxoplasmosis, el VIF, el VLFe y la peritonitis infecciosa felina (PIF) (La Croix; 2005; Del Solé *et al.*, 2005).

Por otro lado, el glaucoma es considerado una enfermedad neurodegenerativa, en la cual el aumento de la presión intraocular produce daño del nervio óptico y la retina, produciendo pérdida parcial o total de la visión (Chen *et al.*, 2015). Uno de los factores de riesgo más importantes para el desarrollo de glaucoma es elevación de la PIO, sin embargo este valor aislado no es determinante (Nakazawa, 2016). Se cree que enfermedades sistémicas como la diabetes y

el hipertiroidismo pueden representar factores de riesgo para el desarrollo de glaucoma. (Redondo *et al.*, 2013)

La tonometría es el método por el cual se obtiene las medidas de PIO. La tonometría por indentación, representado por el tonómetro de Schiötz, fue uno de los primeros métodos desarrollados, siendo por mucho tiempo el principal método tanto en humanos como en animales (Maggs *et al.*, 2009). Debido a su simple manejo, confiabilidad y su relativa precisión es el único tonómetro de indentación que todavía se utiliza en la actualidad (Kniestedt *et al.*, 2008), a esto podemos sumarle que es un instrumento más económico pero que siempre se debe aplicar anestesia local. El tonómetro de Schiötz se debe utilizar con el paciente sujetado de tal manera que la superficie ocular este en plano horizontal, ya que la gravedad genera una fuerza conocida en el émbolo del tonómetro (Van de Woerd, 2001). Esta posición representa un reto tanto para el operador como para el gato, ya que durante la sujeción, una presión excesiva sobre el cuello incrementa la presión intraocular (Rajaei *et al.*, 2017), asimismo no resulta conveniente la sedación del paciente, ya que esto también genera variaciones en las medidas de PIO (Jia *et al.*, 2000). También es importante considerar el factor estrés ya que el manejo inadecuado puede alterar el comportamiento del gato dificultando la medición. Se debe tener en cuenta que la medición con este tonómetro el émbolo ejerce presión sobre la córnea, por lo que es necesario asegurarnos que la anestesia local ha hecho efecto desensibilizando la zona antes de realizar la medición (Epstein *et al.*, 2015).

En cuanto a las características del tonómetro de Schiötz este tiene una base en forma de plato que se adapta a la curvatura promedio de la córnea humana y viene con una pesa incluida de 5.5 g y tres pesas adicionales que llevan el peso hasta 15 g, para generar la presión necesaria

para la indentación y por tanto, el desplazamiento del volumen intraocular que permite una estimación de la PIO (Cordero, 2014). Las medidas obtenidas con la escala del tonómetro de Schiotz deben ser convertidas a milímetros de mercurio (mmHg), con tablas de calibración. Anteriormente se utilizaban tablas adaptadas a uso veterinario; sin embargo, en la actualidad se ha visto que las tablas de uso humano aportan medidas más precisas (Van de Woerdt, 2001). Cuando las medidas obtenidas en la escala del tonómetro son de 4 o menores, indican una elevada presión intraocular y será necesario colocar una pesa adicional para lograr la indentación y obtener la medida de PIO más precisa (Alguire, 1990). Un estudio muestra que la medida promedio obtenidas con el tonómetro de Schiotz en gatos sanos es de 21.6 ± 4.8 mmHg (Miller *et al.*, 1992).

Además el tonómetro de Schiotz asume una rigidez y elasticidad constante de la córnea (Holguin, 2013), sin embargo, el grosor y rigidez de la córnea puede variar si el paciente presenta lesiones tanto recientes como cicatrízales (Centelles *et al.*, 2015). Las lesiones corneales pueden evitar una correcta indentación y generar medidas erróneas; además la utilización del tonómetro de Schiotz es limitado en úlceras corneales y en cirugías oculares recientes debido a su carácter invasivo ya que la presión que ejercen puede empeorar o volver a generar lesiones en el ojo (Alguire, 1990).

El tonómetro de rebote es un método de tonometría no invasiva que consta de una sonda magnetizada de alambre de acero que posee la punta redondeada y recubierta de plástico para minimizar el riesgo de dañar la córnea (Davies *et al.*, 2006). Cuando se activa el botón de medición, la sonda golpea el ojo y rebota hacia atrás durante 6 veces consecutivas obteniendo un promedio, este movimiento es detectado por un solenoide y el imán móvil induce tensión en el solenoide para analizar los parámetros de movimiento de la sonda. Cuando la PIO se encuentra

elevada, la sonda rebota más rápido y menor es la duración de impacto (Martínez de la Casa *et al.*, 2015).

Estudios de validación del TonoVet® han obtenidos medidas promedio de 20.74 ± 0.5 mmHg en gatos sanos. Según McLellan *et al* (2013), este método muestra tener una buena correlación con la manometría que es el método más preciso de medición de PIO, ya que la medida directa de la PIO solamente se puede obtener conectando el interior de la cavidad ocular a un manómetro, sin embargo, debido a la complejidad e incomodidad que esta causa este método no es clínicamente aplicable (González-Meijome *et al.*, 2012). Se ha observado que las medidas obtenidas con el TonoVet® son muy precisas cuando están dentro del rango de 25mmHg a 50mmHg (Rusanen *et al.*, 2010).

Las ventajas que ofrece la tonometría digital por rebote son su portabilidad, buena repetibilidad, no ser invasivo y además que no requiere de anestesia local (Knott, 2009; Cervino, 2006). De acuerdo a un estudio de validación del tonómetro de rebote realizado en gatos sanos y con glaucoma, las lecturas realizadas con el tonómetro de rebote (Tono Vet®) fueron significativamente más precisas que las obtenidas con el tonómetro de aplanamiento (Tono Pen XL), asimismo el mismo estudio remarcó su practicidad dado que el tiempo que toma realizar las medidas es menor y no se requiere mucho entrenamiento para realizarlo (McLellan *et al.*, 2013). Un factor que puede modificar la medición es la posición del tonómetro. Un estudio realizado en caninos, luego de evaluar siete posiciones de la sonda sobre la córnea concluye que la sonda debe posicionarse al centro o hacia dorsal a la córnea (De Oliveira *et al.*, 2018), otro estudio realizado en caninos y felinos explica que si se coloca la sonda en la periferia de la córnea, más o menos a 1.5 mm del limbo las lecturas de las medidas pueden incrementar (Spiessen *et al.*, 2015).

Dado que, en la actualidad aún se utiliza el tonómetro de Schiotz como método de medición de PIO en algunos establecimientos veterinarios de nuestro país, se ha visto conveniente realizar un estudio comparativo con un método más actual como la tonometría de rebote para determinar la precisión de ambos.

MATERIALES Y METODOS

Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética de uso de animales de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, los gatos utilizados provinieron de dueños que accedieron a participar en el estudio de tonometría en gatos domésticos en la Universidad Peruana Cayetano Heredia. Fueron muestreados 35 gatos mestizos adultos, de 1 a 5 años, clínicamente sanos, vacunados y desparasitados. Todos los gatos pasaron por un examen físico completo y una evaluación oftalmológica que consistió en la observación de las estructuras del globo ocular y sus anexos, así como el reflejo de amenaza, reflejo pupilar y tapetal, además de la prueba de fluoresceína para descartar cualquier alteración que pueda afectar la PIO. El muestreo fue realizado entre las 9am y las 1pm. Cabe acotar que los animales del estudio eran de temperamento dócil, y durante el procedimiento una persona sujetó a los gatos siguiendo las pautas de *American Association Feline Practitioners* para evitar el estrés en estos; mientras otra persona previamente entrenada realizó las mediciones.

Se utilizó el tonómetro de rebote TonoVet®, el cual realiza seis medidas de PIO en cada ojo, descarta automáticamente la medida más alta y la más baja, y da como resultado el promedio de las cuatro restantes. Para este examen se posicionó a los gatos sobre sus miembros posteriores y se les sostuvo la cabeza suavemente mirando hacia el frente, se mantuvo el tonómetro en forma horizontal y luego se procedió a disparar la sonda del tonómetro de rebote hacia la zona central de la córnea.

Para la segunda medida se utilizó el tonómetro de indentación de Schiotz con la pesa de 5.5 g mediante la técnica descrita por Maggs *et al.* (2009) que consiste en levantar la cabeza de

los animales con suavidad con la nariz apuntando hacia arriba de manera que la córnea quedara en un plano horizontal. Previamente se aplicó una gota de clorhidrato de tetracaína al 0.5% en cada ojo y tras esperar dos minutos se procedió a realizar la mediciones. Un estudio previo menciona que una sola gota de proparacaína oftálmica tenía un efecto anestésico de 45 minutos, con un efecto máximo que duraba 15 minutos (Binder & Herring, 2006). En los casos necesarios se añadieron las pesas de 7.5 g o de 10 g. Las medidas obtenidas en la escala del tonómetro fueron luego convertidas a milímetros de mercurio (mmHg) a través de la tabla de calibración de uso humano.

Se utilizó Microsoft ExcelTM para la comparación de medidas a través de un análisis de T de Student para muestras emparejadas; también se halló la correlación de Pearson y la ecuación de regresión para las medidas obtenidas.

RESULTADOS

El promedio de las presiones obtenidas en los gatos por el tonómetro de rebote (Tonovet®) fueron de 21.69 ± 3.54 mmHg para el ojo derecho y de 20.46 ± 2.93 mmHg para el ojo izquierdo, con medidas de PIO que iban de 16 a 29 mmHg y sin diferencias estadísticas entre las medidas de ambos ojos. Por otro lado las presiones intraoculares medias obtenidas con el tonómetro de Schiøtz fueron de 22.06 ± 3.14 mmHg para el ojo derecho y de 20.83 ± 2.55 mmHg para el ojo izquierdo, en este caso las medidas iban de 16.5 a 29.6 mmHg, no habiendo diferencia estadística entre las medidas de ambos ojos (Cuadro 1).

La prueba de T de student para muestras emparejadas demostró que las medidas obtenidas por el tonómetro de rebote (Tonovet®) y el tonómetro de Schiøtz no diferían estadísticamente ($P= 0.085$ para el ojo derecho y $P=0.080$ para el ojo izquierdo).

Se encontró además, una elevada correlación positiva entre ambas variables para ambos ojos. La correlación fue de 87.5% para el ojo derecho (Figura 1) y de 82.5% para el ojo izquierdo (Figura 2).

CUADRO 1. Comparación de las medidas promedio de presión intraocular entre el tonómetro de rebote y el tonómetro de Schiötz en gatos mestizos jóvenes, clínicamente sanos, en Clínica Veterinaria Cayetano Heredia.

Tipo de tonómetro	Ojo	N¹	Presión Intraocular (mmHg²)	Desviación Estándar (mmHg²)
Tonómetro de Rebote	Derecho	35	21.69	3.54
	Izquierdo	35	20.46	2.93
Tonómetro de Schiötz	Derecho	35	22.06	3.14
	Izquierdo	35	20.83	2.55

¹N corresponde al número de ojos evaluados. ²mmHg: milímetros de mercurio

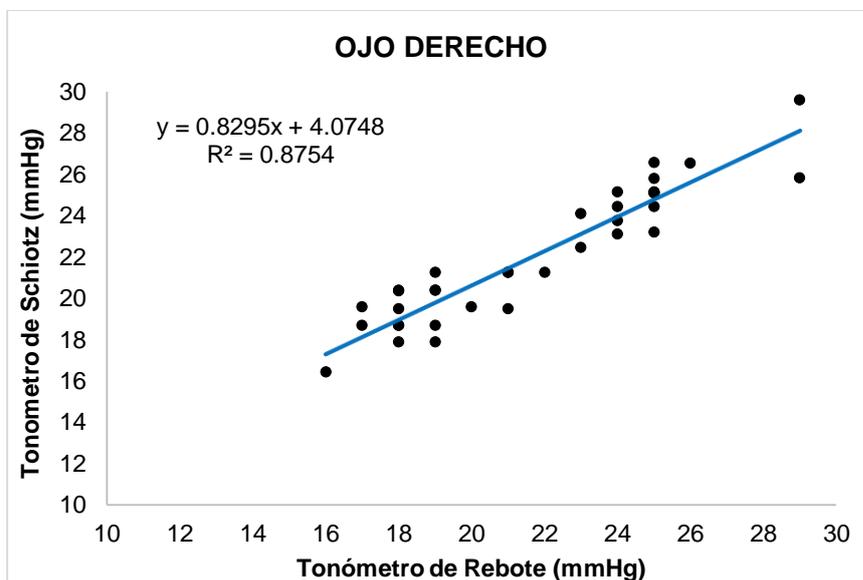


Figura 1. Correlación de medidas de presión intraocular entre el tonómetro de rebote y el tonómetro de Schiotz para el ojo derecho.

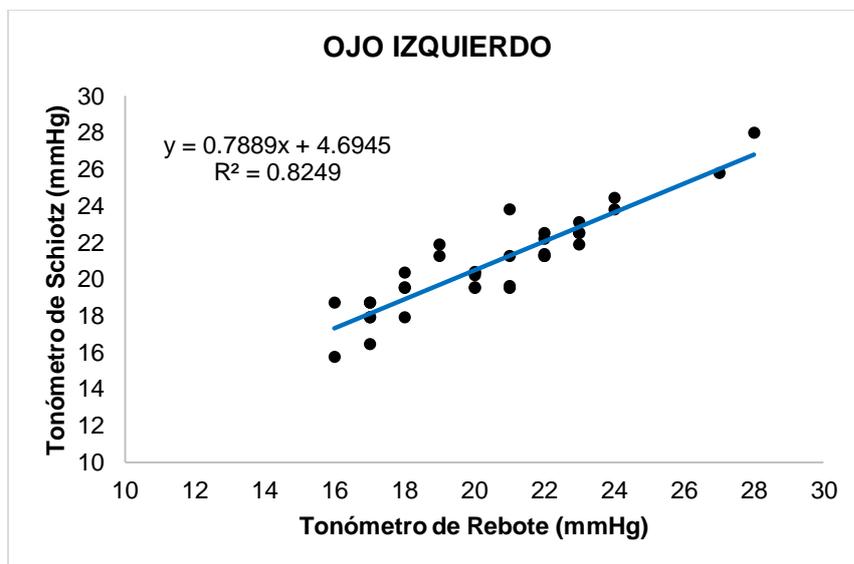


Figura 2. Correlación de medidas de presión intraocular entre el tonómetro de rebote y el tonómetro de Schiotz para el ojo izquierdo.

DISCUSIÓN

El tonómetro de rebote es de uso relativamente nuevo tanto en la medicina humana como veterinaria, sin embargo ha ganado popularidad debido a la confiabilidad de las medidas que se obtienen con este. En el presente estudio el uso del Tonovet® no presentó inconvenientes y permitió obtener medidas precisas de PIO de manera rápida y sin causar molestias a los individuos del estudio. Tal como lo describe McLellan & Miller (2011) la superficie de rebote del Tonovet® no suele generar molestias y no es necesario la aplicación de anestesia tópica para el uso del instrumento. Además también menciona su fácil manejo, lo que permitió la obtención de medidas precisas, incluso con una mínima experiencia en el uso del tonómetro. Así también, el estudio de Rusanen *et al.* (2010) indica una buena precisión del Tonovet® en medidas de PIO que van de 25 mmHg a 50 mmHg y que esta precisión de acuerdo al mismo autor disminuye en medidas por debajo de los 25 mmHg., sin embargo, existen tonómetros de rebote de la misma marca que el de nuestro estudio que son recomendados para ser utilizados en roedores, que tiene una buena precisión en medidas de 10 mmHg a 50 mmHg, por lo que pueden utilizarse en ojos que muestren menor PIO (Morrison *et al.*, 2009). En el estudio se encontró una elevada correlación entre el tonómetro de rebote y el de indentación, existen estudios previos en los que se evalúa la correlación del tonómetro de rebote con el de aplanamiento, obteniendo resultados similares. (Martínez de la Casa *et al.*, 2005; López Caballero *et al.*, 2007)

Por otro lado, se observó que durante el muestreo con el tonómetro de Schiotz los gatos demostraron signos de incomodidad; tales como movimiento excesivo, rechazo a la sujeción, pestañeo constante y exposición del tercer parpado esto debido a que, tal como menciona Alguirre (1990), el tonómetro de Schiotz es un método de amplio contacto con la córnea y requiere del uso de anestesia tópica para evitar molestias por parte de los pacientes. Además para obtener la medida de PIO con este instrumento, se requiere que la córnea se encuentre en un plano horizontal,

ya que la gravedad ejerce una fuerza conocida sobre el embolo del tonómetro. Debido a esto fue necesario mantener a los individuos del estudio con la punta de la nariz apuntando hacia arriba como menciona Bowcott *et al.* (2012), la cual es una posición incómoda, difícil de mantener y además busca evitar la presión en la zona de cuello y parpados para evitar una variación de PIO. La sujeción en la posición antes descrita dificultó el procedimiento, requiriendo de más tiempo y en algunos casos obligando a tomar las medidas más de una vez. Esto concuerda con lo descrito por Welch (2007), quien atribuye al tonómetro de Schiötz un difícil manejo debido a la posición poco natural en la que se debe mantener a los individuos. Además, menciona que la clave para una medida precisa y reproducible en la tonometría se encuentra en la correcta sujeción del individuo, la técnica equivocada puede llevar a medidas de PIO alteradas.

Las medidas promedio halladas en el estudio, de 21.07 mmHg para el tonómetro de rebote y de 21.4 mmHg para el tonómetro de Schiötz; se encuentran dentro del rango de PIO normal para gatos clínicamente sanos, descritos anteriormente por Norsworthy *et al.* (2011), que van de 12mmHg a 25 mmHg. A pesar de que en este estudio el uso del tonómetro de Schiötz fue dificultoso los valores hallados se acercan a los obtenidos con el tonómetro de rebote, esto se debe a que se siguieron los protocolos indicados para realizar dichos procedimientos.

Este estudio fue realizado en animales clínicamente sanos, por lo cual, las diferencias entre ambos tonómetros para individuos con córneas que presenten cambios estructurales debido a patologías oculares, aún no se ha establecido. Del mismo modo cabe resaltar que el uso del tonómetro de Schiötz es limitado en casos en los que la córnea presente lesiones ulcerativas, ya que como menciona Centelles *et al.* (2015) el peso del tonómetro de Schiötz necesario para la indentación en la córnea es demasiado para lesiones recientes post quirúrgicas y ulceraciones. En

este estudio se excluyó un individuo debido a la presencia de una úlcera corneal superficial. Sin embargo, el TonoVet® permite la medida de PIO incluso en ojos con alteraciones corneales, de acuerdo a Moreno *et al.* (2007), la sonda de 1mm de diámetro del tonómetro de rebote permite su uso en corneas con keratoconos, edemas, úlceras y rechazos de injertos. En su estudio comparativo entre el tonómetro de rebote y el tonómetro de Goldman en patologías corneales, solo una cornea fue descartada con el tonómetro de rebote, mientras que con el tonómetro de Goldman se descartaron tres individuos. Además, Spiessen *et al.* (2015) describe que la pequeña sonda del tonómetro de rebote puede ser enfocada fuera del rango de lesión, y toca la córnea en un punto muy pequeño y con mínimo impacto por lo que no se corre el riesgo de agravar la lesión pre existente, si es que la hubiera.

Al comparar la superficie corneal que abarcan ambos tonómetros, pudimos observar que el tonómetro de Schiotz tiene un vástago de 10 mm de diámetro, por lo cual no puede ser utilizado en corneas de animales pequeños, es por ello, que escogimos animales adultos jóvenes, que de acuerdo a diversos autores el tamaño de sus córneas aproximadamente miden de 15 mm a 16 mm en el eje vertical y de 16 a 17 mm en el eje horizontal (Morales y León, 2012). Al ser un estudio en gatos adultos sí se pudieron registrar las medidas de presión intraocular con este tonómetro, sin embargo el Tonovet® como se mencionó anteriormente cuenta con una sonda de 1mm de diámetro, lo que hace que se acomode en cualquier tamaño de córnea, incluso en animales muy pequeños. Hay estudios de evaluación de presión intraocular utilizando el tonómetro de rebote en especies pequeñas como ratones, conejos, tortugas, entre otros (Kontiola *et al.*, 2001; Pereira *et al.*, 2011; Selleri *et al.*, 2012).

Durante el muestreo con el Tonovet® en caso se sospechara que los valores obtenidos no eran los reales, debido a manipulación excesiva, mala sujeción o estrés del animal por los procedimientos anteriores, se procedió a tomar una segunda medida. Esto sucedió en siete individuos del estudio, obteniendo resultados muy similares con una variación de entre 1 a 3 mmHg lo que nos indica una buena repetibilidad, y concuerda con los datos obtenidos del estudio de Rusanen *et al.*, 2010 en el que se tomaron varias medidas con el tonómetro de rebote en ojos de gatos obteniendo diferencias de entre 1 a 2 mmHg entre ellas.

Por otro lado al utilizar el tonómetro de Schiotz, se debe anotar un promedio de 3 medidas consecutivas y sacar un promedio final de forma manual. Lo observado en el estudio es que muchas veces estas medidas consecutivas tenían variaciones de hasta 5mmHg una vez convertidas en la tabla de calibración. En un estudio Wheeler (1998) determinó la reproducibilidad del tonómetro de Schiotz a un 59.0%, mientras que en el caso del Tonovet® además de que al ser digital, registra las medidas de forma consecutiva y genera automáticamente un promedio, varios estudios registran una reproducibilidad de alrededor 90.0% (Martínez de la Casa *et al.*, 2015; Ma *et al.*, 2016)

El muestreo se realizó en horas de la mañana, debido a que, como se mencionó anteriormente, la PIO al igual que otras variables biológicas siguen un ritmo circadiano. Existen oscilaciones de la PIO a lo largo de las 24 horas del día, un estudio en gatos que evaluaba estas oscilaciones, demostró que tanto en gatos sanos como en los que presentaban uveítis o glaucoma, las medidas de PIO eran más elevadas entre las 9pm a las 12am disminuyendo paulatinamente hasta las 9am. Las medidas más bajas se observaron entre las 9am y las 6pm. Las diferencias entre los valores pico nocturnos y los diurnos tuvieron un promedio de 4 mmHg (Del Solé *et al.*, 2007)

si bien esto concuerda con estudios en ratones y conejos; estudios en humanos han demostrado diferencias entre valores nocturnos y diurnos de 8 mmHg (Jaén- Díaz *et al.*, 2007).

La presión atmosférica también es un factor de influencia en la presión intraocular, la relación que existe entre estas es inversamente proporcional, por lo que mientras mayor sea la presión atmosférica menor será la medida de PIO (Van de Veire *et al.*, 2008). Lima Metropolitana, lugar donde se realizó el estudio, tiene una altura promedio de 154 msnm y por lo tanto tiene una presión atmosférica elevada. Las medidas obtenidas en nuestro estudio fueron de 21mmHg en promedio, sin embargo, estos valores pueden variar en otras condiciones ambientales, aumentando a mayores altitudes.

Por último ya que el tonómetro de rebote es relativamente nuevo en la oftalmología veterinaria de nuestro país y no existen datos previos de medidas para la población de gatos mestizos, este estudio busca ser una base de datos para investigaciones futuras.

CONCLUSIONES

La PIO promedio para gatos mestizos clínicamente sanos, registrada con el tonómetro de rebote fue de 20.75 ± 3.5 mmHg; mientras la PIO promedio con el tonómetro indentación fue de 21.4 ± 2.9 mmHg. Siendo estos valores similares entre si y concluyendo por lo tanto que ambos pueden ser utilizados con precisión similar cuando se siguen los protocolos de sujeción y medición en los individuos.

Se recomienda el uso del tonómetro de rebote debido a que el proceso de medición con este tonómetro resulta menos estresante para los pacientes y no necesita de anestesia local. Además permite tomar mediciones en ojos con alteraciones de manera muy rápida y precisa.

El tonómetro de Schiötz, debido a que es económicamente asequible ha sido descrito como el elemento básico para medición de presión intraocular en el consultorio veterinario (Renwick, 2005). Pese a ser un método antiguo ha demostrado tener buena precisión, por lo que también se puede utilizar en gatos domésticos siempre y cuando se utilice la sujeción y técnica correcta.

LITERATURA CITADA

Alguire, P.C (1990). Tonometry. In H. Kenneth Walker, W. Dallas Hall & J. Willis Hurst, Clinical Methods: The history, physical, and laboratory examinations (3rd Ed.). Boston. Chapter 118.

Binder, D. R., & Herring, I. P. (2006). Duration of corneal anesthesia following topical administration of 0.5% proparacaine hydrochloride solution in clinically normal cats. *Am J Vet Res* 67(10), 1780-1782.

Carrión. A (2017, 28 de Agosto). Estos distritos ofrecen beneficios al registrar gatos. El Comercio. [Internet] [17 de Julio 2018] Disponible: <https://elcomercio.pe/wuf/noticias/distritos-ofrecen-beneficios-registrar-gatos-437705>

Centelles C., Riera A., C. Sousa, L.M. García Roldán (2015). Revisión de oftalmología: Causas, diagnóstico y tratamiento de las úlceras corneales en el perro. *Argos Portal Veterinaria* [Internet] [Acceso 20 de Septiembre 2018] Disponible en: <https://argos.portalveterinaria.com/noticia/11955/articulos-archivo/causas-diagnostico-y-tratamiento-de-las-ulceras-corneales-en-el-perro.html>

Cervino, A. (2006). Rebound tonometry: new opportunities and limitations of non-invasive determination of intraocular pressure. *Br J Ophthalmol*. 90(12): 1444–1446

Chen, T., Gionfriddo, J. R., Tai, P. Y., Novakowski, A. N., Alyahya, K., & Madl, J. E. (2015). Oxidative stress increases in retinas of dogs in acute glaucoma but not in chronic glaucoma. *Veterinary ophthalmology*, 18(4), 261-270.

Compañía peruana de estudios de mercado y opinión pública, CPI. (2016). Presencia de Mascotas en el Hogar. [Internet] [Acceso 27 de Julio del 2017] Disponible: <http://www.cpi.pe/banco/market-report.html>

Cordero, I. (2014). Understanding and caring for a Schiotz tonometer. *Community eye health*. 27(87). 57.

Davies, L. N., Bartlett, H., Mallen, E. A., & Wolffsohn, J. S. (2006). Clinical evaluation of rebound tonometer. *Acta Ophthalmol Scand*. 84(2). 206-209.

De Oliveira, J. K., Montiani-Ferreira, F., & Williams, D. L. (2018). The influence of the tonometer position on canine intraocular pressure measurements using the Tonovet® rebound tonometer. *Open veterinary journal*, 8(1), 68-76.

Del Sole M. J, Sande P.H, Rosenstein R.E, Aba M.A (2005). Uveítis en el felino. *Analecta Veterinaria* 25 (2): 48-61.

Del Solé, M. J., Sande, P. H., Bernades, J. M., Aba, M. A., & Rosenstein, R. E. (2007). Circadian rhythm of intraocular pressure in cats. *Veterinary ophthalmology*. 10(3). 155-161.

Dismuke, W. M., Challa, P., Navarro, I., Stamer, W. D., & Liu, Y. (2015). Human aqueous humor exosomes. *Experimental eye research*. 132. 73-77.

Epstein, M. E., Rodan, I., Griffenhagen, G., Kadrlík, J., Petty, M. C., Robertson, S. A., & Simpson, W. (2015). Pain management guidelines for dogs and cats. *J Feline Med Surg*, 17(3), 251-272.

Goel, M., Picciani, R. G., Lee, R. K., & Bhattacharya, S. K. (2010). Aqueous humor dynamics: a review. *Open J Ophthalmol*. 4. 52.

González-Méijome, J. M., & Martins Jorge, J. M. (2008). Tonometría no invasiva. Precisión, ventajas y limitaciones (I). *Gaceta Óptica*, 432, 12-8.

Jaén-Díaz, J. I., Cordero-García, B., López-de-Castro, F., De-Castro-Mesa, C., Castilla-López-Madrivejos, F., & Berciano-Martínez, F. (2007). Variabilidad diurna de la presión intraocular. *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología*, 82(11), 675-679.

Jia, L., Cepurna, W. O., Johnson, E. C., & Morrison, J. C. (2000). Effect of general anesthetics on IOP in rats with experimental aqueous outflow obstruction. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 41(11), 3415-3419.

Kniestedt, C., Punjabi, O., Lin, S., & Stamper, R. L. (2008). Tonometry through the ages. *Surv Ophthalmol*. 53(6). 568-591.

Knott, T. (2009). What's new in canine glaucoma?. *UK Vet Companion Animal*. 14(4). 23-32.

Kontiola, A. I., Goldblum, D., Mittag, T., & Danias, J. (2001). The induction/impact tonometer: a new instrument to measure intraocular pressure in the rat. *Exp Eye Res.* 73(6). 781-785.

Kroll, M. M., Miller, P. E., & Rodan, I. (2001). Intraocular pressure measurements obtained as part of a comprehensive geriatric health examination from cats seven years of age or older. *J Am Vet Med Assoc.* 219(10). 1406-1410.

La Croix, N. C. (2005). Ocular manifestations of systemic disease in cats. *Clin Tech Small Anim Pract.* 20(2). 121-128.

Lee, I. T., Levy, J. K., Gorman, S. P., Crawford, P. C., & Slater, M. R. (2002). Prevalence of feline leukemia virus infection and serum antibodies against feline immunodeficiency virus in unowned free-roaming cats. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 220(5), 620–622.

López-Caballero, C., Contreras, I., Muñoz-Negrete, F. J., Rebolleda, G., Cabrejas, L., & Marcelo, P. (2007). Tonometría de rebote en la práctica clínica: Comparación con tonometría de aplanación. *Arch Soc Esp Oftalmol.* 82(5). 273-278.

Ma, D., Chen, C. B., Liang, J., Lu, Z., Chen, H., & Zhang, M. (2016). Repeatability, reproducibility and agreement of intraocular pressure measurement in rabbits by the TonoVet and Tono-Pen. *Scientific reports.*6.

Maggs, D. J.; Miller P. E.; Ofri R.; Rodríguez A. (2009). Técnicas diagnósticas básicas. David. J Maggs. Slatter. Fundamentos de la oftalmología veterinaria. Cuarta edición. Madrid, España. Elsevier.

Martínez-de-la-Casa, J. M., García-Feijoo, J., Castillo, A., & Garcia-Sanchez, J. (2005). Reproducibility and clinical evaluation of rebound tonometry. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 46(12). 4578-4580.

McLellan, G. J., & Miller, P. E. (2011). Feline glaucoma comprehensive review. *Veterinary ophthalmology.* 14(s1). 15-29.

McLellan, G. J., Kemmerling, J. P., & Kiland, J. A. (2013). Validation of the TonoVet® rebound tonometer in normal and glaucomatous cats. *Veterinary ophthalmology*, 16(2), 111-118.

Miller, P. E., & Pickett, J. P. (1992). Comparison of the human and canine Schiotz tonometry conversion tables in clinically normal cats. *J Am Vet Med Assoc.* 201(7). 1017-1020.

Moreno-Montañés, J., García, N., Fernández-Hortelano, A., & García-Layana, A. (2007). Rebound tonometer compared with goldmann tonometer in normal and pathologic Corneas. *Cornea.* 26(4). 427–430.

Morrison, J. C., Jia, L., Cepurna, W., Guo, Y., & Johnson, E. (2009). Reliability and sensitivity of the TonoLab rebound tonometer in awake brown Norway rats. *Investigative Ophthalmology & Visual Science,* 50(6), 2802.

Nakazawa, T. (2016). Ocular blood flow and influencing factors for glaucoma. *Asia Pac J Ophthalmol.* 5(1). 38-44.

Norsworthy, G. D., Grace, S. F., Crystal, M. A., & Tilley, L. P. (Eds.). (2011). *The feline patient.* John Wiley & Sons.

Parry, N., & Maggio, F. (2007). Uveitis in cats. *Companion Animal.* 12(3). 70-78.

Pereira, F. Q., Bercht, B. S., Soares, M. G., da Mota, M. G. B., & Pigatto, J. A. T. (2011). Comparison of a rebound and an applanation tonometer for measuring intraocular pressure in normal rabbits. *Veterinary ophthalmology.* 14(5). 321-326.

Pontes, K. C. D. S., Viana, J. A., & Duarte, T. S. (2015). Etiopatogenia da uveíte associada a doenças infecciosas em pequenos animais associating uveitis with infectious diseases in small animals. *Ceres.* 53(309).

Rajaei, S. M., Asadi, F., Rajabian, M. R., Ostadhassan, H., & Crasta, M. (2017). Effect of body position, eyelid manipulation, and manual jugular compression on intraocular pressure in clinically normal cats. *Veterinary Ophthalmology.*

Renwick, P. (2005). Glaucoma. En S. Peterson, & S. Crispin, *Manual de oftalmología en pequeños animales.* Lexus. 434-450

Rusanen, E., Florin, M., Hässig, M., & Spiess, B. M. (2010). Evaluation of a rebound tonometer (Tonovet®) in clinically normal cat eyes. *Veterinary ophthalmology.* 13(1). 31-36.

Selleri, P., Di Girolamo, N., Andreani, V., Guandalini, A., & D'Anna, N. (2012). Evaluation of intraocular pressure in conscious Hermann's tortoises (*Testudo hermanni*) by means of rebound tonometry. *Am J Vet Res*, 73(11), 1807-1812.

Spiessen, L., Karck, J., Rohn, K., & Meyer-Lindenberg, A. (2015). Clinical comparison of the TonoVet® rebound tonometer and the Tono-Pen Vet® applanation tonometer in dogs and cats with ocular disease: glaucoma or corneal pathology. *Veterinary ophthalmology*, 18(1), 20-27.

Vainisi, S. J. (1970). Tonometry and gonioscopy in the dog. *J Small Anim Pract*, 11(4), 231-240.

Van der Woerd, A. (2001). The treatment of acute glaucoma in dogs and cats. *J Vet Emerg Crit Care*, 11(3), 199-204.

Van de Veire, S., Germonpre, P., Renier, C., Stalmans, I., & Zeyen, T. (2008). Influences of atmospheric pressure and temperature on intraocular pressure. *Investigative ophthalmology & visual science*, 49(12), 5392-5396.

Vico Ruíz, E. (2016). Análisis del ritmo circadiano de la presión intraocular en pacientes hipertensos oculares y en sujetos normales. Tesis Doctoral Universidad Complutense de Madrid.