

C. Görig, RTI Coenen
FC Stades, SC Djajadiningrat-Laanen, MH Boevé

Vergleich zweier neuer transportabler Tonometer mit den etablierten Applanationstonometern beim Hund

Unter Tonometrie versteht man die indirekte Ermittlung des Augeninnendruckes. Sie ist ein wichtiges diagnostisches Hilfsmittel zur therapeutischen Überwachung von Glaukompatienten und hypotensiven Augen mit uveitis anterior.

In der Veterinärophthalmologie sind zwei Messprinzipien am gebräuchlichsten, die Indentationstonometrie und die Applanationstonometrie. Bei der Indentationstonometrie (z.B. Schiøtz Tonometer) wird die durch ein definiertes Gewicht hervorgerufene Impression der Kornea gemessen. Dieser Wert wird mit Hilfe einer Kalibrationstabelle in mmHg umgerechnet.¹ Applanationstonometer (MacKay-Marg, Tono-Pen) ermitteln den Augeninnendruck indirekt, indem sie die Kraft, die notwendig ist, einen definierten Bereich der Kornea abzuflachen messen.² Das Messprinzip basiert auf dem Imbert-Fick Gesetz, welches besagt, dass der Druck in einem sphärischen mit Flüssigkeit gefüllten Hohlkörper, dessen Wand aus einer dünnen Membran besteht, dem Gegendruck entspricht, der nötig ist, diesen abzuflachen.³ Das MacKay-Marg Applanationstonometer gilt als das präziseste Gerät für den Gebrauch in der Veterinärmedizin, wird aber nicht mehr hergestellt und ist auch nicht transportabel.^{4,5,6,7} Ein anderes, kommerziell erhältliches und auch transportables Tonometer, der Tono-Pen, ist das im Moment von Veterinärophthalmologen am häufigsten verwendete Tonometer.^{4,7,8,9,10} Da die Kornea bei verschiedenen Tierarten im Durchmesser, in der Dicke, der Krümmung und auch der Rigidität variiert, muss das Gerät vor der Anwendung bei einer neuen Spezies neu geeicht werden.^{8,9,11,12}

Ein ähnliches Messprinzip wie bei der Applanationstonometrie wird auch bei der „Non-contact“ Tonometrie oder auch Pneumotonometrie angewendet. Hierbei wird die Kornea mit Hilfe eines Luftstoßes abgeflacht.¹³ Vorteile dieser kontaktlosen Tonometer sind, dass der Gebrauch von Lokalanästhetika, die den Augeninnendruck beeinflussen könnten und die Übertragung von Infektionen vermieden werden kann.

Das kürzlich auf dem Veterinärmarkt erschienene TonoVet Tonometer arbeitet nach einem völlig neuen, patentierten Messprinzip. Es ist ein sogenanntes Rückstoß-Tonometer, das es ermöglicht, den Augeninnendruck schnell und ohne den Gebrauch eines Lokalanästhetikums zu ermitteln. Hierbei wird ein magnetisierter Stahlpin, dessen Spitze mit Plastik verkleidet ist, Richtung Kornea beschleunigt und die Rückbewegung durch einen Sensor gemessen. Der Rückstoß ist dabei abhängig von der Höhe des jeweiligen Augeninnendruckes.^{14,15,16}

Ziel der vorliegenden Studie war es, zwei neu auf dem Markt befindliche automatische Tonometer, ein Pneumotonometer (PT100) und das Rückstoß-Tonometer (TonoVet) im praktischen Gebrauch beim Hund zu testen, sowie die Genauigkeit der erhaltenen Messwerte und ihre Reproduzierbarkeit zu untersuchen und diese Geräte mit den etablierten Applanationstonometern, Tono-Pen und MacKay-Marg zu vergleichen.

Im ersten Teil der Studie wurden alle vier verwendeten Tonometer an 15 kurze Zeit zuvor enukleierten Augen manometrisch geeicht.

Im darauffolgenden Schritt wurden die Tonometer an 20 unsedierten Laborthunden getestet. Hierbei wurde das MacKay-Marg Tonometer als Referenzgerät verwendet und nach Gebrauch, jedes der drei Alternativgeräte, eine Messung mit dem MacKay-Marg Tonometer dazwischengeschaltet. Um den Einfluss von Stress auf die Augeninnendruckmessung weitgehend auszuschließen, wurde derselbe Versuchsaufbau an 20 sedierten, augengesunden Patienten wiederholt. Die Reihenfolge der getesteten Tonometer war dabei randomisiert.

Im letzten Teil der Studie wurde das Rückstoß-Tonometer, das sich im vorausgegangenen Teil der Studie als sehr vielversprechend dargestellt hatte, an Patienten mit klinischen Symptomen von akutem Glaukom getestet. Die mit dem TonoVet erhaltenen Werte wurden mit den Messwerten der beiden Applanationstonometer verglichen. Die Reihenfolge der verwendeten Tonometer war ebenfalls randomisiert. Außerdem wurde die Reproduzierbarkeit der durch zwei verschiedene Untersucher (ein Spezialist und ein praktischer Tierarzt) mit dem Rückstoß-Tonometer gewonnenen Messwerte evaluiert. Die Reihenfolge der beiden Untersucher war hierbei wiederum zufällig. Da das Rückstoß-Tonometer nach Herstellerinformationen ohne Lokalanästhetikum verwendet werden kann, wurde der Augeninnendruck abschließend bei 20 Hunden vor und nach Gebrauch eines Lokalanästhetikums ermittelt und die erhaltenen Messwerte miteinander verglichen.

Die statistische Auswertung der Daten ergab eine sehr gute Korrelation der mit dem MacKay-Marg Tonometer und dem TonoVet erhaltenen Messwerte und den manometrisch eingestellten Augeninnendrücken ($r^2 = 0.96$). Außerdem entsprach die Steigung der für das Rückstoß-Tonometer erhaltenen Regressionskurve ungefähr 1, so dass von einem systematischen Fehler bei Gebrauch dieses Gerätes ausgegangen werden kann. Beide Applanationstonometer und auch das Pneumotonometer lieferten jedoch mit steigendem Augeninnendruck zunehmend zu niedrige Messwerte, so dass von einer abnehmenden Genauigkeit dieser Geräte mit steigendem Augeninnendruck gesprochen werden kann. Dagegen war die Genauigkeit des TonoVet beinahe über den gesamten Druckbereich (7,4 bis 73,5 mmHg) gleichbleibend gut. Die Genauigkeit des MacKay-Marg Tonometers war im klinisch meist relevanten Bereich von 7,4 bis 36,8 mmHg am besten, nahm aber ebenfalls mit steigendem Augeninnendruck ab. Beim Vergleich der Präzision der vier Geräte untereinander konnte für den Druckbereich von 7,4 bis 36,8 mmHg kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Betrachtet man jedoch den gesamten untersuchten Druckbereich (7,4 bis 73,5 mmHg), so war die Genauigkeit des MacKay-Marg und des TonoVet Tonometers vergleichbar gut und signifikant besser als die Genauigkeit der beiden anderen Geräte.

Die Reproduzierbarkeit der Messwerte war für das MacKay-Marg Tonometer über den gesamten Messbereich gleichbleibend gut, während die Wiederholbarkeit der Messwerte der drei anderen Tonometer mit zunehmendem Augeninnendruck linear abnahm.

Die Positionierung des Pneumotonometers zur automatischen Auslösung des Messvorgangs dauerte in der vorliegende Studie bis zu 15 Minuten. Besonders bei dolichocephalen Hunden war es wegen der unhandlichen Form und wegen des Gewichtes des Tonometers sehr schwierig, überhaupt einen Messwert zu erlangen. Außerdem reagierten ängstliche Hunde nervös auf den Luftstoß.

Das Rückstoß-Tonometer wurde durch alle Hunde gut toleriert und ermöglichte eine stressfreie und schnelle Messung des Augeninnendruckes. Jedoch muss das Gerät beim Messvorgang so positioniert werden, dass der Stahlpin ungefähr senkrecht gegen die Kornea beschleunigt wird, um ein Herausfallen des nicht ausreichend magnetisierten Stahlpins zu vermeiden.

Die Reproduzierbarkeit der Messwerte war im klinischen Gebrauch bei allen Geräten, außer dem Pneumotonometer, schlechter als im manometrischen Teil

der Studie. Eine Sedation des Patienten hatte bei allen vier Geräten wiederum einen positiven Effekt auf die Wiederholbarkeit der Messwerte.

Die mit dem Rückstoß-Tonometer, durch einen erfahrenen Untersucher generierten Messwerte, unterschieden sich nicht signifikant von den durch einen ungeübten Untersucher erhaltenen Messwerte und ergaben eine gute Korrelation ($r^2 = 0,82$).

Ebenso ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen den mit und ohne Lokalanästhetikum gemessenen Werten ($r^2 = 0,86$).

Im klinischen Vergleich der Tonometer bei Glaukumpatienten ergab sich eine gute Korrelation aller drei getesteten Tonometer. Die Regressionskurve des Vergleichs, des MacKay-Marg Tonometers mit dem Rückstoß-Tonometer, ergab sogar eine ideale Linie mit einer Steigung von 1. Dies bedeutet, dass in der vorliegenden Studie die klinische Zuverlässigkeit des Rückstoß-Tonometers der des MacKay-Marg Tonometers entsprach. Die Genauigkeit der Messwerte der getesteten drei Geräte konnte in unserer Studie nicht festgestellt werden, da der Augeninnendruck bei den Glaukumpatienten aus ethischen Gründen nicht manometrisch ermittelt werden konnte.

Abschließend kann gesagt werden, dass das Pneumotonometer für den Gebrauch beim Hund nicht geeignet ist. Der TonoVet jedoch stellt eine vollwertige Alternative für die beiden gebräuchlichsten Applanationstonometer, das MacKay-Marg Tonometer und den Tono-Pen dar.

Literatur:

- 1) Peiffer R, Gelatt KN, Jessen CR, et al. Calibration of the Schiøtz tonometer for the normal canine eye. *Am J Vet Res* 1977;38:1881-1889.
- 2) Schmidt TFA. On applanation tonometry. *Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol* 1961;65:171-177.
- 3) Goldman H. Applanation tonometry. In: Newell FW, ed. Symposium on glaucoma; transactions of the 2nd conference. New York: Josiah Macy Jr Foundation, 1957;186-187.
- 4) Miller PE, Pickett JP, Majors LJ, et al. Clinical comparison of the MacKay-Marg and Tono-Pen applanation tonometers in the dog. *Prog Vet Comp Ophthalmol* 1991;1:171-176.
- 5) Gelatt KN, Gum GG, Barrie KP. Tonometry in glaucomatous globes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1981;20:683-688.
- 6) Dziezyc J, Millichamp NJ, Smith WB. Comparison of applanations tonometers in dogs and horses. *J Am Vet Med Assoc* 1992;201:430-433.
- 7) Miller PE, Pickett JP, Majors LJ, et al. Evaluation of two applanation tonometers in cats. *Am J Vet Res* 1991;52:1917-1921.
- 8) Moore CG, Milne ST, Morrison JC. Noninvasive measurement of the rat intraocular pressure with the Tono-Pen. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1993;34:363-369.
- 9) Peterson JA, Kiland JA, Croft MA, et al. Intraocular pressure measurement in cynomolgus monkeys. Tono-Pen versus manometry. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1996;37:1197-1199.
- 10) Willis AM, Anderson DE, Gemensky AJ, et al. Evaluation of intraocular pressure in eyes of clinically normal llamas and alpacas. *Am J Vet Res* 2000;61:1542-1544.
- 11) Korb R, Braun J. Tonometrie beim Vogel mit dem Tono-PenXL. *Tierärztl Prax* 1999;27(K):208-217.
- 12) Passaglia CL, Guo X, Chen J, et al. Tono-PenXL® calibration curves for cats, cows and sheep. *Vet Ophthalmol* 2004;7:261-264.
- 13) Gräf M, Hoffmann OF. Reproducibility of the results of two non-contact tonometers. Comparison with the Goldmann applanation tonometer. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1992;200: 678-682.
- 14) Kontiola AI. A new electromechanical method for measuring intraocular pressure. *Doc Ophthalmol* 1996-1997;93:265-276.
- 15) Kontiola AI. A new induction-based impact method for measuring intraocular pressure. *Acta Ophthalmol Scand* 2000;78:142-145.
- 16) Kontiola AI, Goldblum D, Mittag TW, et al. The induction/impact tonometer: a new instrument to measure intraocular pressure in the rat. *Exp Eye Res* 2001;73:781-785.