

## Tonometria - pomiar ciśnienia śródocznego

Lek. wet. Marta Wojciechowska<sup>1</sup>, dr n. wet. Przemysław K. Bryła<sup>2</sup>

1. Główny Inspektorat Weterynarii w Warszawie
2. Przychodnia weterynaryjna w Warszawie

### SUMMARY

Tonometry should be a routine component of an ophthalmic examination. It is an essential examination providing rapid diagnosis, especially for glaucoma or uveitis. Tonometry is noninvasive and quick and allows to take up the right treatment. To measure the intraocular pressure Schiøtz tonometer, Tono-pen, Tonovet and air-puff tonometers can be used. Tono-pen and Tonovet are the manual devices most widely used in veterinary ophthalmology.

**KEYWORDS:** tonometry, intraocular pressure, IOP, Tono-pen, Tonovet,

Schiøtz tonometer, Air-puff

Badanie ciśnienia płynu śródocznego (IOP – intraocular pressure) powinno być istotnym punktem każdego badania okulistycznego. Pozwala ono na zdiagnozowanie i na różnicowanie takich chorób jak jaskra, zapalenie błony naczyniowej oka, nadciśnienie oczne (pojęcie to stosuje się, gdy podczas dwóch kolejnych badań stwierdzamy podwyższone IOP, przy jednoczesnym braku wykrywalnych zmian jaskrowych (1)), wloocze, nowotwory wnętrza gałki ocznej, urazy, urazy pooperacyjne czy też zaniki gałki ocznej (1, 2).

Zwykle przyjmuje się, że podwyższone ciśnienie w gałce ocznej u zwierząt związane jest z jaskrą, a niskie ciśnienie świadczy o zapaleniu błony naczyniowej oka, cukrzycy, o urazach, a także o nieszczelnych ranach pooperacyjnych czy też o zaniku gałki ocznej (2, 3).

***Każdy objaw „czerwonego oka” czyli zaczerwienienie, powiększenie gałki ocznej i ból oka, powinien stanowić bezwzględne wskazanie do przeprowadzenia pomiaru ciśnienia płynu śródgałkowego (3, 4).***

Zarówno przednia, jak i tylna komora oka, wypełnione są cieczą wodnistą. Produkują ją wyrostki ciała rzęskowego w tylnej komorze oka (5). Ciecz ta składa się głównie z wody, ale zawiera również m. in. białka, lipidy i aminokwasy. To właśnie wydzielanie tej cieczy, jej przepływ oraz krążenie krwi w błonie naczyniowej oka pozwala na zachowanie prawidłowego ciśnienia płynu w gałce ocznej, które z kolei gwarantuje utrzymanie odpowiedniej krzywizny rogówki, gładkości jej powierzchni oraz stałego współczynnika załamania (6). Ciśnienie śródgałkowe zależy od równowagi pomiędzy objętością tworzonych płynu, a jego odpływem. Prawidłowe ciśnienie śródgałkowe u większości zwierząt waha się od 15 do 25 mmHg. Przyjmuje się, że fizjologiczne ciśnienie u kota może wynosić do 31 mmHg (6), zaś u konia do 20 mmHg (3). U psa zwykle ma wartość 21-25 mmHg (3, 6).

### **Sposoby określania ciśnienia śródgałkowego**

W dzisiejszych czasach tonometria jest badaniem szybkim i stosunkowo prostym do wykonania, a co najważniejsze dla pacjenta – nieinwazyjnym. Nie wymaga też uprzedniego przygotowania zwierzęcia do badania (w niektórych przypadkach wymagane jest jedynie miejscowe znieczulenie gałki ocznej wykonywane w lecznicy bezpośrednio przed dokonaniem pomiaru).

Dawniej stosowaną metodą pomiaru ciśnienia, chociaż obciążoną największym ryzykiem błędu, była metoda palpacyjna (7). Polegała ona na jednoczesnym uciskaniu obojga oczu pacjenta w taki sposób, że środkowy palec stabilizował położenie gałki ocznej przez zamkniętą powiekę, a palec wskazujący delikatnie naciskał na gałkę oczną. Metoda ta dawała jednak mało wiarygodne i niepowtarzalne informacje o stanie ciśnienia śródoczego, co nie pozwalało na prowadzenie skutecznego leczenia (3).

Obecnie pomiaru ciśnienia dokonuje się za pomocą tonometrów. Urządzenia te powinny być lekkie, przenośne oraz proste w użyciu. Wyróżnia się kilka typów tonometrów, które można wykorzystać w okulistyce weterynaryjnej (1, 7, 8, 9, 10).

**Tonometry impresyjne (wgłębiające).** Przykładem takiego tonometru jest tonometr Schiøtza. Tonometry impresyjne działają poprzez wywieranie ucisku na rogówkę i obliczanie miary jej odkształcenia – im wyższe ciśnienie, tym trudniej rogówka odkształca się z uwagi na większy opór (9).

**Tonometry aplanacyjne, zwane inaczej spłaszczającymi** (1, 3, 7, 8). Przykładem tych tonometrów są Tono-pen i air-puff. Tonometry aplanacyjne mają za zadanie spłaszczyć

rogówkę, działając określoną siłą. Wynik może być podawany jako miara siły użytej do spłaszczenia rogówki albo jako miara określonego pola rogówki, do spłaszczenia którego użyto określonej siły. Tonometria ta opiera się na regule Imberta-Ficka (1).

**Tonometry rebundacyjne (impaktowe)** (10). Przykładem jest Tonovet oraz i-Care. Tonometry tego typu wysuwają sondę o spłaszczonej końcówce, która z pewnej odległości z określoną siłą uderza w rogówkę. Siła odbicia sondy od rogówki jest rejestrowana i podawana w mmHg.

### Przegląd najpopularniejszych modeli tonometrów

**Tonometr Schiøtza** (9) – klasyczny przyrząd, cieszący się dużą popularnością od ponad stu lat. Jest niedrogi, a koszty jego utrzymania są równie niskie, co zapewnia mu powszechność stosowania. Należy jednak pamiętać, iż budowa tego tonometru jest skalibrowana według krzywizny rogówki człowieka, a zatem w odniesieniu do poszczególnych gatunków zwierząt mogą pojawić się nieścisłości w odczytach wyników pomiarów IOP (7). Jest to tonometr impresyjny, wyposażony w tłoczek, za pomocą którego dochodzi do wgłobienia rogówki, którego wielkość odczytuje się na skali. Wysokie ciśnienie wewnątrz gałki ocznej powoduje większy opór rogówki, a tym samym mniejszą podatność na odkształcenia. Analogicznie – im niższe ciśnienie, tym większe wgłobienie rogówki ze względu na „miętkość” oka. Wynik dokonanego pomiaru za pomocą odpowiednich tabel konwertujących przekładany jest na milimetry słupa rtęci, w których mierzone jest IOP. Minusem stosowania tego przyrządu jest trudność w jego użyciu u zwierząt. W celu zapewnienia możliwie najdokładniejszego pomiaru pacjent musi być unieruchomiony, a jego głowa skierowane niemalże pionowo do góry, powieki zaś muszą pozostać otwarte. W toku badania należy mieć na uwadze, aby unikać wywierania ucisku na całą gałkę oczną zamiast jedynie na rogówkę, gdyż może to fałszywie zawyżać wynik pomiaru IOP. W przypadku stosowania tego urządzenia u dużych zwierząt, z uwagi na ich bocznie rozmieszczone gałki oczne, konieczne jest zastosowanie u tych gatunków znieczulenia ogólnego i ułożenie zwierzęcia w pozycji bocznej (7, 9). Fot. 1.



Fot. 1. Tonometr Schiøtza.

**Tono-pen (3, 8)** – te modele tonometrów należą do tonometrów aplanacyjnych. Jak sama nazwa wskazuje, urządzenie to przypomina kształtem długopis. Jest często wybierane przez lekarzy weterynarii ze względu na nieskomplikowaną obsługę i łatwość przenoszenia. Tono-pen działa poprzez mierzenie siły potrzebnej do spłaszczenia rogówki i za pomocą mikroprocesora analizuje wielkość użytej siły oraz czas jej działania. Wynik pomiaru IOP wyświetla się na ekranie ciekłokrystalicznym i podawany jest w mmHg. Niektóre modele Tono-penu wymagają codziennej kalibracji urządzenia (1, 3). Fot. 2.



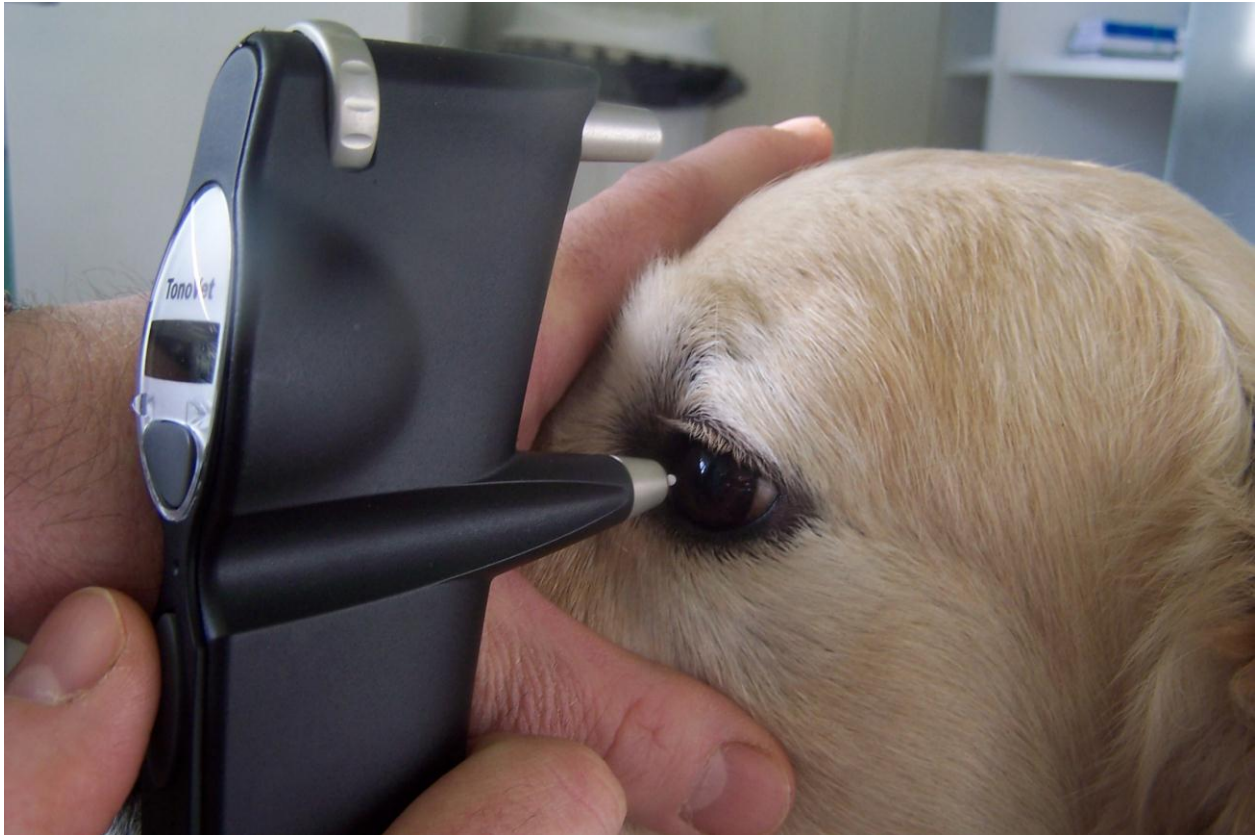
Fot. 2. Tono-pen.

Zarówno Tono-pen, jak i tonometr Schiøtza mają wadę, która uniemożliwia ich natychmiastowe zastosowanie, a mianowicie wymagają uprzedniego znieczulenia rogówki (1, 3, 7).

**AIR-puff** (1). To tonometr bezkontaktowy. Urządzenie to również wykorzystuje zasadę aplancji rogówki, ale zamiast pryzmatem centralna część rogówki spłaszczana jest za pomocą podmuchu powietrza. Jego główną wadą jest siła podmuchu i hałas, które mogą przestraszyć pacjenta.

**Tonovet** (3, 6, 10) – jest to tonometr reboundowy. Sposób jego działania różni się od tego opisanego przy Tono-penie: tutaj mierzona jest siła odbicia sondy od rogówki. Pomiar polega na wykonaniu sześciu szybkich uderzeń sondą i wyciągnięciu z tych pomiarów wartości średniej, która wyświetlana jest na ekranie w mmHg. Tonovet musi podczas badania być stabilnie utrzymywany w pozycji pionowej, aby zapewnić dokładność pomiaru (10). Jego przewagą nad

pozostałymi urządzeniami do pomiaru ciśnienia w oku jest brak konieczności znieczulania rogówki przed badaniem (10). Fot. 4.



Fot. 4. Pomiar ciśnienia śródocznego Tonovetem.

### **Przyczyny nieprawidłowych wyników pomiaru ciśnienia śródocznego**

Ciśnienie śródoczne waha się pod wpływem wielu czynników, zarówno egzo-, jak i endogennych. Obserwuje się znaczące różnice osobnicze oraz różnice związane z wyborem metody pomiaru jak i pory dnia, w której przeprowadza się pomiar. Występują też inne wartości ciśnienia w obu gałkach ocznych tego samego osobnika. Przyjęto, że różnica w ciśnieniu pomiędzy obu gałkami ocznymi tego samego osobnika nie powinna przekraczać 20% ( 3, 7). Ciśnienie śródgałkowe ulega zmianie wraz z wiekiem pacjenta – w przypadku starszych zwierząt ciśnienie będzie podwyższone, co niekoniecznie musi świadczyć o chorobie (7). Zawyżone IOP występuje także w przypadku zbyt dużego ucisku na żyły szyjne, wywołanego ciasną obrozą albo



naciskiem na szyję podczas przeprowadzania pomiaru, w szczególności u psów brachycefalicznych (3, 7, 8). Niektóre środki farmakologiczne np. ketamina, powodują podwyższenie IOP (3), zaś leki sedacyjne, uspokajające i trankwilizatory obniżają je (7). Również niedokładne użycie sprzętu – odchylenia od pionu Tonovetu, Tono-penu w trakcie przeprowadzania pomiaru - mogą fałszować wyniki badania (9, 10). Istotną przyczyną nieprawidłowych wyników pomiaru ciśnienia śródocznego mogą być również patologie rogówki - jej znaczny obrzęk, zniekształcenia powierzchni oraz nieprawidłowa grubość (1, 6).

***Z uwagi na fakt, iż schorzenia gałki ocznej przebiegające ze zmianą ciśnienia śródgałkowego, znacznie pogarszają komfort życia zwierząt, istotne jest ich wczesne wykrycie, a następnie ustalenie odpowiedniej terapii. Dlatego ważne jest, aby tonometria stała się badaniem rutynowo wykonywanym przy diagnostyce każdego schorzenia okulistycznego, a także powszechnie stosowanym badaniem u starszych zwierząt.***

### PIŚMIENNICTWO

1. Kański J.J.: Okulistyka Kliniczna, II wydanie, Górnicki Wydawnictwo Medyczne, Wrocław 2005, s. 196-198.
2. Bernat R.: Zmysł wzroku. W: Fizjologia człowieka z elementami fizjologii klinicznej. Wydana przez Traczyk W., Trzebski A., PZWL, Warszawa 1980, s. 109-110.
3. Maggs D. J. Podstawowe techniki diagnostyczne. W: Okulistyka weterynaryjna Slattera. Wydana przez Maggs D. J. , Miller P. E., Ofri R., Elsevier Wrocław, 2009, s. 104-106.
4. Kozak-Tuleta.U. : Badanie ciśnienia ocznego, "Encyklopedia Badań Medycznych" Wydawnictwo Medyczne MAKmed, Gdańsk, 1996.
5. Kobryń H., Kobryńczuk F. Anatomia zwierząt t. 3. Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa, 2006, s. 199-211.
6. Bryła P. K.: Jaskra u psów i kotów. Życie Weterynaryjne, 2007, 4, 283-287.
7. Olivier F. Plummer C., Barrie K.: Ophtalmic examination and Diagnostic. Part I. The eye and Examinations and diagnostic procedures. W: Veterinary Ophtalmology, Wydana przez Gellat K., Blackwell Publishing, wydanie IV, 2007, s. 468-471.

8. Miller P. E., Pickett J. P., Majors U.: In vivo and in vitro comparison of Mackay-Marg and Tono-pen applanation tonometers in dogs and cats. The nineteenth Annual Scientific Program of the ACVO. Las Vegas , Nevada, 1988.
9. Peiffer Jr. R. L., Gelatt K. N., Jessen C. R., Gum G.G., Gwin R. M. Davis J.: Calibration of the Schiotz tonometer for the normal canine eye. Am. J. Vet. Res., 1977, 38, 1881-1889.
10. Tonovet - instrukcja obsługi i konserwacji. Przychodnia weterynaryjna w Warszawie, ul. Hawajska 16, materiał własny.