



Rev Mex Med Forense, 2019, 4(1):15-23

ISSN: 2448-8011

## **Variación de la Presión intraocular en función del tiempo: contribución a la determinación del verdadero intervalo de muerte (VIM)**

**Artículo Original**

Variation of the intraocular pressure in relation to time of death: contribution to the determination of the true postmortem interval (PMI)

**Rosana Gerometta<sup>1</sup>, Gerardo Omar Larroza<sup>2</sup>, Pascual Pimpinella<sup>3</sup>, Sebastian Genero<sup>4</sup>**

Recibido: 6 ago 2018, Aceptado: 12 sep 2018, Publicado: 15 Enero 2019

<sup>1</sup> Facultad de Medicina, Departamento de Investigaciones, Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes, Argentina.

<sup>2</sup> Decano Facultad de Medicina UNNE, Corrientes, Argentina.

<sup>3</sup> Jefe Cuerpo Médico Forense; Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Nacional del Litoral, Santa Fé, Argentina.

<sup>4</sup> Profesor Titular, Facultad de Medicina UNNE, Corrientes, Argentina.

Corresponding author: Rosana Gerometta, rgerometta@yahoo.com.ar

## RESUMEN

**Introducción:** La determinación del momento del fallecimiento, es un dato de singular importancia en Medicina Legal constituyendo por su complejidad en uno de los problemas que necesita evaluación objetiva en la Patología Forense.

**Material y Métodos:** Se propone en el presente estudio utilizar un modelo vacuno para la toma de la presión intraocular sistematizada pre y post mortem y analizar su evolución en el tiempo como posible método incruento de aproximación al Verdadero Intervalo de Muerte (VIM). Se realizó un estudio prospectivo, observacional, descriptivo con 12 vacas. Para la toma de presión intraocular (PIO) se utilizó el tonómetro manual aplanático (Perkins) calibrado previamente para bovinos. Se midió la PIO a horas establecidas posmortem.

**Resultados:** La PIO promedio a hora 0 en OD fue de 13,48 mm Hg y de 13,59 mm Hg en OS con mínima variación entre los diferentes casos y el promedio del valor final a las 30 hr fue de 6,41 y 6,45 mm Hg en OD y OS respectivamente. Se observa una disminución de la PIO según transcurre el tiempo de muerte, de manera regular, en todos los ojos.

**Discusión:** El hecho de la uniformidad de la disminución de la PIO en función del tiempo permite que una PIO tomada horas después de la muerte se pueda extrapolar al momento de la muerte y poder considerar la toma de la Presión Intraocular como contribución a la aproximación del verdadero intervalo de muerte (VIM).

**Palabras clave:** Intervalo postmortem - Presión intraocular - tonometría.

## SUMMARY

**Introduction:** Postmortem Interval estimation is a measure of singular importance in Legal Medicine. Due to its complexity, it needs objective evaluation in Forensic Pathology.

**Methods:** In this study we propose the use of a bovine model to systematically measure pre-mortem and post-mortem Intra-Ocular Pressure (IOP) as well as analyze its evolution with time as a possible non-invasive method to estimate PMI. A prospective, descriptive, observational study was carried out, using 12 cows. For the determination of the IOP, the aplanatic manual Perkins tonometer calibrated for bovines was used. The measurement of the IOP was done at established post-mortem intervals.

**Results:** The mean IOP at hour 0 in OD was 13.48 mm Hg and 13.59 mm Hg in OS with minimal variation between groups; at hour 30 hr, the IOP was 6.41 and 6.45 mm Hg in OD and OS respectively. We observed a decrease of the IOP in all eyes, directly related to the elapsed time of death.

**Discussion.** The uniformity of the IOP estimations in relation to postmortem interval allows us to consider it as a valuable parameter for postmortem interval even several hours after death.

**Keywords:** Postmortem Interval, IntraOcular Pressure, tonometry.

## INTRODUCCIÓN

La determinación del momento del fallecimiento es un dato de singular importancia en Medicina Legal, constituyendo por su complejidad uno de los problemas que necesita evaluación objetiva en la Patología Forense. El cálculo de la data debe basarse en medidas susceptibles de reproducción, revisión y crítica. De ahí la importancia de reducir el carácter subjetivo y personal de las apreciaciones y su sustitución por registros instrumentales basados en evidencias científicas<sup>1</sup>.

La precisión y la aplicabilidad de los procedimientos para estudiar los fenómenos fisicoquímicos, biológicos y microbiológicos dependen de las características y las circunstancias del fallecimiento y del intervalo post mortem (PMI). Suelen mencionarse con mayor frecuencia el descenso de la temperatura; el rigor mortis; la lividez cadavérica; la acidez de fluidos como sangre, orina y líquido cefalorraquídeo; la autólisis y finalmente la putrefacción. El uso conjunto de métodos bioquímicos y la determinación de la temperatura mejoran las estimaciones siempre que se realicen en las primeras 24 horas del fallecimiento; a partir de allí la precisión disminuye proporcionalmente al intervalo transcurrido<sup>2</sup>.

Se pretende entonces extraer muestras de lugares cerrados con escasas posibilidades de contaminación post mortem, es decir que no se encuentre al alcance de la circulación general, siendo el globo ocular una opción válida<sup>3</sup>.

El método general para determinar el intervalo posmortem en un escenario forense es la categorización de la cantidad de descomposición dentro de las distintas etapas, donde el ojo resulta el menos degradado en las muestras habituales<sup>4</sup>. De acuerdo a Luna et al se podría afirmar que en las primeras 24 horas postmortem, la combinación del estudio del potasio en humor vítreo ocular y la temperatura rectal ofrece resultados aceptables, que podría mejorar con la incorporación de otros elementos complementarios<sup>5</sup>. El humor vítreo es un material inerte, transparente, que conforma una estructura gelatinosa en las cuatro quintas partes posteriores del globo ocular. Contribuye a las funciones ópticas durante la vida y ayuda en la evaluación de intervalo post mortem después de la muerte. Jaffe (1962) observó por primera vez el aumento de potasio en el humor vítreo durante el IPM de manera regular y la media tasa de aumento fue 0.17mEq/hr<sup>6</sup>. Blumenfield (1974) informó de un aumento lineal de la concentración de potasio en relación al IPM<sup>7</sup> en tanto que Govekar (1997) informó que hay un aumento lineal de los valores de potasio que van desde 3,56 mEq/L a 15,5 mEq/L<sup>8</sup>. Sin embargo, otros autores han cuestionado esta metodología basados en diferencias entre ambos ojos y variaciones significativas en las diferentes medidas<sup>9-10</sup>; por ello, deberían introducirse otros parámetros oculares mensurables en estas situaciones.

La presión intraocular (PIO) es el resultado de un balance entre producción y eliminación del humor acuoso. Independientemente de la manera y el mecanismo íntimo de formación del humor acuoso, varios autores han

determinado que en humanos el flujo del humor acuoso es alrededor de 2  $\mu\text{l}/\text{minuto}$ <sup>11</sup>. Este mecanismo, que se supone podría ser suspendido al momento de la muerte, podría disminuir paulatinamente la producción del humor acuoso y por ende, la presión intraocular. Nuestras determinaciones de las PIO obtenidas en trabajos previos, en alrededor de 70 bovinos indicó una sorprendente constancia de 16 mm Hg<sup>12</sup>.

Basado en este hecho se propone en el presente estudio utilizar este modelo vacuno para la toma de la presión intraocular sistematizada pre y post mortem y analizar su evolución en el tiempo como posible método incruento de aproximación al IPM.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio en un solo centro, de tipo prospectivo, observacional, descriptivo, con animales destinados al sacrificio en el Matadero Municipal de la Ciudad de Corrientes, continuando con las determinaciones en la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), ambas en la República Argentina. Se utilizaron 12 vacas, de 3 a 5 años de edad, con un peso de 350 a 420 kg, de raza Bradford, (cruza entre Brahman y Hereford). Cada animal se identificó con un número en el lóbulo de la oreja. Para la toma de presión intraocular se utilizó el siguiente protocolo: instilación tópica de anestésico (Proparacaina al 0.5%, Anestalcon®) y de un colorante (Fluoresceína al 0.25%); como instrumento de medición se utilizó el tonómetro manual aplanático (Perkins) utilizado en humanos, calibrado previamente para la medida de PIO en el ojo vacuno como se detalla a continuación:

### Calibración previa del Tonómetro Perkins para medidas de PIO en ojos de vacas

Cuatro ojos de vaca fueron obtenidos del matadero municipal local. Los ojos fueron transportados en hielo inmediatamente después de ser enucleados. Se verificó que todos los ojos estuvieran intactos con sus corneas transparentes. Los ojos fueron canulados con una aguja número 26 perpendicular al eje visual 1-2 mm anterior al limbo esclero-corneal. Se usó un microscopio de bajo aumento para realizar la canulación. Se verificó con el microscopio que no hubiera pérdidas de fluido. La PIO fue controlada ajustando el alto de la columna de fluido en la pipeta conectada a la aguja insertada en el ojo. La PIO fue continuamente monitoreada y grabada con un traductor de presión (Ohmeda modelo TNF-R) conectado a una segunda aguja insertada en la cámara anterior. La PIO fue ajustada a 15, 25, 35, 45 y 55 mm de agua cambiando la altura de la pipeta con su columna de fluido. Los ojos fueron puestos en un pequeño recipiente que permitía que la parte anterior sobresaliera. En esta posición se tomó la PIO anotando el valor que indicaba el tonómetro Perkins. Cinco medidas fueron hechas a cada nivel de presión. Las medidas fueron graficadas para convertir el valor numérico del Perkins con la PIO real del ojo como se ve en la figura 1 previamente publicada por este grupo de investigación<sup>12</sup>.

En la Figura 1 se presenta la comparación entre mediciones del tonómetro de Perkins y de canulación intraocular directa. Las medidas del tonómetro aplanático de Perkins es un número en la escala del instrumento

diseñado para medición en ojos humanos. Cada punto de cada nivel de PIO es el promedio de 5 mediciones sobre 1 a 4 ojos

bovinos. El coeficiente de correlación de Pearson resultó en 0,96.

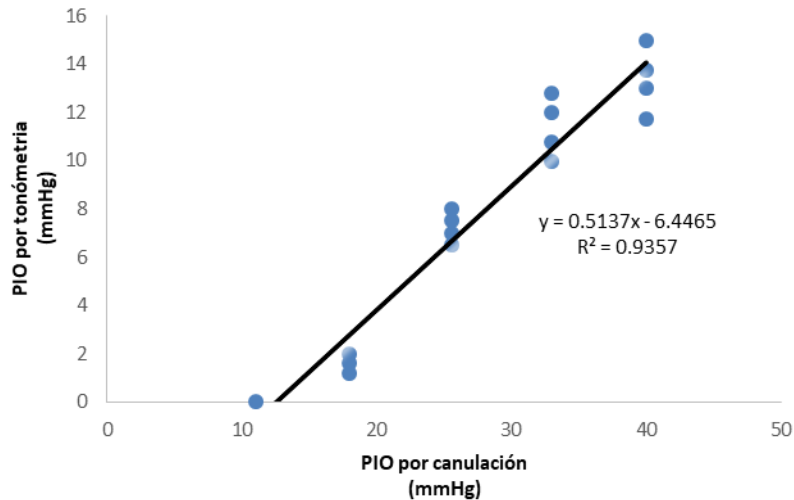


Figura 1. Comparación de resultados de medición de la PIO con el tonómetro de Perkins y canulación intraocular directa. N=12.

Una vez calibrado el tonómetro, se procedió a la toma de PIO en los animales seleccionados que fueron guiados por un brete que presentaba un dispositivo final que se cierra alrededor del cuello (cepo) para inmovilizar la cabeza y permitir realizar la primera medición. Se consideró ésta, la medición de base (hora 0) en vida del animal, determinando estrictamente la hora del sacrificio para cada caso.

Se procedió a la sección de las cabezas de los animales en estudio, que fueron trasladadas hasta la Facultad de Medicina UNNE para continuar con las mediciones de PIO, las cuales se conservaron en el laboratorio a temperatura ambiente. Se repitieron las mediciones de PIO a la hora, y a las 3, 4, 8, 12, 16, 20, 24 y 36 horas desde el momento del sacrificio. Se respetaron las Normas de la Comunidad Europea sobre investigación animal, contando además

con la aprobación del veterinario responsable.

### Análisis de los datos

La importancia de los cambios observados en las mediciones de la PIO y la evolución del tiempo se analizaron utilizando la prueba t de Student, con  $< 0.05$  elegido como el nivel de significación.

## RESULTADOS

Los resultados de las mediciones de la PIO en función del tiempo fueron diez mediciones por ojo y los datos se presentan en la tabla 1 para el ojo derecho (OD) y en la tabla 2 para el ojo izquierdo (OS).

<i>Horas</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>8</i>	<i>12</i>	<i>16</i>	<i>20</i>	<i>24</i>	<i>36</i>
<i>#108</i>	13,73	13,73	10,72	10,29	9,00	8,14	8,14	7,71	7,28	6,41
<i>#109</i>	13,73	12,87	10,29	9,43	9,43	9,00	8,57	8,57	8,14	6,84
<i>#110</i>	13,73	13,73	9,43	9,43	9,00	8,57	7,71	7,28	7,28	6,41
<i>#111</i>	12,44	11,58	9,43	9,43	9,00	9,00	8,14	7,28	7,28	6,41
<i>#112</i>	13,73	13,73	12,01	12,01	10,29	9,43	8,57	7,28	7,28	6,41
<i>#113</i>	13,73	12,87	12,44	11,58	11,58	10,29	9,43	7,71	7,71	6,84
<i>#114</i>	12,87	12,01	11,58	10,72	9,43	8,57	8,57	8,14	7,28	6,41
<i>#115</i>	13,73	13,73	12,44	12,01	11,15	9,43	8,57	8,14	7,28	5,98
<i>#116</i>	12,87	12,87	12,01	11,58	10,72	9,43	8,57	8,14	7,28	5,98
<i>#117</i>	14,6	13,73	13,73	12,87	12,01	10,29	9,43	8,14	7,28	6,41
<i>#118</i>	13,73	13,73	12,87	12,44	11,15	9,43	8,57	7,71	7,28	6,84
<i>#119</i>	12,87	12,44	12,01	11,58	10,29	9,43	8,57	7,71	6,84	5,98
<i>Prom</i>	13,48	13,09	11,58	11,11	10,25	9,25	8,57	7,82	7,35	6,41
<i>DE</i>	0,59	0,77	1,35	1,22	1,08	0,65	0,49	0,42	0,31	0,32
<i>ES</i>	0,178	0,230	0,403	0,366	0,322	0,194	0,145	0,124	0,093	0,095

Tabla 1. Presión Intraocular del Ojo Derecho. Fuente propia.

<i>Horas</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>8</i>	<i>12</i>	<i>16</i>	<i>20</i>	<i>24</i>	<i>36</i>
#108	13,73	12,87	11,58	10,72	9,43	8,57	8,14	7,71	7,28	6,41
#109	13,73	13,3	11,58	10,29	9,43	9,00	8,14	8,14	7,28	6,84
#110	13,73	13,73	11,58	10,72	9,00	8,57	7,71	7,71	7,28	6,41
#111	13,73	12,87	12,01	11,15	9,43	9,00	8,14	7,71	7,28	6,41
#112	12,87	12,44	12,01	11,15	10,29	9,43	8,57	7,71	7,28	6,41
#113	13,73	12,87	12,44	11,58	11,15	9,43	8,57	7,71	7,71	6,84
#114	13,73	12,87	12,44	11,58	10,29	9,43	8,57	8,14	7,28	6,41
#115	13,73	12,87	12,44	12,01	11,15	10,29	9,43	7,71	6,84	5,98
#116	13,3	12,87	12,44	12,01	11,15	9,43	8,57	8,14	7,28	5,98
#117	13,73	12,87	12,01	12,01	10,72	10,29	9,43	8,14	7,28	6,41
#118	14,16	13,73	13,3	12,87	11,58	10,72	9,43	8,57	7,71	6,84
#119	12,87	12,44	12,01	11,58	10,72	9,86	9,00	7,71	7,28	6,41
<i>Prom</i>	13,59	12,98	12,15	11,47	10,36	9,50	8,64	7,93	7,32	6,45
<i>DE</i>	0,38	0,42	0,50	0,71	0,86	0,68	0,57	0,29	0,22	0,29
<i>ES.</i>	0,114	0,124	0,149	0,213	0,257	0,204	0,172	0,087	0,067	0,086

Tabla 2. Presión Intraocular del Ojo Izquierdo. Fuente propia.

La PIO promedio a hora 0 en OD fue de 13,48 mm Hg y de 13,59 mm Hg en OS con mínima variación entre los diferentes casos. La pendiente es uniforme y similar en ambos ojos. El promedio del valor final a las 36 horas fue de 6,41 y 6,45 mm Hg en OD y OS respectivamente, con escasas variaciones entre los ojos de los 12 animales estudiados.

Ambos ojos tuvieron un comportamiento similar en cuanto al descenso de la PIO según pasaban las horas. Los promedios de todos los OD y los de los OS trazan un descenso de similares características que pueden verse en la figura 2. En el caso del OD la disminución de la PIO es del orden de 0,79 mmHg por cada cambio en el intervalo estudiado y en el OI, fue de -0,81 por cada cambio en el intervalo estudiado.

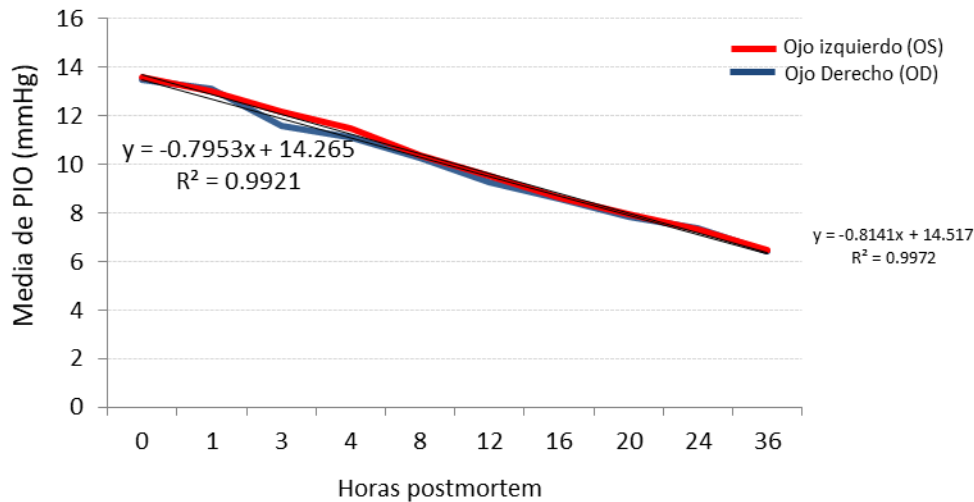


Figura 2. Cambio medio de la PIO por hora postmortem, según ojos de animales analizados (n=12).

## DISCUSIÓN

Se observa una disminución de la PIO según transcurre el tiempo de muerte, de manera regular, en todos los ojos. La medición es efectiva hasta que el ojo baja su presión y pierde su consistencia, lo que ocurre generalmente a las 60 horas del sacrificio.

El hecho de la uniformidad de la disminución de la PIO en función del tiempo permitiría que una PIO tomada horas después de la muerte pueda extrapolarse al momento de la muerte. Este procedimiento podría asociarse a otras pruebas ya establecidas para acceder con mayor consistencia al Intervalo postmortem.

Eventualmente este protocolo se podría utilizar en cadáveres para colaborar en determinar el momento de la muerte o al decir de Verdú, del verdadero intervalo de Muerte (VIM)<sup>13</sup>.

## REFERENCIAS

1. Bañón Gonzalez R (2010). Rev Esp Med Legal. 36(2):83-86.
2. Henssge C, Madea B (2004). Estimation of the time since death in the early post mortem period. Forensic Sci Int. 144:167-75.
3. Villanueva E (2005). Medicina legal y toxicología, Capítulo XVII, Pagina 202, Editorial Masson, 6° Edición, Barcelona – España.
4. Krenser U. Compendio de métodos antropológico forenses. Tomo 7 Pág. 5 Centro de Análisis Forense y Ciencias Aplicadas CAFCA SBN: 99922-859-7-4.
5. Luna M (2010). Rev Esp Med Legal. 36(2):47-48.
6. Jaffe F (1962). Chemical postmortem, changes in the intraocular fluid. J for Sci. 7: 231–237.



7. Blumenfield TA, Blanc WA, Devlin J (1974). Vitreous humor concentration of sodium, potassium chloride, calcium and magnesium in children. *Pediatric Res*; 8 : 356.
8. Govekar G (1997). Study of potassium in vitreous in relation to time since death and cause of death. *J For Med*, 14 (1): 26 –28.
9. Mulla A (2005). Vitreous Humor Biochemical Constituents: Evaluation of Between-Eye Differences *Am J Forensic Medicine*, 26 (2):146-149.
10. Arroyo A (2004). Bioquímica postmortem: comparación de tres métodos de análisis *Cuadernos de Medicina Forense* N° 36.
11. Cole, DF (1977). Secretion of the aqueous humour. *Exp Eye Res*. 25 (Suppl), 161-76.
12. Gerometta R (2004). Steroid-Induced Ocular Hypertension in Normal Cattle *Arch Ophthalmol*, 122:1492-97.
13. Verdú F (2015). *Gac Int Cienc Forense* N° 17.

