

Reemplazo del oxígeno medicinal por aire comprimido en anestesia inhalatoria en caninos. Evaluación de parámetros sanguíneos

Toso, R. E.^{1*}; Toribio, M. S.¹; Gagliano¹, L. A.; Riesco, S.¹; Mengele, P.¹

¹Facultad de Ciencias Veterinarias, UNLPam. *retoso@vet.unlpam.edu.ar

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la eficiencia del uso de aire atmosférico como sustituto del oxígeno medicinal en caninos anestesiados con halotano. Los estudios comparativos fueron llevados a cabo en anestias con respiración asistida, realizadas a 2 grupos de 5 animales cada uno, empleando oxígeno y aire comprimido respectivamente para alimentar el equipo de anestesia inhalatoria semicerrado. Se evaluaron parámetros fisiológicos a través de signos clínicos y análisis de sangre arterial. El plano quirúrgico fue mantenido empleando como referencia los signos clínicos de rutina. Para evaluar la eficiencia respiratoria se tomaron muestras de sangre arterial al comienzo, 30, 60 y 90 minutos midiendo la presión parcial (P) PCO₂, PO₂ y pH. Se concluye que en las condiciones del presente ensayo la anestesia inhalatoria con halotano y respiración asistida, utilizando aire atmosférico no ofrece inconveniente alguno para tiempos quirúrgicos de hasta 90 minutos y presenta parámetros comparativos con la anestesia utilizando O₂ medicinal.

Palabras claves: anestesia inhalatoria, halotano, oxígeno medicinal.

Summary

The objective of this work was to evaluate the efficiency to use atmospheric air as a substitute of oxygen in anaesthetic dogs with halothane. The work was carried out in two groups of five animals each using either oxygen or compressed air. Physiologic parameters such as clinical signs and arterial blood analysed were done. To evaluate the breath efficiency blood arterial samples were taken at 30, 60 and 90 minutes trough measurement of the partial pressure of PCO₂, PO₂ and pH. Under the present condition the inhalatory anaesthesia with halothane and assisted breath using atmospheric air with quirurgic time until 90 minutes shown comparative parameter as that using medicinal oxygen.

Key words: inhalatory anaesthesia, halothane, medicinal oxygen.

Introducción

La anestesia inhalatoria es de uso poco frecuente en medicina veterinaria. Aunque es considerada más segura y eficaz, una serie de factores inciden para que se opte por el uso

rutinario de los anestésicos fijos. Entre ellos pueden mencionarse el costo y mantenimiento de los equipos, las maniobras previas y posteriores de preparación y limpieza del equipo, la necesidad de contar con un anestesista que realice ajustes en forma permanente para mantener el plano anestésico y poseer reservas suficientes de oxígeno medicinal.

Con el objeto de facilitar el manejo de los anestésicos inhalatorios y reducir costos, a través del tiempo se han realizado adelantos tecnológicos que determinaron el diseño de sistemas de circuito cerrado para reutilizar el anestésico no inspirado y de vaporizadores más eficaces. El empleo de respiradores también ha significado un progreso ya que permite mantener a los animales anestesiados en planos más profundos y también asistir la respiración durante cirugías torácicas en forma automática. Algunos respiradores funcionan utilizando la presión del oxígeno para realizar el ciclado, estos sistemas son muy seguros y permiten que continúe su funcionamiento aún durante cortes de energía eléctrica, pero consumen grandes volúmenes de oxígeno. El uso de estos equipos requiere contar con mayores reservas de oxígeno medicinal y además debe controlarse al paciente para evitar el exceso de O₂.

El monitoreo del paciente anestesiado para controlar los niveles de concentración de CO₂, O₂ y pH en sangre y CO₂ y O₂ en el aire expirado, en la práctica pocas veces se realiza con instrumentos y la evaluación se hace a través de signos clínicos que no siempre revelan con exactitud el estado fisiológico. Una evaluación errónea del estado del paciente puede causar problemas pos operatorios como por ejemplo el desequilibrio ácido/base (Guyton y Hall, 1997). Por otro lado, el exceso de la presión parcial de O₂ provoca un “lavado” de CO₂ y como consecuencia los animales manifiestan dificultad en recuperar la respiración espontánea, producto de la estimulación central que produce este gas (Smith, et al., 1985; West, 1995).

Teniendo en cuenta lo expuesto, en este trabajo se propone utilizar aire comprimido atmosférico como sustituto del oxígeno medicinal en caninos anestesiados con halotano, teniendo como finalidad disminuir el riesgo de intoxicación por exceso de O₂ y a la vez reducir costos y tareas operativas.

El aire atmosférico está compuesto por una mezcla de gases cuyo contenido porcentual a nivel del mar es el siguiente: N₂ 78,4%; O₂ 20,77% y vapor de agua 0,8%. Esta composición ejerce una presión atmosférica de 760 mmHg en la cual, de acuerdo a la ley de Dalton, el O₂ aporta a la mezcla una presión de 158 mmHg (West, 1995). En la región bronquial del perro a 39°C, la mezcla se satura con vapor de agua con una presión parcial de 52 mmHg. En estas condiciones de equilibrio con la presión atmosférica la presión parcial del resto de los gases disminuye proporcionalmente adquiriendo el O₂, una presión parcial de 140 mmHg (Reece, 1999). Considerando la mezcla gaseosa producida con el aire presente en las vías aéreas, resultado de la actividad respiratoria cíclica la presión parcial de O₂ en el aire alveolar o aire de intercambio es aproximadamente de 114 mmHg (Reece, 1999). Si durante el acto anestésico inhalatorio se utiliza un gas con una concentración del 2% equivalente a una presión parcial de 15,2 mmHg, la

presión parcial del O₂ deberá recalcularse a valores de 111 a 112 mmHg. Respetando una difusión normal a través de la membrana alvéolo-capilar, la sangre equipara sus presiones parciales gaseosas con las del alvéolo. De tal manera, la sangre oxigenada resultante presentará valores superiores a los 100 mmHg, suficiente para la total saturación de la Hb (Guyton y Hall, 1997). Por otra parte, en perros anestesiados con halotano con una frecuencia respiratoria promedio de 18 ciclos por minuto y un volumen corriente promedio de 12,6 ml/Kg un animal de 10 Kg tendrá un volumen respiratorio minuto de 2.268 ml/min. Descartando el aire que no participa en los intercambios respiratorios o aire de espacio muerto, que representa más del 40%, el volumen minuto de ventilación alveolar será de 1.340 ml/min. Como el O₂ representa el 14,6 % de dicha mezcla, la oferta alveolar del mismo es de 198,6 ml/min (Tenney y Remmers, 1963). En el estado de reposo que significa el acto anestésico, el consumo de O₂/min del perro es de aproximadamente 7 a 8 ml/Kg/min, por consiguiente, en nuestro ejemplo de un perro de 10 Kg, observaríamos una demanda de 70 a 80 ml/min y una oferta, en el aire atmosférico, en el mismo intervalo de tiempo, de 198,6 ml es decir más del doble que lo necesario para satisfacer las demandas basales (Staden, 1980).

De lo expresado, se desprende que la anestesia inhalatoria con aire atmosférico y a nivel del mar no ofrecería ningún compromiso respiratorio, al menos, desde el punto de vista ventilatorio.

Como se mencionó, para realizar el monitoreo de los parámetros fisiológicos normalmente se recurre al control de signos clínicos tanto para determinar el plano anestésico, como para evaluar el grado de oxigenación. La frecuencia cardíaca y el reflejo parpebral y corneal son utilizados rutinariamente para determinar la profundidad de la anestesia, mientras que el grado de oxigenación se evalúa mediante el retorno venoso y la coloración de las mucosas. Considerando que estos métodos son subjetivos y dependen en gran medida del grado de experiencia del profesional, en este ensayo se evaluaron los caninos anestesiados según los signos clínicos, desconociendo los resultados del laboratorio. Luego se caracterizó y comparó el estado respiratorio de los pacientes anestesiados a través del análisis de gases en sangre arterial y gases expirados. Estos datos fueron utilizados para valorar la eficacia de la respiración realizando una evaluación objetiva de la viabilidad del método propuesto.

Materiales y Métodos

Animales

Se utilizaron 10 caninos adultos de ambos sexos sanos y con buen estado nutricional que se dividieron en dos grupos. Uno fue anestesiado utilizando aire comprimido para alimentar el equipo de anestesia y el restante oxígeno medicinal.

Equipos utilizados

Se empleó un equipo de anestesia semicerrado Neumovent equipado con un vaporizador termocompensado y conectado a un respirador Neumovent 910. El equipo requiere una presión de trabajo de 4,5 Kg/cm³.

Para alimentar el equipo de anestesia con oxígeno medicinal se utilizaron tubos convencionales de 6 m³ y el aire atmosférico fue comprimido para lograr la presión de trabajo con un compresor eléctrico de recuperación rápida de 120 l/h de 1,5 HP de potencia alimentado con corriente alterna de 220 V.

Regulación del equipo de anestesia, drogas y dosis.

A los animales de ambos grupos se les administró, por vía intramuscular (IM), una dosis de 0,05 mg/Kg de sulfato de atropina (Atropina Sulfato, Laboratorio Allignani Hnos S.A). Luego de 10 minutos recibieron una dosis de 0,11 mg/Kg IM de acepromacina (Acedan, Laboratorio Holliday–Scott). Se colocó una vía permeable en la vena safena y 20 minutos después de la administración de acepromacina se inyectó por vía endovenosa tiopental sódico (Tiopental, Laboratorio Bestpharma), utilizando una dosis de referencia de 15 mg/Kg. Se administró la mitad de la dosis en forma de bolo y el resto lentamente hasta lograr la abolición del reflejo deglutorio.

El diámetro de los tubos endotraqueales, el volúmen tidal y el volumen minuto se calcularon según Ocampo y Sumano (1985). La presión de trabajo del equipo fue regulada a 25 mm de agua y la frecuencia respiratoria a 16 ciclos por minuto en todos los casos.

Se comenzó vaporizando un 2% de halotano (Halotano, solución para inhalar; Laboratorio Bestpharma) durante el período de inducción; luego, se mantuvo el plano de anestesia quirúrgica profunda utilizando una concentración entre 0,8-1,2%.

Métodos de evaluación

Se extrajeron muestras de sangre de la arteria femoral al inicio, 30, 60 y 90 minutos, las que fueron inmediatamente enviadas al laboratorio refrigeradas para determinar los valores de pH, PCO₂, CO₂, PCO₃H⁻ y % de saturación de la hemoglobina, utilizando un equipo “Radiometer Copenhagen ABL 3”.

La evaluación del paciente en el quirófano se realizó a través de un enfoque práctico, considerando la pérdida del reflejo palpebral y la frecuencia cardiaca como parámetros indicadores del plano anestésico quirúrgico y el retorno venoso y la coloración de las mucosas para determinar el grado de oxigenación (Smith et al., 1985).

Resultados

Evaluación clínica

La evaluación de los caninos durante la anestesia fue realizada utilizando signos clínicos. El plano anestésico se determinó por la pérdida del reflejo palpebral y corneal manteniendo a los animales en un plano anestésico profundo según Ocampo y Sumano (1985). No se observaron diferencias entre los grupos durante la anestesia ni el período de recuperación. El llenado capilar fue similar en ambos grupos de animales, mientras que se notó una gran diferencia en la coloración de la mucosa siendo de un color más rosado intenso en los animales anestesiados con O₂.

Comparación entre la evaluación clínica y resultados de laboratorio

Los valores medios de pH, PCO₂, CO₂, PCO₃H y % de saturación de la hemoglobina obtenidos en sangre arterial durante las anestesis empleando oxígeno y aire comprimido son representados en gráficos comparativos (Gráficos 1 - 5)

Gráfico 1. Valores medios de pH arterial obtenidos durante las anestesis con Aire comprimido (AA) y Oxígeno (OX) respectivamente.

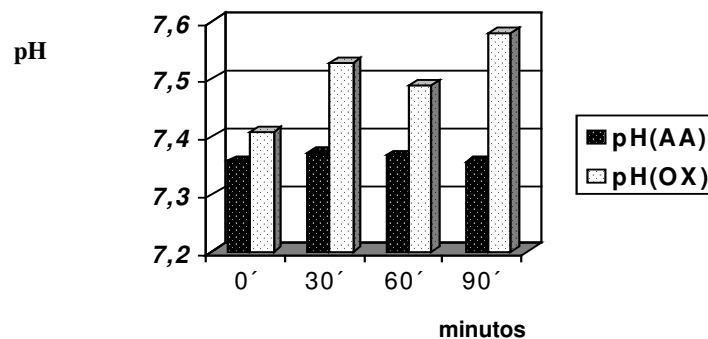


Gráfico 2. Valores medios de presión parcial de anhídrido carbónico (PCO₂) arterial obtenidos durante las anestesis con Aire atmosférico (AA) y con Oxígeno (OX) respectivamente.

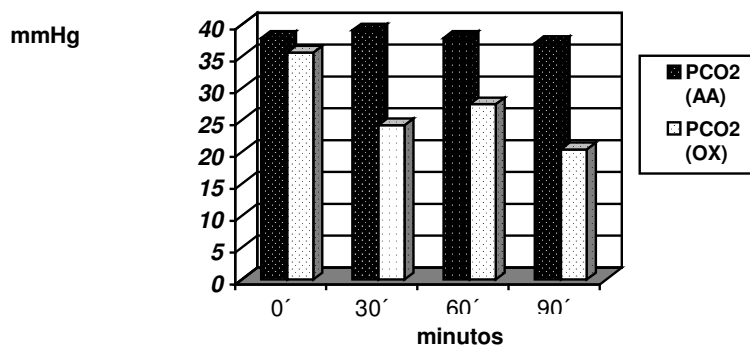


Gráfico 3. Valores medios de presión parcial de oxígeno (PO₂) arterial obtenidos durante las anestésias con Aire atmosférico (AA) y con Oxígeno (OX) respectivamente.

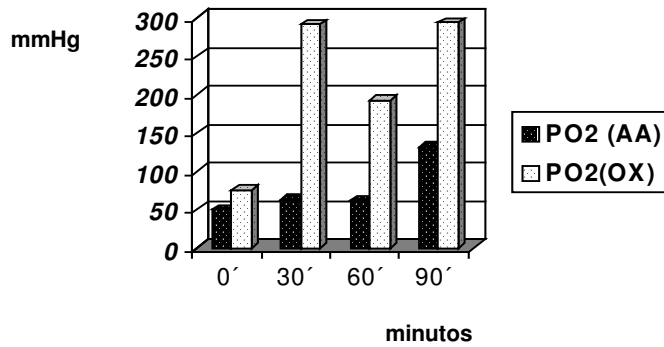


Gráfico 4. Valores medios de CO₃H⁻ arterial obtenidos durante las anestésias con Aire atmosférico (AA) y con Oxígeno (OX) respectivamente.

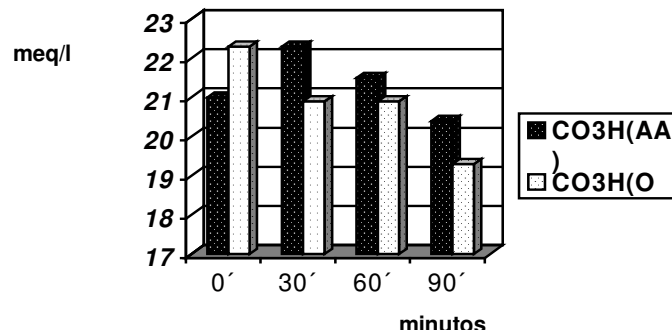
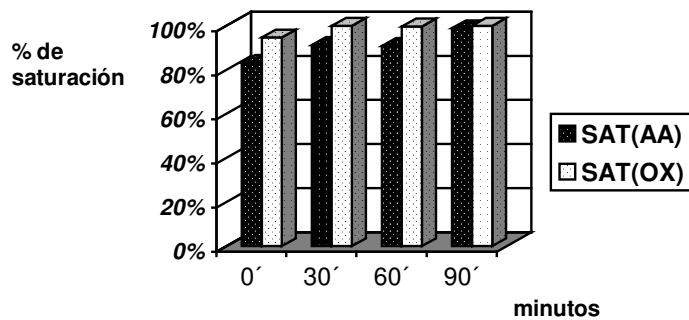


Gráfico 5. Valores medios de Saturación Arterial de la Hb obtenidos durante las anestésias con Aire atmosférico (SAT. AA) y con Oxígeno (SAT.OX) respectivamente.



En el gráfico 1 se observa que el pH arterial con aire atmosférico (AA) mantiene valores iniciales y finales dentro de los límites fisiológicos normales con una leve fluctuación hacia la alcalinidad a los 90 minutos, sin embargo con oxígeno (OX) se observa un franco aumento de la alcalinidad sanguínea con el transcurso del tiempo de anestesia hasta llegar a valores anormalmente alcalinos al término de los 90 minutos.

En el gráfico 2 se observa que los valores de la PCO_2 con AA se mantienen constantes mientras que con OX disminuyen casi a la mitad de sus valores iniciales. En el gráfico 3 los valores de la PO_2 con OX muestra la característica hiperoxia de la inhalación de O_2 puro.

La tasa de CO_3H^- sanguíneo muestra algunas fluctuaciones entre ambas anestesias pero desciende mientras transcurre el tiempo de anestesia, con la particularidad de presentar un comportamiento bastante parecido (gráfico 4).

Finalmente, en el gráfico 5 se muestra un signo importante al encontrar valores de saturación de Hb con AA que se van aumentando hasta alcanzar la normalidad al final del tiempo de la experiencia anestésica. Empleando OX, como es de esperar, el porcentaje de saturación permanece dentro de los valores normales y alcanza el máximo al final del acto anestésico.

Discusión y conclusiones

Del análisis comparativo de las distintas anestesias se deduce que con el uso de AA el pH no se modifica y se mantiene dentro de los valores normales aún en períodos anestésicos prolongados, dentro de los cuales, se realizan las cirugías más frecuentes en medicina veterinaria.

Según los resultados obtenidos en este trabajo, no es necesaria la utilización de soluciones acidificantes. Para procesos quirúrgicos que demanden tiempos superiores al utilizado en la experiencia, se sugiere regular los ciclos respiratorios sobre la base de los valores de pH sanguíneos y un adecuado análisis de la concentración del K^+ plasmático (Adrogué y Madias, 2004).

La saturación de la Hb evidencia una disponibilidad u oferta de O_2 dentro de los parámetros normales. La saturación es completa al emplear OX, tal como lo demuestran los valores de PO_2 . Con AA la PO_2 es sensiblemente inferior en términos comparativos pero la saturación, a pesar de ser menor, se mantuvo dentro del rango fisiológico y no presentó problemas para satisfacer la entrega tisular de oxígeno pues en condiciones de anestesia la tasa de demanda de este gas es básica y por lo tanto la curva de saturación de la Hb/ O_2 a nivel pulmonar se desplaza hacia la izquierda (Davenport, 1976).

Los valores de PCO_2 , pH y la concentración de CO_3H^- durante el acto anestésico con Aire Atmosférico (AA) mostraron una alcalosis respiratoria leve pero compensada, según se deduce a partir de los datos obtenidos para el pH.

La hiperventilación alveolar puede corregirse externamente, regulando el ritmo del respirador. La concentración de CO_2 pese a encontrarse algo disminuida no pierde su poder estimulante del centro respiratorio.

En las anestесias donde se utilizó OX, el pH sanguíneo está algo elevado a los 30 minutos y finaliza con un valor que indica una intensa alcalosis que, de acuerdo a los valores de PCO_2 y CO_3H^- es del tipo respiratoria descompensada a los 90 minutos (Davenport, 1976) por lo que se sugiere la administración de soluciones cloruradas acidificantes en cirugías que demanden un tiempo prolongado. Esta alcalosis respiratoria si bien admite una disminución del ritmo respiratorio de la máquina anestésica, es probable que no sea suficiente para alcanzar la regularización de los parámetros aludidos.

Por otra parte en estos casos se debe tener presente que la concentración de CO_2 sanguíneo disminuye a valores desaconsejable desde el punto de vista de la estimulación de la actividad del centro respiratorio (Guyton y Hall, 1997).

Analizando el valor del monitoreo del paciente a través de los signos clínicos y su comparación con los valores obtenidos en el laboratorio, puede señalarse que aún cuando la observación de la coloración de las mucosas, el tiempo del retorno venoso, los reflejos palpebral y corneal y la frecuencia cardíaca aportan datos de valor, éstos resultan insuficientes para apreciar los cambios fisiológicos provocados durante la anestesia con respiración asistida. Si bien las condiciones óptimas que ofrece el monitoreo del equilibrio ácido base y de gases durante la anestesia son insuperables, inesperadamente se ha encontrado que prescindiendo de éstos, el uso de Aire Atmosférico, tal vez por reproducir condiciones respiratorias naturales, ofrece ventajas comparado con el uso de Oxígeno sobre el equilibrio de los gases. Además al analizar ventajas e inconvenientes de los sistemas debemos tener en cuenta el efecto tóxico, por generación de radicales libres, que la utilización del Oxígeno durante períodos prolongados de tiempo acarrea (Probyn et al., 2004).

Se concluye que en las condiciones del presente ensayo el uso de Aire Atmosférico para realizar anestesia inhalatoria con Halotano en caninos, no ofrece inconveniente alguno para tiempos quirúrgicos de hasta 90 minutos y presenta parámetros comparativos con la anestesia utilizando Oxígeno que podrían resultar beneficiosos.

Próximos ensayos: Considerando que el objetivo del presente trabajo es simplificar y reducir los costos de la anestesia por inhalación se están realizando ensayos prescindiendo del respirador. Se postula, en virtud de los resultados encontrados en el presente trabajo, que los animales lograrán mantener parámetros respiratorios aceptables con respiración espontánea.

Bibliografía

- Adrogué, H. J.; Madias, N. D.** 2004. PCO_2 and $[\text{K}^+]_p$ in metabolic acidosis: certainty for the first and uncertainty for the other. *Journal of the American Society of Nephrology*, 15: 1667-1668.
- Davenport, H. W.** 1976. *El ABC de la Química Acido Base*. 7ª Edición. Editorial Universitaria de Buenos Aires. Buenos Aires. Argentina. p. 167-187.
- Guyton, A. C.; Hall, J. E.** 1997. *Tratado de Fisiología Médica*. 9ª Edición. Editorial Interamericana. p. 563-566.
- Probyn, M. E.; Hooper, S. B.; Dargaville, P. A.; Mccalion, N.; Crossley, K.; Harding, R.; Morley, C. J.** 2004. Positive and expiratory pressure during resuscitation of premature lambs rapidly improves blood gases without adversely affecting arterial pressure. *Pediatric Research*, 56: 198-204.
- Reece, W.** 1999. Respiración en mamíferos. En: *Fisiología de los animales domésticos de Duker*. 5ª Edición (M.J. Swenson y W.O. Reece, eds.). Uthea-Noriega Editores, México D. F., México. p. 263-281.
- Smith, T. C.; Cooperman, L. H.; Wollman, H.** 1985. Gases terapéuticos. Oxígeno, anhídrido carbónico, helio y vapor de agua. En: *Las bases farmacológicas de la terapéutica*. 6º Edición (A. Goodman Gilman, L. S. Goodman y A. Gilman, eds.). Ed. Editorial Médica Panamericana, Madrid, España. p. 327 - 343.
- Staadén, R. V.** 1980. Cardiovascular system of the racing dog. En R.W. Kirk, ed., *Current Veterinary Therapy*. VIII. Small Animal Practice, p. 347-51.
- Ocampo Camberos, L.; Sumano López, H.** 1985. *Anestesia Veterinaria en pequeñas especies*. Editorial McGraw-Hill. México. p 128.
- Tenney, S. M.; Remmers, J. E.** 1963. Comparative quantitative morphology of the mammalian lung: Difusing area. *Nature*, 197: 54:56
- West, J. B.** 1995. *Respiratory Physiology - The essentials*. Williams & Wilkins. 6th Edition. Baltimore, MD. USA. p. 124-136.