

**High-flow post-surgical oxygen therapy applied through bilateral nasal cannula in two canines undergoing thoracic procedures: Case report**

**Oxigenoterapia posquirúrgica de alto flujo aplicada mediante cánula nasal bilateral en dos caninos sometidos a procedimientos de tórax: Reporte de caso**

**Oxigeno terapia pós-cirúrgica de alto fluxo aplicada através de cânula nasal bilateral em dois cães submetidos a procedimentos torácicos: Relato de caso**

Jefferson Jaimes Salcedo<sup>1\*</sup>, MV; Alejandra Uribe Rendón<sup>2</sup>, MV, MSc; David Álzate Velázquez<sup>1</sup>, MV, MSc; Luís Adolfo Vergara Saldarriaga<sup>2</sup>, MV, MSc; Nathalia Maria Correa-Valencia<sup>2</sup>, MV, MSc, DSc(c)

<sup>1</sup>Clínica Veterinaria Caninos y Felinos, Medellín, Colombia.

<sup>2</sup>Grupo Centauro, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

\*Autor de correspondencia: J. Jaimes. Calle 78 A # 67-54 Medellín, Colombia. Teléfono: +54 3128565615. E-mail: [jefferjaimess@gmail.com](mailto:jefferjaimess@gmail.com)

## **Abstract**

Conventional therapies for oxygen supply used in the veterinary clinic may be inefficient when offering a satisfactory recovery to post-surgical patients under chest surgical procedures with hypoxemic respiratory failure, demanding strategies to improve oxygenation indicators. The present work describes the use of high-flow nasal cannulas in two patients submitted to chest surgeries and under general anesthesia. Patient #1 was submitted to a subphrenic pericardiectomy by thoracoscopy, and patient #2 was submitted to a percutaneous rib fracture reduction by a chest tube. Both patients were recovered with a high-flow oxygen therapy in the post-surgical phase at flow rates of 600 and 1,071 mL/kg/minute, respectively. The oxygen was delivered using a commercial device of active humidification, non-condensable suction with heating system and bilateral nasal cannula, offering an air temperature of 37 °C, humidity of 98% and inspired fraction of oxygen of 50%. A percutaneous gasometry was performed (dorsal metatarsal artery) after 15 minutes of extubating of the patient, and a second arterial sample was collected 60 minutes after the installation of the high-flow device. An increase in the partial pressure of oxygen (PaO<sub>2</sub>) was observed without an increase in the partial pressure of carbon dioxide (PaCO<sub>2</sub>). Additionally, both patients reported satisfactory tolerance to the device. High-flow nasal cannulas should be considered within non-invasive ventilatory support strategies during post-extubating in patients submitted to chest surgeries.

**Keywords:** high flow, hypoxemia, oxygen therapy, thoracoscopy

## **Resumen**

Las terapias convencionales para el aporte de oxígeno usadas en la clínica veterinaria pueden ser ineficientes al momento de ofrecer una recuperación satisfactoria de los pacientes posquirúrgicos bajo procedimientos a tórax con falla respiratoria hipoxémica, requiriendo estrategias que mejoren los indicadores de oxigenación. El presente trabajo describe el uso de cánulas nasales de alto flujo en dos pacientes sometidos a cirugías de tórax bajo anestesia general. El paciente #1 fue sometido a pericardiectomía subfrénica por toracoscopía y el

paciente #2 fue sometido a una reducción percutánea de fractura de costillas con tubo a tórax. Ambos pacientes fueron recuperados en el posquirúrgico con oxigenoterapia de alto flujo a caudales de 600 y 1.071 mL/kg/minuto, respectivamente. El oxígeno fue entregado a través de un dispositivo comercial de humidificación activa, tubuladura no condensable con sistema de calefacción y cánula nasal bilateral, ofreciendo una temperatura del aire de 37 °C, humedad del 98% y fracción inspirada de oxígeno de 50%. Se realizó gasometría percutánea (arteria dorsal metatarsiana) tras 15 minutos de ser extubado el paciente y una segunda muestra arterial fue colectada 60 minutos luego de la instalación del dispositivo de alto flujo. Se observó un aumento de la presión parcial de oxígeno (PaO<sub>2</sub>) sin cambios en la presión parcial de dióxido de carbono (PaCO<sub>2</sub>). Adicionalmente, se reportó tolerancia satisfactoria al dispositivo por parte de ambos pacientes. Las cánulas de alto flujo deben ser consideradas dentro de las estrategias de soporte ventilatorio no invasivo durante la posextubación en pacientes sometidos a cirugías de tórax.

**Palabras clave:** *alto flujo, hipoxemia, oxigenoterapia, toracosopia.*

## **Resumo**

As terapias convencionais para oxigênio usado na clínica veterinária podem ser ineficientes quando oferecendo uma recuperação satisfatória dos pacientes pós-cirúrgicos sob procedimentos peito insuficiência respiratória hipoxêmica exigindo estratégias para melhorar os indicadores de oxigenação. O presente trabalho descreve o uso de cânulas nasais de alto fluxo em dois pacientes submetidos a cirurgias torácicas sob anestesia geral. Paciente #1 foi submetida a pericardiectomia subfrênica por toracosopia e paciente #2 foi submetida a uma redução percutânea da fratura de costela com tubo torácico. Ambos os pacientes foram recuperados no pós-operatório com oxigeno terapia de alta vazão nas vazões de 600 e 1.071 mL/kg/minuto, respectivamente. O oxigênio foi entregue através de um dispositivo comercial de umidificação ativa, tubuladura não condensável com sistema de aquecimento e cânula nasal bilateral, oferecendo temperatura do ar de 37 °C, umidade de 98% e fração inspirada de oxigênio de 50%. A análise gasométrica percutânea (artéria metatarsal dorsal) foi realizada 15 minutos após a extubação do paciente e uma segunda amostra arterial foi coletada 60 minutos após a instalação do dispositivo de alto fluxo. Um aumento na pressão parcial de oxigênio

(PaO<sub>2</sub>) foi observado sem alterações na pressão parcial de dióxido de carbono (PaCO<sub>2</sub>). Além disso, tolerância satisfatória ao dispositivo foi relatada por ambos os pacientes. Cânulas de alto fluxo devem ser consideradas dentro das estratégias de suporte ventilatório não invasivo durante a pós-extubação em pacientes submetidos a cirurgias torácicas.

**Palavras-chave:** *alto fluxo, hipoxemia, oxigenoterapia, toracoscopia.*

## Introducción

La atelectasia pulmonar es una de las consecuencias observadas en pacientes posquirúrgicos a partir de un protocolo de anestesia general para cirugías mayores en el contexto veterinario, debido al uso de oxígeno al 100% como vehículo transportador de los anestésicos halogenados, posición del paciente y depresión respiratoria. Lo anterior provoca colapso alveolar que se exagera con los diferentes cambios en presiones y volúmenes trans-pulmonares desarrollados en la mecánica ventilatoria para procedimientos que involucren la cavidad torácica<sup>(1,2)</sup>. Por esta razón, la recuperación posquirúrgica inicial de estos pacientes requiere de suplementación de oxígeno como estrategia de soporte, luego del procedimiento a tórax con falla respiratoria hipoxémica, mejorando así los indicadores de oxigenación y el pronóstico del paciente<sup>(3,4)</sup>.

Actualmente las estrategias de oxigenación convencionales utilizadas en la clínica veterinaria diaria permiten ofrecer una terapia de soporte a pacientes post-quirúrgicos sometidos a procedimientos invasivos y mínimamente invasivo a tórax, siendo las sondas nasales uni o bilaterales las más utilizadas en estos casos a flujos de 100 a 200 mL/kg/minuto<sup>(5-7)</sup>. Sin embargo, se ha reportado que pueden ser ineficientes al momento de mejorar la oxigenación en pacientes con falla respiratoria hipoxémica<sup>(8,9)</sup>.

Las cânulas de alto flujo son consideradas como la técnica intermedia entre la suplementación de oxígeno convencional y la ventilación mecánica. Lo anterior las convierte en una herramienta que ofrece un soporte ventilatorio no invasivo y la posibilidad de acuerdo a los indicadores de respuesta, de retrasar o evitar la necesidad de ventilación mecánica invasiva en el paciente<sup>(10-</sup>

<sup>12)</sup>. Esta técnica es ampliamente usada en medicina humana en unidades de cuidados intensivos como estrategia de soporte ventilatorio no invasiva, con caudales de hasta 60 L/minuto de una mezcla de oxígeno y aire medicinal, permitiendo ofrecer diferentes niveles de fracción inspirada de oxígeno ( $FiO_2$ ), de acuerdo a los requerimientos del paciente. Adicionalmente, ofrece condiciones óptimas de temperatura y humedad de dicho gas, generando *comfort* y evitando la resequedad e irritación de la mucosa nasal<sup>(13-15)</sup>, disminuyendo los efectos deletéreos que ocasiona la ventilación mecánica invasiva a pacientes con falla respiratoria hipoxémica, que requieren de intubación endotraqueal y sedación<sup>(9,16)</sup>. En medicina veterinaria el uso de ventilación mecánica genera las mismas complicaciones vistas en medicina humana. Adicionalmente, es un procedimiento costoso y requiere de un personal entrenado para el desarrollo de la técnica<sup>(17)</sup>.

El objetivo del reporte de casos fue describir los cambios gasométricos arteriales observados bajo el uso de oxigenoterapia de alto flujo entregada a través de una cánula nasal bilateral en dos caninos sometidos a cirugía a tórax bajo anestesia general.

## **Materiales y métodos**

### *Comité de ética*

El presente estudio cuenta con el aval del Comité de Ética para la Experimentación con Animales (CEEAA) Universidad de Antioquia (Acta # 120, 9 de octubre de 2018).

### *Paciente #1*

*Anamnesis.* Canino macho de raza Pastor Alemán, 9 años de edad y 48 kg de peso. Ingresó al servicio de urgencia de la Clínica Veterinaria Caninos y Felinos, Medellín (Colombia) para atención de imagenología diagnóstica por cuadro respiratorio de presentación aguda. La Clínica de referencia está ubicada a una altura de 1.538 m.s.n.m., presión barométrica de 640 mmHg, temperatura promedio de 22 °C y humedad relativa del 74%<sup>(16)</sup>. Al examen clínico presenta

frecuencia respiratoria de 32/minuto, frecuencia cardiaca de 198/minuto, Temperatura corporal de 38,8 °C, presión arterial sistólica de 144 mmHg, tiempo de llene capilar de 3 segundos, mucosas rosadas pálidas y húmedas, sin signos de deshidratación clínica evidente y sin alteración de conciencia. Se identificó la presencia de efusión pericárdica por medio de ultrasonido, por lo que se procedió a realizar el drenaje del pericardio para estabilización del paciente. El canino fue referido para el área de cardiología, donde se identificó una masa en atrio izquierdo, por lo que se procedió a realizar una toracoscopia y pericardiectomía subfrénica. El paciente fue valorado por el área de anestesia para la colección de los respectivos exámenes pre-quirúrgicos de acuerdo a los protocolos establecidos por la Clínica.

*Plan anestésico.* El paciente se sometió a un procedimiento quirúrgico mínimamente invasivo (pericardiectomía subfrénica) bajo anestesia general. El protocolo anestésico incluyó premedicación con hidromorfona 0,1 mg/kg (2 mg/mL) y acepromacina a 0,05 mg/kg IM (10 mg/mL); inducción anestésica con propofol a 8 mg/kg, IV (10 mg/mL) + ketamina a 2 mg/kg, IV (50 mg/mL); mantenimiento con isoflurano al 2% + bloqueo intercostal con bupivacaína 0,1 mg/kg/total (0,5%) en el 3-4-5 espacio intercostal. El flujo de oxígeno suministrado fue de 2 L/minuto con FiO<sub>2</sub> al 100%, tubo endotraqueal #9 y monitoreo básico (electrocardiograma — EKG, oximetría de pulso —SpO<sub>2</sub>, temperatura corporal —T<sup>o</sup>, frecuencia cardiaca —FC, frecuencia respiratoria —FR, presión arterial no invasiva —PANI y dióxido de carbono espiratorio final —EtCO<sub>2</sub>). La ventilación asistida se realizó con un máximo de 20 cmH<sub>2</sub>O de presión pico inspiratorio, presión positiva al final de la inspiración de 5 a 10 mmHg y variaciones en la FR de 15 a 30/minuto de acuerdo a los rangos de EtCO<sub>2</sub> (35-45 mmHg). No se presentó alteración hemodinámica en el paciente durante la cirugía y el tiempo del procedimiento fue de 50 minutos. El paciente fue extubado en el momento que recuperó sus reflejos (deglutorio y palpebral) y fue trasladado al área de recuperación. El tiempo transcurrido desde la extubación y la toma de los primeros gases fue de 15 minutos, durante los cuales no hubo suplementación de oxígeno.

*Protocolo de alto flujo.* El dispositivo de alto flujo fue preparado y precalentado durante 30 minutos. La elección de la cánula nasal se realizó en consideración del tamaño de la fosa nasal del paciente, teniendo en cuenta no ocluir más del 50% del diámetro<sup>(18-20)</sup>. La cánula se fijó

cada ala nasal mediante punto de sutura simple en (Figura 1). Posteriormente, se realizó la primera medición percutánea de gases en la arteria metatarsiana dorsal derecha y se extrajeron 0,3 mL de sangre con una jeringa heparinizada (1 mL x 25<sub>G</sub> 5/8" C<sup>+</sup>LH-30 I.U., BD Prest, Becton, Dickinson and Co., Plymouth, United Kingdom), la cual se analizó inmediatamente utilizando un analizador de gases (EPOC<sup>®</sup>, con tarjeta BGEM CT-1006-00-00, Epocal Inc. 2060 Walkley Road, Ottawa, Canadá), previamente calibrado a las condiciones de altimetría y presiones. Se empleó un sistema de alto flujo con humidificador activo (MR730 Respiratory Humidifier, Fisher & Paykel<sup>®</sup>, Tijuana, México), un kit de circuito respiratorio (tubuladura corrugada no condensable con sistema de calefacción Fisher & Paykel<sup>®</sup> Health Care, Tijuana, México) con cámara de humidificación de llenado automático (REF: MR290), cánula binasal (Ref. B501000, Bioplast S.A., Bogotá, Colombia) y un mezclador (Blender Sechrist, serie 28621, Electronics-Mechanics, Affoltern am Albis, Switzerland) con capacidad para 32 L/minuto con previo mantenimiento y calibración de flujos y monitor multi-parámetros (Critikon Dinamap<sup>™</sup> Vital Sings, Florida, United States). El alto flujo fue activado a un caudal de 30 L/minuto (tasa de flujo de 600 mL/kg/minuto) con una fracción inspirada de oxígeno del 50%, humedad del 98% y temperatura de 37 °C<sup>(21)</sup>. Luego, el paciente fue conectado al monitor de signos vitales para el registro de los parámetros de monitoreo básico cada 10 minutos. Tras 60 minutos fueron tomados los segundos gases arteriales de la misma forma descrita anteriormente para su análisis. El paciente fue retirado del alto flujo con un destete según tolerancia, descendiendo un 50% la fracción inspirada de oxígeno inicial (FiO<sub>2</sub>: 25%) y un 50% de los flujos (15 L/minuto), para posteriormente terminar con oxigenoterapia convencional. Fue tomada una radiografía ventro-dorsal y latero-lateral de tórax para verificar que no se presentara distensión gástrica o neumotórax. El lugar de la Clínica destinado para ejecutar la observación del paciente durante el presente estudio fue el área de recuperación quirúrgica. El paciente terminó su recuperación en el área de cuidados especiales bajo los protocolos establecidos por la Clínica.

*Resultados.* En la tabla 1 se presentan los registros de las variables fisiológicas y medición de valores gasométricos.



**Figura 1.** Paciente #1 conectado al sistema de alto flujo de oxígeno mediante cánula nasal bilateral.

**Tabla 1.** Variables fisiológicas y medición de valores gasométricos del paciente #1.

Monitoreo	Valores de referencia	Minutos post-extubación*						
		0	10	20	30	40	50	60
FC (Lpm)	(60–120) <sup>(22)</sup>	75	87	81	97	96	96	97
FR (rpm)	(10–30)	15	16	18	18	20	22	22
T (°C)	(38–39)	35,3	35,4	35,4	35,5	35,5	35,5	35,8
SpO <sub>2</sub> (%)	(96–98)	92	95	97	98	96	98	98
PAS (mmHg)	139+/-16 <sup>(23)</sup>	124	162	161	163	174	167	150
PAM (mmHg)	101+/-11 <sup>(23)</sup>	98	122	115	124	104	139	108
PAD (mmHg)	71+/-13 <sup>(23)</sup>	90	112	108	110	97	130	96
pH	(7,35–7,45)	7,40						7,44
PaO <sub>2</sub> (mmHg)	(83–108)	57,9						102,3
BE (mmol/L)	(-2–3)	-0,3						-1
PaCO <sub>2</sub> (mmHg)	(35–45)	39,6						41,4
cHCO <sub>3</sub> (mmol/L)	(21–28)	24,9						25,3

\* El tiempo transcurrido desde la extubación y la toma de los primeros gases fue de 15 minutos, durante los cuales no hubo suplementación de oxígeno. PaO<sub>2</sub>: Presión parcial de oxígeno; BE: Déficit de base; PaCO<sub>2</sub>: Presión parcial



de dióxido de carbón;  $\text{HCO}_3^-$ : Bicarbonato; PAS: Presión arterial sistólica; PAM: Presión arterial media; PAD: Presión arterial diastólica; Lpm: Latidos por minuto; rpm: Respiraciones por minuto; mmHg: Milímetros de mercurio.

## *Paciente #2*

*Anamnesis.* Canino macho de raza Beagle, 3 años y medio de edad y 14 kg de PV. Ingresó al servicio de urgencia de la Clínica Veterinaria Caninos y Felinos, Medellín (Colombia) por politraumatismo de origen vehicular. A su llegada el paciente se encontraba consciente, sin sangrado activo externo, taquipnea y taquicardia severa (210 Lpm), mucosas cianóticas, pulso metatarsiano débil, temperatura corporal de 39,1 °C y tórax flotante. Fue estabilizado y posteriormente se tomó radiografía latero-lateral y ventro-dorsal de tórax, identificando fractura de costillas #7 y #8 completas en tercio medio del hemitórax izquierdo con presencia de neumotórax severo y signos de contusión pulmonar. Se realizó toracocentesis percutánea y luego se pasó al área de cirugía para estabilización externa de costillas fracturadas e instalación de tubo a tórax.

*Plan anestésico.* El paciente fue sometido a un procedimiento quirúrgico mínimamente invasivo de tórax (fijación percutánea de costillas y paso de tubo a tórax) bajo anestesia general. El protocolo anestésico incluyó pre-medicación con hidromorfona a 0,1 mg/kg (2 mg/mL) + midazolam a 0,3 mg/kg, IM (1 mg/mL); inducción anestésica con propofol a 6 mg/kg, IV (10 mg/mL) + fentanilo a 5 µg/kg (0,05 mg/mL, IV); mantenimiento con isoflurano al 2% + bloqueo intercostal con bupivacaína 0,1 mg/kg/total (0,5%) en el 6-7-8-9 espacio intercostal. El flujo de oxígeno suministrado fue de 2 L/minuto con  $\text{FiO}_2$  al 100%, tubo endotraqueal #6,5 y monitoreo básico (EKG,  $\text{SpO}_2$ ,  $T^\circ$ , FC, FR, PANI y  $\text{EtCO}_2$ ). La ventilación asistida se realizó con un máximo de 20 cmH<sub>2</sub>O de presión pico inspiratorio, presión positiva al final de la inspiración de 5 mmHg y variaciones en la FR de 18 a 34/minuto de acuerdo a los rangos de  $\text{EtCO}_2$  (38-48 mmHg). No se presentó novedad hemodinámica en el paciente durante la cirugía y el tiempo del procedimiento fue de 20 minutos. Fue extubado luego de recuperar los reflejos (deglutorio y palpebral) y se trasladó al área de recuperación. El tiempo transcurrido desde la extubación y la toma de los primeros gases fue de 15 minutos.

*Protocolo de alto flujo.* El dispositivo de alto flujo fue preparado y precalentado durante 30 minutos. La elección de la cánula nasal se realizó en consideración del tamaño de la fosa nasal del paciente, teniendo en cuenta no ocluir el 50% del diámetro<sup>(18-20)</sup> utilizando la misma cánula referenciada para el paciente #1, la cual se fijó mediante punto simple en cada ala nasal (Figura 2). Posteriormente, se realizó la primera medición percutánea de gases en la arteria metatarsiana dorsal derecha y se extrajeron 0,3 mL de sangre con una jeringa heparinizada, la cual se analizó inmediatamente. Los equipos utilizados para la administración del alto flujo de oxígeno en este paciente corresponden a los mismos reportados para el paciente #1. El alto flujo fue activado a un caudal de 15 L/minuto (tasa de flujo de 1.071 mL/kg/minuto) con una fracción inspirada de oxígeno del 50%, humedad del 98% y temperatura de 37 °C<sup>(21)</sup>. Luego, el paciente fue conectado al monitor de signos vitales para el registro de los parámetros de monitoreo básico previamente mencionados, y registrados cada 10 minutos. Tras 60 minutos fueron tomados los segundos gases arteriales de la misma forma descrita anteriormente para su análisis. El paciente fue retirado del alto flujo con un destete según tolerancia, descendiendo un 60% la fracción inspirada de oxígeno inicial (FiO<sub>2</sub>: 30%) y un 50% de los flujos (7,5 L/minuto), para posteriormente terminar con oxigenoterapia convencional. Fue tomada una radiografía ventro-dorsal y latero-lateral de tórax para verificar que no se presentara distensión gástrica o neumotórax. El paciente terminó su recuperación en el área de cuidados especiales, bajo los protocolos establecidos por la Clínica.

*Resultados.* En las tablas 2 se presentan los registros de las variables fisiológicas y medición de valores gasométricos.



**Figura 2.** Paciente #2 conectado al sistema de alto flujo de oxígeno mediante cánula nasal bilateral.

**Tabla 2.** Variables fisiológicas y medición de valores gasométricos del paciente #2.

Monitoreo	Valores de referencia	Minutos post-extubación*						
		0	10	20	30	40	50	60
FC (Lpm)	(60-120) <sup>(22)</sup>	78	97	73	70	69	73	93
FR (rpm)	(10-30)	16	18	18	20	20	22	24
T (°C)	(38-39)	35	35,2	35,3	35,3	35,3	35,4	35,5
SpO <sub>2</sub> (%)	(96-98)	95	97	98	99	99	98	98
PAS (mmHg)	139+/-16 <sup>(23)</sup>	135	130	134	133	163	159	159
PAM (mmHg)	101+/-11 <sup>(23)</sup>	98	89	104	102	98	108	105
PAD (mmHg)	71+/-13 <sup>(23)</sup>	89	83	92	92	94	95	93
pH	(7,35-7,45)	7,36						7,35
PaO <sub>2</sub> (mmHg)	(83-108)	66,8						107,4
BE (mmol/L)	(-2-3)	-1,3						-1,4
PaCO <sub>2</sub> (mmHg)	(35-45)	41,7						42,7
cHCO <sub>3</sub> (mmol/L)	(21-28)	24,5						24,5

\* El tiempo transcurrido desde la extubación y la toma de los primeros gases fue de 15 minutos, durante los cuales no hubo suplementación de oxígeno. PaO<sub>2</sub>: Presión parcial de oxígeno; BE: Déficit de base; PaCO<sub>2</sub>: Presión parcial

de dióxido de carbón;  $\text{cHCO}_3$ : Bicarbonato; PAS: Presión arterial sistólica; PAM: Presión arterial media; PAD: Presión arterial diastólica; Lpm: Latidos por minuto; rpm: Respiraciones por minuto; mmHg: Milímetros de mercurio.

## Discusión

El objetivo del presente reporte de caso fue describir los cambios gasométricos arteriales observados bajo el uso de oxigenoterapia de alto flujo, entregada a través de un dispositivo nasal bilateral comercial de humidificación activa en dos caninos sometidos a cirugía torácica bajo anestesia general. El grado de hipoxemia en la medición inicial fue evidenciado en ambos pacientes ( $\text{PaO}_2$ : 57,9 mmHg y 66,8 mmHg, respectivamente), demostrando el impacto de la anestesia general sobre la fisiología respiratoria que involucra procedimientos invasivos o mínimamente invasivos a tórax<sup>(24)</sup>, siendo la atelectasia pulmonar la consecuencia de mayor presentación en estos casos<sup>(1)</sup>. La suplementación de oxígeno es una herramienta que ofrece mejorar ese indicador<sup>(3,4)</sup>, sin embargo, estos pacientes necesitan un soporte ventilatorio para reestablecer la normalidad pulmonar de una forma eficiente<sup>(10,24,34)</sup>, dado el procedimiento al que fueron sometidos.

Las cánulas de alto flujo demostraron incrementar la  $\text{PaO}_2$  como se observó en ambos pacientes, usando flujos por encima de 600 mL/kg/minuto, similar a los caudales usados en un trabajo retrospectivo previamente publicado, donde se consideraron flujos de oxígeno por encima de 500 mL/kg/minuto, logrando incrementar la  $\text{PaO}_2$  en más de un 50%. Estos resultados fueron destacados al compararse con lo obtenido a partir de la oxigenoterapia convencional en pacientes con hipoxemia moderada a severa<sup>(8)</sup>. Sin embargo, en el presente reporte se utilizó una mezcla de aire medicinal y oxígeno, aportando una  $\text{FiO}_2$  del 50% comparado con el 100% del estudio mencionado anteriormente. Esto orienta a que el funcionamiento del alto flujo en el incremento de la  $\text{PaO}_2$  no solo se debe al aporte de caudales altos de oxígeno, si no a la mezcla de aire medicinal enriquecido con oxígeno en condiciones ideales (humedad y temperatura), a flujos superiores a la oxigenoterapia convencional (100 a 200 mL/kg/minuto), permitiendo reducir las proporciones de la mezcla del gas y modificar la fracción inspirada de oxígeno.

El incremento en la presión parcial de dióxido de carbono ( $\text{PaCO}_2$ ) descrito en ambos pacientes del presente reporte fue similar al comportamiento esperado para esta variable gasométrica, de acuerdo con la literatura clínica disponible<sup>(8,18,19,25)</sup>, siendo tendencia el incremento de la misma. Sin embargo, en ninguno de los dos casos se evidenció un aumento por encima de los valores normales sanguíneos, beneficio que se correlaciona con el lavado del espacio muerto que hace el alto flujo a través de su mecanismo de acción<sup>(26)</sup>, directamente relacionado con la interface usada (paciente-dispositivo) el cual no debe superar el 50% del tamaño de la fosa nasal para evitar re-inhalación del  $\text{CO}_2$  y por ende, aumento de la  $\text{PaCO}_2$  en la sangre<sup>(18-20)</sup>.

La  $\text{SpO}_2$  es un indicador de oxigenación dinámico que debe ser incluido en el monitoreo básico de rutina en aquellos pacientes hipoxémicos en recuperación post-quirúrgica. De acuerdo con nuestros resultados, ambos pacientes se encontraban hipoxémicos al momento de la extubación y hasta el traslado al área de recuperación de la Clínica. Considerando la suplementación de oxígeno como la primera estrategia para lograr mejorar los indicadores de oxigenación.

Las complicaciones reportadas para el uso de altos flujos en caninos incluyen distensión gástrica<sup>(18)</sup> y neumotórax o neumo-mediastino<sup>(8)</sup>. Se ha reportado también que flujos por encima de 2 L/kg/minuto generó aerofagia en el 100% de los pacientes sometidos a este caudal en un estudio experimental aleatorizado<sup>(25)</sup>. Sin embargo, en el presente reporte de caso se usaron flujos de 0,6 L/kg/minuto (paciente #1) y 1 L/kg/minuto (paciente #2), siendo estos más bajos que los reportados anteriormente, por lo cual se atribuye que no se evidenciara distensión gástrica o neumotórax (confirmados por rayos X) a pesar de estar con el dispositivo durante 60 minutos post-quirúrgicos.

Durante los 60 minutos de observación ninguno de los dos pacientes requirió la administración adicional de sedantes para la tolerancia de la cánula y de los caudales de flujo de oxígeno, demostrando el *comfort* ofrecido por el sistema de una forma controlada, ajustando temperatura y humedad, tal cual y como se describe para medicina humana<sup>(27,28)</sup>. Se debe tener en cuenta que 15 minutos después de ser extubados, ambos pacientes se mostraron consientes, con

reflejo deglutorio presente, ojos abiertos, respuesta al llamado y a estímulos externos. Sin embargo, se desconoce el comportamiento luego de 60 minutos con el dispositivo, por lo que se requieren de estudios o casos clínicos que reporten la actitud de los pacientes tras un tiempo superior con el dispositivo sin efectos residuales sedantes.

Dentro del monitoreo de los signos vitales no se encontraron datos extremos de la PANI, T° y FC. Sin embargo, la FR mostró una mayor variabilidad en la tendencia entre mediciones en los dos pacientes, atribuido a la ansiedad del paciente o sensación de dolor, pese a que los dos pacientes recibieron bloqueo intercostal. Contrario a esto, en medicina humana se reportan en diferentes estudios la disminución de la FR/minuto y la mejoría en el patrón ventilatorio con patologías ocupantes de espacio pleural o lesiones en parénquima pulmonar<sup>(9,11,29,30)</sup>.

La variabilidad anatómica de las diferentes razas de caninos se convierte en un desafío para la adaptación de las cánulas nasales que han sido diseñadas para uso humano, donde la anatomía del adulto es “estándar”. Sin embargo, las cánulas desarrolladas para pediatría y neonatos podrían ofrecer la posibilidad de realizar una adaptación a las diferentes fosas nasales de los caninos<sup>(25)</sup>. Dichas cánulas poseen un material de silicona flexible para ofrecer *comfort*, evitar altas fugas en el sistema y, adicionalmente, presentan una tubuladura corrugada para evitar condensación y controlar el aumento de humedad en la vía aérea alta<sup>(31)</sup>. Las cánulas usadas en ambos pacientes descritos eran de uso comercial humano (tamaño “adulto”), sin embargo, estas no se ajustaron completamente al tamaño del paciente de 45 kg de PV (#1).

La seguridad en el uso de cánulas de alto flujo en caninos ha sido demostrada en estudios experimentales previamente reportados<sup>(18,25)</sup>, donde se sometieron pacientes a flujos altos con mediciones de presión trans-pulmonar, reportando que los flujos superiores a 1 L/kg/minuto no generaban alteraciones de incremento de la presión pico inspiratorio. Para el caso de flujos de hasta 2 L/kg/minuto reportaron un efecto de presión positiva continua en la vía aérea, con leve aumento de la PaCO<sub>2</sub><sup>(25)</sup>. Por esta razón esta herramienta se convierte en una estrategia de apoyo ventilatorio en pacientes con atelectasias pulmonares como maniobra de reclutamiento alveolar<sup>(32)</sup>.

Actualmente se cuenta con dispositivos comerciales utilizados de forma rutinaria en medicina humana en las unidades de cuidados intensivos para adultos, pediátricos y neonatales, tomando cada vez más importancia el apoyo ventilatorio no invasivo como soporte al destete en los pacientes ventilados mecánicamente<sup>(12,13)</sup>, manejo de oxigenoterapia en broncoscopía<sup>(33)</sup> y apoyo a pacientes post-extubación con cirugías de tórax<sup>(10,24,34)</sup>. El dispositivo usado en ambos pacientes descritos en el reporte se podría convertir en una alternativa factible a replicar en el contexto nacional de las clínicas veterinarias con atención de procedimientos quirúrgicos mayores y atención intrahospitalaria. Lo importante es que las mismas dispongan de oxígeno y aire medicinal, adquiriendo un sistema de humificación activo adicional a las cánulas comerciales de uso humano de bajo costo, permitiendo una alternativa de oxigenoterapia no invasiva para la recuperación y atención de pacientes con falla respiratoria hipoxémica.

## **Conclusiones y recomendaciones**

Las cánulas de alto flujo mejoraron los indicadores de oxigenación ( $SpO_2$ ) en pacientes posquirúrgicos hipoxémicos, incrementado la presión parcial de oxígeno ( $PaO_2$ ) en sangre arterial en los dos pacientes luego de ser sometidos a 60 minutos con el dispositivo y no se observaron cambios en la presión parcial de dióxido de carbono ( $PaCO_2$ ) en sangre arterial. Adicionalmente, se reportó tolerancia satisfactoria al dispositivo en los 60 minutos por parte de los pacientes.

Es importante considerar las cánulas de alto flujo como estrategias potenciales en el soporte ventilatorio no invasivo para el apoyo ventilatorio posextubación en pacientes sometidos a cirugías o procedimientos que involucren tórax (invasivos o mínimamente invasivos), con fallas respiratorias hipoxémicas. Es importante el desarrollo de estudios experimentales o reportes de casos en otros escenarios clínicos con la consideración de pacientes que presenten falla respiratoria hipoxémica aguda, para evaluar su respuesta ante diferentes indicadores de oxigenación por medio de gasometría, y evaluar la tolerancia a las diferentes cánulas que son usadas en medicina humana, siendo específicas para esta técnica y que se encuentran disponibles comercialmente, convirtiéndose en una alternativa eficiente para hacer el acople entre paciente y dispositivo de alto flujo.

## Referencias bibliográficas

1. Drynan E, Musk G, Raisis A. Sudden generalized lung atelectasis during thoracotomy following thoracic lavage in 3 dogs: Sudden atelectasis associated with thoracic lavage. *JVECC* 2012; 22(4): 476-482.
2. Balakrishnan A, King LG. Updates on pulmonary function testing in small animals. *Vet Clin N Am-Small* 2014; 44(1): 1-18.
3. Sigrist NE, Adamik KN, Doherr MG, Spreng DE. Evaluation of respiratory parameters at presentation as clinical indicators of the respiratory localization in dogs and cats with respiratory distress: Clinical indicators of respiratory distress. *JVECC* 2011; 21(1): 13-23.
4. Carver A, Bragg R, Sullivan L. Evaluation of PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> and SaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> ratios in postoperative dogs recovering on room air or nasal oxygen insufflation: PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> and SaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> in postoperative dogs. *JVECC* 2016; 26(3): 437-445.
5. Waddell L. Oxygen Therapy. University of Pennsylvania. *cliniciansbrief.com*. 2016; 43-48.
6. Kirby R, Rudloff E, Linklater AKJ. *Small animal emergency and critical care medicine*. Second edition. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group; 2015. 246 p. (Self-assessment color review).
7. Drobatz KJ, Hopper K, Rozanski E, Silverstein DC. *Textbook of Small Animal Emergency Medicine*. This edition first published 2019: Cap. 181 Oxygen Therapy Guenther L. pag: 1177-1181.
8. Keir I, Daly J, Haggerty J, Guenther C. Retrospective evaluation of the effect of high flow oxygen therapy delivered by nasal cannula on PaO<sub>2</sub> in dogs with moderate-to-severe hypoxemia: High flow oxygen therapy in hypoxemic dogs. *JVECC* 2016; 26(4): 598-602.
9. Lee CC, Mankodi D, Shaharyar S, Ravindranathan S, Danckers M, Herscovici P, et al. High flow nasal cannula versus conventional oxygen therapy and non-invasive ventilation in adults with acute hypoxemic respiratory failure: A systematic review. *Resp Med* 2006; 121: 100-108.
10. Monro-Somerville T, Sim M, Ruddy J, Vilas M, Gillies MA. The effect of high-flow nasal cannula oxygen therapy on mortality and intubation rate in acute respiratory failure: A systematic review and meta-analysis. *Critic Care Med* 2017; 45(4): 449-456.
11. Masclans JR, Pérez-Terán P, Roca O. Papel de la oxigenoterapia de alto flujo en la insuficiencia respiratoria aguda. *Med Intensiva* 2015; 39(8): 505-515.
12. Sztrymf B, Messika J, Mayot T, Lenglet H, Dreyfuss D, et al. Impact of high-flow nasal cannula oxygen therapy on intensive care unit patients with acute respiratory failure: A prospective observational study. *J Crit Care* 2012; 27(3):324.e9-13.
13. Kernick J, Magarey J, Rn JK, Icu GD, Nursing GCR. What is the evidence for the use of high flow nasal cannula oxygen in adult patients admitted to critical care units? A systematic review. *Aust Crit Care* 2010; 23(2): 53-70.
14. Jaramillo-Bustamante JC, Quintero-Forero ML, Tamayo-Múnera C, Marín-Agudelo A, Fernández-Laverde M, Aguirre-Jaramillo OH, et al. Terapia de alto flujo de oxígeno por cánula nasal en cuidado intensivo pediátrico. *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo* 2011; 11(4): 340-30.



15. Parke RL, McGuinness SP, Eccleston ML. A Preliminary randomized controlled trial to assess effectiveness of nasal high-flow oxygen in intensive care patients. *Resp Care* 2011; 56(3): 265-270.
16. Nishimura M. High-Flow Nasal Cannula Oxygen Therapy in Adults: Physiological Benefits, Indication, Clinical Benefits, and Adverse Effects. *Resp Care* 2016; 61(4): 529-541.
17. Hopper K, Powell LL. Basics of Mechanical Ventilation for Dogs and Cats. *Vet Clin N Am-Small* 2013; 43(4): 955-969.
18. Daly JL, Guenther CL, Haggerty JM, Keir I. Evaluation of oxygen administration with a high-flow nasal cannula to clinically normal dogs. *Am J Vet Res* 2017; 78(5): 624-630.
19. Dunphy ED, Mann FA, Dodam JR, Branson KR, Wagner-Mann CC, Johnson PA, et al. Comparison of unilateral versus bilateral nasal catheters for oxygen administration in dogs: Nasal oxygen administration. *JVECC* 2002; 12(4): 245-251.
20. Wong A, Uquillas E, Hall E, Dart C, Dart A. Comparison of the effect of oxygen supplementation using flow-by or a face mask on the partial pressure of arterial oxygen in sedated dogs. *NZVA* 2019; 67(1): 36-39.
21. Spoletini G, Alotaibi M, Blasi F, Hill NS. Heated humidified high-flow nasal oxygen in adults: Mechanisms of action and clinical implications. *Chest* 2015; 148(1): 253-261.
22. Höglund K, Hanås S, Carnabuci C, Ljungvall I, Tidholm A, Häggström J. Blood Pressure, Heart Rate, and Urinary Catecholamines in Healthy Dogs Subjected to Different Clinical Settings. *J Vet Intern Med* 2012; 26(6): 1300-1308.
23. Acierno MJ, Brown S, Coleman AE, Jepson RE, Papich M, Stepien RL, et al. ACVIM consensus statement: Guidelines for the identification, evaluation, and management of systemic hypertension in dogs and cats. *J Vet Intern Med* 2018; 32(6): 1803-1822.
24. Yu Y, Qian X, Liu C, Zhu C. Effect of high-flow nasal cannula versus conventional oxygen therapy for patients with thoracoscopic lobectomy after extubation. *Can Resp J* 2017; 2017: 7894631.
25. Jagodich TA, Bersenas AME, Bateman SW, Kerr CL. Comparison of high flow nasal cannula oxygen administration to traditional nasal cannula oxygen therapy in healthy dogs. *JVECC* 2019; 29(3): 246-255.
26. Dysart K, Miller TL, Wolfson MR, Shaffer TH. Research in high flow therapy: Mechanisms of action. *Resp Med* 2009; 103(10): 1400-1405.
27. Chang GY, Cox CA, Shaffer TH. Nasal Cannula, CPAP, and High-Flow Nasal Cannula: Effect of Flow on Temperature, Humidity, Pressure, and Resistance. *Biomed Instrum Technol* 2011; 45(1): 69-74.
28. Sztrymf B, Messika J, Bertrand F, Hurel D, Leon R, Dreyfuss D, et al. Beneficial effects of humidified high flow nasal oxygen in critical care patients: A prospective pilot study. *Intensive Care Med* 2011; 37(11): 1780-1786.
29. Carbajosa Dalmau J, Martínez Beloqui E, Ramos Forner S. High-Flow Therapy via Nasal Cannula in Acute Heart Failure. *Revista Española de Cardiología (English Edition)*. agosto de 2011;64(8):723-5.
30. McKiernan C, Chua LC, Visintainer PF, Allen H. High flow nasal cannulae therapy in infants with bronchiolitis. *J Pediatr* 2010; 156(4): 634-638.
31. Bubble CPAP System. Disponible en: <http://www.junnimed.com/system/download/FP%20Bubble%20CPAP%20System.pdf>

32. Algaba Á, Nin N. Maniobras de reclutamiento alveolar en el síndrome de distrés respiratorio agudo. *Med Intens* 2013; 37(5): 355-362.
33. Lucangelo U, Vassallo FG, Marras E, Ferluga M, Beziza E, Comuzzi L, et al. High-Flow Nasal Interface Improves Oxygenation in Patients Undergoing Bronchoscopy. *CCRP* 2012; 2012: 1-6.
34. Futier E, Jaber S. High-flow nasal cannula following extubation: Is more oxygen flow useful after surgery? *Intens Care Med* 2015; 41(7):1310-1313