

## **MONITOREO ANESTESIOLOGICO**

### **Introducción**

El monitoreo de la anestesia general es de vital importancia para llevar a cabo procedimiento seguros. Debemos tener en cuenta que al realizar una anestesia general, lo que se produce técnicamente es una intoxicación farmacológica del sistema nervioso central, sistema que controla de forma inmediata y directa, las funciones de las que depende la vida del organismo. Por esta razón resulta fundamental vigilar de manera exhaustiva las variables fisiológicas del paciente.

### **Definición**

El monitoreo anestesiológico se define como la aplicación de técnicas físicas e instrumentales que permiten observar y vigilar el desarrollo de las variables fisiológicas del paciente durante un procedimiento anestésico. El objetivo es evitar complicaciones durante este periodo y mantener un plano anestésico adecuado. El monitoreo debe ser continuo, ya que hay ciertas complicaciones que se presentan repentinamente y pueden tener devastadoras consecuencias (ej: distritmias ventriculares), y exhaustivo; es decir se deben vigilar todos los parámetros fisiológicos del paciente. Resulta fundamental además registrar los datos obtenidos, para establecer tendencias en el tiempo, que son las de real importancia para la toma de decisiones y correlacionar los datos obtenidos, para hacer diagnósticos de manera correcta. El registro de la información en la ficha de anestesia, además permite contar con un antecedente clínico del paciente ante intervenciones futuras, sirve para realizar estudios retrospectivos y como respaldo legal.

Dentro de los aspectos que se va a monitorear está la profundidad anestésica, la función cardiovascular, la función respiratoria y la temperatura.

### **Tipos de monitoreo**

. Existen básicamente dos formas de realizar el monitoreo, la básica y la avanzada. La primera es la que se lleva a cabo con los sentidos del examinador y con instrumental básico, de uso habitual durante la exploración física, como el fonendoscopio y el termómetro. La avanzada es la que se realiza mediante instrumentación especializada, como monitores multiparámetros, oxímetros de pulso, cápnógrafos, dopplers, etc. El monitoreo básico es fácil de realizar, sin embargo la cantidad y calidad de información que podemos obtener es reducida, requiere del contacto físico del examinador con el paciente, lo que no siempre es fácil de lograr; además la información que se obtienen en un momento determinado es sólo parcial, ya que el examinador puede estar tomando sólo una medición a la vez. Por el contrario el monitoreo avanzado entrega información múltiple (varios parámetros), simultanea (toda la información en un mismo momento), continua (durante todo el procedimiento), específica (información que no puede ser obtenida por el método básico) y sensible (detecta alteraciones en forma temprana). La principales desventajas tienen que ver con el costo de la instrumentación y con la habilidad del examinador para interpretar la información recopilada. En pacientes ASA I, sometidos a procedimientos electivos de corta duración, probablemente sea suficiente el monitoreo básico, pero en pacientes de categorías superiores es necesario contar con la información entregada por el monitoreo avanzado.

## Monitorización del plano anestésico

Durante la anestesia general el animal pasa por una serie de planos anestésicos. Históricamente se ha utilizado la clasificación de Guedel que determina 4 niveles de profundidad anestésica, sin embargo esta clasificación ha sido sustituida actualmente, por una que determina sólo tres niveles, el plano superficial, quirúrgico y profundo.

Actualmente se puede determinar directamente el grado de depresión de la actividad cerebral de un paciente sometido a una anestesia general. Esto se hace mediante el monitor BIS, este monitor entrega un valor, el índice biespectral, que resulta del análisis de las ondas electroencefalográficas. Los valores se encuentran entre 0 y 100. El valor 0 corresponde a un individuo sin actividad cerebral, el 100 a un individuo despierto. Un paciente en un plano quirúrgico tiene un BIS cercano a 40. Sin embargo esta es una tecnología que no estará disponible en muchos años en la práctica veterinaria. Lo que se hace actualmente es estimar indirectamente el grado de depresión del sistema nervioso central, mediante la depresión de otros sistemas dependientes de esta función.

Aunque estos planos son fácilmente identificables, en muchas oportunidades un determinado paciente puede mostrar signos de planos distintos, por lo tanto el anestesista debe evaluar múltiples parámetros para llegar a una conclusión correcta. La evaluación de la profundidad anestésica se realiza evaluando las variables fisiológicas, la respuesta al estímulo quirúrgico (respuesta motora, hemodinámica y respiratoria), y evaluando algunos reflejos como el pupilar y palpebral, el tono muscular y la posición del ojo entre otros.

	Superficial	Quirúrgico	Profundo
Respuesta Motora	+	-	-
Respuesta Hemodinámica	+	-	-
Respuesta Respiratoria	+	-	-
Tono muscular	Alto	Moderado	Bajo
Posición ojo	Central	Ventromedial	Central
Reflejo palpebral	+	-	-
Reflejo pupilar	+	+ o -	-
Tamaño pupilar	N	N o +	++
Deglución	+ o -	-	-
Variables fisiológicas	N o ↑	N o ↓	↓↓

Respuesta a la estimulación quirúrgica: Es uno de los parámetros mas indicativos para evaluar la profundidad anestésica. Cuando el paciente se encuentra en un nivel anestésico superficial, la percepción del dolor, aunque no conciente, provoca respuestas como movimientos musculares espontáneos (respuesta motora +) o pequeñas contracciones musculares. Estas respuestas motoras generalmente van acompañadas por aumentos en la frecuencia respiratoria, y en algunos casos de aumento en la respuesta hemodinámica que se traduce en elevaciones bruscas de la frecuencia cardiaca y la presión arterial. Por el contrario, en planos anestésicos adecuados (quirúrgicos) o profundos, estas respuestas en función al estímulo quirúrgico, no existen.

Variables fisiológicas: Un paciente en un plano anestésico superficial puede tener las variables fisiológicas dentro del rango considerado normal o incrementado, uno en un plano quirúrgico, normales o levemente disminuidas (considerado normal), mientras que un animal en un plano anestésico profundo, estará con sus variables por debajo de

los considerados normales para le especie. Cabe destacar que la función respiratoria se ve deprimida antes que la cardiovascular en planos anestésicos profundos. También es importante mencionar que frecuencias elevadas NO siempre indican planos superficiales. A modo de ejemplo un animal puede tener una frecuencia cardiaca alta producto de una depresión respiratoria importante producto de un plano anestésico profundo, por lo que resulta fundamental correlacionar los datos obtenidos para un diagnóstico correcto de la situación.

Tono muscular: Se evalúa mediante la resistencia a la apertura mandibular. Esta resistencia es alta en planos superficiales, moderada en plano quirúrgicos y ausente en planos profundos.

Posición del ojo: Presenta posición central tanto en planos superficiales como profundos y una posición ventromedial en planos quirúrgicos.

Reflejo palpebral: Este se encuentra presente en planos superficiales. En planos quirúrgicos se encuentra ausente (los libros tradicionales de anestesiología veterinaria dicen que este reflejo se mantiene en planos quirúrgicos), al igual que en planos profundos.

Tamaño y reflejo pupilar: En planos superficiales presenta un tamaño normal, que va aumentando de tamaño hasta presentarse muy dilatada en planos anestésicos profundos. Lo mismo ocurre con el reflejo pupilar, tiene una respuesta normal en planos anestésicos superficiales, disminuida en planos quirúrgicos y ausente en planos profundos. La premedicación con atropina invalida la utilidad de esta evaluación en el inicio del acto quirúrgico.

Movimientos deglutorios: No son esperables en planos quirúrgicos ni profundos.

Como se dijo anteriormente, hay ciertas ocasiones en que los signos de profundidad anestésica son poco claros. En este caso lo recomendable es disminuir el plano anestésico, en espera de signos mas claros. En el caso de las anestesia inducida por ketamina resulta difícil evaluar el grado de profundidad anestésica.

### **Monitorización de la función cardiovascular**

La anestesia general causa depresión de la función cardiovascular de manera dosis dependiente. Las formas mediante la cual produce este efecto son variables. Algunos fármacos producen depresión directa del miocardio (ej.: halotano), lo que produce una disminución del debito sistólico, con el consiguiente impacto en el volumen minuto cardiaco. La mayoría de los anestésicos, con la notable excepción del etomidato, producen una disminución en la respuesta refleja de los barorreceptores a la disminución de la presión arterial. Otros, como el isoflurano, producen vasodilatación arteriolar a nivel periférico, lo que produce un desplazamiento importante del volumen vascular a estos territorios, llevando a caídas importantes de la presión arterial. Otros fármacos inducen disrritmias, algunas de las cuales tienen un profundo impacto en la fisiología cardiovascular.

El objetivo de la monitorización cardiovascular es asegurar un adecuado flujo sanguíneo tisular. Lo ideal es obtener información del volumen minuto cardiaco, lo que

se puede realizar de diversas formas con técnicas de hemodilución y de ecodoppler transesofágico, técnicas que no están a disposición en la práctica clínica habitual. Actualmente las formas de exploración de este sistema son: auscultación, determinación de tiempo de llenado capilar, palpación del pulso, electrocardiografía y medición de la presión arterial.

Auscultación: La auscultación tradicional generalmente se ve dificultada por el campo quirúrgico. Lo que se hace es utilizar un fonendoscopio esofágico. La auscultación nos dará información acerca de la frecuencia y el ritmo cardiaco. Es esperable una disminución de la frecuencia cardiaca, respecto de la frecuencia cardiaca basal (medida en reposo) no mayor de un 30%. La auscultación es un método poco sensible para la valoración de las disritmias cardiacas, ya que si bien es cierto es posible detectar la mayoría, no es posible clasificarlas, lo que resulta fundamental para valorar la necesidad de tratamiento.

Tiempo de llene capilar: Un tiempo de llene capilar prolongado (sobre los dos segundos) indica una pobre perfusión tisular, relacionada con planos anestésicos profundos. Los animales con una presión arterial sistólica inferior a 80 mm de Hg. (hipotensión), suelen tener un tiempo de llene capilar prolongado.

Palpación de pulso: Mediante la evaluación del pulso, lo que hacemos es estimar clínicamente la calidad del débito sistólico. Se determina mediante la palpación de la arteria femoral, sublingual, metacarpiana o metatarsiana. Se debe evaluar la amplitud, ritmo y sincronía con el latido cardiaco. Si bien es cierto es deseable un pulso fuerte, se debe tener presente que un pulso fuerte no se correlaciona necesariamente con una presión arterial adecuada, sino con la presión de pulso, que es la diferencia entre la presión arterial sistólica y la diastólica (normalmente de entre 40 a 50 mm de Hg.).

Electrocardiografía: La electrocardiografía entrega información acerca de la actividad eléctrica del corazón, siendo fundamental para el diagnóstico de las disritmias intraoperatorias y para la evaluación de su tratamiento. En la práctica veterinaria se utiliza casi exclusivamente la exploración con tres electrodos. En el caso de la nomenclatura internacional, el electrodo rojo se ubica en el miembro anterior derecho, sobre el codo; el amarillo en el miembro anterior izquierdo, en la misma ubicación que el anterior; y el verde, en el miembro posterior izquierdo, sobre la rodilla. En la nomenclatura norteamericana, el electrodo blanco se ubica en el miembro anterior derecho, el negro en el miembro anterior izquierdo y el rojo en el posterior izquierdo. El diagnóstico y tratamiento de las disritmias mas comunes en el intraoperatorio se analizará en el capítulo de complicaciones anestésicas.

Monitorización de la presión arterial: La determinación de la presión arterial es de fundamental importancia para el anestesista, ya que un valor normal indica un correcto estado de la función cardiovascular. Los valores normales en animales en un plano quirúrgico son de: PAS 90-120 mm. Hg, PAM: 70-100 mm. Hg y PAD: 55-90 mm. HG.

Existen dos formas de poder medirla, el método directo y el indirecto. El primero es considerado la forma mas exacta de medir la presión arterial, sin embargo necesita de la cateterización de una arteria periférica (en el perro las mas frecuentemente usada es la metatarsiana dorsal), que se conecta a un manómetro. Si bien es cierto esta es la forma de obtener mediciones mas exactas, es de escasa utilización en la práctica clínica debido a la invasividad de la técnica, y a las complicaciones como hematomas o infección. Lo mas común es la utilización de las

técnicas indirectas, dentro de las que tenemos el método doppler y el oscilométrico. Ambos métodos se basan en la oclusión del flujo sanguíneo en una extremidad por la insuflación de un manguito (cuff) y la reaparición del flujo durante la deflación del mismo. Se pueden utilizar los cuatro miembros o la cola para obtener las lecturas. Es muy importante usar el manguito apropiado para las mediciones. En ancho de este debe ser aproximadamente el 40% de la circunferencia del miembro. Si se utilizan manguitos mas anchos, se subestimaré la presión arterial, y por el contrario, si se utilizan manguitos mas estrechos se sobreestimaré.

- Método doppler: En este caso la detección del flujo se hace mediante la colocación de un cristal piezoeléctrico sobre una arteria periférica, de esta forma amplifica el sonido producido por el paso de sangre a través de la arteria (a diferencia de lo que sucede en medicina humana, el paso de sangre por la arteria no genera un ruido audible que pueda ser auscultado con un fonendoscopio tradicional). El procedimiento se inicia eligiendo el área donde se va a conectar la sonda, las ubicaciones mas común es sobre la arteria metacarpiana, para esto el cristal se debe ubicar en la superficie palmar entra el cojinete metacarpiano y el carpal. Otras ubicaciones son en la superficie ventral de la cola y sobre el cojinete metatarsiano en el miembro posterior derecho, entre otras. Una vez seleccionada el área se debe rasurar, se aplica gel en el área cóncava del cristal y una vez detectado el flujo se fija con una cinta adhesiva. Posteriormente se ubica el manguito, se cierra la válvula y se infla el manguito hasta que se deja de escuchar el flujo. Luego de esto se comienza a abrir lentamente la válvula, de manera que se comience a desinflar el manguito, la sangre lentamente volverá a fluir por la arteria, cuando esto suceda y se escuche el primer sonido de flujo, este corresponderá a la presión arterial sistólica. La desventaja que tiene esta técnica es que sólo se puede obtener lecturas de la presión arterial sistólica, las lecturas son intermitentes y no son automáticas.
- Método oscilométrico: En este método, es el propio manguito el que detecta las oscilaciones de presión que se producen debido al cambio de volumen de la extremidad, que se producen debido a la pulsación de las arterias. Si bien es cierto es un método mas costoso, las mediciones son automáticas y entregan información de la PAS, PAD y PAM. Una desventaja importante de este método, es que no siempre se obtienen lecturas en animales de talla pequeña (a diferencia de lo que pasa con el método doppler , con el que se pueden obtener lecturas hasta en animales de laboratorio). En algunos casos tampoco es posible obtener lecturas en pacientes hipotensos.

### **Monitorización de la función respiratoria**

La anestesia general deprime de diversas formas la función respiratoria Por una parte hay disminución de la respuesta de los quimiorreceptores centrales a los niveles arteriales de CO<sub>2</sub> lo que hace que la respuesta a sus elevaciones sanguíneas sea mucho mas reducida. Hay además depresión de la musculatura respiratoria, lo que se traduce en una disminución de la expansión del tórax, con la consiguiente disminución del volumen tidal. Los anestésicos inhalatorios producen pérdida de reflejos protectivos como el de vasoconstricción pulmonar hipóxica. Cuando la presión de oxígeno en los alvéolos cae por debajo de los 50 mm Hg, se produce una vasoconstricción de los vasos que irrigan estos alvéolos. Esto tiene como objetivo desplazar sangre hacia alvéolos que

estén mejor ventilados para así mejorar la eficiencia del intercambio gaseoso. Esta respuesta se ve abolida por la administración de anestésicos inhalatorios.

Existe además pérdida de protección de la vía aérea, ya que se encuentran abolidos reflejos protectivos como el reflejo tusígeno y el deglutorio, frente a la presencia de algún cuerpo extraño, saliva o vómito, con lo que aumenta el riesgo de aspiración si no se protege la vía aérea. También se produce una disminución función mucociliar, producto de la acción de agentes como el halotano u oxígeno no humidificado. Esto hace que la eliminación de cuerpos extraños y bacterias de la vía aérea se vea comprometida.

Se producen alteraciones en la relación ventilación/perfusión (V/Q). En condiciones ideales, una unidad de volumen sanguíneo debería irrigar una unidad de gas alveolar, esto determinaría una relación entre la ventilación y la perfusión de un área pulmonar igual a uno ( $V/Q = 1$ ), sin embargo esto no ocurre así, y en animales normales, esta relación es cercana 0.8, debido a particularidades fisiológicas que revisaremos a continuación.

Si hacemos subdivisiones de la anatomía pulmonar, respecto de la ventilación y perfusión de las distintas áreas del pulmón, nos daremos cuenta de que a medida que nos desplazamos hacia las áreas mas ventrales, la perfusión mejora por un efecto gravitacional, en que, por la fuerza de gravedad, la sangre tiende a desplazarse hacia las áreas mas ventrales. Si vemos que pasa con la ventilación nos encontraremos con que también mejora hacia las áreas mas ventrales del pulmón, esto porque los alvéolos de la base pulmonar se encuentran parcialmente colapsados por el peso de la masa pulmonar, por lo que en el momento de la inspiración son capaces de expandirse mucho mas de lo que lo hacen los alvéolos de los ápices, que ya se encuentran parcialmente distendidos, debido al menor peso sobre ellos. Sin embargo la ventilación mejora mucho mas que la perfusión a medida que nos acercamos a las zonas basales del pulmón lo que determina la existencia de tres áreas bien delimitadas

En las zonas intermedias la relación  $VQ = 1$ , siendo la zona mas eficiente desde el punto de vista del intercambio alveolo capilar. La zonas apicales del pulmón tienen una ventilación mayor que la perfusión ( $V/Q = 2.5$ ). En esta zona la circulación no es continua a lo largo de todo el ciclo cardiaco. Durante el diástole, la presión alveolar es mas grande que la presión arterial del capilar de pared del alveolo, de manera que el capilar está colapsado (hay que recordar que a diferencia de la circulación sistémica, la circulación pulmonar es un sistema de bajas presiones), sin embargo durante el sístole la presión del capilar aumenta, permitiendo el paso de sangre para su oxigenación. Durante la anestesia se produce una disminución de la presión arterial sistémica y también una disminución de la presión pulmonar, lo que hace que, dependiendo de la magnitud de la disminución, la presión del alveolo sea mayor que la presión del capilar durante el sístole, impidiendo el flujo de sangre en la pared alveolar durante todo el ciclo cardiaco. Esto hace que hayan alvéolos correctamente ventilados, que no reciben irrigación, produciendo un aumento del espacio muerto alveolar.

Por otro lado en las zonas basales del pulmón es mejor la perfusión que la ventilación ( $V/Q = 0.6$ ). En esta zona, la disminución del volumen tidal propiciada por la anestesia, induce atelectasia alveolar, por lo tanto estos alvéolos colapsados no producirán intercambio de gases y la sangre de los capilares que los irrigan pasaran a la circulación arterial sin oxigenarse ni intercambiar dióxido de carbono, lo que se conoce como cortocircuito.

Por todo esto, la anestesia general produce una depresión de la función respiratoria, que pueden o no llevar a una alteración de las presiones arteriales de  $O_2$  y  $CO_2$ , dependiendo de la magnitud de la depresión, del tipo de intervención, del tipo de

apoyo a la función respiratoria que estamos entregando y de la capacidad de reserva fisiológica del paciente.

Hay dos funciones principales que hay que monitorear cuando se vigila la eficiencia respiratoria, la oxigenación y la ventilación.

### Monitoreo de la oxigenación

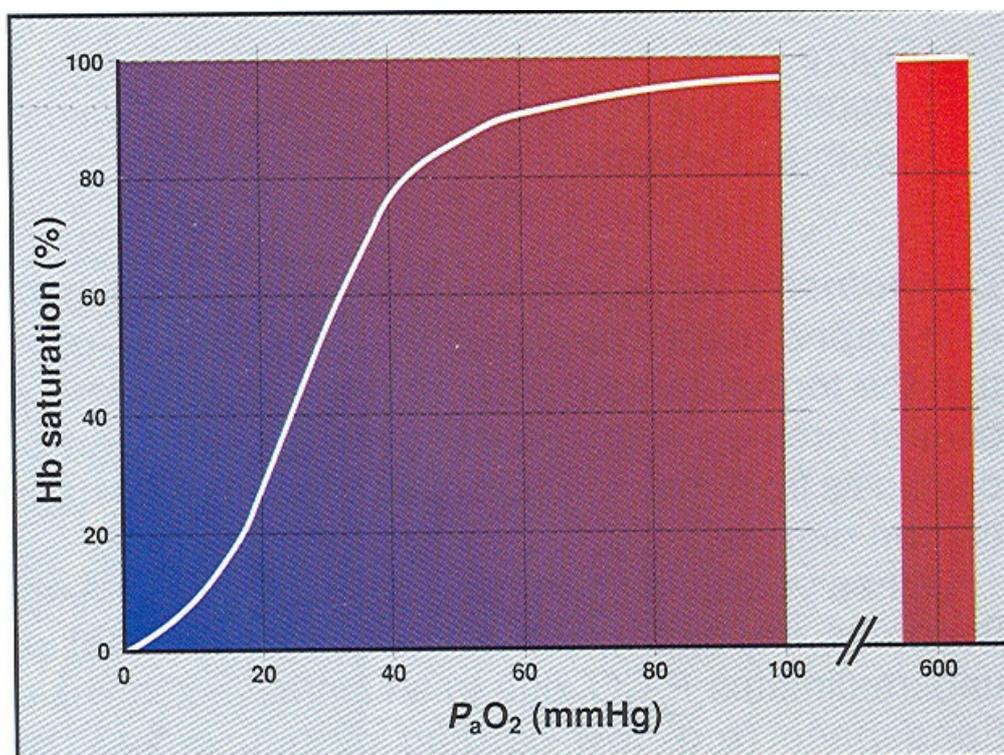
El objetivo del monitoreo de la oxigenación es asegurar una correcta entrega de oxígeno a los tejidos. Los valores normales de oxígeno en la sangre arterial, se encuentran entre los 90 a 100 mm Hg. Lo ideal para conocer este valor de forma directa, es contar con un analizador de gases sanguíneos, sin embargo son monitores costosos, que trabajan con una muestra de sangre arterial, lo que no siempre es fácil de obtener en el intraoperatorio. Además el procesamiento de la muestra demora un tiempo, lo que lo convierte en una herramienta poco útil en anestesiología, sobre todo pensando en la rapidez con que se presentan ciertas complicaciones. Lo que se usa, entonces, es intentar estimar la presión arterial de oxígeno a través de otros indicadores.

Coloración de las mucosas: Unas membranas mucosas rosadas indican una correcta oxigenación. Membranas pálidas indican anemia o vasoconstricción periférica. La coloración azulada de las mucosas indica cianosis, lo que es indicativo de hipoxia severa con presión arterial de  $O_2$  cercana a 40 mm Hg, por lo que es un indicador muy tardío (poco sensible) de una complicación respiratoria.

Analizador de oxígeno en la vía inspiratoria: Indica el porcentaje de oxígeno entregado por el circuito respiratorio.

Hemoximetría: Determina los distintos tipos de hemoglobina a nivel arterial. Para la obtención de estos datos se necesita de la obtención de una muestra arterial, por lo que tampoco se usa rutinariamente en anestesiología.

Oximetría de pulso: Es el monitor utilizado por excelencia para la vigilancia de la oxigenación durante la anestesia. Lo que hacen los oxímetros de pulso es hacer una estimación de la presión de oxígeno a nivel arterial a partir del porcentaje de hemoglobina saturada con oxígeno en la sangre arterial ( $SaO_2$ ). La forma en que la  $SaO_2$  y la  $PaO_2$  están relacionadas queda demostrada por la curva de disociación de la hemoglobina.



Los valores normales de saturación de O<sub>2</sub> son 95% o superiores, que se correlacionan con niveles de PaO<sub>2</sub> de 80 mm de Hg y superiores. Un valor de SaO<sub>2</sub> de 90% se correlaciona con un nivel de PaO<sub>2</sub> de 60 mm de Hg, lo que corresponde a hipoxia. La hipoxia severa se ve con saturaciones de oxígeno menores a 80%, que se corresponden con una PaO<sub>2</sub> de 40 mm de Hg, siendo en este momento cuando se visualizan las mucosas de color cianótico.

	SaO <sub>2</sub>	PaO <sub>2</sub>	Mucosas
Normal	≥ 95%	80-100 mm Hg	Rosadas
Hipoxia leve	90-85%	60 mm Hg	Rosadas
Hipoxia severa	<80 %	40 mm Hg	Cianóticas
Oxígeno al 100%	≥ 95%	500 mm Hg	Rosadas

Es importante destacar que es fundamental conocer los valores de hemoglobina, ya que la saturación es sólo un valor relativo, de esta manera un paciente anémico tendrá una saturación normal (una lectura de 95% indica que del total de la Hb circulante un 95% esta saturada con oxígeno), pero puede tener comprometida su oxigenación tisular.

Los oxímetros utilizan un sensor que debe ser posicionado en una zona en donde detecte flujo de sangre pulsátil. La lengua es donde registra mejores lecturas, sin embargo también puede ubicarse en otros lugares como los labios, orejas, piel de la zona inguinal, vulva y prepucio.

La oximetría de pulso se fundamenta en la espectrofotometría clásica que permite calcular la concentración de una sustancia en solución a partir de su absorción óptica a una longitud de onda determinada. La sustancia que se está analizando se ilumina y se mide cuanta luz absorbe, de tal medida se calcula la concentración. Dicha técnica analítica también establece que para analizar dos sustancias en solución se necesitan dos longitudes de onda. En el caso de la sangre, hay dos sustancias relevantes en la oxigenación que son la Hemoglobina y la desoxihemoglobina. Como son dos; los oxímetros emiten dos longitudes de onda: roja e infrarroja. La oxihemoglobina capta luz infrarroja y la desoxihemoglobina luz roja. La desoxigenación de la sangre causa un aumento de la desoxihemoglobina, por lo tanto absorción creciente de la luz roja y decreciente en la infrarroja. Visto de una manera simplista, el oxímetro sólo tiene que medir lo rojo de la sangre arterial e interpretarlo en términos de saturación.

El oxímetro además entrega de los valores de la frecuencia de pulso y algunos de ellos la onda pletismográfica, que es un indicador del debito sistólico y valida los resultados de la saturación de oxígeno, ya que demuestra la capacidad del equipo de detectar un flujo pulsátil.

La oximetría de pulso presenta ciertos inconvenientes: no informa acerca de la ventilación, un paciente puede estar hipoventilando y si esta recibiendo oxígeno al 100%, los niveles de oxígeno permanecerán altos por un tiempo prolongado (dependiendo de la magnitud y duración de la hipoventilación). Por otra parte, todas aquellas condiciones que lleven e a una disminución de la perfusión tisular como la hipotensión y la hipotermia llevaran a falta de lecturas por vasoconstricción periférica. Otras condiciones que pueden llevar a una falta de registros son, anemia marcada (Hb< 5 gm/dl), movimiento, posicionamiento del sensor en tejidos inflamados, mucosas pigmentadas, piel con pelos (es conveniente depilar antes de posicionar el sensor) y la ubicación del sensor en lengua en el gato (por las espículas).

Normalmente en la sangre existen tipos de hemoglobinas que no participan en el intercambio gaseoso, son las llamadas dishemoglobinas (carboxihemoglobina y metahemoglobina), que presentan una concentración mínima en la sangre (representan

menos del 1% del total):Estas Hbs, bajo condiciones especiales pueden aumentar, como por ejemplo la metahemoglobina en caso de intoxicación con paracetamol en gatos o por la aplicación de productos tópicos que contengan benzocaina, la carboxihemoglobina por otra parte aumenta en los casos de intoxicación con monóxido de carbono, condición muy rara en veterinaria. En estos casos los porcentajes de dishemoglobinas aumentarían, siendo leídas como oxihemoglobina por el oxímetro, lo que lleva a la sobreestimación de la saturación de oxígeno.

Analizador de gases sanguíneos: Si bien es cierto el analizador de gases sanguíneos es el monitor que entrega la información más exacta acerca de la oxigenación, ya que entrega los valores directos de la PaO<sub>2</sub>, PaCO<sub>2</sub> y pH, entre otros valores, no se utiliza de manera rutinaria en anestesiología veterinaria, por lo costoso del equipo, la dificultad para obtener muestras y por la demora en la entrega de resultados.

### **Monitoreo de la ventilación**

El objetivo del monitoreo de la ventilación es asegurar una correcta entrada y salida de aire a las vías respiratorias, esto se realiza estimando la PaCO<sub>2</sub>, ya que es el CO<sub>2</sub>, el principal estimulante de la ventilación. Existen numerosas formas de evaluar la función ventilatoria.

Observación y auscultación: De esta manera se puede obtener información de la frecuencia, ritmo respiratorio y una estimación subjetiva del volumen tidal, examinando la expansión torácica durante en ciclo respiratorio. La frecuencia respiratoria se puede estimar de diversas maneras: mediante la auscultación con el fonendoscopio esofágico, observando los movimientos respiratorios, los movimientos de la bolsa reservorio de la máquina de anestesia, observando como se empuja el traqueotubo, o leyendo la información de monitores especializados como el capnógrafo o monitores multiparámetro.

Monitores de Apnea: Son dispositivos que emiten una alarma sonora ante la ausencia de movimientos respiratorios.

Espirometría: Los espirómetros son instrumentos que se ubican en la máquina de anestesia y lo que hacen es medir el volumen tidal del paciente (10 a 15 ml/kg), durante la anestesia general. Si bien es cierto se puede conocer exactamente el volumen minuto del paciente, no entregan información acerca de la eficiencia del intercambio a nivel alveolar.

Analizador de Gases Sanguíneos. El ideal para examinar la ventilación, ya se explicaron las razones del porqué no se utiliza en anestesiología clínica veterinaria.

Capnografía: Lo que hace la capnografía es estimar la PaCO<sub>2</sub> a partir de la PACO<sub>2</sub> (presión alveolar de CO<sub>2</sub>) El CO<sub>2</sub> El se equilibra entre el alveolo y la sangre debido a diferencias de presión que se establecen entre la sangre y el alveolo, de manera que se puede estimar la presión de este gas en sangre, conociendo la presión que hay en los alvéolos. Lo que hace el monitor es calcular la cantidad de CO<sub>2</sub> al final de la espiración y así estimar la PaCO<sub>2</sub>. (ese es el aire que ha estado en contacto más estrecho con el alveolo). Esto lo realiza mediante la obtención de una muestra de gas alveolar (es el gas eliminado al final de la espiración) que se toma mediante un sensor ubicado entre el traqueotubo y el circuito respiratorio de la máquina de anestesia. Cabe mencionar que para que las cantidades de PaCO<sub>2</sub> sean normales, no sólo la ventilación debe ser normal.

También la producción tisular y el transporte en sangre debe ser normal, de esta manera, el monitor no sólo evalúa la ventilación, sino que también de modo indirecto, el metabolismo y la función circulatoria.

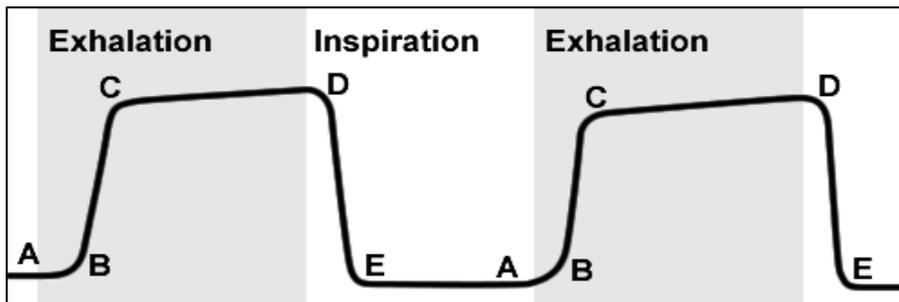
Este monitor entrega el valor del CO<sub>2</sub> eliminado al final de la espiración (ETCO<sub>2</sub>, de sus siglas en ingles), expresado en mm de Hg. Los valores normales se sitúan entre los 30 a 45 mm Hg. Hay algunos monitores que entregan este valor como %, (FeCO<sub>2</sub> : fracción espirada de CO<sub>2</sub>), en este caso los valores normales se sitúan entre el 3.9 al 5.2%. El capnógrafo además entrega la representación gráfica de la curva de CO<sub>2</sub>, conocida como capnograma, la frecuencia respiratoria y la inspiración de CO<sub>2</sub> (debiera ser siempre cero)

Cuando los valores del ETCO son mayores a 45 mm Hg se diagnostica como hipercapnia, que puede deberse a: hipoventilación,, hipertensión (llega mas sangre y por lo tanto mas CO<sub>2</sub> al pulmón) fiebre o hipertermia o a un fallo de la máquina anestesia. Para hacer un diagnóstico correcto, es necesario correlacionar la información obtenida con la información derivada de la exploración de otros sistemas (por ejemplo si tengo un ETCO<sub>2</sub> elevado, pero la temperatura u la presión es normal, sabré que el problema principal es la hipoventilación).

Cuando los valores del ETCO son menores a 30 mm Hg se diagnostica como hipocapnia, problema causado por hiperventilación, hipotensión o hipotermia.

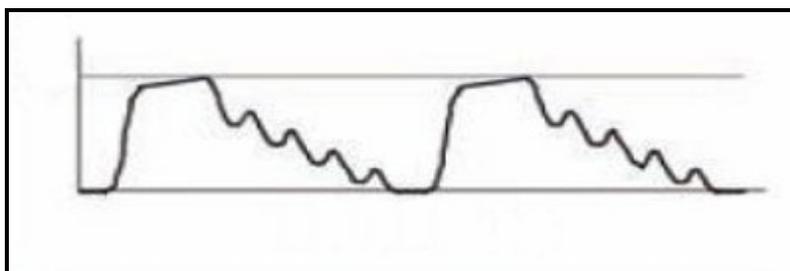
Un valor de ETCO<sub>2</sub> de cero, puede indicar apnea, paro cardiorrespiratorio o desconexión del sensor del capnografo de la vía respiratoria.

El capnograma es la representación grafica de la curva de CO<sub>2</sub> durante un ciclo respiratorio completo

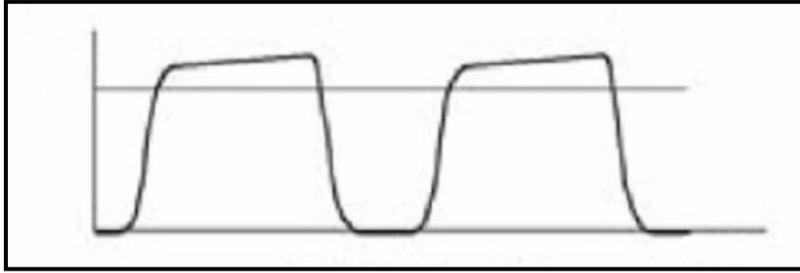


El segmento A-B corresponde al inicio de la espiración, el segmento B-C, corresponde a la eliminación del aire contenido en el espacio muerto anatómico, El segmento C-D a la eliminación de aire alveolar (el punto D es el que usa el equipo para hacer el cálculo del ETCO<sub>2</sub>). El segmento D-E representa el inicio de la inspiración y el E-A la pausa inspiratoria. Solo existe una forma normal del capnograma (como un sombrero), cualquier forma distinta es anormal y de be ser investigada

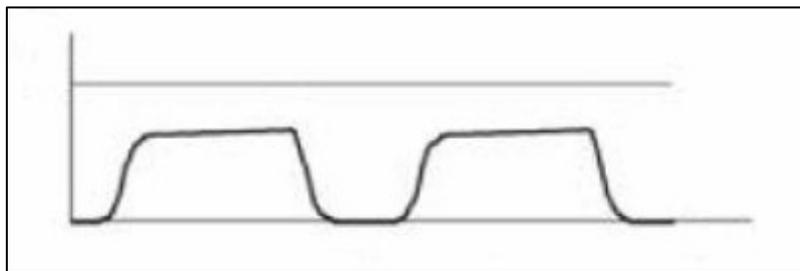
- a) Oscilaciones cardiogénicas: En este caso se visualiza una apariencia dentada de la porción final del capnograma. Están dadas por el golpe del corazón sobre los pulmones, generalmente se presentan en animales con tiempos espiratorios largos. No tienen ninguna relevancia clínica.



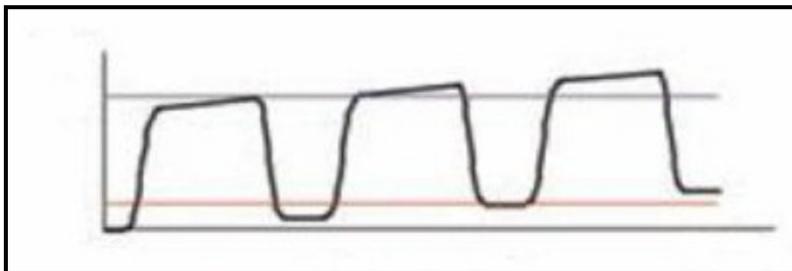
b) Hipercapnia: En este caso el capnograma resulta mas alto de lo normal. Conjuntamente se registra un ETCO<sub>2</sub> más alto de lo normal.



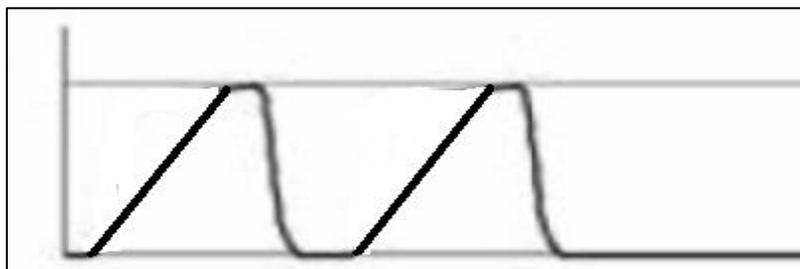
c) Hipocapnia: En este caso el capnograma resulta mas bajo de lo normal. Conjuntamente se registra un ETCO<sub>2</sub> mas abajo de lo normal



d) Elevación de la línea basal: Esta alteración se da cuando hay una reinalación de CO<sub>2</sub>, producto del mal funcionamiento de la máquina de anestesia



e) Ausencia de segmentos iniciales: Es el capnograma de obstrucción respiratoria se da en casos de broncoconstricción o en caso de obstrucción del traqueotubo.



f) Ausencia de capnograma: se da en casos de apnea, paro cardiorrespiratorio o desconexión del sensor de la vía respiratoria.

