

Monitorización durante la anestesia

PALABRAS CLAVE > Agentes anestésicos > inyectables > fármacos endovenosos > propofol > etomidato > usos clínicos > efectos fisiológicos

Dr. Carlos M. Acevedo Arcique¹
Dr. Eduardo Gutiérrez Blanco²
Dr. Antonio Ortega Pacheco²



¹Sección Anestesia y Analgesia. Hospital Veterinario para Perros y Gatos. FMVZ-Universidad Autónoma de Yucatán

²Sección Anestesiología y Manejo del Dolor. Dept. Salud Animal y Medicina Preventiva. FMVZ-Universidad Autónoma de Yucatán

Introducción

Durante la anestesia los procesos fisiológicos normales se ven afectados, lo que puede alterar la homeostasis del paciente.

Los objetivos de la monitorización perianestésica son asegurar que la profundidad anestésica es adecuada pero no excesiva, que las funciones vitales sean adecuadas, detectar de forma rápida la presencia de alteraciones en las funciones vitales que puedan comprometer la homeostasis, ayudar a instaurar la terapia necesaria para corregir las alteraciones en estas funciones, aumentar la seguridad anestésica disminuyendo la mortalidad y las complicaciones perianestésicas; mantener un registro escrito de los sucesos que ocurren durante la anestesia.

La vigilancia de la profundidad de la anestesia, circulación, oxigenación, ventilación y termorregulación debe considerarse un estándar de atención en todos los pacientes caninos y felinos.

Los colegios internacionales de anestesia y analgesia (ACVAA, ECVAA) así como la asociación de anestesistas veterinarios (AVA) recomiendan la monitorización durante la anestesia en animales. Se ha demostrado que la mortalidad y las complicaciones perianestésicas disminuyen cuando se monitorizan las funciones vitales durante la anestesia, ya que esto permite la detección temprana de problemas (hipotensión, hipoxia, hipercapnia grave).

Monitorización básica

Monitorización del plano anestésico.

Como es sabido los signos de Guedel en muchos casos tienen una falta de valor predictivo por lo que debemos utilizar otros signos clínicos para evaluar el correcto nivel anestésico del paciente. La combinación de la respuesta motora y del sistema nervioso autónomo son la base de la monitorización de la profundidad anestésica en la clínica diaria, por lo que cuando el nivel de anestesia es insuficiente, el estímulo quirúrgico o cualquier otro estímulo externo causan una descarga simpática y como consecuencia observamos incremento de la presión arterial, frecuencia cardíaca y respiratoria.

Color de las membranas mucosas

Indican de manera subjetiva la oxigenación de la sangre arterial y deben de tener un color rosado (cuadro 1). Para monitorizar el sistema respiratorio es poco fiable, ya que para poder detectar cianosis clínicamente es necesario tener <75% de la hemoglobina oxigenada. Se necesitan al menos 5 g/dl de Hb desaturada o una oxigenación <90% para poder detectar cianosis clínicamente. Los animales anémicos pueden tener muy poco contenido de oxígeno arterial y no apreciarse cianosis clínicamente.

Tiempo de llenado capilar

El tiempo de llenado capilar normal (retorno de la circulación) es <2 segundos. Un tiempo de llenado normal no indica necesariamente una buena perfusión sistémica, pacientes muertos pueden conservar un tiempo de llenado capilar relativamente

normal durante un período. Cuando el tiempo es >2 segundos puede indicar deshidratación, hipovolemia, vasoconstricción periférica, o disminución de la perfusión por disminución del gasto cardíaco.

Pulso yugular

La existencia de pulso yugular muestra un aumento de la presión en la aurícula derecha por insuficiencia cardíaca congestiva derecha o un problema en la válvula tricúspide.

Pulso periférico

El pulso que se palpa es el resultado de la presión arterial sistólica menos la diastólica, conocido como presión de pulso. Las características normales deben de ser fuerte, rítmico, correspondiente y con una frecuencia cardíaca adecuada.

Auscultación cardíaca

La auscultación del tórax nos permite evaluar los sonidos cardíacos y pulmonares, la frecuencia y el ritmo cardíaco. Durante la anestesia se puede hacer uso del estetoscopio esofágico para la auscultación.

Frecuencia respiratoria (FR)

Se puede determinar con el movimiento del tórax y se tiene una idea de la profundidad de la inspiración. Se recomienda durante la anestesia el uso de un estetoscopio esofágico que nos dé información de la FR y en cierta manera de la profundidad de la respiración, también ofrece la ventaja de evaluar al mismo tiempo sonidos broncoalveolares y cardíacos.



Color de las mucosas	Indicación subjetiva
<i>Pálidas o blancas</i>	Presencia de anemia o de vasoconstricción periférica (agonistas adrenérgicos β -2)
<i>Congestionadas</i>	Vasodilatación periférica, debida a fármacos (acepromacina), hipercapnia, sepsis, endotoxemia, etc.
<i>Cianóticas</i>	Desaturación o desoxigenación arterial

Cuadro 1. Asociación del color de las mucosas

Tipo de pulso	Causas
<i>Pulso débil o hipocinético</i>	Frecuencia cardíaca baja que conlleva a una reducción del gasto cardíaco. Presiones arteriales altas por vasoconstricción periférica (agonistas adrenérgicos β -2) Presiones demasiadas bajas por una excesiva depresión miocárdica (insuficiencia cardíaca) shock descompensado (hemorragia)
<i>Pulso muy marcado o hipercinético</i>	Fiebre, anemia, shunts arteriovenosos (conducto arterioso persistente), hipovolemia o excesiva vasodilatación (acepromacina, septicemia).

Cuadro 2. Alteraciones del pulso y sus posibles causas



En medicina veterinaria es frecuente utilizar un monitor de apnea para monitorizar la FR, sin embargo, es poco fiable y específico, sólo informa de la FR y no indica si la función respiración es adecuada.



Monitorización avanzada



Electrocardiografía (ECG)

La detección de la actividad eléctrica del corazón se realiza a través del ECG que nos permite el diagnóstico de arritmias, pero no así la actividad mecánica del corazón.



En anestesia se pueden utilizar las derivadas bipolares I II y III, siendo la derivada II la más común. En un corazón normal las ondas P, R y T son positivas en las derivadas I, II y III, pudiendo existir una pequeña onda Q y una onda S en la derivada II y III. Es importante destacar que la monitorización del ECG solamente es para evaluar el ritmo, no sirve para el diagnóstico de dilatación auriculoventricular, pues no se puede medir la duración y amplitud de las ondas. En ocasiones se puede observar actividad eléctrica sin pulso (para cardíaca), la cual se presenta como un ECG de morfología relativamente normal con ausencia de latido cardíaco.

Durante la anestesia debido a movimiento o por interferencia con el bisturí eléctrico se presentan artefactos en el ECG. Se pueden diferenciar de arritmias reales a través de la presencia o ausencia de ondas T, ya que durante los artefactos no está presente.

Dentro de las arritmias más comunes durante la anestesia son las extrasístoles y los bloqueos auriculoventricular de segundo grado, Mobitz tipo 2 (asociados a aumento del tono vagal).

Pulsioximetría

El oxímetro de pulso mide la saturación porcentual de hemoglobina en sangre arterial periférica y también registra de manera continua una fre-

cuencia de pulso digital. Algunos equipos pueden proporcionar una imagen de onda pletismográfica. Durante la anestesia el sitio más común para colocarlo la sonda es la lengua, se pueden utilizar otros sitios como labio, prepucio, vulva y membrana interdigital. Existen artefactos que lo pueden afectar como son disminución del pulso periférico, vasoconstricción, pigmentación de las membranas mucosas, movimiento, luces fluorescentes, entre otros.

CO2 espirado

El registro de la concentración de la presión parcial o porcentaje de CO2 espirado al final de la espiración (EtCO2) se puede realizar con un capnómetro o un capnógrafo. Este CO2 proviene directamente de los alveolos y representa el CO2 en sangre arterial (PaCO2). El EtCO2 indica si la respiración es adecuada o no ya que la eliminación de CO2 depende del volumen minuto. La capnografía es la medida numérica de la EtCO2. La Capnografía representa de manera gráfica el EtCO2 durante el ciclo respiratorio, y también permite evaluar si existe reinhalación de CO2 durante la inspiración. En pacientes anestesiados se obtiene a la salida del tubo endotraqueal. Existen dos tipos de capnógrafo, el de flujo lateral y de flujo central. El EtCO2 espirado en pacientes con respiración adecuada debe de ser de 35-45 mm Hg (eucapnia), valores >45 mm Hg indican hipoventilación (hipercapnia) y valores <35 indican hiperventilación (hipocapnia). ►

% de saturación	Características del paciente
96%	Pacientes sanos respirando aire ambiente a nivel del mar
100%	Pacientes sanos con oxígeno
93%	Pacientes con hipoxemia y desaturación de la hemoglobina
90%	Desaturación de hemoglobina e hipoxemia grave (presión parcial de O2 arterial <60 mm Hg)

Cuadro 3. Relación del % de saturación y posibles causas

Derivan los volúmenes respiratorios	Volumen tidal (Vt) inspirado y espirado Volumen minuto (Vm)
<i>Derivan las presiones pulmonares</i>	Presión inspiratoria pico Presión meseta Presión media, Presión positiva al final al final de la espiración (PEEP)
<i>Calculan la distensibilidad y la resistencia pulmonar,</i>	Compliance
<i>Muestra diferentes gráficas</i>	Presión-volumen Presión-tiempo Flujo-tiempo Volumen-tiempo

Cuadro 4. Parámetros obtenidos de la Espirometría y curva de presión volumen

Espirometría

Los espirómetros más frecuentes en anestesia son los sensores de flujo que se sitúan a la salida del tubo endotraqueal. Dan una amplia información acerca del sistema respiratorio lo cuales especialmente útil cuando se ventila mecánicamente y en pacientes con enfermedad pulmonar.

Gasometría arterial

Es la técnica para evaluar el sistema respiratorio más eficaz, se pueden obtener valores reales de O_2 y CO_2 en sangre arterial. La muestra de sangre arterial se obtiene de arterias periféricas palpables, las más utilizadas son la dorsal metatarsiana y la femoral a través de una jeringa heparinizada y analizada de forma inmediata.

Para interpretar las implicaciones de un valor particular de PaO_2 , se deben de considerar al mismo tiempo los siguientes factores: a concentración inspirada de O_2 (FiO_2) influye en la PaO_2 ; la presión atmosférica ($Patm$) también influye ya que a nivel del mar (760 mm Hg) los valores de PaO_2 son más altos que a altitudes mayores y por último la eficiencia de la ventilación, pacientes con hipoventilación tienen valores más altos de $PaCO_2$ que pa-

cientes que ventilan de modo normal o hiperventilan.

Presión parcial del agua (PH_2O), se aproxima a 47 mm Hg a $37^\circ C$ y el cociente respiratorio (R), se asume de 0.8 a 0.9

La PAO_2 se calcula a través de la "ecuación de los gases alveolares"

$$PAO_2 = FiO_2 (Patm - PH_2O) - PaCO_2/R$$

También se puede estimar la PAO_2 a nivel del mar como un valor de aproximadamente 5 veces la concentración inspirada de O_2 ($PAO_2 = 5 \times 21\% = 100$ mm Hg). Se espera que la PaO_2 sea similar a la PAO_2 cuando no existen problemas pulmonares de ventilación-perfusión o de difusión (atelectasias, neumonía, edema entre otros). La diferencia no debe ser menor de 15 mm Hg. Se considera que existe hipoxemia cuando la PaO_2 es $<70\%$ mm Hg e hipoxemia grave cuando es <60 mm Hg.

Concentración alveolar mínima (CAM)

La concentración de anestésico espirado, es en teoría muy próxima a la concentración alveolar y está a la concentración en el sistema nervio-

so central. La CAM se define como la concentración alveolar mínima de un anestésico volátil necesaria para que el 50% de los individuos no respondan a un estímulo doloroso. A 1.5 veces la CAM de un anestésico, el 95% de los individuos no responderá al estímulo. Se piensa que es más de uso experimental ya que nos permite comparar la potencia de distintos anestésicos inhalados entre sí, sin embargo, a nivel clínico incrementa nuestra capacidad para predecir la falta de respuesta al estímulo quirúrgico.

Presión arterial

La presión arterial resulta del gasto cardíaco (CO) y la resistencia vascular periférica (RVP). La presión arterial es un indicador indirecto de perfusión tisular, ya que la presión depende del CO y de la RVP. Cuando existe vasoconstricción periférica el CO está reducido, la perfusión disminuye, pero la presión arterial aumenta, por lo que las presiones normales o altas no son siempre sinónimo de una adecuada perfusión de los tejidos.

Durante la anestesia para tener una adecuada perfusión de los órganos vitales, la presión arterial media (PAM) no deberá de bajar en general de 60-70 mm Hg y la presión arterial sistólica (PAS) de 80-90 mm Hg. ►

Altitud	Valores de PAO_2 (mm Hg)		
	Concentración de O_2 inspirada del 21%	Concentración de O_2 inspirada del 50%	Concentración de O_2 inspirada del 95%
<i>Nivel del mar</i>	100	306	627
<i>500 m</i>	88	280	577
<i>1000 m</i>	78	256	531
<i>1500 m</i>	69	233	488
<i>2000 m</i>	60	212	448

Cuadro 5. Valores aproximados de PAO_2 a diferentes concentraciones inspiradas de O_2 y diferentes altitudes, cuando la ventilación es normal ($PaCO_2 = 40$ mm Hg)



Presión arterial no invasiva

Los diferentes métodos no invasivos para medir la presión arterial no son totalmente exactos o preciso, por lo que es importante observar los cambios que ocurren a lo largo del tiempo.



Oscilometría

Se basa en la oclusión de una arteria periférica mediante un manguito que se insufla y después libera el aire de manera gradual hasta que la sangre regresa a la arteria, produciendo unas oscilaciones características. Con este sistema se obtienen las tres presiones (sistólica, diastólica y media) de manera intermitente y automática.



Monitor Doppler

Este método detecta el flujo de sangre en una arteria mediante la emisión de ultrasonidos y su posterior detección cuando estos son reflejados por los eritrocitos en movimiento. El sonido audible resultante corresponde a la onda de pulso. La sonda Doppler se coloca sobre una arteria periférica como la metacarpiana o metatarsiana previo rasurado y aplicación de gel para facilitar la transmisión de los sonidos. Ya localizado el pulso se coloca un manguito conectado a un esfigmomanómetro y se incrementa la presión hasta que desaparezca el sonido del pulso, para después liberar lentamente la presión hasta que se escuche de nuevo el pulso, siendo la presión arterial sistólica a la que se escuchó de nuevo el sonido. Con este método se obtiene la presión sistólica de manera intermitente y no automática, aunque ofrece la ventaja de escuchar el pulso de manera continua.

En ambos métodos el ancho del manguito que se utiliza debe de ser del 40% de la circunferencia de la zona donde se montara.

Presión arterial invasiva

Método más exacto, especializado e invasivo, dado que es necesario canalizar una arteria existe el riesgo de complicaciones como hematomas, trombosis e infecciones.

Se pueden cateterizar la arteria auricular, lingual, femoral o coccígea, sin embargo, en perros la más común es la metatarsiana dorsal. Con este método se obtienen las tres presiones arteriales de manera continua y automática lo que permite detectar los cambios inmediatamente.

Para obtenerla una vez colocado el catéter en la arteria este se conecta a un transductor de presión a través de una extensión llena de suero con heparina (2 UI/ml). El transductor Se debe de calibrar a cero a nivel de la aurícula derecha abriéndolo al aire y estar conectado a un monitor.

Presión venosa central (PVC)

La PVC es un indicador del balance entre el retorno venoso y la capacidad cardíaca de eyectar ese volumen. Los cambios en la presión intratorácica que ocurren durante la respiración o ventilación mecánica influyen en la PVC. El valor normal de la PVC oscila entre 0-5 cm de H₂O y valores hasta 10 cm de H₂O pueden ser normales bajo anestesia general.

Para la medición es necesario colocar un catéter venoso central en la vena yugular y alojarlo en la porción intratorácica de la vena cava craneal. Se conecta a través de una extensión a una columna llena de suero graduada en cm y el valor cero se posiciona a la altura de la aurícula derecha. La altura a la que se equilibra el suero dentro de la columna con la presión es la PVC. También se puede conectar a un transductor y a un monitor como se hace con la presión arterial invasiva.

Gasto cardíaco (CO)

Nos permite evaluar el sistema cardiovascular. Existen varios métodos tanto no invasivos como invasivos, siendo estos últimos por lo general limitados a estudios de investigación.

Índice biespectral (BIS)

El sistema de vigilancia patentado Bispectral Index™ (BIS) salió al mercado de medicina humana desde 1994. El BIS analiza las características temporales y cualitativas (fase, amplitud y frecuencia) del EEG y mediante fórmulas matemáticas (transformación de Fourier) obtiene un número del 0 al 100, donde 0 significa ninguna actividad cerebral (EEG isoelectrico) y 100 representa el paciente despierto y alerta. El BIS no vigila la analgesia y no predice movimiento reflejo o actividad hemodinámica en respuesta a estimulación dolorosa. ►

Método	Tipo	Ventajas/desventajas
Termodilución Dilución por litio Método de Fick.	Invasivo	Métodos precisos Requieren cateterización de una arteria periférica y/o de la arteria pulmonar.
Reinhalación parcial de CO ₂ , Análisis del contorno del pulso Ecografía con Doppler esofágico	No invasivo	Métodos menos exactos. Desarrollados para humanos por lo que solo se puede aplicar a pacientes de cierto tamaño.

Cuadro 6. Diferentes métodos para medir el gasto cardíaco.

El BIS es afectado de formas diferentes según cada fármaco: propofol, midazolam y tiopental lo deprimen en grado notable, los anestésicos inhalados tienen un efecto intermedio, los opioides lo afectan poco, y el óxido nitroso y ketamina tienen a elevarlo. La vigilancia cuantitativa de la profundidad de la anestesia ayuda a minimizar el riesgo de que el paciente recupere la conciencia durante la anestesia, reducción de las dosis de fármacos anestésicos y menores tiempos de recuperación. En la actualidad se emplean más en instituciones veterinarias académicas que en la práctica privada.

Monitorización de otros parámetros

Existen otros parámetros que deben de vigilarse en pacientes o circunstancias seleccionados.

Producción de orina.

La perfusión y función renal puede evaluarse de forma indirecta mediante la producción de orina. La cantidad de orina producida por unidad de peso corporal y tiempo es un indicador de la función renal, cardiovascular y de la volemia del paciente. La monitorización urinaria requiere la cateterización y vaciado de la vejiga inicialmente para poder determinar la producción durante un período determinado. Esta monitorización se recomienda en pacientes con inestabilidad cardiovascular marcada, con insuficiencia renal o en casos donde la corrección de la volemia no esté garantizada. Es un método de monitorización sencillo y barato. Se considera oliguria con valores <0.5 ml/kg/h.

Temperatura corporal

El control de la temperatura del paciente es un elemento básico dentro de la monitorización anestésica. La observación continua de la temperatura corporal permite la detección temprana de hipertermia maligna, así como las pérdidas accidentales de calor, lo que es mucho más frecuente. Durante la anestesia es común que se pierda entre 1 y 4 °C. Esta pérdida moderada no conlleva efectos serios, puede producir letargo en el paciente, reducción de los requerimientos anestésicos, enlentecimiento de la recuperación y escalofríos anestésicos. Pacientes que tiritan aumentan su consumo de O₂ hasta en un 300%.

La hipertermia intraoperatoria es menos común, cuando la temperatura corporal alcanza 42-42°C se empieza a producir la desnaturalización de los componentes proteicos del organismo (enzimas) lo que conlleva que el paciente no sobreviva a esas temperaturas durante mucho tiempo. La medición se puede hacer con sondas esofágicas que ofrecen lecturas continuas y se prefiere sobre la temperatura rectal que puede ser inespecífica y tiene una respuesta lenta a los cambios en la temperatura central.

Glucemia

La respuesta metabólica se caracteriza por un estado catabólico hiperglucémico y la respuesta cardiovascular por un estado hemodinámico aumentado. Durante la cirugía se ha observado un aumento de la glucosa que es normal y no requiere tratamiento.

Es recomendable medir la glucemia como mínimo cada hora, y al final de la recuperación. Como recomendación general se pueden obtener medidas cada cuatro horas como mínimo hasta que se establezcan los patrones de alimentación normales.

Bibliografía

1. Burkitt Creedon JM, Davis H (2012). *Advanced Monitoring and Procedures for Small Animal Emergency and Critical Care*. Editorial Wiley-Blackwell.
2. Haskins Steve C. (2013). Vigilancia del paciente. En: *Manual de Anestesia y Analgesia en Pequeñas Especies*. Grimm Kurt A., Tranquilli William J., Lamont Leigh A. Manual Moderno, México D.F., pp 197-239.
3. Gutiérrez-Blanco E, Ibancovichí CJA, Del Angel CJ (2011). Monitorización del paciente en estado crítico. En: *Sedación, Anestesia y Analgesia en el Perro y el Gato en Estado Crítico*. Editorial Alfil.
4. Rioja García E, Salazar Nussio V, Martínez Fernández M, Martínez Taboada F (2013) Monitorización. En: *Manual de Anestesia y Analgesia de Pequeños Animales*, Rioja-García E., Salazar-Nussio V., Martínez Fernández M., Martínez -Taboada F. Servet editorial, Zaragoza España, Pp 133 -156
5. Thurmon J.C., Tranquilli W.J. and Benson G.J (2003). *Fundamentos de anestesia y analgesia en pequeños animales*. Masson.