

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE VETERINARIA**

**ABORDAJE DE LA HIPOTENSIÓN ARTERIAL TRANSOPERATORIA EN
CANINOS**

“por”

Camila Nan Schreiner

TESIS DE GRADO: presentada
como uno de los requisitos para
obtener el título de Doctor en
Ciencias Veterinarias.

Orientación: Medicina Veterinaria.
Modalidad: Revisión Monográfica.

MONTEVIDEO URUGUAY

2019

PÁGINA DE APROBACIÓN

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Veterinaria de la Universidad de la República la cual me dió el comienzo de mi formación y a todos los docentes de la misma que no solo contribuyeron a mi formación académica sino también personal, estimulándome siempre a continuar estudiando y mostrando que esta etapa es solo el comienzo.

A mis tutoras, Nathalia Celeita Rodríguez y Grazianna Cigliuti las cuales no solo fueron mi guía en la tesis sino las dos profesionales que me mostraron el camino más apasionante, la anestesia y me han confiado más que sus conocimientos y experiencia me han dado su amistad.

A los grandes amigos que me deja esta carrera los cuales hicieron de la Facultad mi segundo hogar, haciendo de los momentos difíciles aventuras y de los felices anécdotas para recordar.

A los Doctores Daniela Izquierdo, Pablo Malet, Florencia Sollier, Valentina Di Sevo y el resto del ala quirúrgica con quienes trabajar es siempre un placer, porque no hay nada mejor que formar un buen equipo no solo técnico sino también humano.

A los animales, que sin duda todo esto es por ellos, en especial a mis amadas mascotas Emily, Mandy, Foxy, Catalina, Sasha, Hans, Tina y Tita.

A la UNESP de Botucatu, quien no solo me aportó mucho en el área que deseo desarrollarme, sino que ha dejado en mi vida amigos, profesionales a quien admirar y una puerta abierta a cual volver.

A mis amigas de toda la vida, quienes entendieron ausencias, me apoyaron en frustraciones y siempre me animan a ir por más, Florencia, Rosina, Noemi, Lucía y Sigrid.

Y por último a las personas más importantes en mi vida, mi familia, los que siempre están, los que más saben lo difícil que fue irse lejos de casa, los que me han apoyado incondicionalmente en todo. Ayudándome en los tropiezos y festejando más que nadie mis logros. Gracias infinitas Mamá, Papá, Melina, Martín, María, Franco, Clara, a ustedes les debo todo.

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS	3
LISTA DE ABREVIATURAS.....	5
LISTA DE FIGURAS	6
RESUMEN	7
SUMMARY	8
INTRODUCCIÓN	9
OBJETIVOS	12
PRESIÓN ARTERIAL.....	13
MÉTODOS PARA LA MEDICIÓN DE LA PRESIÓN ARTERIAL	15
MÉTODOS INVASIVOS.....	15
Doppler vascular	18
Métodos Oscilométricos	21
Métodos oscilométricos- PetMap®.....	23
FISIOPATOLOGÍA DE LA HIPOTENSIÓN DURANTE LA ANESTESIA.....	24
ABORDAJE DEL CANINO HIPOTENSO DURANTE LA ANESTESIA:	27
TERAPIA GUIADA POR METAS	27
VERIFICACIÓN DEL PLANO ANESTÉSICO.....	27
REPOSICIÓN VOLÉMICA.	31
Fluidoterapia	31
Cristaloides	35
Cristaloides hipertónicos	36
Coloides	37
FÁRMACOS VASOPRESORES E INOTRÓPICOS POSITIVOS.	38
Anticolinérgicos	39
Acción mixta: inotrópicos y vasopresores	40
Inotrópicos positivos.....	45
Vasopresores	46
Otros	47
CONSIDERACIONES FINALES	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS

1. ASA : “American Society of Anesthesiologists classification”.
2. PA : presión arterial
3. mmHg : milímetros de mercurio
4. ml: mililitros
5. mg: miligramos
6. mcg: microgramos
7. kg : kilogramos
8. KVP : kilos de peso vivo
9. Min : minutos
10. PAS : presión arterial sistólica
11. PAM : presión arterial media
12. PAD : presión arterial diastólica
13. DC : débito cardíaco
14. RVP : resistencia vascular periférica
15. FC : frecuencia cardíaca
16. VS : volumen sistólico
17. SNC: sistema nervioso central
18. SNA : sistema nervioso autónomo
19. SNS: sistema nervioso simpático
20. IC : infusión continua “ constant rate infusion”
21. PVC : presión venosa central
22. VPP o delta PP : variación de presión de pulso
23. VPS : variación de presión sistólica
24. VVS : variación de volumen sistólico
25. IVP : índice de variabilidad plestimográfica
26. IV: intravenoso
27. IM: intramuscular
28. SC: subcutáneo
29. RCP: resucitación cerebro pulmonar

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema representativo de la formula y composición de la presión arterial.	14
Figura 2. Representación de la curva de presión arterial y su información. Fuente Amorim Cerejo, 2016.	14
Figura 3. Materiales necesarios para medir la presión arterial invasiva, foto elaborada en el Laboratorio Experimental de Anestesiología, Unesp, Botucatu, Brasil.	16
Figura 4. Medición de la PA invasiva. Fuente Sierra y Savino, 2015.	17
Figura 5. Materiales para medir PA invasiva con monitor. Fuente: Amorim Cerejo, 2016.	17
Figura 6. Doppler vascular de uso veterinario con manómetro y el gel conductor.	19
Figura 7. Manguitos de diferentes tamaños.	20
Figura 8. Doppler vascular marca Parks. Fuente: Sierra y Savino, 2015.	20
Figura 9. Método oscilométrico. Fuente: Sierra y Savino, 2015.	22
Figura 10. PetMAP® digital y clásico. Fuente: RAMSEY Medical, 2011.	23
Figura 11. Esquema de acción.	27
Figura 12. Ampolla de Sulfato de Atropina.	40
Figura 13. Ampolla de dopamina.	42
Figura 14. Ampolla de efedrina.	43
Figura 15. Ampolla de Norepinefrina o Noradrenalina.	44
Figura 16. Ampolla de Adrenalina o Epinefrina.	44
Figura 17. Ampolla de dobutamina.	45

RESUMEN

La hipotensión arterial representa una de las complicaciones anestésicas más prevalentes en pequeños animales y como tal requiere monitorización constante durante el procedimiento anestésico. Es fundamental una actualización permanente que permita una adecuada elección del tratamiento, reduciendo así comorbilidades asociadas a la hipotensión arterial. La hipotensión es definida como la reducción de la presión arterial media por debajo de 60 mm Hg y de la presión arterial sistólica por debajo de 90 mm Hg, pudiendo ser monitoreada a través de métodos invasivos y no invasivos, siendo el método invasivo (cateterización arterial directa), el método más confiable, cuando es comparado con métodos menos invasivos asociados a algunas limitaciones. Se describen diferentes tratamientos para la hipotensión, diferenciando su indicación según el origen de ésta, y su clasificación en media o severa. El tratamiento guiado por metas, será descrito como una alternativa para ser instaurado de forma individual, con el objetivo de restaurar valores de presión arterial normal para la especie, reduciendo la morbi-mortalidad relacionada a la hipotensión arterial en caninos.

SUMMARY

Arterial hypotension represents one of the most prevalent anesthetic complications in small animals and as such requires constant monitoring during the anesthetic procedure. A permanent update that allows an adequate choice of treatment is essential, thus reducing comorbidities associated with arterial hypotension. Hypotension is defined as the reduction of mean blood pressure below 60 mm Hg and systolic blood pressure below 90 mm Hg, and can be monitored through invasive and non-invasive methods, being the invasive method (arterial catheterization direct), the most reliable method, when compared to less invasive methods associated with some limitations. Different treatments for hypotension are described, differentiating their indication according to their origin, and their classification in average or severe. The goal-guided treatment will be described as an alternative to be established individually, with the aim of restoring normal blood pressure values for the species, reducing morbidity and mortality related to arterial hypotension in canines.

INTRODUCCIÓN

Si bien el desarrollo de la anestesiología ha evolucionado favorablemente en la medicina veterinaria, continuará siendo una situación riesgosa y compleja, ya que los fármacos utilizados para inducir anestesia normalmente son depresores del sistema nervioso central y del sistema cardio-respiratorio. Un estudio de investigación muestra que la mortalidad relacionada a la anestesia puede ocurrir aproximadamente en 0,2 a 0,5% de cada 1000 perros sanos anestesiados; y de 5% a 16% cada 1000 perros enfermos o clasificados como ASA 3-4 (“American Society of Anesthesiologists classification”) (Brodbelt, 2009). Este mismo autor en otra investigación, demuestra que el porcentaje de mortalidad anestésica es más alto durante la manutención anestésica y en las primeras 3 horas post operatorias con 46% y 47% respectivamente. Las complicaciones anestésicas más frecuentes fueron, en primer lugar, con 23% las causas cardiovasculares; causas desconocidas en segundo lugar con 21% y causas respiratorias en tercer lugar con 13% (Brodbelt y col., 2008). En un trabajo más antiguo sobre complicaciones anestésicas, la más frecuentemente encontrada fue la hipotensión arterial la cual ocurrió en un 7% de los animales, donde el 100% fueron 2556 caninos (Gaynor y col., 1999).

La hipotensión arterial es la complicación anestésica más común en pacientes veterinarios, y ésta por sí sola, no es un indicador de perfusión tisular, pero si proporciona los medios de evaluación más fiables y menos invasivos (Mazzaferro y Wagner, 2001). La hipotensión durante una anestesia general es una urgencia/emergencia médica y la principal causa para iniciar una terapia de fluidos. Se reporta que entre 7 y 38% de los caninos desarrollan hipotensión y que es mayor la incidencia en perros muy jóvenes, viejos o enfermos (Hosgood y Scholl, 1998; Mazzaferro y Wagner, 2001). La hipotensión es la complicación mas comúnmente vista siendo muy difícil determinar de forma adecuada la PA por palpación del pulso arterial periférico. Con el objetivo de mejorar la detección de la hipotensión algún dispositivo o monitor para la medición de la PA es sumamente necesario. Si bien la PA no es lo mismo que flujo y perfusión sanguínea, una presión arterial media por debajo de 60 mm Hg, deja a órganos vitales como el cerebro y riñón incapaces de autorregular su consumo sanguíneo. Lo cual resulta en una pobre perfusión y potencialmente a una disfunción de estos sistemas, a

corto o largo plazo (Gaynor y col., 1999). Casi todos los fármacos que se utilizan alteran la función cardíaca, la actividad vascular y las respuestas compensatorias de autorregulación (Mazzaferro y Wagner, 2001).

La hipotensión arterial es comúnmente observada en animales sanos como resultado de la reducción del débito cardíaco y vasodilatación, los cuales empeoran en pacientes con co-morbilidades existentes (Duke-Novakovski y Carr, 2015).

Estos trabajos demuestran que es necesaria una monitorización adecuada y permanente del paciente; y una continua actualización en tratamientos de eventos adversos anestésicos, para así reducir la incidencia de mortalidad secundaria a la anestesia.

Tabla 1 Principales complicaciones anestésica en pequeños animales. Modificada de Brodbelt y col., 2008.

Momento de la muerte	Caninos (%)
Pre medicación	1 (1)
Inducción anestésica	9 (6)
Manutención anestésica	68 (46)
Pos operatorias	70 (47)
0-3 h pos operatorias	31
3-6 h posoperatorias	11
6-12 h pos operatorias	12
12-24 h pos operatorias	13

Tabla 2. Principales causas de muerte asociada a anestesia en pequeños animales. Modificada de Brodbelt y col., 2008.

Cusas de muertes	Canino (%)
Cardiovascular	34 (23)
Respiratorias	20 (13)
Cardio-respiratorias	55 (37)
Neurológicas	7 (5)
Renal	1 (1)
Desconocidas	31 (21)
Total	148 (100)

OBJETIVOS

GENERAL

El objetivo de este trabajo será el de recopilar información referente a la hipotensión arterial durante el período transoperatorio en caninos.

ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos son:

- Definir con precisión qué es la presión arterial y la hipotensión arterial.
- Describir métodos para la medición de la presión arterial.
- Recopilar información sobre los abordajes terapéuticos del paciente con hipotensión arterial.
- Establecer un protocolo guiado por metas, para facilitar el reconocimiento y tratamiento adecuado de la hipotensión, reduciendo así complicaciones relacionadas a la anestesia.

PRESIÓN ARTERIAL

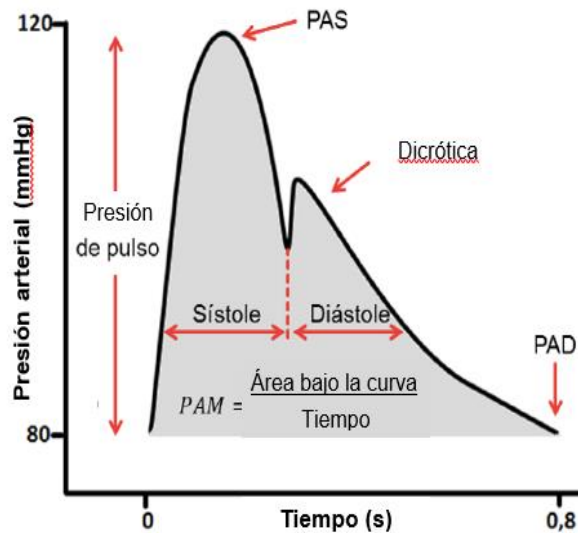
La presión arterial (PA) es definida como la fuerza ejercida por la sangre sobre la pared de los vasos sanguíneos para conseguir circular, expresada en milímetros de mercurio (mm Hg) (Guyton y Hall 2006). La PA sistémica es creada por la acción de bomba del corazón, el volumen sanguíneo circulante y el tono del músculo liso del endotelio vascular, y ésta es esencial para una adecuada perfusión de los tejidos, proporcionando suministro de oxígeno para cada demanda de energía. Los valores normales de la PA para caninos conscientes no anestesiados son: presión arterial sistólica (PAS) 90-140 mm Hg, presión arterial media (PAM) 60-100 mm Hg y la presión arterial diastólica (PAD) de 50-80 mm Hg (Sierra y Savino, 2015). La presión arterial también puede ser calculada por medio de una fórmula donde: PA sistémica es el producto del débito cardíaco (DC) y la resistencia vascular periférica (RVP), expresado de otra forma $PA = DC \times RVP$, donde el DC es determinado por la frecuencia cardíaca (FC) y volumen sistólico (VS) y éste VS es determinado por la precarga, la postcarga y la contractilidad del músculo cardíaco. Por eso cualquier factor que afecte estas variables puede resultar en alteraciones de la PA (Mazzaferro y Wagner, 2001).

La PAS es determinada primariamente por el VS y la complacencia arterial, la PAD es determinada por la RVP y la FC; y la PAM es la mitad del área de la onda de presión. Se debe conocer una correcta onda de presión, ya que alteraciones en la misma pueden demostrar patologías, por ejemplo, una onda alta es vista en sepsis, una onda pequeña y estrecha es vista cuando el volumen sistólico es bajo o existe vasoconstricción, o si solamente es una onda de menor tamaño puede indicar hipovolemia o arritmias. La PAM es la de mayor relevancia fisiológica por que representa la perfusión media que están obteniendo los diferentes tejidos (Haskins, 2007).

Figura 1. Esquema representativo de la formula y composición de la presión arterial.



Figura 2. Representación de la curva de presión arterial y su información. Fuente Amorim Cerejo, 2016.



MÉTODOS PARA LA MEDICIÓN DE LA PRESIÓN ARTERIAL

Las formas de medir la PA se clasifican en directas o invasivas y en indirectas o no invasivas. La palpación del pulso periférico como referencia clínica del estado hemodinámico se demostró no ser nada adecuado. Este estudio muestra que una ausencia de pulso metatarsiano tiene alta especificidad en el diagnóstico de hipotensión, pero que esté presente el mismo, no asegura que no sea un animal hipotenso. La palpación del pulso puede ser útil durante el triaje pero aun así no debe ser utilizado como el único indicador de estabilidad cardiovascular ni reemplazar un verdadero método de medición de la PA (Ateca y col, 2018).

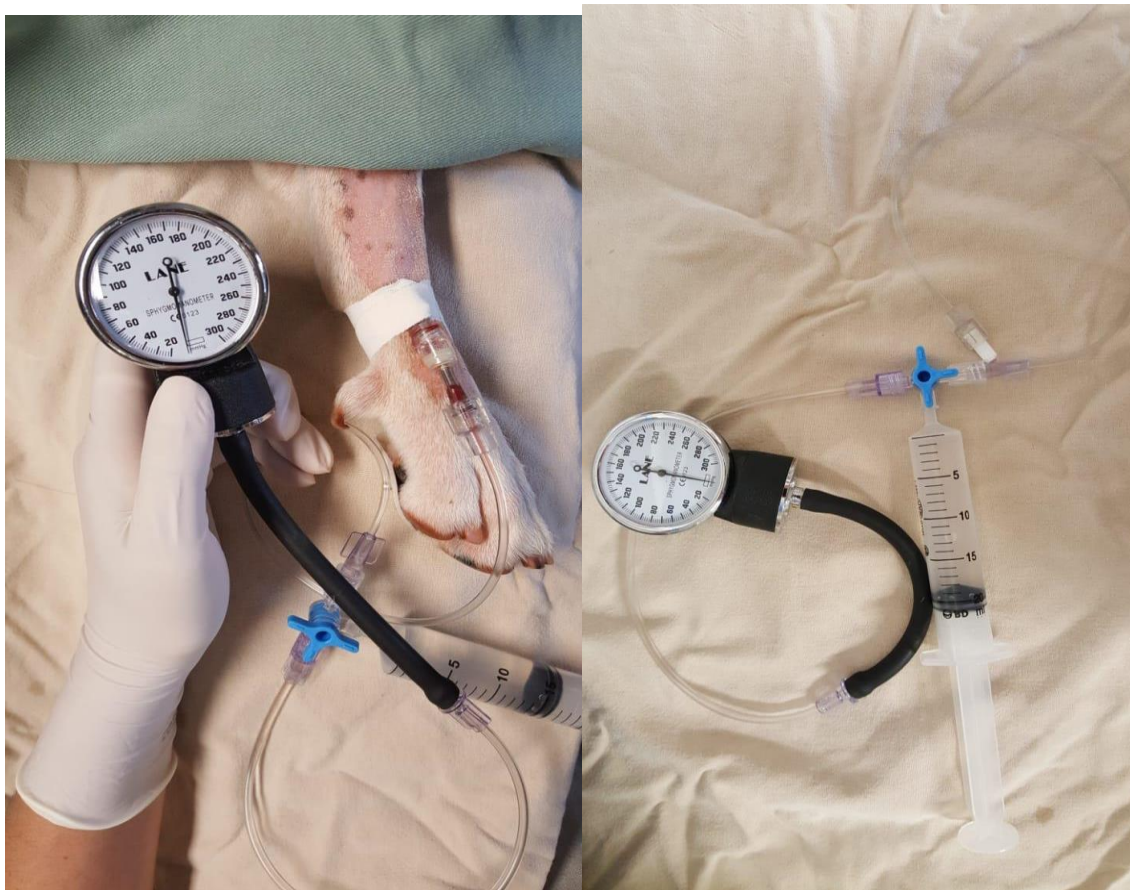
MÉTODOS INVASIVOS

La forma invasiva es la técnica más precisa y considerada por gran parte de los autores como el padrón oro, ya que proporciona la evaluación más fidedigna de la PA (Fox y col., 1999). Este método consiste en la cateterización de una arteria. Se puede conectar el catéter a un manómetro aneroide, el cual va a indicar la PAM o a un traductor de presión, el cual mostrará en el monitor la onda de presión y los valores de presión media, sistólica y diastólica. Aunque la cateterización arterial sea el método más fidedigno, está relacionado a algunos riesgos: como dolor a la punción, sangrado, hematomas locales, infección o trombos arteriales; requiriendo habilidades manuales para obtener el acceso arterial y continuos lavados del catéter para prevenir el taponamiento. Puede haber traducciones erróneas por oclusión parcial del catéter, con burbujas de aire, coágulos o desviaciones del catéter lo cual alteraría las características en la onda de presión (Mazzaferro y Wagner, 2001). Tiene como ventajas la monitorización continua y en tiempo real de la PA y la facilidad para coleccionar muestras de sangre arterial para realizar hemogasometría arterial (Egner y col., 2003).

Un estudio evaluó la colocación del catéter arterial en perros y gatos en diferentes arterias periféricas y la incidencia de complicaciones durante el período anestésico. Todos los catéteres se insertaron bajo anestesia general y se preparó la piel realizando tricotomía con tres aplicaciones de alcohol al 70 % y tres de clorhexidina, sin uso de guantes estériles. Antes se colocó dentro del catéter

solución salina al 0,9% con heparina a concentraciones de 4 U/ml, y una vez encontrada la arteria, se fija con esparadrapo hipoalergénico. Se realizó “flushes” de solución salina con heparina cada 15 minutos aproximadamente. La arteria mayormente cateterizada fue la metatarsiana dorsal, seguida por la coccígea. Un 86,8% tuvo una buena onda arterial durante toda la anestesia, 7,5% de los catéteres precisaron “flush” de heparina frecuentemente y 5,7% fallaron antes de terminar la anestesia. No se encontraron evidencias clínicas de isquemia en el lugar de colocación del catéter. Solo en un 22,3% no se logró palpar el pulso lo que podría indicar oclusión, pero sin repercusiones evidentes (Trim y col., 2017).

Figura 3. Materiales necesarios para medir la presión arterial invasiva, foto elaborada en el Laboratorio Experimental de Anestesiología, Unesp, Botucatu, Brasil.



Existe otro mecanismo donde se administra solución con heparina de manera constante. Esta debe colocarse en un presurizador tubular, que al insuflar debe llegar a 300 mm Hg. Este manómetro con sistema presurizado debe ir acompañado de un transductor comercial y a un sistema de grabado. A este sistema antes de utilizarlo se lo debe calibrar, abriendo la llave de paso a la presión atmosférica de ese lugar y colocando el transductor a la altura del corazón. En los monitores modernos el transductor se puede colocar a cualquier altura porque internamente el monitor compensa la diferencia en la verticalidad del paciente con respecto al transductor. Se preserva la continuidad del catéter por “flushing” continuo en baja dosis (3 ml/kg/h), de solución heparinizada a altas presiones (1000 U por 500 ml). Con este manómetro presurizado se reducen así los riesgos de coágulos y taponamiento (Haskins, 2007).

Figura 4. Medición de la PA invasiva. Fuente Sierra y Savino, 2015.



Figura 5. Materiales para medir PA invasiva con monitor. Fuente: Amorim Cerejo, 2016.



MÉTODOS NO INVASIVOS

Dentro de los métodos no invasivos para la medición de la presión arterial se encuentran el Doppler vascular, métodos oscilométricos y equipos comerciales oscilométricos llamados petMAP[®]. Los tres representan una ventaja frente al método invasivo ya que no poseen complicaciones al no intervenir en el organismo del animal y no son tan dependientes de la habilidad del operador. Aun así ninguno de estos métodos indirectos son tan precisos como el método invasivo. Según el Colegio Americano de Medicina Interna Veterinaria, los criterios para validación de métodos indirectos deben cumplir lo siguiente. Que la diferencia media, de las mediciones consecutivas de las presiones sistólica y diastólica tratadas por separado es de 10 mm Hg o menos, con un desvío estándar de 15 mm Hg o menos, y que el 50 % de cada una, vista por separado, solo se desvíe 10 mm Hg del método oro (Brown y col., 2007).

Doppler vascular

El Doppler posee una sonda con un cristal que debe ser posicionado sobre una arteria periférica (ejemplo: arteria digital, metatarsiana, coccígea). Esta sonda transmite energía ultrasónica a la arteria, siendo reflejada por el flujo celular contenido en el vaso sanguíneo. La energía reflejada es transmitida hacia el cristal receptor que se encuentra dentro de esta sonda y es convertida en energía eléctrica hacia un transmisor audible. Un manguito inflable o “cuff” de aproximadamente 40% del diámetro del miembro del animal, debe ser colocado en la extremidad dorsal con respecto a donde se posicionó el cristal del Doppler. Una vez inflado, el manguito ocluye totalmente el flujo arterial. Cuando la presión en el mismo se va reduciendo, el Doppler detecta nuevamente el flujo de eritrocitos en la arteria y produce nuevamente una señal audible, indicando así la PAS. El esfigmomanómetro acoplado al manguito mostrará el valor en mm Hg de la PAS al primer sonido detectable.

El Doppler vascular ha sido validado para el uso en pequeñas especies, teniendo concordancia variable con el método invasivo en perros (Mazzaferro y Wagner, 2001; Cerejo y col., 2017). En cambio, otros estudios han demostrado que hay una

baja sensibilidad del Doppler para detectar hipotensión, ya que en su estudio no fue confiable para identificar los perros hipotensos, pero su alta especificidad indica que si puede ser fiable cuando se utilizan las medidas o tendencias resultantes del mismo. Su conclusión fue que el Doppler es menos preciso al detectar hipotensión que la forma invasiva, aunque ésta precise más habilidad técnica (Bourazak y Hofmeister, 2018). Otro estudio demuestra que las determinaciones de la presión sistólica > 140 mm Hg con el Doppler, no coinciden con la invasiva sin importar dónde esté colocado el manguito. Pero los errores en medición del Doppler con el manguito colocado por encima del tarso es aceptable clínicamente durante varios episodios de hipotensión, brindando razonable concordancia con la presión invasiva obtenida de la arteria metatarsiana contralateral; todos estos valores fueron estudiados en perros que pesaron por encima de 10 kilos (Garofalo y col., 2012). La investigación que buscó comprobar el Doppler en caninos de pesos inferiores a 5 kilos obtuvo como resultados una alta especificidad con 97% (capacidad para detectar los sanos) pero una baja sensibilidad con 56% (capacidad para detectar los enfermos) para determinar hipotensión. Fue posible usar el Doppler como un estimador de la PAS tanto en normotensos como hipotensos, lo que sugiere que el Doppler mide la PAS en perros menores a 5 kilos (Kennedy y Barletta, 2015).

Figura 6. Doppler vascular de uso veterinario con manómetro y el gel conductor.



Figura 7. Manguitos de diferentes tamaños.



Figura 8. Doppler vascular marca Parks. Fuente: Sierra y Savino, 2015.



Métodos Oscilométricos

El otro método no invasivo para la monitorización de la PA utilizado en la medicina veterinaria con frecuencia son los métodos oscilométricos. La obtención de los valores de PA pueden ser ajustados de forma automática, a intervalos de tiempo predefinidos o de forma manual. El manguito puede ser posicionado sobre cualquier arteria periférica, desde que sea capaz de obstruirla. Para que los valores se aproximen más a los de la PA invasiva, se recomienda que, el manguito presente de ancho aproximadamente 40-50% de la circunferencia del miembro donde se está posicionando. Manguitos menores y mayores a el 40-50% de la circunferencia del miembro tienden a sobrestimar y subestimar la PA real respectivamente. Una vez elegido el tamaño correcto se debe fijar, la forma de fijación también es importante para una mejor concordancia con el método oro.

Manguitos muy apretados pueden causar medidas bajas erróneas y manguitos muy flojos pueden llevar a lecturas artificialmente elevadas pues necesitan llegar a presiones muy altas para ocluir el flujo arterial. Una vez posicionado y fijado el manguito, es inflado por el monitor hasta que la presión sea suficiente para impedir la detección de las oscilaciones de la pulsación arterial. Subsecuentemente la presión en el manguito es reducida gradualmente hasta que ocurra el retorno de las oscilaciones de la PA. La insuflación repetida del manguito a altas presiones por mucho tiempo puede lesionar el miembro o estar asociado a dolor post operatorio (Haskins, 2015). Inicialmente las oscilaciones de pulsaciones transmitidas por el manguito se reducen, luego se amplifican para después reducirse nuevamente hasta desaparecer (Schroeder y col., 2015).

En general los monitores oscilométricos de PA reconocen a la PAM como la presión del manguito en el momento de mayor amplitud de oscilaciones, valor que de forma general es el que más se aproxima con la presión real del animal (Mauck y col., 1980). En la mayoría de los monitores oscilométricos las presiones sistólicas y diastólicas son calculadas por medio de algoritmos específicos para cada aparato o dispositivo y es por esto que son valores menos confiables que la PAM (Schoreder y col., 2015). En un estudio se probó el uso de un monitor oscilométrico colocado en 3 localizaciones anatómicas diferentes y poder

comparar la de mayor concordancia con el método invasivo. Los resultados fueron que el método oscilométrico muestra una buena concordancia con el método oro, especialmente cuando se coloca el manguito en el miembro pélvico con una sensibilidad de $\geq 83\%$ y especificidad de $\geq 99\%$. Dejando con su investigación que la posición del manguito por encima del tarso es la de mayor concordancia con la PA medida con el método invasivo (Fujiyama y col., 2017).

Otra investigación comparo los métodos indirectos con el padrón oro y concluyó que las medidas de PAM y PAD por el método oscilométrico comparado con el método directo es aceptable clínicamente, dando estimaciones razonables de la PA en un amplio margen. Teniendo menor rango de error cuando los manguitos fueron posicionados en el miembro pélvico comparados con los miembros torácicos (Garofalo y col., 2012). La experiencia clínica viene demostrando que no es infrecuente la ocurrencia de fallas en la obtención de valores de PA en animales de pequeño porte. Debido a las arterias relativamente pequeñas el manguito de oclusión no puede ser capaz de detectar las oscilaciones del pulso arterial, principalmente en situaciones de hipotensión (Haskins, 2015).

Figura 9. Método oscilométrico. Fuente: Sierra y Savino, 2015.



Métodos oscilométricos- PetMap®

Dentro de estos oscilométricos se diferencian dos: el manguito con un monitor multiparamétrico al cual conectarlo, o una forma más portátil llamada petMAP®. El petMAP®, es un dispositivo portátil con una poderosa batería para la medición de la presión arterial de uso veterinario. Este dispositivo fue optimizado y corregido para medir la PA en perros y gatos dando 3 lugares diferentes donde posicionar el manguito, ya que esto aproxima los valores de este método indirecto a las mediciones realizadas con métodos más precisos, como por ejemplo, la presión invasiva. Es necesario para su uso ingresar el tamaño adecuado y el lugar donde se posiciona el manguito, los cuales pueden ser metacarpo, metatarso o base de la cola. Luego de asegurarse que el botón de desinflado esté cerrado, se comienza una medición inflando el manguito hasta que el mismo llegue a 40 mm Hg por encima de lo esperado, no dejar inflar sobre los 260 mm Hg porque puede lesionar al animal. Al desinflarse el dispositivo interno del petMAP® automáticamente reducirá la presión del manguito en pasos para realizar la medida de la PAS, PAM, PAD y la frecuencia cardíaca. En total este monitor portátil tarda entre 45-60 segundos en realizar cada medida. Es importante tener presente que todos los métodos indirectos son dependientes del estado del animal y de la experiencia del operador (Ramsey, 2011).

Figura 10. PetMAP® digital y clásico. Fuente: RAMSEY Medical, 2011.



Un conjunto de investigadores compararon el uso de estos monitores portátiles con el método invasivo, comparando tanto la precisión, como el lugar donde colocar los manguitos en caninos por encima de los 25 kg. Presiones debajo de 80 mm Hg la PAS tuvo diferencias de ± 4 mm Hg comparado con el padrón oro, dejando este método de medición indirecto un predictor excelente para detectar la hipotensión, no tanto así la hipertensión. Mostrando que el mejor sitio para posicionar el manguito es el metatarso, seguido por el metacarpo (Swyer y col., 2004). Otra investigación generó datos donde el método oscilométrico en hipotensión por hemorragia no reporta una buena exactitud con el método invasivo o patrón oro. Lo que indicaría que este método de medir la PA bajo condiciones de hipotensión por hemorragia no sería un buen sustituto del método directo (Shih y col., 2010).

FISIOPATOLOGÍA DE LA HIPOTENSIÓN DURANTE LA ANESTESIA

Hipotensión arterial es definida como valores de PAS 87 ± 8 mm Hg en los casos quirúrgicos y 87 ± 6 mm Hg en casos diagnósticos o una PAM de 62 ± 4 para los dos casos. Según este consenso, deben recibir tratamiento inmediato pacientes que registren PAM de 61 ± 4 mm Hg en condiciones quirúrgicas o las PAM de 63 ± 8 mm Hg en casos de diagnóstico (Ruffato y col., 2014).

La PA es controlada por 3 mecanismos los cuales van a interactuar para mantener una suficiente perfusión bajo las diferentes circunstancias. Estos mecanismos se clasifican de acuerdo al período de tiempo en el que responden y la forma en la que realizan la corrección de la perfusión. El mecanismo ultra corto es debido a óxido nítrico que resulta en vasodilatación para aumentar el flujo de oxígeno y nutrientes a ese tejido, este mecanismo se puede ver alterado después de los efectos de algunos fármacos. Siguiendo el mecanismo de corta acción el cual está regido por el sistema nervioso autónomo (SNA), es el mecanismo de mayor relevancia para la anestesia. Los barorreceptores aórticos y carotideos dan una respuesta en pocos segundos aumentando o disminuyendo el tono vagal dependiendo lo que estos receptores captan por medio de la PA. El mecanismo a largo plazo es el sistema renina angiotensina aldosterona el cual demora algunas horas o días por lo cual es el más difícil o poco útil de considerar durante una anestesia (Duke-Novakovski y Carr, 2015). Casi todos los fármacos que se utilizan

alteran la función cardíaca, la actividad vascular y las respuestas compensatorias de autorregulación (Mazzaferro y Wagner, 2001). La hipotensión arterial es comúnmente observada en animales sanos como resultado de la reducción del débito cardíaco y vasodilatación, los cuales empeoran en pacientes con comorbilidades existentes. Una hipotensión significativa puede llevar a una injuria renal, reducción de la función hepática, hipoxia, y anormalidades en el sistema nervioso central o hasta el arresto cardíaco (Duke-Novakovski y Carr, 2015).

La mayoría de las drogas anestésicas causan depresión cardiovascular, alteración del tono vascular o ambos de manera dosis dependiente. Los animales deberían tener suficiente reserva cardiovascular para los cambios hemodinámicos durante la anestesia. Por ello que la estabilización y la reposición del volumen vascular perdido es vital en el período pre-anestésico. Es útil clasificar la hipotensión en media (PAM 45-60 mm Hg) o severa (PAM < 35-45 mm Hg) para acceder a la terapia adecuada a cada una. La hipotensión media usualmente se observa incluso en animales sanos como resultado de efectos combinados de un reducido DC y vasodilatación.

Los agentes inhalatorios como el isoflurano produce vasodilatación, mientras que otros como la dexmedetomidina pueden producir bradicardia y reducción de la contracción cardíaca, causando vasoconstricción. Si la hipotensión se presenta con bradicardia, podría ser razonable el uso de anticolinérgicos para reducir el tono vagal y mejorar el DC. La reducción de isoflurano inspirado puede ayudar a restablecer la PA sin la necesidad de fluidoterapia extra o simpaticomiméticos. La concentración de isoflurano se puede reducir mediante la administración de drogas analgésicas como opioides, ketamina o α -2 agonistas por infusión continua (IC), al utilizarse juntos pueden reducir la dosis, disminuyendo la repercusión hemodinámica. En cambio, la hipotensión severa requiere un diagnóstico precoz y un tratamiento inmediato. Las causas de una repentina reducción de PA incluyen, rápida disminución de la FC, de la contractilidad cardíaca, arritmias, hipoxia, electrolitos o disturbios en el equilibrio ácido-base, reflejo vagal, vasodilatación masiva por reacciones de hipersensibilidad, hemorragia, trombo embolismo pulmonar o neumotórax a tensión. (Duke-Novakovski y Carr, 2015).

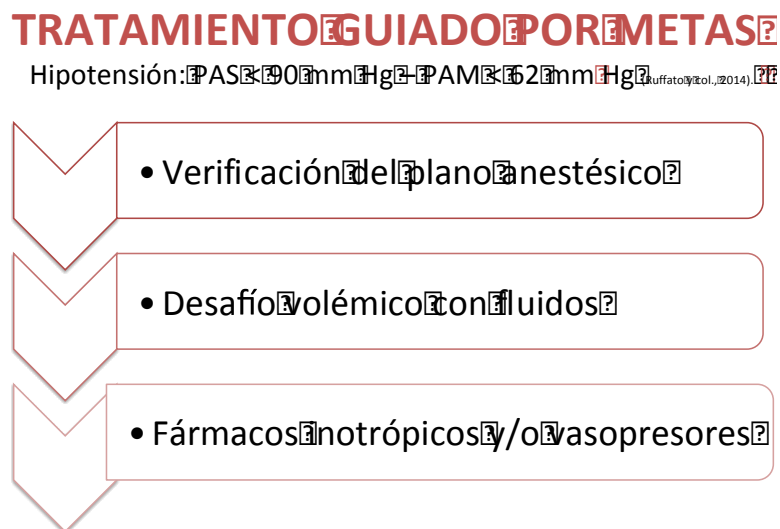
Existen indicadores indirectos de hipotensión arterial al no aportar el suficiente oxígeno causada por la pobre perfusión tisular, como: aumento de las concentraciones plasmáticas de lactato, reducción de la producción de orina y recuperación anestésica más lenta. Otras condiciones que durante la anestesia pueden conducir a una hipotensión son la hipoxemia, hipercapnia, ventilación a presión positiva intermitente, procedimientos quirúrgicos que involucran grandes vasos o distensión abdominal aguda (Duke-Novakovski y Carr, 2015). El estado volémico del paciente es típicamente evaluado de manera indirecta por la media de parámetros que reflejan perfusión, pero los mismos tienen sus limitaciones en algunas situaciones. La PA, el aclaramiento renal y la FC son parámetros frecuentemente usados en la estimación del volumen sanguíneo y respuesta a la administración de fluidos. Otros parámetros como el pulso periférico, el color de las mucosas, el tiempo de llenado capilar y el turgor cutáneo también son empleados para evaluar el volumen de sangre circulante. Pero el uso de estos parámetros puede conducir a errores clínicos relevantes a la hora de la estimación. Además los pacientes comprometidos bajo anestesia pueden desarrollar cambios fisiopatológicos que alteren dramáticamente el balance de los compartimentos corporales. Hipoproteinemia, desbalances electrolíticos, enfermedad renal, insuficiencia hepática y cardiovascular son condiciones comúnmente encontradas en pacientes quirúrgicos donde la administración de fluidos puede ser vital (Fantoni y Shih, 2017).

ABORDAJE DEL CANINO HIPOTENSO DURANTE LA ANESTESIA:

TERAPIA GUIADA POR METAS

El abordaje de la hipotensión transoperatoria debe ser considerada y abordada primero determinando la causa de la reducción de la PA, para luego iniciar el tratamiento “guiado por metas”, es decir proponer una estrategia para revertir el estado comenzando por la medida mas adecuada o probable y si no es suficiente continuar a la siguiente meta. Siendo siempre el objetivo restaurar la PA a su rango fisiológico. Serán en el siguiente orden: 1- Verificación del plano anestésico. 2- Reposición volémica. 3- Utilización de fármacos vasopresores e inotrópicos.

Figura 11. Esquema de acción.



VERIFICACIÓN DEL PLANO ANESTÉSICO

Las alteraciones en los mecanismos neurohumorales son los responsables de regular el balance entre presión de perfusión y flujo sanguíneo de los órganos, en orden de mantener la homeostasis. Durante la anestesia general, este balance puede ser alterado por las drogas que inducen cambios en la resistencia vascular y la contractilidad miocárdica. En caninos, los anestésicos volátiles disminuyen la contractilidad miocárdica y el DC, los cuales resultan en hipotensión dosis-dependiente (Valverde y col., 2012). Isoflurano es el anestésico inhalatorio más comúnmente utilizado en caninos y felinos, el mismo disminuye la PA cuando es administrado en concentraciones con relevancia clínica (1,2% a 1,5%) e induce una marcada disminución de la PA y el DC cuando es utilizado a concentraciones

que exceden el 2,5%. Se ha demostrado que este tipo de hipotensión relacionada a la profundidad anestésica inhalatoria no podría ser contrarrestada por la administración de fluidos isotónicos incluso bajo estimulación quirúrgica. Aún con esa falta de efecto, los fluidos IV son usualmente recomendados en pacientes hipotensos ya que la hipovolemia puede ser la causa de esa hipotensión y al reponer el volumen faltante traerá beneficios para el paciente. Ya que aumentado el volumen circulante se aumenta el retorno venoso (mejorando la precarga) lo que contribuye a cambios significativo del DC. Sin embargo, este autor, con su investigación llegó a la conclusión que en un perro normovolémico, con hipotensión debida a la profundidad de la anestesia no se beneficiaría del uso de fluidoterapia para revertir la situación (Valverde y col., 2012). Esto comprueba que, si determinamos que la hipotensión se debe a la profundidad anestésica, explicaría por qué la primera meta sea comprobar el plano anestésico, ya que en algunos casos la superficialización del mismo revierte la hipotensión sin necesidad de implementar otro tratamiento. Los efectos hemodinámicos en algunas de las drogas más usadas para anestesiar pueden ser los siguientes:

La acepromacina puede reducir la PAM mediante el bloqueo de los receptores vasculares α -1 periféricos, depresión del centro vasomotor y del miocardio. La administración de dosis 0,1 mg/kilos IV en perros puede reducir la PAM aproximadamente 19%. También se ha encontrado en esta droga, efectos de protección frente a la perfusión renal, aunque disminuya la PAM en perros anestesiados (Duke-Novakovski y Carr, 2015).

Los benzodiazepínicos son drogas que pueden causar excitación en los pacientes saludables, por ello no suelen ser administradas aisladas. Sin embargo no tienen efectos cardiovasculares marcados en dosis clínicas lo que resulta benéfico en pacientes comprometidos (Duke-Novakovski y Carr, 2015).

Los α -2 agonistas tienen efectos intensos sobre el sistema cardiovascular, y al usarlos, siempre se debe tener sus agentes antagonistas (yohimbina, tolazoline o atipamezole). En perros el uso de xilacina causa reducción de la FC y del DC, depresión de la contractilidad miocárdica, mientras que la PAM se mantiene en 130 mm Hg, incrementando la presión venosa central (PVC) y RVP. La reducción del DC suele deberse a la profunda bradicardia y al incremento de la RVP. Si bien

la medetomidina y la dexmedetomidina son más potentes frente a los receptores α -2 y menos potentes sobre los α -1 comparados con la xilacina, producen un efecto cardiovascular similar (Duke-Novakovski y Carr, 2015).

Dentro de la familia de los opioides comúnmente utilizados, está la morfina, la cual produce una disminución de la FC, aumentado de forma leve inicialmente el DC y la PAM, para luego reducir la misma. La respuesta presora inicial está mediada periféricamente y la respuesta hemodinámica posterior está determinada por su efecto central. La morfina siempre debería ser administrada de forma lenta IV porque puede potencialmente causar liberación de histamina. En cambio, con la metadona la liberación de histamina es mínima, manteniendo por la general la PAS (Duke-Novakovski y Carr, 2015). Dentro de los efectos secundarios de los opioides μ agonistas esta la liberación masiva de histamina cuando son administrados IV, este efecto se observo en humanos y caninos. La reacción anafiláctica que mas comúnmente se da relacionada a la liberación de histamina es la hipotensión, la cual puede agravarse si se usan en conjunto otros anestésicos (Guedes y col., 2007).

Los cambios hemodinámicos que ocurren durante la inducción anestésica pueden resultar en hipotensión arterial. Dosis clínicas de alfaxalone, propofol, o tiopental para la inducción anestésica deprimen el centro vasomotor, causando una vasodilatación global y estas drogas también pueden deprimir el miocardio reduciendo así el DC. La habilidad de los mecanismos compensatorios para restaurar la PA se ven alterados temporalmente durante la inducción. Hasta que la FC aumenta gracias a los barorreceptores del arco reflejo pudiendo reponer la baja en la PA sistémica. Con el propofol estos barorreceptores también son deprimidos por lo que el animal tiene menos capacidad de incrementar la frecuencia cardiaca cuando es comparado con el tiopental o el alfaxalone. Frente a la reducida capacidad para compensar la hipotensión, el propofol pasa a ser una droga menos favorable de elección frente a animales hipovolémicos. El grado de hipotensión producida por los agentes anestésicos inyectables pueden ser reducidos mediante la administración lenta por un período de 60 segundos y utilizando técnicas de co-inducción con benzodiazepinas. El propofol frente a caninos pre-medicados, con acepromacina más hidromorfona tuvo reducciones en la PAM en un rango de 60-70 mm Hg, post inducción. Mientras que en

hipovolémicos la PAM se vio disminuida en un 31 mm Hg, retomando a 50 mm Hg 3 minutos luego de la inducción. Llegando a la conclusión que el propofol debe ser administrado lento y a dosis reducidas en animales hipovolémicos o sépticos (Duke-Novakovski y Carr, 2015).

En animales sanos, el tiopental con sus dosis de inducción mantiene la PAM, solo en dosis mayores puede disminuir la contractilidad. El tiopental tiene potencial para ser arritmogénico y causar contracciones ventriculares prematuras (Duke-Novakovski y Carr, 2015).

El etmoidato tiende a disminuir la RVP con muy poco efecto en la función miocárdica, sin cambios hemodinámicos en perros hipovolémicos. Sin embargo, el etmoidato debe ser evitado en pacientes con sepsis o inmunocomprometidos porque suprime el eje adreno-cortical (Duke-Novakovski y Carr, 2015).

La ketamina administrada sola, aumenta la PAM por estimulación central del simpático, pero al agregar benzodiazepinas se bloquea esta respuesta. En perros sanos la PAM se mantiene en unos 110 a 120 mm Hg unos pocos minutos luego de la administración. En perros hipovolémicos la administración de ketamina con diazepam produce muy poca variación hemodinámica, cuando es comparada con el tiopental y propofol. Haciendo esta opción probable al momento de elegir un agente inductor en perros hipovolémicos o sépticos; aunque siempre se debe intentar estabilizar el paciente con fluidoterapia antes de la inducción anestésica (Duke-Novakovski y Carr, 2015).

La resistencia vascular periférica en el sevofluorano y el isoflurano es reducida a través de un efecto directo sobre el músculo liso de los vasos sanguíneos y una reducción de la contractilidad miocárdica, siendo estos efectos dosis-dependientes (Duke-Novakovski y Carr, 2015).

Isoflurano y propofol son comúnmente utilizados en anestesia general de caninos, pero ellos tienen nulo efecto analgésico, por ende son comúnmente empleados en conjunto con opioides como el fentanil o morfina, los bloqueos locales e antiinflamatorios con el propósito de realizar una anestesia balanceada. Así reducir la concentración de anestésicos disminuyendo de esa forma el impacto de los mismos en la PA (Iizuka y col., 2013).

REPOSICIÓN VOLÉMICA.

La siguiente meta es un área muy discutida por diferentes autores, donde se expondrán diferentes trabajos justificando el cuándo, cuánto y por qué usar. Las indicaciones de fluidoterapia han cambiado mucho en el correr de los años por lo que es necesaria su actualización constante.

Fluidoterapia

La fluidoterapia intravenosa es comúnmente utilizada durante la anestesia general como reemplazo de las pérdidas relacionadas tanto al anestésico como a los procedimientos quirúrgicos (pérdidas de sangre, uso de gases anestésicos, exposición de cavidades y evaporación) (Valverde y col., 2012). Recordando que la PA es el producto del DC por la RVP, la alteración de cualquiera de estos dos parámetros influye en el control de la hipotensión. Por ello es que la administración de fluidos durante la anestesia es necesaria para controlar el tono vascular, mantener el volumen circulante y mejorar el DC. El rango ideal de fluido a ser administrado debería ser calculado de forma individual para cada paciente según su estado volémico, electrolitos séricos y equilibrio ácido-base (Fantoni y Shih, 2017). También un flujo continuo de fluidos por el catéter previene la formación de un coágulo y permite el rápido acceso a la vía endovenosa en caso de alguna emergencia.

Los requerimientos de fluidoterapia durante la anestesia han sido investigados, y las recomendaciones son administrar cristaloides isotónicos en un rango de 2-6 ml/kg/h para perros ajustando el rango según lo requerido (Davis y col., 2013). La fluidoterapia intravenosa y la reducción de los fármacos anestésicos administrados son la primera conducta para tratar la hipotensión asociada a la anestesia en perros y gatos. La evidencia experimental sugiere que la fluidoterapia convencional o incluso la de altos volúmenes de cristaloides isotónicos son inefectivos para el tratamiento de la hipotensión asociada al isoflurano en caninos normovolémicos. Incluso los coloides mostraron resultados similares no mejorando la PA en todos los casos (Muir y col., 2014).

La decisión de aumentar o reducir la tasa de fluidoterapia es tan importante como la decisión de comenzarla o no. Algunas publicaciones recomendaban grandes

cantidades de fluido, para mantener la estabilidad hemodinámica. Esto ha producido alguna preocupación por la sobrecarga de fluidos y sus efectos deletéreos como el edema intersticial. Que indicaría realizar una terapia de fluidos restrictiva o liberal, sigue siendo una pregunta en debate. La guía de fluidoterapia del 2013 sugiere comenzar el uso de fluidos en perros a una tasa de 5 ml/kg/h, pero estas recomendaciones no han sido universalmente aceptadas por la falta de evidencia científica. En cambio se recomienda individualizar las metas de fluidos para cada paciente. Siendo importante resaltar que no todos los caninos responden igual a la administración de fluidos. Ya fue demostrado que solo el 50% de los pacientes críticos tienen una adecuada reserva de precarga para responder a las expansiones volémicas incrementando así el DC. Por ello sería importante reconocer aquellos pacientes que son fluido responsivos y a los que no lo son, evitarles la sobrecarga deletérea de fluidos.

Como aún no existe una guía estándar, se busca un acercamiento realizando una fluidoterapia dirigida basada en la responsividad de cada paciente y esto ha mostrado buenos resultados clínicos (Haskins, 2015). El estado volémico de los pacientes normalmente es evaluado por los parámetros que reflejan la perfusión como la PA, pero estos métodos no garantizan estado de volemia real del paciente. La PA, débito urinario y la frecuencia cardíaca son parámetros limitados que son utilizados para estimar una adecuada responsividad a la administración de fluidos (Mellema y McIntyre, 2015). Otros parámetros como color de mucosas, tiempo de llenado capilar, pulso periférico y turgor cutáneo son usados para evaluar el volumen circulante. Pero el uso aislado de estos parámetros puede llevar a un error relevante en la estimación del volumen sanguíneo. La estabilidad hemodinámica es la principal meta en cada paciente y la principal causa de administración de fluidoterapia en pacientes quirúrgicos de alto riesgo. Esta estabilidad hemodinámica depende de la FC y el VS que juntos generan el DC, el cual es parcialmente reflejado a través de la PA porque ésta es producto del DC y la RVP. Básicamente la cantidad de fluido que debe ser administrado, se evalúa a través de los parámetros estáticos y los dinámicos de precarga cardíaca. Dentro de los índices estáticos están la PA y la PVC entre otros. Estos índices no reflejan la responsividad a fluidos con suficiente exactitud porque solo muestran de forma indirecta la precarga y función cardíaca. Por ello si solo es utilizada la PA para

evaluar la responsividad a fluido, se puede administrar un exceso de estos antes de poder detenerlo, o se pueden detener los fluidos antes de que se mejore la precarga. Estos hechos demuestran la necesidad de mejor monitorización para realizar una fluidoterapia (Fantoni y Shih, 2017).

Recientemente la fluidoterapia se ha direccionado en metas individuales para cada paciente, esto se ha derivado del principio fisiológico de la curva de Frank-Starling. Se ha llamado fluidoterapia guiada por metas, para la cual es necesaria una monitorización hemodinámica avanzada (Doherty y Buggy, 2012). De acuerdo con el principio de Frank-Starling, el llenado ventricular en fase diastólica va a ser el determinante en el estiramiento miocárdico y por ende del volumen sistólico en relación con la contractibilidad miocárdica. En estados hipovolémicos la variación de volumen sistólico (VVS) es alto y la contracción ventricular izquierda depende de la pre carga en mayor medida. En otras palabras el ventrículo opera en la porción ascendente de la curva de Frank-Starling. Cuando el volumen se expande por el uso de fluidos, la función ventricular desplaza la curva de Frank-Starling a la derecha, provocando una marcada disminución del VVS (Haskin, 2015).

Dentro de los índices dinámicos de precarga se utilizan la variación de presión de pulso (VPP o Delta PP) la variación de presión sistólica (VPS), la variación de volumen sistólico (VVS) y la variación de la onda pletismográfica (IVP), esos son los más estudiados en humanos y de forma experimental en animales. Se debe considerar que la determinación de estos índices solo se puede realizar en pacientes con ventilación controlada con un volumen tidal adecuado para la especie, sin arritmias y sin esfuerzo inspiratorio espontáneo (Fantoni y Shih, 2017). Un grupo de investigadores buscaron contestar si los índices VPP y IVP eran útiles identificando perros fluido responsivos (porción ascendente de la curva de Frank-Starling). Los resultados fueron que en hemorragia controlada con hipotensión menor a 50 mm Hg, tuvieron incrementos significativos del VPP y IVP, el subsiguiente descenso luego de la reposición volémica sugieren que estos índices pueden ser usados para la identificación de perros fluido responsivos (Klein y col., 2016). Siguió investigando hasta llegar a la conclusión que la VPP es mas precisa a la hora de detectar los pacientes responsivos a fluido seguido luego con menos precisión el IVP (Celeita-Rodríguez y col., 2019). Si bien estos índices son los más acertados al momento de evaluar la responsividad volémica,

existe una gran limitación en la rutina de la práctica diaria, ya que requieren un operador experimentado y que los pacientes estén bajo ventilación mecánica sin esfuerzos respiratorios.

La técnica oro para la monitorización del DC e índices dinámicos de precarga, es la técnica de termodilución pulmonar por medio del catéter arterial pulmonar, también llamado catéter de *Swan Ganz*, aceptado como técnica monitorea el débito cardiaco del paciente. Cuando es utilizado en pacientes quirúrgicos de alto riesgo, parece que las medidas hemodinámicas centrales incluyendo la presión del lado derecho e izquierdo del corazón, flujo y consumo de oxígeno pueden predecir los pacientes más inclinados a la muerte y aquellos con más posibilidades de vivir. Esta técnica ha caído en desuso por estar relacionada a una alta morbilidad. (Yeager y Spence, 2006). Un estudio realizado en 8 perros buscó validar un método con menor riesgo que el catéter de *Swan Ganz*, investigando la validación y concordancia del método de termodilución trans-pulmonar (catéter Picco) ya que con esta técnica el termistor se encuentra en una arteria central, usualmente la femoral reduciendo los riesgos. Llegaron a la conclusión que la técnica de termodilución transpulmonar puede ser usada en lugar de la termodilución arterial pulmonar, ya que provee una buena concordancia del DC en un amplio margen de variación del mismo. (Garofalo, y col., 2016). E incluso se están investigando técnicas mucho menos invasivas como la ultrasonografía que aun esta en proceso de validación (Haskins, 2015).

Dentro de las razones de por qué administrar fluidos IV están: la prevención o tratamiento de las pérdidas de fluido, mantener una vía permeable, corrección de desbalances electrolíticos, restauración de la perfusión tisular, tratamiento de la hipotensión y corrección de anomalías en el equilibrio ácido-base. Mejorar el estado hídrico y los parámetros hemodinámicos (características de macro-circulación como PA y flujo sanguíneo) son frecuentemente los cometidos de la fluidoterapia IV. Pero mejorar la macro-circulación no siempre asegura la supervivencia, la homeostasis celular o la perfusión capilar adecuada (efecto micro-circulatorio).

Se cree que la clave para la supervivencia es mantener valores normales en sangre del ion hidrógeno (H⁺), su regulación es uno de los procesos homeostático

más finamente controlado del organismo. Ya que pequeños cambios en el pH pueden ser potencialmente amenazante para la vida por los cambios en el metabolismo celular. La acidemia (bajas en el pH sanguíneo), y la alcalemia (aumentos en el pH sanguíneo) impactan directamente en la morbilidad y mortalidad, y es decididamente influenciado por la administración de fluidos IV (Muir, 2014, 2017).

Cristaloides

El cristaloides ideal debería ser específico para cada especie, con concentraciones de electrolitos clave, particularmente sodio y cloro que mantengan o normalicen el balance ácido-base sea isosmótico e isotónico sin inducir cambios inapropiados de fluidos. Las soluciones de cristaloides son preparados por la dilución de pequeñas porciones de sales y elementos relevantes (sodio, calcio, magnesio, potasio y cloro) en agua. Los cristaloides compuestos tienen agregados de bicarbonato o lactato, en orden de tratar o resistir los cambios de pH de origen no respiratorios de acidosis. Suero fisiológico (0,9% NaCl), Ringer, Ringer Lactato, y Hartmanns son los históricamente usados para la reposición de fluidos tanto en medicina humana como en veterinaria. Tasas de infusión bajas de 10 ml/kg/h de Fisiológico al 0,9% o Hartmanns para manutención de 2 horas en 60 perros normales no produjo diferencias significativas en los electrolitos plasmáticos, proteínas totales, volumen plasmático o pH. Las infusiones de 30 ml/kg/h de Solución Ringer Lactato disminuyen el hematocrito, proteínas totales (PT), albúmina, presión coloidosmótica y tonicidad extracelular en el plasma de perros sanos anestesiados con isoflurano, pero sin cambios en el pH o la concentración de lactato. Infusiones rápidas de grandes volúmenes de cristaloides pueden causar movimiento de fluidos y electrolitos de los diferentes compartimentos y de esta forma si se producen cambios en el pH. La administración de grandes volúmenes de soluciones con altas concentraciones de cloro como la fisiológica no deberían ser de elección por su potencial capacidad de producir acidosis metabólica hiperclorémica, perjudicar la función renal y aumentar la mortalidad (Muir, 2014, 2017).

La solución salina fisiológica es muy usada en la reposición volémica intraoperatoria. Es la solución adecuada para los pacientes con hipercalcemia o

alcalosis hipoclorémica. Esta solución contiene concentraciones de cloro más altas que el plasma sanguíneo, lo que lleva a que decaiga la diferencia de iones, llevando a una acidosis. En términos clásicos, diluye la concentración de bicarbonato y tiene grandes cantidades de cloro para que se reabsorba en la filtración glomerular, produciendo una acidosis hiperclorémica. El grado de acidosis no tiende a ser un problema en pacientes sanos, pero puede exacerbar acidosis en pacientes comprometidos. Evidencias en medicina humana indican que el aclaramiento renal puede estar disminuido en pacientes que recibieron el mismo volumen de suero fisiológico cuando es comparado al suero Ringer lactato.

El suero Ringer lactato es una solución electrolítica balanceada que contiene lactato el cual contribuye a la corrección de la acidosis y es la opción adecuada para casi todos los pacientes anestesiados (Muir, 2014).

Un desafío volémico es definido como una administración rápida de fluido en pequeños volúmenes que van de 3 a 10 ml/kg administrados en 2 a 20 minutos, tanto de cristaloides como coloides. Esta conducta fue extraída de humanos para identificar pacientes responsivos a fluidos, reduciendo así los riesgos de una administración liberal de fluidos (Muir, 2014). En animales hipotensos un bolo de fluido IV de 10 ml/kg pueden ser administrados en un periodo de 15 minutos y ser repetido si es necesario hasta que la PA mejore o la FC disminuya. Pero la sobre administración de fluidos debe ser evitada, de otra manera el edema en el intersticio y los tejidos aumentarían la distancia para la perfusión de oxígeno que necesitan las células (Duke-Novakovski y Carr, 2015). Dentro de las consecuencias de administración excesiva de fluidos está la hipoperfusión tecidual, que aumenta las probabilidades de dehiscencia de puntos y retraso de la cicatrización (Cazzolli y Prittie, 2015).

Cristaloides hipertónicos

Las soluciones hipertónicas proveen una rápida expansión volémica pero casi nunca son utilizados intraoperatorios. Pueden ser necesarios en situaciones especiales tales como pacientes con hemorragias severas sin disposición de derivados sanguíneos, pacientes con presión intracraneana aumentada o pacientes en hiponatremia. La mayoría de estas soluciones hipertónicas son muy

altas en concentraciones de sodio por lo que se debería monitorear el sodio sérico tras su administración. Manutención con cristaloides isotónicos son normalmente requeridos tras la administración de estas soluciones. Bolos de 4 ml/kg administrados durante 5 minutos pueden ser empleados en casos de hipovolemia aguda, shock traumático o hemorrágico. (DiBartola, 2012).

Coloides

Si la respuesta es inadecuada, se debe considerar la administración de coloides tal como Hetastarch. Se deben hacer administraciones más lentas 5 – 10 ml/kg/h para perros tratando de minimizar el riesgo de sobrecarga vascular midiendo la PA cada 5 minutos. Los coloides tienden a incrementar más la PA que los cristaloides, si la respuesta es inadecuada a ellos y el paciente no está hipovolémico, otras técnicas deben ser necesarias tales como el uso de vasopresores (Davis y col., 2013). La selección de reposiciones volémicas con soluciones que limiten su distribución al espacio intravascular reduciendo el riesgo de edema, es lo que lleva a los veterinarios a la elección de las soluciones coloidales frente a los cristaloides. Tanto el coloide sintético como el natural tienen el atractivo teórico de beneficiar la volemia sin inducir un desbalance hídrico (Cazzolli y Prittie, 2015). Los coloides pueden ser utilizados en rangos de 2,5 - 5 ml/kg en un periodo de 10 a 15 minutos, con una respuesta rápida. La mayoría de los coloides no se deben utilizar en dosis mayores a 20 ml/kg en un periodo de 24 horas, para evitar la hemodilución y su principal controversia, las coagulopatías (Duke-Novakovski y Carr, 2015). Los efectos adversos más significativamente reportados por el uso de coloides sintéticos son, las coagulopatías, la injuria renal aguda y la mortalidad incrementada. Otros efectos adversos documentados incluyen prurito, disfunción retículo-endotelial, hepatopatías y reacciones anafilácticas. Poblaciones específicas de pacientes, particularmente los pacientes sépticos parecen ser los de mayor riesgo frente a los efectos adversos, la administración de coloides en estos pacientes tiende a asociarse con mayor mortalidad. Los datos clínicos de pacientes humanos no han podido demostrar una ventaja asociada a la reanimación con coloides. Además, el uso de hidroxietil almidón puede estar relacionado a efectos adversos significativos incluyendo la injuria renal aguda, la

necesidad de terapia de reemplazo renal, coagulopatías y presencia de tejido patológico. Estos hallazgos en los pacientes veterinarios siguen sin ser confirmados por investigaciones adecuadas, sin embargo, la fisiopatología similar lleva a justificar una re-evaluación en estas estrategias de reposición (Cazzolli y Priettie, 2015). Un estudio realizó una comparación de injuria renal y edema tisular en el uso de reposición volémica con ringer lactato o tetrastarch en perros con hipovolemia por hemorragia controlada. Llegaron a la conclusión que el coloide utilizado no causa daño renal cuando es utilizado para reponer las pérdidas por hemorragias en perros sanos no sépticos (Diniz y col., 2018). La eficacia de una reposición de fluido puede ser definida como la restauración efectiva del volumen circulante, perfusión de órganos y oxigenación tisular, minimizando el uso de fluidos innecesarios para mantener el balance. En muchos estudios recientes de humanos, se ha comparado la expansión volémica que producen los cristaloides versus coloides dan una proporción 1,2-1,4 a 1 cristaloides/coloides. Si la capacidad de expansión del cristaloides es tan cercana al coloide la ventaja inherente al coloide será desmentida, reduciendo su uso (Cazzolli y Priettie, 2015).

Por otro lado, un estudio muy interesante fue realizado para poder determinar la confiabilidad de las indicaciones de fluido terapia, ya que muchas veces la medicina veterinaria extrapola de medicina humana sin la seguridad adecuada. Por ello se realizó una investigación donde 139 de 7.258 artículos sobre fluidoterapia cumplen con los criterios de inclusión, de los cuales 63 son de perros, 7 de gatos, 39 de caballos y 30 de rumiantes. Más del 50% de los artículos no cumplen con los requerimientos mínimos de los ensayos aleatorios para informar resultados. La calidad de los artículos mejora a partir del 2010 en adelante. Esto demuestra que la mayoría de la literatura veterinaria que investiga la administración de fluidoterapia IV en caninos, felinos, equinos y bovinos, es descriptiva y no cumple con los estándares de evidencia para trasladarlos a la práctica clínica (Muir y col., 2017).

FÁRMACOS VASOPRESORES E INOTRÓPICOS POSITIVOS.

En los casos de hipotensión persistente que no puede ser corregida mediante tratamiento con fluido terapia o disminución de la profundidad anestésica puede

requerir administración de agentes vasoactivos e inotrópicos. Por definición el fármaco vasoactivo es aquel que presenta efectos vasculares periféricos, cardíacos o pulmonares, directos o indirectos con períodos de latencia corta y acción rápida, siendo su efecto dosis-dependiente. A pesar de los efectos deseados tienen también adversos por lo tanto las indicaciones de estas drogas y el modo de uso debe ser rigurosamente monitoreado (Fantoni y Mastrocinque, 2002).

En los casos que no es suficiente evaluar el plano anestésico y realizar bolos de fluido para mejorar la presión arterial, es necesario utilizar fármacos, tales como los inotrópicos o vasopresores, o incluso anticolinérgicos cuando sea necesario.

Anticolinérgicos

Las bradicardias medidas por un alto tono vagal causado por fármacos o manipulación quirúrgica específica pueden predisponer la reducción del débito cardíaco. En estos casos, el uso de anticolinérgicos como el glicopirrolato o sulfato de atropina aumentarían la frecuencia cardíaca y consecuentemente ayudarían a restaurar el DC (Mazzaferro y Wagner, 2001). Los agentes colinérgicos pueden revertir una bradicardia mediada por el vago por medio del bloqueo de los receptores muscarínicos pos ganglionares en áreas del corazón inervadas por el vago. Durante periodos de bradicardia, hay más tiempo para que la diástole ocurra, reduciendo la PAM y la PAD mientras que la sistólica puede estar en un rango aceptable. Entonces una PAS con una PAM baja puede indicar que la FC está fisiológicamente baja. Ocasionalmente como resultado de remover la influencia vagal, los anticolinérgicos son la causa de un incremento rápido de la FC, llevando a la taquicardia. La taquicardia generalmente ocurre en los casos donde el tono del sistema nervioso simpático (SNS) está alto debido por ejemplo a hipercapnia o a otra causa de estrés. Los anticolinérgicos pueden enmascarar tonos altos de SNS. En tales situaciones la taquicardia suele revertirse en 15 minutos aproximadamente.

La atropina es una molécula lipofílica y es capaz de atravesar la barrera hematoencefálica y placenta. Tiene una rápida acción y su duración es aproximadamente de 20 a 40 minutos. La atropina es la que debería ser usada en casos de emergencia porque tiene una acción más rápida cuando es comparada con el glicopirrolato. Dosis de bolo va de 0,02 a 0,04 mg/kg IV, IM o SC.

Figura 12. Ampolla de Sulfato de Atropina.



El glicopirrolato produce un aumento de la FC más controlado y tiene un tiempo de latencia mayor comparado con la atropina. Es una molécula grande e ionizada que no atraviesa la barrera hematoencefálica o placenta. Tiene una fuerte acción antisialogogo tanto en saliva como en secreciones bronquiales. Estos efectos pueden durar de 2 a 4 horas mientras que el efecto sobre la FC puede llegar a durar 2 horas. Dosis de 0,005 a 0,01 mg/kg IV, IM, SC (Duke-Novakovski y Carr, 2015).

Acción mixta: inotrópicos y vasopresores

Los simpaticomiméticos (inotrópicos y vasopresores) deberían siempre complementar una fluidoterapia y no usarlos como reemplazo de la misma. La vida media de las catecolaminas es corta de 2 a 3 minutos, de ahí que son utilizadas en mayor medida en infusiones continuas. De ser necesario se puede administrar un bolo, pero esto debería hacerse con cuidado y con la habilidad de monitorear la respuesta. Los vasopresores no son comúnmente utilizados para hipotensión media, son utilizados por lo general en animales con hipotensión severa o shock distributivo. Las drogas con acción mixta, inotrópicas y vasopresoras pueden ser usadas en el período perianestésico. Estas drogas proveen un incremento en el

inotropismo (fuerza de contracción) y ocasionalmente del cronotropismo (frecuencia) además de alguna acción presora. El resultado final usualmente depende de la dosis dentro del rango que se utiliza. Los inotrópicos son especialmente efectivos en tratar la hipotensión cuando son combinados con la fluidoterapia intravenosa. Muchos anestésicos causan cierto grado de depresión miocárdica y los inotrópicos son útiles en mejorar la contractilidad miocárdica (Duke- Novakovski y Carr, 2015).

La dopamina un precursor de la norepinefrina, ejerce sus efectos estimulando los receptores dopaminérgicos, alfa y beta adrenérgicos. Los efectos en los diferentes receptores de dopamina exógena son dosis dependiente. Bajas dosis de dopamina (1 a 2 mcg/kg/min) preferentemente afecta receptores dopaminérgicos en riñón, bazo, coronarias y vasculatura cerebral, resultando en una vasodilatación y una aparente mejorada perfusión a estos órganos. A rangos de 2 a 10 mcg/kg/min los efectos primarios son en los receptores beta adrenérgicos causando un incremento en la contractilidad cardíaca. La estimulación de los receptores cardiacos alfa-1 pueden causar un incremento en la FC y taquicardia, particularmente en dosis mayores a 10 mcg/kg/min. Esto puede causar vasoconstricción coronaria y excitabilidad del miocardio, dando un incremento en la presencia de taquiarritmias cardíacas (Mazzaferro y Wagner, 2001). Por ello es que la dopamina se puede usar para cualquiera de los dos efectos o inotrópico o vasopresor dependiendo del rango de infusión. Se pueden observar arritmias cardíacas como resultado de estimulación en liberación de norepinefrina endógena dentro del corazón y la acción en receptores alfa 1. Usando dopamina en perros a dosis de 3-10 mcg/kg/min se ha encontrado un incremento en el flujo renal, que puede estar dado por la estimulación de receptores dopaminérgicos-1 en la vascularización renal causando vasodilatación o un aumento en el DC. Altas dosis de acepromacina induce a que la dopamina reduzca su efecto vasopresor en perros anestesiados con isoflurano. Dopamina administrada a dosis media incrementa el DC, la RVP, PAM y FC. Los rangos de infusiones bajas son (dopaminérgicos) de 2 a 5 mcg/kg/min. Rangos de infusiones medias (beta-1) de 5 a 10 mcg/kg/min. Rangos de infusiones altas (alfa-1) de 10 a 15 mcg/kg/min (Duke- Novakovski y Carr, 2015).

Este agente está indicado en los estados de bajo DC, con volemia controlada o aumentada que necesite de actividad inotrópica cardíaca, además de ser apropiado su uso en pacientes hemodinámicamente estable. Además, puede usarse en casos de shock con resistencia periférica disminuida por medio de los receptores alfa adrenérgicos. Se debe tener cuidado ya que no puede ser utilizado en conjunto con soluciones alcalinas en la misma vía de infusión porque corre riesgo de inactivación parcial (Fantoni y Mastrocinque, 2002).

Figura 13. Ampolla de dopamina.



Efedrina es una no catecolamina sintética que estimula la liberación de norepinefrina endógena, lo cual produce una acción simpaticomimética en ambos alfa y beta adrenoreceptores. Esta es una droga ideal para la corrección de hipotensiones medias, donde tratamientos agresivos no son necesarios. Como las reservas de norepinefrina se van usando, el efecto de los subsiguientes bolos de epinefrina disminuye, aunque la efedrina tenga algunos efectos directos sobre adrenoreceptores.

La efedrina decrece la perfusión renal y esplénica, pero esta reducción no es tan buena como la producida por la acción directa en los receptores alfa-1 adrenérgicos. Efedrina produce un aumento en la PAM, FC y DC. Tiene una acción particularmente útil como vasoconstrictora de grandes venas incrementando el retorno venoso. Es posible pero no necesario administrar efedrina en IC. Dosis de los bolos 0,2 a 0,5 mg/kg IV o IM. E IC en rangos de 1 a 5 mcg/kg/min (Duke- Novakovski y Carr, 2015). Posee algunas ventajas como su costo más económico y poder ser aplicado en bolo por su tiempo de acción más prolongado. En caninos anestesiados con isoflurano a dosis de 0,1 mg/kg produjo efectos discretos y aumentos transitorios de la PAM, en contrapartida a dosis de 0,25 mg/kg este agente produjo una elevación consistente de la PAM, debido a la elevación en la RVP luego de un minuto de su aplicación. Ambas dosis producen reducción de la FC con mínimas arritmias (Fantoni y Mastrocinque, 2002).

Tiene un efecto benéfico secundario que es mejorar la distribución de oxígeno a los tejidos por un incremento en las concentraciones de hemoglobina por un mecanismo desconocido. La ventaja de la efedrina sobre la dopamina, dobutamina y la epinefrina es la capacidad de poder administrarse en bolos ya que tiene una duración de acción más larga eliminando la necesidad de IC. Adicionalmente es menos cara que la dobutamina y aparentemente no predispone al animal a arritmias (Mazzaferro y Wagner, 2001).

Figura 14. Ampolla de efedrina.



Norepinefrina estimula los receptores beta-1 pero no los receptores beta-2, aumenta el inotropismo y el DC. Su efecto sobre los alfa-1 es poderoso y dosis dependiente. La norepinefrina incrementa la RVP, limitando así cualquier aumento en el DC cuando es administrado en rangos altos. La perfusión sobre el hígado, los riñones, músculos y piel es reducida por ello es que debe administrarse por el menor tiempo posible. Sin embargo, su poderoso efecto vasoconstrictor es útil en pacientes con shock redistributivo. La dosis de IC varía desde 0,1 a 1,0 mcg/kg/min, debiendo evaluarse siempre los efectos (Duke- Novakovski y Carr, 2015). Como la norepinefrina actúa sobre los receptores alfa y beta-1, particularmente en los lechos capilares dilatados, como ocurre en las sepsis, dosis de 0,05 a 0,4 mcg/kg/min pueden ser beneficiosas para incrementar la PAM en pacientes sépticos o pacientes con fármacos beta bloqueantes como el propanolol que no respondieron a la dobutamina. Dentro de sus efectos potencialmente negativos se incluyen la isquemia tisular secundaria a la intensa vasoconstricción y taquiarritmias (Mazzaferro y Wagner, 2001). Las principales indicaciones son el shock séptico que no responde a reposición volémica, a los cuadros de hipotensión por el síndrome de respuesta inflamatoria sistémica y para elevar la presión de perfusión coronaria. Los efectos adversos muchas veces son los que restringen su uso, los cuales son bradicardia refleja, debido al aumento de la resistencia periférica total, vasoconstricción renal, mesentérica, cutánea y

músculo-esquelética acentuada, pudiendo ocurrir necrosis y úlceras cutáneas (Fantoni y Mastrocinque, 2002).

Figura 15. Ampolla de Norepinefrina o Noradrenalina.



Epinefrina o adrenalina es un poderoso inotrópico positivo, cronotrópico y vasopresor. Se reserva usualmente para las situaciones de riesgo de vida, tales como hipotensión severa, shock anafiláctico o parada cardíaca. Los efectos generales son dosis dependiente, con dosis altas se estimula más los receptores en el sistema vascular. La estimulación en beta-1 incrementa la FC y el DC. Ambos PAM y PAD pueden mantenerse constante o disminuir por el efecto mediado en beta-2 que produce vasodilatación músculo esquelética. Al mantenerse la PAM, no se activan el arco reflejo en los barorreceptores, por lo que usualmente no ocurre bradicardia refleja. Dosis del bolo es más usada en resucitación cerebro pulmonar de 0,01 a 0,1 mcg/kg IV o IM. Rango de IC 0,01 a 0,03 mcg/kg/min (Duke- Novakovski y Carr, 2015). El aumento que genera de frecuencia y fuerza de contracción predispone al incremento de consumo de oxígeno por parte del musculo cardíaco, simultáneamente la vasoconstricción severa puede disminuir la perfusión tisular y la distribución de oxígeno en algunos órganos. Por ello el uso de epinefrina debe reservarse para aquellos animales con hipotensión severa que no responden a otros inotrópicos (Mazzaferro y Wagner, 2001). La vida media sérica es de 3 min y está indicada en estados de shock o durante maniobras de RCP, ningún otro fármaco se mostró superior frente a una parada. Puede estar indicado en los cuadros de shock, especialmente el séptico cuando no responde a la terapéutica convencional (Fantoni y Mastrocinque, 2002).

Figura 16. Ampolla de Adrenalina o Epinefrina.



Inotrópicos positivos

Los inotrópicos se utilizan para mejorar la contractilidad miocárdica de forma inmediata, la dobutamina es comúnmente usada, sin embargo, la dopamina también puede ser usada ya que en las dosis apropiadas tiene efecto inotrópico. La dobutamina es una catecolamina sintética que produce un incremento en el DC por la estimulación del receptor beta-1 dosis dependiente. La RVP generalmente no se modifica y existe un riesgo bajo de arritmias porque la dobutamina no libera norepinefrina endógena. Ocasionalmente produce un aumento en la FC sin un incremento apreciable en la PAM. Animales que responden a la dobutamina con taquicardia pueden ser sensibles y requerir menores tasas de infusión o mayor fluidoterapia para aumentar el retorno venoso. Rango de infusión va de 2 a 10 mcg/kg/min (Duke- Novakovski y Carr, 2015). Otros autores usan rangos de dosis que varían de 2 a 20 mcg/kg/min, sin embargo, no recomiendan dosis por debajo de 10 mcg/kg/min. Dosis superiores al rango recomendado pueden resultar en perfusión coronaria disminuida al enmascararse los efectos sobre los receptores alfa (Mazzaferro y Wagner, 2001). Está indicado en condiciones de bajo DC con volemia normal o aumentada y RVP elevada como por ejemplo en casos de insuficiencia cardíaca congestiva o en shock séptico con signos de disfunción cardíaca. En perros anestesiados con isoflurano y dobutamina a 10 mcg/kg/min tuvieron una elevación de la contractilidad cardíaca más eficaz que la epinefrina (Fantoni y Mastrocinque, 2002).

Figura 17. Ampolla de dobutamina.



Vasopresores

Los vasopresores pueden incrementar la PA y la RVP. Solo que usualmente reducirán el DC especialmente a dosis altas. Por ello deben ser administrados por cortos períodos de tiempo, removiéndolos lo antes posible. Las presiones arteriales excesivamente altas pueden forzar a los fluidos a salir al compartimento extracelular exacerbando así los estados hipovolémicos. Es difícil luego quitar a estos pacientes de la terapia vasopresora ya que se vuelven dependientes lo que es perjudicial. En esta situación, aumentar la fluidoterapia y las infusiones de α -2 agonistas suele ser necesario. Monitorear la PA es importante para asegurarse de no terminar en hipertensión (Duke- Novakovski y Carr, 2015).

Fenilefrina es un estimulante alfa 1 que reduce la perfusión en el bazo e incrementa la RVP. Es útil para tratar la hipotensión mediada por la vasodilatación y es similar a la norepinefrina. Disminuciones en el DC pueden ocurrir por incrementos en la PAM y RVP que resultan en una bradicardia refleja. Puede ser administrado en forma de bolo a dosis de 0,002 a 0,02 mg/kg IV o mayormente recomendado en IC con un rango de 1 a 3 mcg/kg/min. La fenilefrina es utilizada en el tratamiento de la hipotensión desencadenada por la anestesia en perros verificándose un aumento satisfactorio de la PA, por su importante acción vasoconstrictora, verificándose que puede producir bradicardia refleja y acentuarse con las dosis altas. Además, en casos de shock séptico e hipovolémico en los cuales la fluidoterapia administrada no es suficiente para restaurar la PA el uso de fenilefrina fue acompañado de buenos resultados (Fantoni y Mastrocinque, 2002).

Vasopresina es un estimulante dedicado a los receptores de vasopresina y es por ellos que puede surtir efecto aun cuando las catecolaminas fallan. Es un poderoso vasoconstrictor que puede disminuir la perfusión de extremidades y de las vísceras, es por ellos que se utiliza en rango mínimo de dosis efectiva y por el menor tiempo posible. La vasopresina puede utilizarse en conjunto con la dobutamina en pacientes extremadamente debilitados. Dosis de bolo 0,2 a 0,6 UI/kg e IC de 0,002 a 0,006 UI/kg/min (Duke- Novakovski y Carr, 2015).

Otros

El uso del estimulante respiratorio doxapram a dosis 1 a 5 mg/kg IV, tiene limitadas publicaciones que dicen mejorar el DC y PA. Aunque mejorar el DC en pacientes hipotensos es beneficioso, el doxapram tiene otros efectos que no son deseados en una anestesia como por ejemplo la estimulación del sistema nervioso central (SNC). Es por ello que su uso es muy limitado en casos de hipotensión transoperatorias (Mazzaferro y Wagner, 2001).

El calcio es un factor importante para mantener la estabilidad cardiovascular ya que juega un papel importante en la contracción cardíaca y en el músculo liso vascular. Una hipocalcemia acompañada de una alcalosis puede ocurrir en los casos de administración de derivados sanguíneos perianestésicos, los cuales tienen quelantes del calcio ionizado para inactivar la coagulación. Dentro de los efectos adversos de una hipocalcemia se incluyen depresión miocárdica e hipotensión, por falta de tono muscular. Cuando en pacientes caninos se realiza transfusiones y la hipotensión se muestra refractaria a tratamientos convencionales, se debe tener en cuenta como diferencial la hipocalcemia. El calcio puede ser administrado como clorhidrato de calcio a 10 mg/kg o gluconato de calcio a 23 mg/kg lento por vía IV. Durante la administración se debe tener especial cuidado en la FC y el electrocardiograma, si se presenta bradicardia o depresión del electrocardiograma se debe discontinuar la administración y luego comenzar a rangos más bajos (Mazzaferro y Wagner, 2001).

CONSIDERACIONES FINALES

La hipotensión arterial es la complicación anestésica más frecuente en perros. Esto explica la importancia de monitorear la presión arterial en el trasoperatorio. Los diferentes métodos de medición para la PA que se desarrollaron en la monografía son aplicables hoy en día a la realidad de nuestro país, ya sea invirtiendo en monitores multi-paramétricos, Doppler vascular o simplemente en un manómetro aneroide. La utilización de un protocolo basado por metas, tiene el fin de ser una guía en el tratamiento de la hipotensión, facilitando su reconocimiento y posible origen. La morbi-mortalidad en la anestesia sigue y seguirá siendo un desafío en la medicina veterinaria, siendo nuestro principal cometido reducir al máximo posible las complicaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- Amorin, S. (2016). Evaluación del desempeño de dos monitores oscilométricos portátiles en la estimación de la presión arterial directa de gatos anestesiados con Isoflurano. Tesis de Maestría, Facultad de Medicina, UNESP, Botucatu, 64p.
- 2- Ateca, L., Reineke, E., Drobatz, K. (2018). Evaluation of the relationship between peripheral pulse palpation and Doppler systolic pressure in dogs presenting to an emergency service. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 28(3): 226-231.
- 3- Bourazak, L., Hofmeister, E. (2018). Bias, sensitivity, and specificity of Doppler ultrasonic flow detector measurement of blood pressure for detecting and monitoring hypotension in anesthetized dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 253 (11): 1433-1438.
- 4- Brodbelt, D. (2009). Perioperative mortality in small animal anesthesia. *The Veterinary Journal*, 182(2): 152-161.
- 5- Brodbelt, D., Blissitt, K., Hammond, R., Neath, P., Young, L., Pfeiffer, D., Wood, J. (2008). The risk of death: the confidential enquiry into perioperative small animal fatalities. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 35(5): 365-373.
- 6- Brown, S., Atkins, R., Carr, A., Cowgill, L., Davison, M., Egner, B., Elliott, J., Henik, R., Lobato, M., Polzin, D., Ross, L., Snyder, P., Stepien, R., (2007). Guideline for the Identification, Evaluation, and Management of Systemic Hypertension in Dogs and Cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 21: 542-558.
- 7- Cazzolli, D., Prittie, J. (2015). The crystalloid-colloid debate: Consequences of resuscitation fluid selection in veterinary critical care. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 25(1): 6-19.
- 8- Celeita-Rodríguez, N., Teixeira-Neto, F., Garofalo, N., Dalmagro, T., Giroto, C., Oliveira, G., Santos, I. (2019) Comparison of the diagnostic accuracy of dynamic and static preload indexes to predict fluid responsiveness in mechanically ventilated isoflurane anesthetized dogs. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 46 (3): 276-288.
- 9- Cerejo, S., Teixeira-Neto, F., Garofalo, N., Rodrigues, J., Celeita-Rodríguez, N., Lagos-Carvajal, A. (2017). Comparison of two species-specific oscillometric blood pressure monitors with direct blood pressure measurement in anesthetized cats. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 27(4): 409-418.
- 10- Davis, H., Jensen, T., Johnson, A., Knowles, P., Meyer, R., Rucinsky, R., Shafford, H. (2013). 2013 AAHA/AAFP fluid therapy guidelines for dogs and cats. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 49(3): 149-159.
- 11- DiBartola, S. (2012). *Fluid, Electrolyte and Acid-Base Disorders in Small Animal Practice*. 4^{ta} Ed. Ohio, Elsevier, p.421.

- 12- Diniz, M.S., Teixeira-Neto, F.J., Celeita-Rodríguez, N., Giroto, C.H., Fonseca, M.W., Oliveira-Garcia, A.C., López-Castañeda, B. (2018). Effects of 6% Tertastarch and Lactated Ringers Solution on Extravascular Lung Water and Markers on Acute Renal Injury in Hemorrhaged Isoflurane Anesthetized Healthy Dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 32(2): 712-721.
- 13- Doherty, M., Buggy, D.J. (2012) Intraoperative fluids: how is too much? *British Journal of Anaesthesia*, 109(1): 69-79.
- 14- Duke-Novakovski, T., Carr, A. (2015). Perioperative Blood Pressure Control and Management. *Veterinary Clinics of North America in Small Animal Practice*, 45(5): 965-981.
- 15- Egner, B., Carr, A., Brown, S. (2003). Essential facts of blood pressure in dogs and cats. 3^{ra} ed. Babenhausen, Egner, 216 p.
- 16- Fantoni, D., Shih, A.C. (2016). Perioperative Fluid Therapy. *Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice*, 47 (2): 423-434.
- 17- Fantoni, D., Mastrocinque, S. (2002) Agentes vasoactivos e inotrópicos em anestesia e no paciente crítico. *Revista Educación Continúa Medicina Veterinaria Zootecnista*, 5 (2): 139-149.
- 18- Fox, P., Sisson, D., Moise, N. (1999). Textbook of canine and feline cardiology principles and clinical practice. Philadelphia, Saunders, p. 795-813.
- 19- Fujiyama, M., Sano, H., Chambers, P., Giese, M. (2017) Evaluation of an indirect oscillometric blood pressure monitor in anesthetized dogs at three different anatomical locations. *New Zealand Veterinary Journal*, 65(4): 1-18.
- 20- Garofalo, N., Teixeira, F., Alvares, R., A de Oliveira, F., Pignaton, W., Pinheiro, R. (2012) Agreement between direct, oscillometric and Doppler ultrasound blood pressures using three different cuff positions in anesthetized dogs. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 39(4): 324-334.
- 21- Garofalo, N., Teixeira-Neto, J.F., Rodrigues, S. A., Cerejo, S., Aguiar, A., Becerra-Velasquez, D. R. (2016) Comparison of Transpulmonary Thermodilution and Calibrated Pulse Contour Analysis with Pulmonary Artery Thermodilution Cardiac Output Measurements in Anesthetized Dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 30 (4): 941-950.
- 22- Gaynor, J. S., Dunlop, C. I., Wagner, A. E., Wertz, E. M., Golden, A. E., Demme, W. C. (1999). Complications and mortality associated with anesthesia in dogs and cats. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 35(1): 13-17.
- 23- Guedes, A. G. P., Papich, M. G., Rude, E. P., Rider, M. A. (2007) Comparison of Plasma Histamine Levels After Intravenous Administration of Hydromorphone and Morphine in Dogs. *Journal of Veterinary Pharmacology Therapeutics*, 30 (6): 516-522.

- 24- Guyton, A., Hall, J. (2006). Overview of the circulation; Medical Physics of Pressure, Flow and Resistance. Textbook of Medical Physiology, 11a ed. Mississippi, Elsevier, p. 160-170.
- 25- Haskins, SC., (2007). Monitoring anesthetized patients. En: Tranquilli, W. J., Thurmon, J. C., Grim, K. A. Anesthesia and Analgesia: Lumb and Johns. 4^{ta} ed. Iowa, Blackwell, p. 533-558.
- 26- Haskins, S. C. (2015). Monitoring anesthetized patients. En: Grimm, K. A., Lamont, L. A., Tranquilli, W. J., Greene, S. A., Robertson, S. A. Veterinary Anesthesia and Analgesia: Lumb and Johns. 5^{ta} ed. Iowa, Blackwell, p. 86-113.
- 27- Hosgood, G., Scholl, D., T. (1998). Evaluation of age as a risk factor for perianesthetic morbidity and mortality in the dog. Journal of Veterinary Emergency and Critical Care, 8(3): 222-236.
- 28- Iizuka, T., Kamata, M., Yanagawa, M., Nishimura, R. (2013) Incidence of intraoperative hypotension during isoflurane fentanyl and propofol fentanyl anaesthesia in dogs. The Veterinary Journal, 198(1): 289-291.
- 29- Kennedy, M., Barletta, M. (2015) Agreement Between Doppler and Invasive Blood Pressure Monitoring in Anesthetized Dog Weighing < 5kg. Journal of Animals and Hospitals Association, 51(5): 300-305.
- 30- Klein A.V., Teixeira-Neto, F. J., Garofalo, N., Lagos-Carvajal, A., Diniz, M., Becerra-Velásquez, D. (2016) Changes in pulse pressure variation and plethysmographic variability index caused by hypotension-inducing hemorrhage followed by volumen replacement in isoflurane-anesthetized dogs. American Journal of Veterinary Research, 77 (3): 280-287.
- 31- Mauck, G. W., Smith, C. R., Geddes, L. A., Bourland, J. D. (1980). The meaning of the point of maximum oscillations in cuff pressure in the indirect measurement of blood pressure—part ii. Journal of Biomechanical Engineering, 102(1): 28-33.
- 32- Mazzaferro, E., Wagner, A. E. (2001). Hypotension during anesthesia in dogs and cats: recognition, causes and treatment. Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian, 23(8): 728-737.
- 33- McMillan, M., Darcy, H. (2016). Adverse event surveillance in small animal anesthesia: an intervention-based, voluntary reporting audit. Veterinary Anaesthesia and Analgesia, 43(2): 128-135.
- 34- Mellema, M. S., McIntyre, R. L. (2015). En: Silvertein, D., Hopper, K. Cardiac output monitoring. Animal Critical Care Medicine. P. 962-967.
- 35- Muir, W. W., Ueyama, Y., Pedraza-Toscano, A., Vargas-Pinto, P., Delrio, C. L., George, R. S., Youngblood, B. B., Hamlin, R. L. (2014). Arterial blood pressure as a predictor of the response to fluid administration in euvoletic nonhypotensive or hypotensive isoflurane-anesthetized dogs. Journal of the American Veterinary Medical Association, 245(9): 1021-1027.

- 36- Muir, W. (2017) Effect of Intravenously Administered Crystallloid Solutions on Acid-Base Balance in Domestic Animals. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 31(5): 1371-1381.
- 37- Muir, W., Ueyama, Y., NoelMorgan, J., Kilborne, A., Page, J. (2017) A Systematic Review of the Quality of IV Fluid Therapy in Veterinary Medicine. *Frontiers in Veterinary Science*, 14(4): 127-135.
- 38- Operator's manual for petMAP_{classic}TM – blood pressure measurement device. Tampa: Ramsey Medical. Disponible en: <http://www.petmap.com/>. Fecha de consulta: 24/11/2018.
- 39- Ruffato, M., Novello, L., Clark, L. (2015). What is the definition of intraoperative hypotension in dogs? Results from a survey of diplomates of the ACVAA and ECVAA. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 42(1) :55-64.
- 40- Sawyer, D.C., Guikema, A.H., Siegel, E.M. (2004). Evaluation of a new oscillometric blood pressure monitor in soflurane-anesthetized dogs. *Veterinary Anesthesia and Analgesia*, 31(1): 27-39.
- 41- Schroeder B, Barbeito A, Bar-Yosef S, Mark JB.(2015) Cardiovascular Monitoring. En: Miller, R. D. *Miller's Anesthesia*. 8a ed. Philadelphia, Elsevier, p. 1345–1395.
- 42- Shih, A., Robertson, S., Vigani, A., da Cunha, A., Pablo, L., Bandt, C. (2010) Evaluation of an indirect oscillometric blood pressure monitor in normotensive and hypotensive anesthetized dogs. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 20(3): 313-318.
- 43- Sierra, L. K., Savino, E. (2015). Blood Pressure Monitoring from a Nursing Perspective, Part 1: Overview of Blood Pressure Monitoring. *Today's Veterinary Practice*, p. 53-57.
- 44- Silverstein, D. C., Santoro Beer, K. A. (2015). Controversies regarding choice of vasopressor therapy for management of septic shock in animals. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 25(1): 48-54.
- 45- Trim, C., Hofmeister, E., Quandt, J., Shepard, M. (2017) A survey of the use of arterial catheters in anesthetized dogs and cats: 267 cases. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 27(1): 89-95.
- 46- Valverde, A., Gianotti, G., Rioja-Garcia, E., Hathway, A. (2012). Effects of high-volume, rapid-fluid therapy on cardiovascular function and hematological values during isoflurane-induced hypotension in healthy dogs, *Canadian Journal of Veterinary Research*, 76(2): 99-108.
- 47- Yeager, M.P., Spence, B.C. (2006). Perioperative Fluid Management. Current consensus and controversies. *Seminars in Dialysis*, 19(6): 472-479.