



**Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza**



Trabajo Fin de

Autor/es

Director/es

Facultad de Veterinaria



Índice

Resumen	1
<i>Abstract</i>	1
Introducción	2
Justificación y objetivos.....	3
Metodología.....	3
Resultados y discusión	4
1. Anestesia general en la especie equina.....	4
1.1. Valoración y preparación del paciente	5
1.2. Premedicación.....	6
1.3. Inducción	6
1.4. Mantenimiento.....	7
1.4.1. TIVA	7
1.4.2. Inhalatoria	8
1.4.3. PIVA	8
1.5. Recuperación.....	9
1.6. Monitorización anestésica.....	10
1.6.1. Sistema cardiovascular	10
1.6.2. Sistema respiratorio	11
1.6.3. Profundidad anestésica	11
2. Fármacos más comúnmente utilizados en anestesia general equina.....	12
2.1. Fenotiacinas	12
2.2. Benzodiacepinas.....	12
2.3. Guaifenesina.....	13
2.4. α -2 agonistas	13
2.5. Opiáceos	14
2.6. Hipnóticos	15
2.6.1. Ketamina	15
2.6.2. Tiopental.....	16
2.6.3. Alfaxalona	16
2.6.4. Propofol.....	16
2.7. Anestésicos inhalatorios.....	17

3.	Complicaciones anestésicas más frecuentes en cada fase y tratamiento	18
3.1.	Premedicación	18
3.1.1.	Reacción anafiláctica o anafilactoide	18
3.1.2.	Arritmias y bloqueos aurículo-ventriculares	19
3.2.	Inducción	19
3.2.1.	Administración inadecuada de fármacos	19
3.2.2.	Fracturas	20
3.2.3.	Rotura intestinal	20
3.3.	Mantenimiento anestésico	21
3.3.1.	Sistema cardiovascular	21
3.3.1.1.	Arritmias y bloqueos auriculoventriculares	21
3.3.1.2.	Presión arterial	21
3.3.1.2.1.	Hipotensión	22
3.3.1.2.2.	Hipertensión	24
3.3.2.	Problemas respiratorios	25
3.3.3.	Miopatías y neuropatías postanestésicas	27
3.3.4.	Daños oculares	27
3.3.5.	Enfermedades genéticas asociadas a complicaciones anestésicas	27
3.3.5.1.	Parálisis hipercalémica	27
3.3.5.2.	Hipertermia maligna	28
3.4.	Recuperación anestésica	29
3.4.1.	Miopatía postanestésica	29
3.4.2.	Neuropatías postanestésicas	31
3.4.3.	Fracturas	31
3.4.4.	Edema pulmonar	32
	<i>Conclusiones/Conclusions</i>	33
	Valoración personal	33
	Agradecimientos	33
	Bibliografía	34

Resumen

La anestesia general en caballos es un procedimiento que presenta una alta tasa de mortalidad y morbilidad intra y perioperatoria en comparación con otras especies, debido principalmente a su gran tamaño y a su temperamento, así como a su respuesta a los fármacos anestésicos.

Las complicaciones anestésicas que con mayor frecuencia se presentan durante la anestesia general equina son las relacionadas con el sistema cardiovascular, siendo la hipotensión la más grave por las complicaciones en que puede derivar y que en ocasiones no se aprecian hasta fases posteriores. A pesar de que el mantenimiento es la fase anestésica más larga y donde más complicaciones se pueden apreciar, los momentos más críticos se producen durante la inducción y la recuperación anestésica, siendo las fracturas, las miopatías y las neuropatías post anestésicas las más comunes.

Por todo esto, es muy importante conocer cómo actúan los fármacos utilizados durante la anestesia, así como la formación sobre el manejo y la monitorización del paciente para prevenir y abordar correctamente las complicaciones que puedan comprometer la vida del animal.

Abstract

General anaesthesia in horses is a procedure which has a high intra and peri operative mortality and morbidity rate if it is compared to other species', mainly due to their large size and temperament, in addition to their response to anaesthetic drugs.

The anaesthetic complications that take place most frequently during equine general anaesthesia are those related to the cardiovascular system. Hypotension is the most serious one due to the complications in which it may arise and which sometimes are not appreciated until subsequent phases. Although maintenance is the longest and the one where the most complications can be detected, the most critical moments occur during anaesthetic induction and recovery, where fractures, myopathies and post-anaesthetic neuropathies are the most frequent.

Consequently, it is very important to know how the drugs used during anaesthesia work, as well as training in the management and monitoring of the patient to prevent and accurately deal with complications that may compromise the life of the animal.

Introducción

La anestesia general permite la realización de procedimientos quirúrgicos sin producir dolor al paciente y manteniéndolo inmóvil. Además, no solo se encarga de la prevención del dolor intraoperatorio, sino también del dolor postoperatorio, mejorando la calidad de la recuperación del paciente y su bienestar (Muir *et al.*, 2008c).

La historia de la anestesia tanto veterinaria como humana está estrechamente ligada. Los dos primeros fármacos utilizados en anestesia veterinaria fueron el éter y el cloroformo durante el siglo XIX, cuando también se comenzaron a introducir las primeras técnicas de anestesia regional (Jones, 2002). Pese a la gran evolución que ha sufrido la anestesia veterinaria, esta no está exenta de riesgos. En el caso de los caballos, la mortalidad asociada a la anestesia general es de entre el 0,08% en cirugías electivas y el 1,8% en cirugías de urgencia, como muestran diferentes estudios recopilados por Dugdale y Taylor en 2016. Esto supone una mortalidad de 100 a 1000 veces superior a la que se da en humanos (Jones, 2001; Irving y Kong, 2014), 20 veces superior a la que presentan los perros y 10 veces superior a la que se ha observado en gatos (Brodbelt *et al.*, 2008).

Estos mayores porcentajes de mortalidad se asocian a características intrínsecas de la especie equina como su temperamento, gran tamaño y peso (Johnston *et al.*, 2002). Ello ocasiona problemas por presión no solo en decúbito, sino también al incorporarse. Además, su aparato digestivo de gran tamaño y condicionado por su alimentación herbívora, requiere estar en constante funcionamiento y su motilidad se ve afectada por los fármacos habitualmente empleados.

El temperamento de los caballos es el característico de aquellos animales que serían presas en la naturaleza, y por lo tanto se estresan con facilidad. Esto, sumado a su gran tamaño, hace que tanto la inducción como la recuperación anestésica sean fases críticas por el riesgo de accidentes que impliquen posibles fracturas y daños al personal. Además, su elevado peso corporal, puede predisponer a problemas durante el mantenimiento anestésico tanto a nivel cardiovascular como problemas relacionados con el aparato locomotor que en algunos casos pueden llegar a repercutir en todo el organismo (Johnston *et al.*, 2002; Driessen, 2006).

Cabe destacar que, en casos de procedimientos quirúrgicos de emergencia que requieren anestesia general, estas cifras de mortalidad pueden aumentar más y alcanzar porcentajes del 7,8% (Johnston *et al.*, 2002) al 19,5% (Mee *et al.*, 1998). Dentro de estos procedimientos quirúrgicos de emergencia, los que más mortalidad asociada presentan son los relacionados con el síndrome abdominal agudo (SAA), más comúnmente conocido como síndrome cólico, debido al conjunto de alteraciones metabólicas que presentan los equinos.

Por tanto, de forma general, pero con especial importancia en la especie equina por sus particularidades, conocer el riesgo anestésico es fundamental para planificar un buen protocolo anestésico y anticiparse a las posibles complicaciones que pueden producirse. Una herramienta esencial para el estudio del riesgo de los pacientes es la clasificación propuesta por la *American Society of Anesthesiologists* (ASA). Según su última actualización de 2019, la clasificación ASA es un sistema cuyo objetivo en medicina humana es asesorar y comunicar al paciente sobre las diferentes co-morbilidades que pueden surgir derivadas de la anestesia. Esta, junto a otros factores como el tipo de cirugía que se va a realizar, puede ayudar al anestesista a predecir los riesgos perioperatorios a los que se puede enfrentar.

Justificación y objetivos

Por todo lo expuesto, la anestesia general del paciente equino presenta un reto mayor para el veterinario que la de otras especies. Por ello, es de gran importancia para cualquier clínico el conocer las complicaciones anestésicas más comunes que pueden ocurrir durante un procedimiento quirúrgico en el caballo, pues le ayudará a anticiparse y a ponerles solución.

Por la relevancia del tema expuesto, el objetivo general de este trabajo fin de grado es realizar una revisión bibliográfica sobre los siguientes puntos:

- Revisar cuáles son las principales complicaciones anestésicas que pueden aparecer durante las diferentes fases de la anestesia general en caballos, ya sean asociadas a fármacos o a las características intrínsecas de la especie.
- Recopilar información sobre diferentes técnicas, fármacos y métodos para prevenir y tratar las complicaciones anestésicas más comunes que pueden ocurrir durante la anestesia general del caballo sano o comprometido.

Metodología

Para lograr los objetivos mencionados anteriormente, se realizará una revisión bibliográfica sobre la anestesia general en caballos y complicaciones asociadas a la misma utilizando recursos bibliográficos como libros especializados, artículos científicos, actas de congresos o trabajos académicos. Para buscar y acceder a dichos recursos, se emplearán bases de datos como PubMed, Web of Science o ScienceDirect, así como motores de búsqueda como Alcorze y Google Scholar.

Para realizar dicha búsqueda, se utilizarán palabras clave como “equine”, “anaesthesia/anesthesia”, “complications”, “management”, “prevention” y sus combinaciones booleanas. A partir de los resultados encontrados, se amplió la búsqueda a términos más concretos como los referidos a fármacos y a complicaciones específicas. A pesar de haber

intentado utilizar la bibliografía más reciente, se han incluido citas más antiguas debido a su relevancia.

Los recursos incluidos se han publicado en inglés y en español desde 1982 hasta 2019. Todas estas referencias se han gestionado con el gestor bibliográfico Mendeley.

Resultados y discusión

1. Anestesia general en la especie equina

Según define la ANZCA (*Australian and New Zealand College of Anesthetists*): “la anestesia se refiere a la práctica de la administración de fármacos tanto inyectados como inhalados que bloquean la sensación de dolor, entre otras sensaciones, o que produce un profundo estado de inconsciencia que elimina cualquier tipo de sensación, permitiendo la realización de procedimientos médicos y quirúrgicos sin producir estrés ni molestias”. Dentro del término “anestesia”, se incluyen diferentes tipos de procedimientos que comparten el bloqueo del dolor y/o la inmovilidad. En la anestesia veterinaria, y más concretamente de la equina, entre estos procedimientos no solo se encuentra la anestesia general con su consecuente pérdida de conciencia, sino también la sedación, la tranquilización, los bloqueos anestésicos e incluso la analgesia postoperatoria (Kissin, 1997).

A modo de resumen, podrían establecerse tres tipos de anestesia: la anestesia local (tópica o por infiltración), la anestesia regional (bloqueo de nervios periféricos, epidural, espinal y regional intravenosa) y la anestesia general. Dentro de la anestesia general, se encuentran tres modalidades principales: la anestesia total intravenosa (TIVA), la anestesia parcial intravenosa (PIVA) y la anestesia total inhalatoria (Muir y Hubbell, 2009b). La anestesia general consta de múltiples factores de riesgo que están asociados directamente con la muerte en caballos, entre los que cabe destacar el tipo de premedicación, el agente utilizado para la inducción y el tipo de mantenimiento anestésico. Además, el aumento de la duración de la anestesia está directamente relacionado con el aumento de riesgo de muerte (Pereira Espinel y González Cantalapiedra, 2002).

A continuación, se describirán brevemente las diferentes etapas por las que pasa el paciente durante la anestesia general para poder entender las particularidades de cada una de ellas y relacionarlas mejor con las complicaciones que se dan durante las mismas. La anestesia general puede dividirse en distintos periodos: la premedicación, la inducción, el mantenimiento anestésico y la recuperación. La preparación preoperatoria del paciente no es una fase anestésica como tal, pero debe tenerse en cuenta ya que es fundamental para evitar complicaciones más adelante.

1.1. Valoración y preparación del paciente

Este periodo preanestésico se divide principalmente de dos etapas: la valoración y preparación del paciente, y la profilaxis antibiótica y antiinflamatoria (Jones, 2006).

La valoración del paciente antes de anestesiarlo es crucial, ya que permite conocer su estado físico y tomar decisiones en torno al mismo, como modificar la técnica anestésica o incluso aplazar la cirugía hasta que el estado del paciente lo permita. Además de la anamnesis general, conviene recoger información sobre posibles fármacos que se le hayan administrado al caballo recientemente, debido a las posibles interacciones que pueden darse con los anestésicos (Jones, 2006). Tras la recogida de datos, se realiza un examen físico general completo, prestando especial atención a los sistemas cardiovascular y respiratorio. Es muy importante en esta exploración la detección de patologías crónicas cardiovasculares o pulmonares. En este último caso no debido a un potencial problema relacionado con la respuesta inmediata a la anestesia, sino por un postoperatorio con más probabilidades de empeoramiento de una patología crónica (Robertson y Scicluna, 2009).

Además, es fundamental determinar de la manera más precisa posible el peso del caballo para calcular las dosis de fármacos con la mayor precisión (Jones, 2006). En el caso de animales con sobrepeso se debe prestar especial atención al posible daño muscular o nervioso asociados al decúbito que implica la anestesia general, sin olvidar el mayor tiempo requerido para metabolizar fármacos liposolubles y eliminarlos (Jones, 2006). Asimismo, también se deben tener en cuenta en la elección de los protocolos anestésicos el tamaño del animal y la edad, entre otros factores.

Aparte de una exploración general, la valoración preanestésica debería incluir también el análisis de algunos parámetros sanguíneos básicos como el hematocrito y proteínas plasmáticas totales, además de una gasometría si es posible. Esta permite conocer los valores de gases basales del paciente y poder valorar con mayor precisión los posibles cambios en estos producidos durante la cirugía (Robertson y Scicluna, 2009). Robertson y Scicluna (2009) proponen incluir además el recuento de glóbulos blancos y un electrocardiograma. En el caso de ser animales que vayan a ser intervenidos por alguna patología que pueda afectar a su situación a nivel metabólico, como es el caso de una laparotomía exploratoria en un cólico, se debería realizar además un análisis bioquímico general y también de electrolitos si muestran signos de deshidratación; dado que un desequilibrio electrolítico grave podría inducir alteraciones ácido-base, del ritmo cardíaco o de la función muscular (Bednarski, 2009).

Una vez realizada la exploración general, el día de la cirugía y tras un periodo de ayuno de comida y agua a elección del anestesista, se procede a la preparación del paciente para la

cirugía. Esta preparación varía dependiendo del procedimiento que se vaya a realizar, pero hay ciertos pasos que son comunes a la mayoría de los procedimientos quirúrgicos y están enfocados a proteger al caballo durante la inducción anestésica. Estos son los siguientes: la limpieza de los cascos, la retirada de herraduras a ser posible para proteger al paciente, la limpieza de la boca del caballo para eliminar los restos de comida que pudieran quedar en la misma y durante la intubación pudieran introducirse en la vía aérea (Jones, 2006; Robertson y Scicluna, 2009) y la colocación aséptica y fijación de un catéter yugular (Jones, 2006).

1.2. Premedicación

En esta etapa se procede a la administración de los fármacos previos a la inducción anestésica y que permitirán una anestesia más suave y tranquila (Jones, 2006). Es fundamental que el animal se encuentre en un ambiente tranquilo, con los mínimos estímulos posibles, a fin de conseguir una mejor respuesta a los fármacos. En los caballos, alcanzar una buena sedación es especialmente importante, ya que la fase que comienza a continuación es crítica, al producirse el derribo del animal, y es necesario que esté relajado y calmado para que sea exitosa (Jones, 2006)2009a).

1.3. Inducción

En la inducción se inhiben en gran medida los reflejos defensivos del paciente y en la especie equina se caracteriza porque produce su derribo. La inducción en caballos se produce fundamentalmente mediante el uso de anestésicos inyectables muy comúnmente asociados a relajantes musculares para facilitar la intubación endotraqueal (Hubbell y Muir, 2009a).

El derribo del caballo en condiciones hospitalarias debería realizarse idealmente en una sala acondicionada para tal fin. Los boxes de inducción tienen las paredes acolchadas y permiten un derribo más seguro y con menos posibilidades de producir daños al paciente. En esta etapa, la contención física del animal es muy importante para guiar su caída y preservar la seguridad tanto del paciente como del personal que lo atiende. Lo más habitual es colocar al paciente en una esquina del box y que una persona tenga sujeto al animal por la cabezada, empujándolo hacia atrás para que el animal vaya cayendo poco a poco deslizándose por la pared, aunque esto está sujeto a la disponibilidad de equipamiento y personal (Jones, 2006). Tras conseguir el decúbito del caballo, se intuba al animal para mantener la vía aérea permeable, permitiendo la administración de anestésicos inhalatorios y oxígeno, así como la ventilación asistida si el paciente así lo requiriera en la siguiente fase (Hubbell y Muir, 2009a; Bednarski, 2009).

1.4. Mantenimiento

Tras la inducción de la anestesia general, se procede al mantenimiento del plano quirúrgico. Durante esta etapa, se debe monitorizar en todo momento el estado del paciente a fin de conocer cómo está respondiendo a los fármacos administrados y controlar la profundidad del plano anestésico. Además, si el animal va a ser anestesiado durante un tiempo largo, debería colocarse en una mesa de quirófano acolchada. En el caso de que la cirugía se realice en decúbito lateral, la extremidad anterior que quede debajo tendrá que adelantarse para disminuir la presión sobre el tríceps para evitar daños en este músculo y en el nervio radial y problemas posteriores debido al gran peso que tienen que soportar. Si la cirugía se realizara en decúbito dorsal, el peso se distribuiría principalmente en los hombros y la cadera, por lo que deben estar especialmente protegidos mediante un buen acolchado y distribuyendo el peso de manera equitativa. El mantenimiento anestésico puede realizarse mediante el uso de fármacos intravenosos, inhalatorios, o una combinación de ambos (Hubbell y Muir, 2009a).

1.4.1. TIVA

La anestesia total intravenosa consiste en el mantenimiento anestésico únicamente mediante diferentes fármacos intravenosos infundidos para prolongar la inconsciencia y proveer de relajación muscular y analgesia (Lerche, 2013). En la TIVA principalmente se utilizan agentes hipnóticos combinados con relajantes musculares y analgésicos (Yamashita y Muir, 2009).

Esta técnica se utiliza a menudo en la anestesia de équidos, y produce una mejor respuesta cardiovascular por parte del paciente, sobre todo en cuanto a la presión arterial y el gasto cardíaco, una menor respuesta de estrés y una mejor recuperación anestésica comparada con la inhalatoria. Además, no es necesario equipamiento adicional para llevarla a cabo, lo que permite anestesiar en condiciones de campo (Lerche, 2013).

Sin embargo, esta técnica también posee algunos inconvenientes, como la acumulación de los metabolitos de estos fármacos que puede alargar sus efectos si se administran durante mucho tiempo. Por esto, su principal limitación es su uso para cirugías de larga duración, por lo que las sustancias elegidas en estos protocolos normalmente tienen efectos de corta duración (Yamashita y Muir, 2009).

Dentro de este tipo de anestesia es posible encontrar dos subtipos: la TIVA de corta duración, que dura en torno a los 30 minutos, y la TIVA de larga duración, que dura más de una hora (Lerche, 2013). Yamashita y Muir, (2009) contemplan una TIVA de mediana duración que se encontraría encuadrada entre los 30 y los 90 minutos. La TIVA de corta duración se realiza mediante un protocolo de dosis única del anestésico, aprovechando el efecto de los inductores y pudiendo prolongarse con bolos adicionales de α-2 agonistas y disociativos o barbitúricos a

dosis en torno a la mitad o un tercio de las iniciales. El inconveniente de repetir varias veces la administración de estos fármacos es el aumento del tiempo de recuperación (McCarty *et al.*, 1990). En lo referente a la TIVA de larga duración, se utilizan los mismos fármacos que en una TIVA de corta duración, pero en infusión continua (CRI, de sus siglas en inglés *Constant Rate Infusion*), lo que permite el mantenimiento de concentraciones plasmáticas a la vez que se mantiene el plano anestésico y evitándose la posible toxicidad al no producir picos en la concentración plasmática. Su uso continuado requiere de la adición de un relajante muscular y, como se ha mencionado anteriormente, el uso prolongado alarga el tiempo de recuperación anestésica (Yamashita y Muir, 2009).

1.4.2. Inhalatoria

La anestesia inhalatoria consiste en el mantenimiento del plano anestésico de manera exclusiva con gases anestésicos. El principal factor que condiciona el uso de este tipo de anestesia es el equipamiento que requiere, ya que es necesario el uso de máquinas con un elevado coste y que limita su uso al entorno hospitalario. Además, es necesario que el personal esté entrenado para utilizarlo. No obstante, el poseer este equipamiento también aporta una gran herramienta para el manejo anestésico de los pacientes, como por ejemplo la ventilación mecánica, requerida para contrarrestar ciertas complicaciones anestésicas (Steffey, 2009).

La dosis y potencia relativa de estos fármacos inhalatorios se mide mediante la concentración alveolar mínima (CAM). La CAM es la concentración de anestésico inhalatorio en el alveolo que inhibe los movimientos del 50% de los pacientes ante un estímulo doloroso (Steffey, 2009). Esta modalidad posibilita la rápida modificación de las concentraciones de gas anestésico que se administran al paciente y el efecto que producen en tiempo real en el mismo. Dado que el metabolismo de los gases anestésicos es muy rápido, este tipo de mantenimiento es más seguro que el llevado a cabo con fármacos inyectables en cuanto a la rapidez de respuesta a una disminución de la dosis de fármacos administrada (Brosnan, 2013).

1.4.3. PIVA

Las siglas PIVA se refieren a la anestesia intravenosa parcial, consistente en el mantenimiento anestésico mediante la combinación de agentes intravenosos e inhalatorios (White, 2015). Posee diferentes beneficios, siendo el principal la menor depresión del sistema cardiovascular al combinar dos modalidades anestésicas y poder reducir la cantidad de anestésicos inhalatorios administrados (Gozalo-Marcilla *et al.*, 2014). Además, la PIVA potencia la cobertura analgésica extra y la hipnosis (Valverde, 2013; White, 2015). Es por ello por lo que a la PIVA también se le denomina anestesia balanceada (Valverde, 2013). Además, los animales anestesiados con PIVA se mantienen más relajados y menos deprimidos a nivel del sistema

nervioso central al poder mantenerse un plano anestésico más superficial (Satoh *et al.*, 2000; Gozalo-Marcilla *et al.*, 2012).

Sin embargo, la modalidad PIVA también se asocia con inconvenientes como la vuelta a la conciencia intraoperatoria de entre el 0.0068-0.13% de pacientes humanos (Sebel *et al.*, 2004; Pollard *et al.*, 2007), lo cual no es fácil de medir en anestesia veterinaria, pero se debe considerar. Además, aunque mantiene estable la función cardiovascular, parece que puede deprimir la función respiratoria más fácilmente que la anestesia inhalatoria o la TIVA, pese a que no está definido del todo su efecto (Valverde, 2013; Gozalo-Marcilla *et al.*, 2012).

1.5. Recuperación

La recuperación anestésica se puede dividir en cinco etapas: la transición de la anestesia a la recuperación, el primer movimiento, la incorporación a decúbito esternal, el primer intento de levantarse y la estación completa; finalizando por lo tanto cuando el caballo se incorpora y es lo suficientemente estable como para volver al recinto donde se encontraba. La duración de todo este periodo anestésico postoperatorio está influida por la duración de la anestesia, las complicaciones durante la misma, los fármacos empleados, el estado físico del animal e incluso la raza del caballo, entre otros factores (Clark-Price, 2013).

Durante la transición de la anestesia a la recuperación anestésica, se dejan de administrar anestésicos y el caballo se traslada mediante una grúa a la sala acolchada. Los caballos que durante la cirugía se mantuvieron en decúbito lateral, se deberían colocar en el mismo decúbito ya que el pulmón que ha quedado debajo durante toda la cirugía puede estar colapsado (Clark-Price, 2013). En el caso de haberse mantenido un decúbito dorsal durante la cirugía, se colocaría al caballo en decúbito lateral izquierdo debido a que es preferible dejar sin peso al pulmón con más capacidad, el derecho.

En la segunda etapa de la recuperación se produce el primer movimiento del caballo, que puede ser de cabeza o de las extremidades (Clark-Price, 2013). Asimismo, es una etapa que para muchos anestesistas señala el momento de retirar el tubo endotraqueal, ya que el paciente presenta reflejo de deglución, lo que significa que puede proteger la vía aérea. En algunos casos es posible dejarlo colocado incluso hasta cuando el animal se encuentra en estación, debido a la posibilidad en algunas cirugías de que, al estar situada la cabeza a una altura inferior que la del resto del cuerpo, se produzca obstrucción de la vía aérea nasal, lo que es un problema debido a que los caballos sólo pueden respirar por los ollares. En esta etapa también pueden administrarse sedantes para que la transición a la siguiente fase sea más suave (Bednarski, 2009). Los caballos sometidos a mantenimiento anestésico inhalatorio pueden padecer una mayor desorientación y debilidad muscular, lo que puede dificultar más

su paso hasta la estación. Una vez alcanzada la misma, es común observar fasciculaciones musculares y ataxia, muy influenciados por los fármacos administrados previamente (Clark-Price, 2013).

1.6. Monitorización anestésica

La monitorización anestésica es esencial para llevar a cabo una anestesia segura. Para monitorizar adecuadamente al paciente es necesario conocer los parámetros fisiológicos de la especie, además de los efectos esperables de los fármacos que se utilizan y cómo interpretar la información que podemos obtener de los dispositivos de monitorización y del propio paciente (Muir *et al.*, 2008d). Esta se puede llevar a cabo mediante métodos objetivos (cuantitativos) o subjetivos (cualitativos). Los datos cualitativos proceden fundamentalmente de la interpretación del anestesista de hallazgos encontrados mediante la observación, palpación y auscultación del paciente; mientras que los cuantitativos se pueden obtener mediante métodos invasivos y no invasivos (Hubbell y Muir, 2009b). Los métodos no invasivos son técnicas sencillas que no implican riesgo para el paciente, mientras que los métodos invasivos requieren la introducción de instrumentos en el animal. Estos últimos en ocasiones pueden suponer riesgos para el paciente, pero a su vez aportan más datos al anestesista y de mejor calidad en muchos casos (Muir *et al.*, 2008d).

En cuanto a las diferentes técnicas de monitorización, pueden dividirse en función de los sistemas que controlan. El *American College of Veterinary Anesthesiologists* (ACVA) ha establecido una serie de parámetros que permiten la monitorización de los sistemas más importantes a controlar durante una anestesia general, considerando los más importantes los relacionados con el sistema cardiovascular y respiratorio.

1.6.1. Sistema cardiovascular

Para monitorizar el sistema cardiovascular pueden utilizarse técnicas cualitativas como la calidad de pulso arterial, el tiempo de relleno capilar (TRC) o el color de las mucosas (Hubbell y Muir, 2009b). Estas técnicas permiten valorar de forma aproximada la perfusión tisular, saturación de oxígeno y concentración de hemoglobina en sangre.

En lo referente a las técnicas cuantitativas, el electrocardiograma (ECG) se encuentra entre los métodos más utilizados para la monitorización cardiaca, siendo además una técnica no invasiva. El ECG permite obtener datos de la frecuencia cardíaca fácilmente, detectar arritmias y, aunque con limitaciones, verificar la función del corazón. Además, dentro de estas técnicas se encuentra la toma de la presión arterial, siendo ésta un indicador muy fiable de la función cardíaca. La medida de la presión arterial puede realizarse mediante métodos invasivos o no

invasivos, siendo los métodos invasivos más precisos y ofreciendo estos información más completa (Gleed, 2002).

1.6.2. Sistema respiratorio

La observación de los movimientos torácicos del paciente, de la bolsa reservorio o la auscultación pulmonar pueden permitir la cuantificación sencilla de la frecuencia y el ritmo respiratorio, pero no aportan información sobre la calidad del intercambio gaseoso (Gleed, 2002; Muir *et al.*, 2008). Esta se puede monitorizar mediante métodos no invasivos como la pulsioximetría, que permite conocer la saturación de oxígeno en sangre y, por tanto, de forma indirecta, ofrece información sobre la perfusión tisular (Gleed, 2002). Otro método es el análisis de gases en sangre arterial (que también proporciona información sobre la ventilación) o la cuantificación de la saturación de oxígeno en la hemoglobina en sangre. Por otro lado, para la valoración de la ventilación es posible utilizar la capnografía, que proporciona información sobre el CO₂ espirado e inspirado y frecuencia respiratoria (Muir *et al.*, 2008d).

1.6.3. Profundidad anestésica

Finalmente, pese a que la monitorización de este aspecto de la anestesia no ofrece información directa sobre la respuesta fisiológica del paciente a las drogas administradas, se incluye este aspecto por su importancia. El plano anestésico del paciente puede ir modificándose en función de los fármacos que se hayan empleado, los estímulos quirúrgicos, la duración de la anestesia y las condiciones metabólicas del animal, y su control de cara a las complicaciones anestésicas es importante ya que el alcanzar un plano anestésico demasiado profundo está directamente relacionado con depresión cardiorrespiratoria y problemas en torno a la recuperación anestésica (Hubbell y Muir, 2009b).

Para valorar la profundidad del plano anestésico, el anestesista puede valorar los reflejos palpebral y corneal, además del de deglución, y otros parámetros como la posición de los ojos o la ausencia de respuesta ante estímulos dolorosos. En los caballos, es frecuente observar nistagmo lateral en un plano anestésico superficial, que desaparece a medida que va aumentando la profundidad de la anestesia. No obstante, se dan casos excepcionales en los que, dependiendo de los fármacos empleados, ciertas respuestas quedan anuladas y no se pueden utilizar como indicadores de la profundidad de la anestesia, como en animales a los que se les ha administrado bloqueantes neuromusculares, impidiendo el uso de movimientos o reflejos motores como indicadores (Hubbell y Muir, 2009b). Por el contrario, algunos fármacos estimulan ciertos sistemas, como la ketamina, que por sus propiedades disociativas puede afectar al movimiento de los ojos durante la anestesia (Gleed, 2002; Hubbell y Muir, 2009b). Uno de los instrumentos que pueden utilizarse como indicadores de la profundidad de

la anestesia y además de la perfusión cerebral es el índice biespectral (BIS) (Liu, 2004) y, aunque tiene limitaciones en su uso en caballos, puede utilizarse como indicador del nivel de conciencia en el despertar anestésico (Tokushige *et al.*, 2016).

2. Fármacos más comúnmente utilizados en anestesia general equina

Para alcanzar los objetivos de la anestesia mencionados previamente, es necesario utilizar diferentes fármacos. La combinación de estos es muy beneficiosa, ya que permite reducir las dosis de cada uno de ellos y por lo tanto disminuir sus efectos acumulativos y reacciones adversas (Yamashita y Muir, 2009).

2.1. Fenotiacinas

Dentro de este grupo de fármacos, el más usado en caballos es la acepromacina. Esta produce un efecto tranquilizante en el animal que permite un mejor manejo preoperatorio. La acepromacina puede producir hipotensión como efecto adverso relativamente frecuente. Esta no tiene por qué ser excesivamente preocupante en animales sanos, pero debe usarse con mucha precaución en el caso de animales comprometidos metabólicamente. Asimismo, tiene ligeros efectos sobre la función respiratoria. Por último, este fármaco debe utilizarse con especial precaución en machos debido a que puede producir priapismo (Jones, 2006).

2.2. Benzodiacepinas

Las benzodiacepinas son fármacos muy utilizados en la anestesia equina, donde encontramos como representantes más comunes el diazepam y el midazolam. Se utilizan normalmente en combinación con α -2 agonistas y ketamina, ya que por sí solos no producen efectos sedantes ni anestésicos en caballos adultos, llegando incluso a excitarlos (Hubbell *et al.*, 2013). Por otra parte, se ha demostrado el efecto sinérgico que tiene el midazolam junto a agentes inductores como la ketamina o el tiopental (Hendrickx *et al.*, 2008). Además, la combinación de benzodiacepinas con α -2 agonistas permite una mejor sedación que si se administrara un α -2 agonista únicamente (Wakuno *et al.*, 2019).

Estas sustancias producen relajación muscular, que tiene grandes ventajas anestésicas sobre todo en torno a la inducción, que es la etapa en la que más se utilizan, asociadas a hipnóticos como la ketamina, resultando más suave y segura. Su uso también facilita la intubación endotraqueal. Además, al mejorar la relajación muscular no es necesario aumentar la dosis de ketamina o detomidina para mantener la inmovilidad del animal. También es frecuente utilizar estos fármacos como parte de PIVA, asociándose a ketamina y α -2 agonistas durante mantenimiento anestésico junto a anestésicos inhalatorios (Granados *et al.*, 2004; Muir, 2009; Hubbell *et al.*, 2013).

Sin embargo, también poseen efectos indeseados, ya que el diazepam y otras benzodiacepinas aumentan la ataxia en la recuperación anestésica, como muestran diversos estudios (Malik y Singh, 2008; Hubbell et al., 2013). Por otro lado, también se ha observado una depresión respiratoria asociada al midazolam tanto en caballos (Allison et al., 2018) como en perros, que sin embargo no se relaciona necesariamente con un empeoramiento de la ventilación, sino a la supresión directa del nervio frénico (Al-Khudhairi et al., 1982). Por otra parte, hay estudios que contradicen este hecho, como el llevado a cabo por Hubbell et al. (2013) y el de Muir et al. (1982). Actualmente no hay un consenso firme en la comunidad científica sobre estos efectos, y aunque *a priori* no son preocupantes, deben ser tenidos en cuenta.

2.3. Guaifenesina

La guaifenesina o gliceril guayacol éter es un relajante muscular cuyos efectos son similares a los de las benzodiacepinas, ya que también actúa sobre los mismos receptores que estas. No se considera un anestésico por sí mismo, pero a dosis altas se puede conseguir el derribo del caballo, ya que puede llegar a producir efectos sedantes e hipnóticos. (Muir, 2009). Este fármaco es comúnmente utilizado como parte de la inducción o el mantenimiento anestésico de TIVA, asociado a hipnóticos como la ketamina o el tiopental (Yamashita y Muir, 2009).

En cuanto a sus efectos adversos, la guaifenesina apenas produce cambios a nivel cardiorrespiratorio cuando se utiliza por sí sola (Gleed, 2002; Muir, 2009) y algunos autores los asocian más al decúbito que al fármaco en sí mismo (Gleed, 2002). Sin embargo, en infusiones continuas, se ha observado cierta depresión respiratoria asociada a ella (Muir, 2009). Por otra parte, no está recomendada la utilización de esta sustancia durante la inducción anestésica si va a ser usada como parte del mantenimiento anestésico en infusión continua, ya que es un fármaco de larga duración que es preferible no bioacumular para evitar que afecte a la calidad del despertar y alargue su duración (Jones, 2006).

2.4. α -2 agonistas

Los α -2 agonistas son fármacos con efecto sedante, que por definición son sustancias que disminuyen considerablemente la ansiedad y producen un estado de somnolencia (Jones, 2006). Dentro de los α -2 agonistas encontramos múltiples ejemplos muy utilizados en caballos como son la xilacina, la detomidina y la romifidina. Estos tres fármacos se diferencian fundamentalmente en la duración de su efecto, siendo en la detomidina de 90 a 100 minutos de duración (superior a la xilacina) y llegando a prolongarse en el caso de la romifidina hasta las 2 horas de duración (Jones, 2006). Además, es importante señalar como diferencia entre la detomidina y la xilacina, que su uso combinado con la ketamina produce una mayor relajación muscular en el caso de la detomidina, pero la recuperación, por el contrario, puede llegar a ser

impredecible (Lin *et al.*, 2015). Otro miembro de este grupo, pero menos utilizado en caballos, es la dexmedetomidina. Esta sustancia es elegida en ocasiones por tener una mayor velocidad de aclaramiento plasmático que la xilacina en caballos (Santonastaso *et al.*, 2014; Rezende *et al.*, 2015), y por la sensación subjetiva de numerosos anestesistas de que produce una mayor calidad de la recuperación anestésica que la xilacina.

Una ventaja importante a tener en cuenta de los α -2 agonistas es su capacidad para reducir las dosis requeridas de los agentes inhalatorios durante el mantenimiento anestésico. Además, a diferencia de otros sedantes, si se diera una reacción adversa severa, una importante ataxia o se observara un alargamiento excesivo en el tiempo de sus efectos deseados, es posible utilizar alguna sustancia antagonizante de los receptores α -2, permitiendo revertir estos efectos indeseados. Algunos de estos antagonistas son la tolazolina, el idazoxan, la yohimbina y el atipamezol, siendo este último el más relevante clínicamente. El atipamezol debe administrarse con cuidado vía parenteral y de forma lenta debido a que puede producir una importante hipotensión y bradicardia refleja. En cuanto a los beneficios que pueden aportar estos fármacos para reducir las complicaciones anestésicas, los α -2 agonistas producen no solo efectos sedantes, sino también analgésicos. Por ello, es especialmente interesante tenerlos en cuenta también para la recuperación anestésica. Esto permite proporcionar a los animales un despertar más tranquilo y menos doloroso, lo que se relaciona directamente con un menor riesgo de lesiones al intentar incorporarse o levantarse, siempre y cuando se administren dosis pequeñas (Tabanera de Lucio, 2013).

Por otra parte, los efectos adversos de los α -2 agonistas se centran en el sistema cardiovascular, ya que producen una disminución del gasto cardíaco dosis-dependiente y bradicardia. La bradicardia se debe a la disminución del gasto cardíaco inicial que se produce, lo que lleva a una hipertensión compensatoria transitoria y ésta a la bradicardia, que normalmente se asocia a bloqueos auriculoventriculares (Tabanera de Lucio, 2013). Estos fármacos deben utilizarse con especial precaución en yeguas gestantes, sobre todo en los últimos tres meses de gestación, debido a que también producen un aumento en las contracciones uterinas. Por otro lado, en el caso de la detomidina en combinación con sulfonamidas potenciadas, se han descrito casos de muertes en caballos debido a la interacción de ambos fármacos (Jones, 2006).

2.5. Opiáceos

Los opiáceos se utilizan en anestesia equina principalmente asociados a otras drogas, como los α -2 agonistas, siendo el principal representante en esta modalidad en anestesia equina el butorfanol (Jones, 2006), aunque también forman parte de esta familia fármacos como la

morfina, la buprenorfina o el fentanilo. Estas sustancias permiten proveer una buena cobertura analgésica y una ligera sedación. Además, su uso permite reducir las dosis de otros fármacos y tiene un efecto sinérgico con otras sustancias (Muir, 2009).

Estos fármacos afectan al sistema respiratorio deprimiéndolo, aumentan la temperatura corporal y pueden tener efectos excitantes. Además, tienen cierto efecto depresor sobre el sistema cardiovascular que, aunque no es demasiado marcado, podría disminuir la presión arterial y la frecuencia cardiaca, sobre todo si se administran a un caballo ya sedado o anestesiado. Por otro lado, también parecen ejercer cierto efecto de disminución del peristaltismo intestinal y de aumentar el tono en el esfínter y del músculo liso, lo que puede provocar estreñimiento, retraso en el vaciamiento gástrico y molestias abdominales (Nolan, 2002; Muir, 2009; Levionnois *et al.*, 2018).

2.6. Hipnóticos

Un hipnótico se define como un fármaco depresor del sistema nervioso central que tiende a producir sueño (Jones, 2006). Los más empleados en anestesia equina se describen a continuación:

2.6.1. Ketamina

La ketamina es el agente hipnótico más comúnmente utilizado en caballos. Pertenece a la familia de los anestésicos disociativos que, por sus propiedades, pueden producir excitación, sobre todo si se utilizan solos. Es por ello que lo más común es utilizarlos en combinación con otras sustancias como tranquilizantes, sedantes y/o relajantes musculares. Esta puede utilizarse en la inducción anestésica o como parte del mantenimiento (TIVA, PIVA). El uso de la ketamina durante el mantenimiento es capaz estimular de manera indirecta la frecuencia cardiaca y la presión arterial (Luna *et al.*, 1992). Por otra parte, la ketamina provee buena cobertura analgésica somática pero deficiente a nivel visceral a dosis subanestésicas (Lin *et al.*, 2015).

No obstante, además de producir cierta excitación, la ketamina también produce ataxia e incoordinación motora dosis-dependiente (Petrenko *et al.*, 2003; Gozalo-Marcilla *et al.*, 2014). Sin embargo, no queda demasiado claro el impacto de este agente sobre la función respiratoria, ya que algunos estudios han observado un efecto negativo (Lankveld *et al.*, 2006), mientras que otros han descrito un importante aumento de la frecuencia respiratoria y cardiaca y de la presión arterial (Muir y Sams, 1992).

2.6.2. Tiopental

El tiopental es un agente inductor perteneciente a la familia de los barbitúricos cuyo efecto es similar al de la ketamina, pudiendo producir además de inconsciencia, rigidez, excitación o temblores musculares. En cuanto a sus efectos adversos, se ha descrito su asociación en numerosos estudios a depresión cardiovascular, pero no se ha demostrado de manera consistente (Wakuno *et al.*, 2017).

2.6.3. Alfaxalona

La alfaxalona es un anestésico inyectable agonista del receptor GABA que produce inconsciencia y relajación muscular, por lo que se usa principalmente para llevar a cabo la inducción anestésica (Wakuno *et al.*, 2019). Se recomienda su uso en la inducción junto con la administración previa de guaifenesina para mejorar la calidad de esta fase (Goodwin *et al.*, 2011). Su efecto indeseado más preocupante es la depresión respiratoria, que puede conducir a una importante hipoxemia. Sin embargo, en el estudio llevado a cabo por Wakuno *et al.* (2019), no se produjo apnea y la PaCO₂ se mantuvo en valores normales incluso a la dosis más alta. A pesar de esto, en dicho estudio se recomienda el uso de suplementación con oxígeno para prevenir la hipoxemia debida al uso de este fármaco. Durante la recuperación anestésica en caballos inducidos con alfaxalona, se puede producir hipersensibilidad acústica y movimientos de remo con las extremidades. Esto puede afectar a la calidad de la recuperación anestésica, provocando despertares más excitados. Por ello, es especialmente recomendable la administración de un α-2 agonista en la fase de recuperación si se ha utilizado este fármaco (Keates *et al.*, 2012).

2.6.4. Propofol

El propofol es un fármaco anestésico intravenoso de acción ultracorta. Sus propiedades anestésicas son similares a las del anteriormente mencionado tiopental, y también puede utilizarse para el mantenimiento anestésico. Por otro lado, también posee propiedades de relajación muscular. No es de los hipnóticos más utilizados en caballos, sobre todo debido a su elevado precio. Asimismo, no se recomienda que sea utilizado como agente anestésico único en esta especie (Muir *et al.*, 2008b). El principal inconveniente de esta sustancia en cuanto a efectos adversos es que produce depresión respiratoria dosis-dependiente e inicialmente apnea. Además, también tiene cierta repercusión sobre el sistema cardiovascular, disminuyendo el gasto cardíaco y la resistencia vascular periférica, lo que puede conducir a hipotensión intermitente (González Cantalapiedra y Pereira Espinel, 2002; Muir *et al.*, 2008; Muir, 2009).

2.7. Anestésicos inhalatorios

Los agentes inhalatorios permiten mantener el plano anestésico del paciente y facilitan su control al poder regularse la concentración del gas que se está administrando. En veterinaria, se utilizan fundamentalmente: halotano, isofluorano, sevofluorano y desfluorano (menos utilizado). La principal diferencia entre estos gases anestésicos es su solubilidad, siendo el doble la del sevofluorano que la del isofluorano (Brosnan, 2013) y aproximadamente 3,5 veces superior a la del halotano (Muir *et al.*, 2008a). La solubilidad determina la velocidad a la que se producen los efectos del anestésico y a la que se recupera el animal de la anestesia (Erol y Arican, 2019). Por tanto, los gases más solubles permiten cambiar más rápidamente el plano anestésico y facilitan una recuperación más rápida, siendo más seguros (Kalchhofner *et al.*, 2009; Ida *et al.*, 2013).

El halotano es el primer gas que se introdujo en la anestesia veterinaria, siendo ya apenas utilizado en la actualidad. Los efectos indeseables del halotano se producen principalmente sobre el sistema cardiovascular, ya que esta sustancia puede ocasionar una reducción de la presión arterial y una disminución del gasto cardíaco (Jones, 2006).

En cuanto al isofluorano, es actualmente el agente inhalatorio más utilizado en anestesia equina (Brosnan, 2013). Aunque también produce efectos cardiovasculares similares a los del halotano, su impacto sobre el gasto cardíaco es menor. Por contra, produce depresión cardiaca y respiratoria dosis-dependiente (Erol y Arican, 2019). Jones (2006) afirma que esta depresión respiratoria es mayor que la que produce el halotano, siendo necesario en algunos casos el uso de ventilación por presión positiva intermitente (VPPI), sobre todo en ausencia de estímulo quirúrgico. Además, la asociación de este gas con los α -2 agonistas induce una disminución de la resistencia vascular y por lo tanto hipotensión.

El sevofluorano es el gas más recientemente introducido. No muy utilizado por su alto coste, pese a sus interesantes propiedades como una menor depresión dosis-dependiente sobre el sistema nervioso central en comparación con el isofluorano (Erol y Arican, 2019). Además, se ha observado una recuperación más rápida en los animales anestesiados con sevofluorano comparados con los anestesiados con isofluorano (Arican *et al.*, 2015). Por otra parte, se han descrito casos de daño renal producidos por sevofluorano en caballos (Driessen *et al.*, 2002), ya que este se metaboliza en mayor proporción por vía hepática comparado con los otros gases anestésicos y dicho metabolismo da lugar a nefrotoxinas. Si bien esto es cierto, estos casos se han dado durante cirugías de larga duración, superiores a 10 horas y a bajos flujos de gases. Por otro lado, también se ha asociado al sevofluorano con una mayor incidencia de apnea derivada de una importante depresión respiratoria (Steffey *et al.*, 2005).

Tanto el isofluorano como del sevofluorano, no producen cambios significativos en el ECG de animales anestesiados (Arican *et al.*, 2015). Sin embargo, Brosnan (2013) afirma que todos los anestésicos inhalatorios producen hipotensión dosis-dependiente. Por último, se han observado alteraciones viscerales en caballos derivadas del uso de estos gases principalmente originadas por la disminución del gasto cardíaco y redistribución del flujo sanguíneo, originando daños en órganos como riñones e hígado. Este efecto sobre el hígado puede afectar a la metabolización de otros fármacos y del propio sevofluorano, por lo que es importante tenerlo en cuenta (Brosnan, 2013).

3. Complicaciones anestésicas más frecuentes en cada fase y tratamiento

A continuación, se va a pasar a describir las complicaciones anestésicas que se pueden encontrar durante la anestesia general en caballos. Para ello, estas complicaciones se han dividido en función de las diferentes fases de la anestesia con la intención de dar un enfoque más práctico. Además, se comentarán las medidas de prevención o tratamiento más básicos de cada una de ellas. Cabe destacar que muchas de estas complicaciones pueden aparecer en cualquier fase de la anestesia general, pero se describirán en aquellas etapas donde son más frecuentes.

3.1. Premedicación

Durante esta fase, las complicaciones más frecuentes son las derivadas de los fármacos administrados, incluyendo aquellos no directamente relacionados con la anestesia pero que forman parte de la preparación pre-operatoria:

3.1.1. Reacción anafiláctica o anafilactoide

La anafilaxis es una reacción exagerada del organismo desencadenada por un antígeno al que se ha expuesto al paciente previamente. En el caso de las reacciones anafilácticas a fármacos, no se producen por un mecanismo inmunomediado, sino por una liberación de histaminas masiva sin requerir una exposición previa. Además, la aparición de esta reacción no está condicionada por la dosis de fármacos administrada. Estos procesos pueden llegar a hacer peligrar la vida del animal al producir un shock anafiláctico y lo más común es que se produzcan poco después de administrar los fármacos, aunque pueden aparecer durante cualquier etapa de la anestesia. La identificación temprana de las manifestaciones clínicas de estas reacciones es fundamental. En primer lugar, los primeros signos que se pueden detectar en el paciente es la desaturación, dificultad respiratoria y pulso arterial débil. En el 37% de los casos, aparece edema por la disminución del volumen sanguíneo circulante que se traduce en una trasudación de fluidos. Además, pueden producir colapso cardiovascular, hipotensión arterial, paro cardíaco, broncoespasmo y lesiones cutáneas (Doherty y Valverde, 2006).

La premedicación es una fase especialmente susceptible ya que, junto a agentes como los α-2 agonistas, es frecuente la administración de antibioterapia antes de comenzar la cirugía, siendo este tipo de fármacos los que más posibilidades de producir una reacción anafiláctica tienen. De los antibióticos, los que más usualmente producen reacciones de este tipo son las penicilinas, aunque también se debe tener cuidado al administrar cefalosporinas a caballos que ya han mostrado sensibilidad a las penicilinas anteriormente. No obstante, antibióticos como las cefalosporinas pueden producir también anafilaxia aunque no haya una sensibilización previa a las penicilinas o las tetraciclinas, pero no hay muchos casos reportados en caballos (Cole, 2015). Por otra parte, se han descrito casos en los que la detomidina puede interactuar con las sulfonamidas potenciadas pudiendo producir un shock anafiláctico y la muerte del caballo (Jones, 2006; Hubbell y Muir, 2009).

El tratamiento de las reacciones anafilácticas pasa por parar la administración del fármaco que las ha desencadenado y la administración de antagonistas, si existen. Además, deben incluirse terapias de soporte para compensar las alteraciones producidas, como la administración de oxígeno, de expansores plasmáticos y fluidoterapia, y fármacos para contrarrestar los efectos de la anafilaxia (epinefrina o atropina), broncodilatadores (β-agonistas para tratar el broncoespasmo) y corticoides. Finalmente, la monitorización intensiva de la función cardiovascular es imprescindible (Doherty y Valverde, 2006).

3.1.2. Arritmias y bloqueos aurículo-ventriculares

A pesar de que el uso de algunos fármacos como son los α-2 agonistas puede provocar bradicardia sinusal y bloqueos AV (Tabanera de Lucio, 2013). Aunque estos efectos suceden durante la fase de premedicación, muchas veces no son apreciables hasta el mantenimiento anestésico, por lo que se desarrollarán más adelante en el subapartado correspondiente.

3.2. Inducción

Durante esta fase anestésica se pueden producir diferentes complicaciones relacionadas principalmente con el derribo del animal, debiendo tomarse todas las medidas necesarias para lograr una inducción suave y una correcta inmovilización para reducir el riesgo de lesiones por un derribo brusco (Hubbell y Muir, 2009a).

3.2.1. Administración inadecuada de fármacos

En esta etapa es posible que se produzca la administración de alguna sustancia por una vía errónea, como la administración extravascular o intraarterial, la administración de una dosis insuficiente o la pérdida de potencia de los anestésicos (Hubbell y Muir, 2009a).

La primera señal de la administración extravascular de una sustancia es la ausencia del efecto que debería producir. Si en el caso de los barbitúricos como el tiopental no se empiezan a observar sus efectos a los 30 segundos de su administración, se debe empezar a sospechar de una administración perivascular. Además, la extravasación de relajantes musculares como la guaifenesina o las benzodiacepinas, puede causar daños tisulares y tromboflebitis (Muir, 2009b), daños en el nervio laríngeo recurrente, síndrome de Horner y hematomas (Doherty y Valverde, 2006). Para minimizar estos efectos indeseables, es recomendable disponer de un catéter venoso bien colocado y fijado al paciente y si no es posible, administrar las dosis en pequeños bolos o diluidas para reducir la cantidad de fármaco extravascular en el caso de que se produjera. Si se diera el caso de que se introdujeran anestésicos en el entorno perivascular, se deben infundir grandes cantidades de suero, entre 2 y 4 litros, en la zona para evitar la necrosis tisular, la formación de abscesos o, en el peor de los casos, el desprendimiento de los tejidos afectados (Muir, 2009).

Por otra parte, y al contrario de lo anterior, el primer signo de la administración intraarterial de un fármaco sedante o tranquilizante es inmediato, produciendo la caída del caballo instantánea, rigidez muscular y convulsiones (Hubbell y Muir, 2009a). El tratamiento de la administración intraarterial de estos fármacos es sintomático y de soporte, pudiendo administrar diazepam combinado con guaifenesina y tiopental para controlar las convulsiones. Sin embargo, el pronóstico de algunos de estos casos puede ser muy malo. Por último, si se produce esta administración intraarterial accidental durante la inducción, no se debería intervenir al caballo ese mismo día (Doherty y Valverde, 2006; Hubbell y Muir, 2009a).

3.2.2. Fracturas

El derribo es una de las etapas más críticas durante la anestesia del caballo, especialmente en el caso de pacientes con lesiones ortopédicas como fracturas, fisuras u otras, que no solo suponen mayor debilidad del animal sino también dolor, y por tanto se debe prestar más atención para no agravar las lesiones. Si el paciente tiene alguna lesión ortopédica, es fundamental inmovilizar la zona mediante vendajes o férulas, especialmente si es una fractura ósea (Robertson y Scicluna, 2009).

3.2.3. Rotura intestinal

En el caso de pacientes que deben ser intervenidos de urgencia para la realización de una laparotomía exploratoria por un SAA, la inducción es una fase aún más delicada que en un paciente sano. En estos pacientes, es frecuente encontrar el intestino significativamente distendido, lo que predispone al animal a una ruptura intestinal. Por ello, es fundamental que la inducción sea lo más suave posible. Para tal fin, se pueden utilizar cuerdas para sujetarlo por

la cabeza y la cola y guiar su caída, o bien emplear algún sistema específico para la sujeción del abdomen (Gleed, 2002).

3.3. Mantenimiento anestésico

El mantenimiento anestésico es la etapa en la que se debe equilibrar correctamente la profundidad del plano anestésico y a su vez preservar las correctas funciones fisiológicas del paciente (Hubbell y Muir, 2009). Durante esta fase, pueden ocurrir diferentes complicaciones anestésicas que se detallarán a continuación separadas por sistemas para su mejor comprensión.

3.3.1. Sistema cardiovascular

3.3.1.1. Arritmias y bloqueos auriculoventriculares

Las arritmias son alteraciones en el ritmo, frecuencia o conducción cardiaca. El control de estas es importante debido a las alteraciones hemodinámicas que conllevan y al aumento de la posibilidad de producirse fibrilación e incluso la muerte del animal (Muir y Hubbell, 2009a). Sin embargo, estas alteraciones en el ritmo son relativamente frecuentes en los caballos y no implican necesariamente una patología. Se pueden hallar tanto en reposo como asociadas a la actividad física debido a la estimulación por parte del sistema nervioso autónomo sobre el nodo auriculo-ventricular, por lo que también es posible que se presenten durante la anestesia general (Bonagura *et al.*, 2010). Además, en estos animales los fármacos que se utilizan durante la anestesia general pueden favorecer la aparición de muchos tipos de arritmias, como pueden ser bloqueos auriculoventriculares, fibrilación o arritmias sinusales (Hubbell y Muir, 2009a), por lo que es imprescindible detectar ante qué situación se encuentra el anestesista.

Durante la premedicación pueden producirse estas alteraciones debido al frecuente uso de α -2 agonistas. Estos fármacos producen al principio una bradicardia sinusal que puede pasar a producir un paro en el nodo sinusal, ocasionando un bloqueo auriculo-ventricular. Fundamentalmente son retrasos en la conducción del impulso cardíaco, en este caso entre las aurículas y los ventrículos cardíacos, y pueden acabar produciendo hipotensión y disminución del gasto cardíaco, por lo que debe tratarse si la hipotensión comienza a ser acusada (Hubbell y Muir, 2009a). Más adelante se hablará del tratamiento de esta bradicardia como parte del manejo de la hipotensión que puede producir durante la fase de mantenimiento.

3.3.1.2. Presión arterial

La presión arterial tiene una relación directamente proporcional con el gasto cardíaco (volumen de eyección x frecuencia cardíaca) y la resistencia vascular periférica. Si se produce un incremento o disminución de alguno de estos factores, repercutirá en la presión arterial del

paciente (Doherty y Valverde, 2006). Un caso especial es el de los caballos intervenidos de urgencia por SAA, ya que las alteraciones gastrointestinales o extradigestivas que produce, con mucha probabilidad y si no son controladas a tiempo, acaban desembocando en endotoxemia. La endotoxemia es el conjunto de manifestaciones clínicas causadas por un proceso metabólico de inflamación generalizada (Lohmann y Barton, 2010) que deriva en un shock distributivo. Este shock al principio origina vasoconstricción, que provoca taquicardia, aumento de la presión arterial y de la presión venosa central y vasoconstricción periférica. Posteriormente, pasa a producirse una descentralización del flujo sanguíneo, disminución del retorno venoso y de la presión arterial, y vasodilatación periférica (Muir, 1998). Si estas alteraciones no se controlan a tiempo, se alcanza una fase irreversible en la que se produce un fallo multiorgánico que puede producir la muerte del animal (Lohmann y Barton, 2010). Por todo esto, los caballos que presentan endotoxemia son especialmente propensos a complicaciones de este tipo.

3.3.1.2.1. Hipotensión

En el caballo, se considera que existe hipotensión cuando presenta valores inferiores a 60 mmHg de presión arterial media (PAM), aunque este límite mínimo difiere entre autores, pudiendo establecerse entre los 60 y los 75 mmHg (Gleed, 2002; Jones, 2006). La hipotensión no sólo pone en peligro la vida del animal, sino que también puede predisponer a otras complicaciones posteriores como son la miopatía postanestésica, sobre todo en caballos adultos (Snyder y Wendt-Hornickle, 2013). Por todo ello, la monitorización de la presión arterial durante la anestesia general y la toma de medidas para su correcto mantenimiento son uno de los puntos más importantes en la prevención de complicaciones anestésicas en esta especie.

La hipotensión perianestésica puede deberse a diferentes causas, como son los propios fármacos anestésicos, una hemorragia quirúrgica, o incluso por la posición del paciente en la mesa. Además, cualquier desequilibrio hemodinámico preexistente puede llevar a la hipotensión del paciente, como puede ser un shock, la deshidratación o alteraciones electrolíticas como las que se pueden dar en animales endotóxicos (Doherty y Valverde, 2006). En el caso de que exista hipovolemia, mientras que en la mayoría de especies esta se puede resolver únicamente mediante la administración de mayor ritmo de fluidoterapia, en caballos es muy complicado debido a la gran cantidad de fluidos que necesitarían para compensar el déficit. Por ello, es común utilizar inotropos o vasopresores (Schauvliege y Gasthuys, 2013). Por otro lado, las arritmias que se han mencionado anteriormente pueden ser causantes también de hipotensión (Muir y Hubbell, 2009a). En función de las causas de la hipotensión, su

tratamiento pasa por tratar de corregir la causa primaria y reestablecer los valores fisiológicos mediante la administración de agentes inotropos, corrección de los déficits electrolíticos y del volumen plasmático, la comprobación del plano anestésico y el cambio del protocolo anestésico si fuera necesario (Snyder y Wendt-Hornickle, 2013).

Los inotropos positivos como la dobutamina o la dopamina son fármacos con una gran eficacia en muchos casos. Si el paciente responde positivamente a la administración de esta familia de fármacos, lo más probable es que la hipotensión se deba a una depresión miocárdica asociada a ciertos fármacos anestésicos o a la presencia de endotoxemia (Gleed, 2002). En el caso de que la hipotensión se debiera a bradicardia, podrían utilizarse infusiones continuas de catecolaminas como dobutamina o dopamina, y en casos de bradicardia muy importante, es más recomendable optar por infundir epinefrina (Schwarzwald *et al.*, 2009). La dobutamina es el fármaco más comúnmente utilizado para aumentar la presión arterial, ya que actúa muy rápido y produce un incremento del gasto cardíaco dosis-dependiente y, por lo tanto, de la presión arterial. Además, estimula el riego sanguíneo a órganos tan importantes como son el bazo, el riñón o los músculos cardíacos y esqueléticos. En el caso de pacientes metabólicamente comprometidos como los intervenidos de urgencia en cirugías de cólico, que pueden presentar ya de base hipovolemia, dolor y estrés, el uso de la dopamina puede hacer que desarrollen taquicardia y que necesiten mayor ritmo de fluidoterapia, además de suplementación analgésica (Snyder y Wendt-Hornickle, 2013).

Otro tratamiento fundamental de la hipotensión debida a hemorragias o alteraciones electrolíticas, y que puede ser complementario en casos de hipotensión de origen cardíaco, es la fluidoterapia. El objetivo de este tratamiento es el aumento del volumen intravascular para aumentar la presión sistémica mediante la infusión de grandes cantidades de fluidos, que se elegirán dependiendo de los déficits del paciente y que deben manejarse con cuidado para evitar otras complicaciones como un edema pulmonar (Snyder y Wendt-Hornickle, 2013). La elección del tipo y cantidad de fluido a infundir depende del estado de hidratación del paciente y de la gravedad de la hipovolemia. En situaciones en las que se debe reestablecer la volemia rápidamente, puede ser muy útil el suero salino hipertónico al 7,2% (Hubbell y Muir, 2009), ya que permite aumentar rápidamente la volemia de manera transitoria mediante la extravasación del agua desde el intersticio. Es especialmente útil por ejemplo en casos de hemorragia activa, que produce una hipovolemia muy severa en muy poco tiempo que no puede ser resuelta con los cristaloides isotónicos clásicos (Doherty y Valverde, 2006). La administración de suero hipertónico está contraindicada en situaciones de marcado desequilibrio electrolítico, por poder agravarlo, y debe ir siempre seguida de fluidos

cristaloides isotónicos para mantener la volemia recuperada. Por otro lado, las soluciones coloidales promueven el aumento y mantenimiento durante más tiempo la volemia al contener moléculas de gran tamaño como el isoetilalmidón que, al no poder atravesar los capilares, se mantienen en el compartimento vascular. En cuanto al restablecimiento electrolítico, el elemento que más frecuentemente será necesario corregir en caso de hipotensión es el calcio. Este ion es fundamental para la contracción muscular y por tanto es el que más influye sobre la función cardiaca en casos de endotoxemia. Además, su concentración plasmática puede verse disminuida por el uso de anestésicos inhalatorios como el isofluorano o el halotano o por una fluidoterapia muy intensa que genere hemodilución. Para corregir este desequilibrio se puede administrar cloruro de calcio al 10% o gluconato de calcio, siempre prestando mucha atención al electrocardiograma, ya que la infusión de calcio intravenoso está relacionada con bloqueos auriculoventriculares y fibrilación auricular (Snyder y Wendt-Hornickle, 2013).

Por otro lado, es importante la comprobación del plano anestésico, debido a que la hipotensión puede estar generada por una excesiva administración de anestésicos por lo que cuando no hay otras causas aparentes, debe verificarse el plano y si es posible disminuirlo (Muir y Hubbell, 2009a). Además, se debería valorar si el régimen anestésico puede modificarse para minimizar la dosis de anestésicos inhalatorios, por ejemplo, cambiando a una modalidad PIVA o TIVA (Doherty y Valverde, 2006) que, como se ha explicado anteriormente, producen menos hipotensión que el uso exclusivo de anestésicos inhalatorios.

3.3.1.2.2. Hipertensión

La hipertensión arterial es una complicación mucho menos común que la hipotensión, pero no por ello menos importante. Se considera hipertensión a valores superiores a 160 mmHg de presión arterial sistólica (PAS) (Muir y Hubbell, 2009a). Esta complicación anestésica se puede producir por diferentes factores, tanto preexistentes en el paciente (hipertensión idiopática o patologías renales o endocrinas) como secundarios a la anestesia (Doherty y Valverde, 2006). Algunos de los factores secundarios a la anestesia son la hipercapnia (aumento de la presión arterial de CO₂, PaCO₂), hipoxemia, dolor, hipertermia o un plano anestésico demasiado superficial, así como los propios anestésicos. También se han descrito casos de hipertensión en caballos debidos a la colocación de un torniquete durante la cirugía (Muir y Hubbell, 2009a).

Las consecuencias principales de esta complicación son el mayor grado de hemorragia ante cualquier acto quirúrgico, arritmias acompañadas de bradicardia, y mayor dificultad para mantener un plano anestésico correcto, ya que este se vuelve más superficial con mayor facilidad (Muir y Hubbell, 2009a).

La hipertensión producida por un plano anestésico demasiado superficial es la situación más frecuente y se debe fundamentalmente a que el caballo reacciona a los estímulos quirúrgicos. El paciente puede aportar información para confirmar esta situación, presentando reflejo palpebral, nistagmo y/o movimientos voluntarios (salvando las excepciones mencionadas en el apartado de monitorización anestésica de este mismo trabajo). Además, si la hipertensión se debiera a este incorrecto plano anestésico, debería resolverse al profundizarlo. Por otro lado, algunos fármacos pueden producir hipertensión por sí mismos, como es el caso de los α -2 agonistas, que producen hipertensión inicial de manera pasajera que debería normalizarse por sí sola en un corto periodo de tiempo. Otro tipo de sustancias que pueden producir hipertensión son los simpaticomiméticos (dobutamina y fenilefrina, principalmente). La dobutamina, se administra precisamente como soporte cardiovascular, pero si se sobredosifica puede producir hipertensión arterial, que puede llegar a ser más severa aún si la dobutamina u otra sustancia de la familia de los agonistas de los receptores β_1 se administra de manera conjunta con un parasimpaticolítico como la atropina. En cambio, la fenilefrina, que es administrada de manera relativamente frecuente en casos de cólicos por atrapamiento nefroesplénico para disminuir el volumen del bazo por esplen-contracción, también puede producir hipertensión debido a la vasoconstricción que provoca (Doherty y Valverde, 2006).

3.3.2. Problemas respiratorios

Durante el mantenimiento anestésico es relativamente frecuente que el paciente presente, junto a la hipotensión anteriormente explicada, hipoventilación e hipercapnia. La hipercapnia se produce principalmente por una hipoventilación, debida a la disminución del volumen tidal (volumen de aire circulante en una inspiración y espiración normales) (Kerr y McDonell, 2009), y/o de la frecuencia respiratoria. Los valores de PaCO_2 de un caballo sano anestesiado de manera adecuada, con respiración espontánea, fluctúan entre los 50 y los 70 mmHg (Muir y Hubbell, 2009a), considerándose hipercapnia al aumento de la PaCO_2 por encima de los 70 mmHg, aunque hay cierta controversia entre la comunidad científica (Doherty y Valverde, 2006).

Por otra parte, un aumento importante de la PaCO_2 puede acabar desembocando en hipoxemia, que se puede considerar en sí misma otra complicación anestésica, y posteriormente en acidosis respiratoria. La hipoxemia se define como una presión parcial de oxígeno en sangre arterial (PaO_2) inferior a 60 mmHg (Kerr y McDonell, 2009). Esta complicación no debe confundirse con la hipoxia, siendo esta la oxigenación inadecuada de los tejidos que puede acabar produciendo muerte celular. Además, la hipoxia puede deberse también a una insuficiente perfusión tisular por una disminución del gasto cardíaco (y por ello,

también por hipotensión) (Palos, 2006). No obstante, aunque estas complicaciones son diferentes, en ocasiones se encuentran estrechamente relacionadas, ya que una disminución de la PaO₂ favorece una peor oxigenación de los tejidos.

Algunos anestésicos pueden producir hipoventilación y por lo tanto conducir a hipercapnia, e incluso a una hipoxemia. Por otro lado, patologías previas del paciente o una edad avanzada pueden llevar a una hipoventilación. Incluso el propio decúbito puede producirla, al ser los pulmones presionados por el resto de vísceras (Donaldson, 2006a; Donaldson, 2006b). Aunque la hipoventilación es la principal causa de la hipercapnia, en un menor número de casos se puede deber a hipertermia maligna o a parálisis periódica hiperkalémica (Carpenter, 2006a; Carpenter 2006b), como se explicará más adelante. La hipercapnia activa al sistema simpático para compensar el desequilibrio, estimulando a su vez al sistema cardiovascular y produciendo un aumento del gasto cardiaco, de la presión arterial y de la perfusión tisular (Muir y Hubbell, 2009a). Por ello, además de por ese aumento de la PaCO₂, la hipercapnia puede también detectarse asociada a estos cambios en otros sistemas y por aumento en parámetros como como el CO₂ espirado, que es posible monitorizar a tiempo real gracias a la capnografía.

Para solventar los problemas de incorrecta oxigenación y exceso de CO₂, lo primero que se debe hacer es asegurar el buen estado del equipo de anestesia; tanto de la máquina como del circuito anestésico, ya que cualquier fuga de gases puede impedir la oxigenación apropiada del paciente (Palos, 2006). Si aun así no se solventa, se puede optar por aplicar VPPI. Esta forma de asistencia respiratoria permite mejorar el volumen tidal (siendo adecuado entre los 10 y los 15ml/kg) y mantener una correcta frecuencia ventilatoria (entre 6 y 8 ventilaciones/minuto) (Doherty y Valverde, 2006). Un factor a tener en cuenta durante la VPPI es que el paciente puede oponer resistencia a la ventilación, siendo necesario en ocasiones profundizar algo más el plano anestésico. El control de la ventilación del paciente permite, además, el aumento del tiempo inspiratorio, lo que en caballos que padecen obstrucciones de la vía aérea puede ser una buena solución (Palos, 2006). Sin embargo, en algunos casos el uso de la VPPI debe ser especialmente cuidadoso. Por ejemplo, en caballos que padecen SAA puede haber una gran distensión abdominal y timpanismo, y este soporte ventilatorio puede reducir el gasto cardiaco al reducir el retorno venoso y por ende, la presión arterial se reduciría notablemente. Por esto, en caballos que presenten timpanismo es recomendable la descompresión del abdomen antes de aplicar VPPI (Kerr y McDonell, 2009).

Otra manera de aumentar la PaO₂ es el aumento de la fracción de oxígeno inspirada, que se puede regular con un aumento de porcentaje de O₂ administrado en cada inspiración (Palos, 2006). Asimismo, es posible aumentar la PaO₂ mediante el aumento del gasto cardiaco, que se

puede conseguir con inotrópicos y vasopresores (Schauvliege y Gasthuys, 2013), como se ha explicado anteriormente. El uso de presión positiva al final de la espiración (PEEP), es una posible forma de aumentar el volumen pulmonar residual (Robinson, 2009), lo que permite disminuir la atelectasia pulmonar. Sin embargo, el uso de la PEEP debe ser cauteloso, debido a que el aumento de la presión en los alveolos puede interferir en la circulación a nivel de los capilares de los mismos. Por último, el uso de algún β -agonista como el albuterol vía inhalatoria puede ayudar a tratar la hipoxemia y los caballos con obstrucción de la vía aérea recurrente pueden verse beneficiados por la administración de este fármaco previo a la anestesia (Palos, 2006).

3.3.3. Miopatías y neuropatías postanestésicas

Pese a que estas complicaciones ocurren durante el mantenimiento anestésico, no son evidentes en muchos casos hasta la recuperación anestésica. Por ello se desarrollarán en el apartado dedicado a la recuperación anestésica.

3.3.4. Daños oculares

La anestesia general tiene efectos importantes sobre los ojos, debido a la supresión del reflejo palpebral y a la disminución de producción de lágrima, lo que hace que los ojos sean más vulnerables a las agresiones externas al inhibir sus mecanismos naturales de defensa (Scarabelli *et al.*, 2018). Además, durante los procedimientos quirúrgicos pueden producirse agresiones sobre los ojos debido al uso de paños quirúrgicos en la zona, a agentes irritantes como desinfectantes o incluso los gases anestésicos, por lo que las probabilidades de que sean dañados es mucho mayor (White y Crosse, 1998). Para la prevención de estas lesiones oculares se recomienda el uso de lubricantes, aunque no parecen tener un efecto determinante para la prevención de abrasiones corneales en caballos (Scarabelli *et al.*, 2018). Por ello, es importante que todo el personal que asiste al caballo durante la cirugía sea consciente de la importancia en el manejo para evitar en la medida de lo posible las lesiones corneales iatrogénicas, que son normalmente asintomáticas (Martin *et al.*, 2009).

3.3.5. Enfermedades genéticas asociadas a complicaciones anestésicas

3.3.5.1. Parálisis hipercalémica

La parálisis hipercalémica (*Equine Hyperkalemic Periodic Paralysis*, HYPP) es una enfermedad genética que se da en caballos de raza Cuarto de Milla, Appaloosa y Paint Horse, siendo más frecuente encontrarlo en los animales más musculados. Durante el mantenimiento, estos pacientes pueden presentar fasciculaciones, alteraciones cardiovasculares como taquicardia y cambios en el electrocardiograma; alteraciones respiratorias como taquipnea e hipercapnia, y además, es frecuente observar hipertermia, aunque no es muy habitual que acaben llevando a

la muerte del paciente. Para la prevención de estas complicaciones, es fundamental realizar una buena valoración preanestésica y evitar el estrés, el uso de penicilina potásica o diuréticos ahorradores de potasio ya que pueden aumentar la concentración de potasio en sangre. Por último, cualquier gas anestésico predispone a los pacientes con HYPP a una crisis hiperkalémica, por lo que deben utilizarse con mucha precaución. En el caso de que se produjera un episodio agudo, es recomendable el uso de gluconato de calcio para reducir las arritmias y los efectos cardiotóxicos que tienen las altas concentraciones de potasio en sangre. Sin embargo, se debe acompañar del uso de sustancias como la dextrosa, que estimula la liberación de insulina, o la administración de insulina para reducir el potasio en sangre. Además, es importante tratar la acidosis que padecerá el animal (Carpenter, 2006b).

3.3.5.2. Hipertermia maligna

La hipertermia maligna no es muy común, pero puede darse en animales de razas como Cuarto de Milla, Appaloosas, Pura Raza Árabe y Pura Sangre Inglés. Este síndrome se caracteriza por un rápido aumento de la temperatura corporal, acompañado de hipercapnia, taquipnea, acidosis metabólica, y posibles aumentos de las concentraciones de potasio en sangre. La prevención de este problema pasa principalmente por el uso de fármacos “seguros” para estos pacientes, como son el etomidato, propofol, anestésicos locales, benzodiacepinas, fenotiacinas o barbitúricos. La ketamina no debe ser utilizada en animales que no presenten una buena sedación y relajación muscular, ya que puede producir un mayor nerviosismo y aumentar la rigidez muscular que ya pueden presentar de base. Durante la anestesia, es importante la monitorización de la PaCO₂, ya que su incremento puede ser un signo temprano de hipertermia maligna. Si se llega a producir, lo más importante es la interrupción del flujo de anestésicos que puedan estar produciéndolo, pasando a administrar únicamente oxígeno al 100%, y si fuera necesario, instaurando VPPI. En lo que al aumento de temperatura se refiere, el tratamiento pasa por la irrigación de la piel del paciente con alcohol, agua fría o la colocación de hielo, así como la infusión de fluidos a bajas temperaturas. Por otro lado, se deben tratar las complicaciones asociadas, como las arritmias producidas por la hipercalemia, disminuyendo la concentración de potasio en sangre como ya se ha explicado en la HYPP. Los relajantes musculares antagonistas de la acetilcolina son una alternativa cuando no es posible la utilización de dantroleno sódico, que es el único fármaco que tiene un efecto terapéutico específico para la hipertermia maligna (Carpenter, 2006a).

3.4. Recuperación anestésica

La recuperación anestésica es una de las etapas críticas de la anestesia de los caballos, debido a que el paciente tiene que incorporarse bajo los efectos que dejan algunos fármacos, como desorientación y la ataxia. Al ser esta la última etapa de la anestesia, es más probable que surjan o se observen complicaciones derivadas de problemas originados en las etapas previas (Driessen, 2006).

Para minimizar las complicaciones, es fundamental proveer de una buena asistencia al paciente durante esta etapa y que esta transcurra en unas instalaciones adecuadas y destinadas para tal fin, incluyendo paredes acolchadas y suelo antideslizante, y proveyendo un entorno tranquilo con la menor cantidad de estímulos posibles. Lo ideal es que se pueda vigilar al paciente desde fuera y que haya una toma de oxígeno para seguir administrándolo hasta que el paciente recupere la conciencia o más adelante en el caso de complicaciones. Además, es muy aconsejable que haya unas anillas relativamente elevadas (a unos 2,5 metros de altura) a ambos lados de la sala donde poder pasar cuerdas para sujetar al paciente de la cabeza y la cola y ayudarlo a que se levante reduciendo el peligro (Driessen, 2006).

Durante esta fase, es fundamental anticiparse a los posibles riesgos que pueden aparecer, como por ejemplo que el paciente intente levantarse sin estar aun suficientemente recuperado. Para ello, es de suma importancia la administración de analgesia y algún sedante que permita mantener al animal tranquilo mientras se van pasando los efectos residuales de los anestésicos administrados durante el mantenimiento. Asimismo, es recomendable mantener una sonda urinaria durante toda la cirugía para evitar que el paciente intente levantarse antes por la urgencia de orinar, además de para mantener el suelo seco y menos resbaladizo. Además, también puede colocarse una colchoneta gruesa bajo el caballo para evitar que, al estar incómodo, intente levantarse antes de tiempo y además prevenga lesiones ortopédicas. Por último, es muy recomendable proveer de oxígeno al paciente siempre que sea posible para minimizar una posible hipoxemia, que puede dificultar su incorporación. Existen diferentes métodos alternativos a la sujeción únicamente de la cabeza y la cola que facilitan la recuperación del paciente, como se verá más adelante (Driessen, 2006).

3.4.1. Miopatía postanestésica

Esta complicación consiste en un daño derivado de la isquemia muscular que puede producirse durante el mantenimiento anestésico en los caballos y que no es observable hasta que el paciente se recupera de la anestesia. Es más frecuente encontrarla durante anestesias de larga duración y en animales de gran tamaño, y sus causas pueden ser el denominado “síndrome compartimental” o la rhabdomicia traumática. El síndrome compartimental es producto de

una isquemia muscular que deriva en una contractura con edema y posterior compresión sobre los tejidos. Por otro lado, aunque es muy poco común en caballos, la rabdomiolisis traumática también puede producir miopatía postanestésica. Esta consiste en una necrosis muscular que acaba llevando al fallo renal por la liberación de mioglobina, acidosis metabólica e hiperkalemia. Como resultado de esta acidosis e hiperkalemia, se pueden producir problemas cardiacos derivados de los efectos de estos desequilibrios electrolíticos y ácido-base (Doherty y Valverde, 2006).

Teniendo en cuenta sus causas, la prevención de la miopatía postanestésica requiere de un buen acolchado y colocación del paciente, sin producir ni hiperflexión ni hiperextensión de los miembros y asegurando que el peso está bien repartido entre la superficie de apoyo, además de evitando en la medida de lo posible otras complicaciones como son la hipotensión y la hipoxemia, ya que la relación entre la hipotensión intraoperatoria y la miopatía postanestésica está demostrada y se debe a una perfusión tisular deficiente. Los signos de miopatía postanestésica dependen principalmente de la gravedad y extensión de los daños tisulares que se hayan producido en el paciente, pero generalmente son visibles en cuanto comienza a hacer intentos de levantarse en la fase de recuperación. Algunos de estos signos son cojera, contracturas musculares e hinchazón de las masas musculares afectadas, fasciculaciones, mioglobinuria y dolor (Doherty y Valverde, 2006).

El tratamiento de la miopatía postanestésica es principalmente de soporte. Es fundamental evitar que el caballo pueda lesionarse, como por ejemplo fracturándose un miembro, al intentar levantarse infructuosamente. Por ello, es muy recomendable ayudarlo a incorporarse y proporcionar algún tipo de acolchado. Además, se debe mantener al paciente hidratado y proveerle de analgesia mediante antiinflamatorios no esteroideos (AINEs). Los AINEs deben ser utilizados con precaución, ya que, si el estado de hidratación del paciente no es el adecuado, puede sufrir daños a nivel renal. Además, es importante también la especial precaución en su uso en animales con trastornos gastrointestinales, de coagulación o a nivel hepático (Lerche y Muir, 2009). En caso de que fuera necesario, es posible el control del dolor mediante analgésicos más potentes. Asimismo, se puede administrar dimetilsulfóxido (DMSO), vitamina E y selenio. Por otra parte, el ejercicio suave es aconsejable en casos leves, y el tratamiento local mediante ultrasonidos y masajes podría ser útil. Por último, la administración de manitol parece ser beneficiosa para disminuir la presión sobre el músculo y evitar el daño renal por la liberación de mioglobina. Aún con estas medidas, esta complicación puede tener graves secuelas, que van desde el compromiso de la vida deportiva del paciente debido a la pérdida de masa muscular, hasta el daño renal (Doherty y Valverde, 2006).

3.4.2. Neuropatías postanestésicas

Las neuropatías son daños nerviosos que pueden ocurrir durante la anestesia general de los caballos. Lo más común es que afecten a los nervios periféricos, pero también pueden afectar a la médula espinal. El gran tamaño de los caballos y su peso, el decúbito prolongado, un mal acolchado de la mesa de quirófano, o una mala colocación del paciente, son factores que predisponen a la aparición de esta complicación anestésica. En consecuencia, las neuropatías son complicaciones que ocurren durante el mantenimiento, a pesar de que son solo detectables cuando el caballo se está recuperando de la anestesia y tiene dificultades para incorporarse, o bien cuando ya se ha incorporado, de forma similar a lo que sucede con las miopatías postanestésicas. Algunas de las neuropatías más comunes son las lesiones del nervio radial, femoral y facial. Los signos de neuropatía postanestésica dependen de la severidad de la lesión, pero son principalmente la incapacidad de mover o soportar peso con la extremidad afectada, pérdida de tono muscular en la zona, y por lo general no se presenta dolor a no ser que venga acompañada de miopatía postanestésica (Doherty y Valverde, 2006).

Este tipo de lesiones se pueden prevenir evitando decúbitos y extensión de las extremidades prolongados, proporcionando un buen acolchado y asegurando una buena colocación en la mesa quirúrgica. Por ejemplo, si el paciente se encuentra en decúbito lateral, la extremidad anterior que queda apoyada sobre la mesa deberá extenderse lo máximo posible hacia adelante para evitar un excesivo peso sobre el tríceps. El tratamiento de las neuropatías es principalmente sintomático y de soporte, y muy similar al de las miopatías postanestésicas (hidratación, AINEs y DMSO, ayuda al incorporarse y buen acolchado). Por último, es recomendable también aplicar ultrasonidos y masaje a la zona lesionada. Por lo general, las neuropatías acaban remitiendo por sí solas con tratamiento conservador. Sin embargo, algunas neuropatías tienen mal pronóstico, como la mielomalacia espinal, o las lesiones severas de los nervios radial y femoral, sobre todo por la probabilidad de fracturas de huesos largos al intentar incorporarse (Doherty y Valverde, 2006).

3.4.3. Fracturas

Las lesiones ortopédicas como las fracturas son, junto a los paros cardíacos, las principales causas de muerte relacionadas con la anestesia en caballos. Lo más habitual es que ocurran durante la recuperación y si la cirugía tenía por objetivo resolver algún tipo de lesión ortopédica, aunque tampoco es infrecuente que se fracture el miembro contralateral a la extremidad intervenida (Dzikiti *et al.*, 2008). Es por esto por lo que las cirugías ortopédicas son de las que más riesgo de mortalidad anestésica presentan (Senior, 2013).

En cuanto a la prevención de este tipo de complicaciones anestésicas, lo ideal es proveer de una buena asistencia durante la recuperación. Las técnicas de asistencia en la recuperación han ido renovándose, pero todos los métodos tienen ventajas e inconvenientes que deben ser tenidos en cuenta a la hora de ser elegidos. En el caso de las cuerdas, es posible que fallen porque se suelten los nudos, aunque son uno de los métodos más seguros para el personal. Por otro lado, el sistema de arneses y la piscina son métodos caros por el equipamiento e instalaciones que precisan y requieren de más medios, por lo que no son fácilmente aplicables a cualquier hospital; además, estos necesitan de personal altamente cualificado para utilizarlos (Dzikiti *et al.*, 2008). Los sistemas de arneses permiten reducir el peso que tienen que cargar las extremidades, previenen problemas musculares o de disfunción neuronal y son más baratos que las piscinas. En cambio, las piscinas disminuyen considerablemente el riesgo de lesiones musculoesqueléticas en pacientes con la mayor predisposición a las mismas, y tienen el doble uso de ser potencialmente útiles para rehabilitación. Además, el riesgo de fracturas también se puede reducir vendando las extremidades y acolchándolas. Además, existen cascos que permiten proteger la cabeza de golpes (Driesssen, 2006). En el caso de que llegara a producirse, se debería volver a inducir la anestesia general al paciente para evitarle el dolor al máximo hasta que se hablara con el propietario y se tomara una decisión en cuanto a la posibilidad de tratar la fractura u optar por la eutanasia (Dzikiti *et al.*, 2008).

3.4.4. Edema pulmonar

El edema pulmonar es una complicación que puede ocurrir debido a una obstrucción de las vías respiratorias, que hacen que el paciente necesite hacer grandes esfuerzos para poder ventilar correctamente y, aunque no está claro del todo por qué se produce, una de las hipótesis más aceptadas es la presión negativa que se produce en el tórax con los esfuerzos respiratorios (Hubbell y Muir, 2009).

Para tratarlo, es fundamental liberar las vías aéreas y asegurar el flujo de aire colocando un tubo nasotraqueal o realizando una traqueostomía. Además, el oxígeno puede ayudar a aumentar la PaO₂ y la administración de furosemida favorece la resolución del edema pulmonar, redistribuyendo el fluido (Hubbell y Muir, 2009).

Conclusiones/Conclusions

- La mortalidad anestésica en la especie equina es mucho mayor que la observada en otras especies animales, dadas sus características intrínsecas y los efectos de los fármacos utilizados/ *Anesthetic mortality in horses is much higher than the one observed in other species, due to its inherent characteristics and the effects of the used drugs*
- Aunque el mantenimiento anestésico es la fase más larga y en la que puede aparecer mayor número de complicaciones, las fases más críticas de la anestesia general equina son fundamentalmente el derribo y la recuperación por la probabilidad de que ocurran accidentes potencialmente fatales/ *Even though anesthetic maintenance is the longest phase and in which the greatest number of complications may appear, the most critical phases of equine general anesthesia are mainly induction and recovery because of the likelihood of potentially fatal accidents.*
- La hipotensión es una de las complicaciones más graves durante el mantenimiento anestésico, no solo por las alteraciones fisiológicas que produce sino también por las complicaciones asociadas que pueden observarse en fases posteriores/ *Hypotension is one of the most serious complications during anesthetic maintenance, not only as a result of the physiological changes it may produce, but also on account of the associated complications that could be observed in subsequent phases.*
- La elección de los fármacos a administrar, el conocimiento de sus efectos tanto positivos como negativos, así como la monitorización y la asistencia al animal son fundamentales para reducir el riesgo de que aparezcan complicaciones y manejarlas correctamente cuando se presenten/ *The choice of drugs to be administered, the knowledge of their positive and negative effects, as well as the monitoring and assistance to the animal are essential in order to reduce the risk of complications appearing and to manage them correctly when they take place.*

Valoración personal

La realización de este trabajo me ha permitido profundizar en el entendimiento de todo lo que envuelve a la anestesia general en équidos, así como afianzar los conocimientos que he ido adquiriendo durante la carrera en materia de anestesia. Además, he podido aprender cómo se realiza un trabajo científico y a manejar con soltura los artículos y referencias que en este trabajo han sido utilizadas.

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mis tutoras, Laura y Sara, su infinita paciencia y su disposición completa a ayudarme y guiarme en la realización de este trabajo y durante mi estancia como parte del Servicio de Medicina y Cirugía Equina del Hospital Veterinario de la Universidad de Zaragoza, donde he podido familiarizarme con la anestesia equina de primera mano. Además, me gustaría agradecer al resto de profesores del servicio sus ganas de enseñar y formarnos, y especialmente a mis compañeros, familia y amigos el haber sido apoyo y ánimos siempre.

Bibliografía

- Al-Khudhairi, D., Askitopoulou, H. y Whitwam, J. (1982) "Acute "tolerance" to the central respiratory effects of midazolam in the dog". *British Journal of Anaesthesia*, 54(9), pp. 953–958. Disponible en: <https://academic.oup.com/bja/article/54/9/953/248001> (Consultado: 20-04-2020).
- Allison, A., Robinson, R., Jolliffe, C. y Taylor, P. M. (2018) "Evaluation of the use of midazolam as a co-induction agent with ketamine for anaesthesia in sedated ponies undergoing field castration". *Equine Veterinary Journal*, 50(3), pp. 321–326. DOI:10.1111/evj.12759.
- American College of Veterinary Anesthesiologists (ACVA) (2009) "Recommendations for monitoring anesthetized veterinary patients". *ACVA Monitoring Guidelines Update*. Disponible en: https://www.aaha.org/globalassets/02-guidelines/anesthesia/8-9-16_acva_monitoring_guidelines.pdf. Consultado: 19-04-2020.
- American Society of Anesthesiologists (2019) "ASA Physical Status Classification System". Disponible en: www.asahq.org/standards-and-guidelines/asa-physical-status-classification-system. Consultado:20-04-2020.
- Arican, M., Erol, H. y Esin, E. (2015) "Clinical comparison of medetomidine with isoflurane or sevoflurane for anesthesia in horses". *Pakistan Veterinary Journal*, 35(4), pp.474–478. Disponible: https://www.researchgate.net/publication/283486301_Clinical_Comparison_of_Medetomidine_with_Isoflurane_or_Sevoflurane_for_Anesthesia_in_Horses. Consultado:22-04-2020.
- Australian and New Zealand College of Anesthetists (ANZCA) "What is anaesthesia?". Disponible en: <http://www.anzca.edu.au/patients/what-is-anaesthesia>. Consultado: 20-04-2020.
- Bednarski, R. M. (2009) "Traqueal and nasal intubation". En: Muir W.W. y Hubbell J.A.E (eds.) *Equine Anesthesia Monitoring and Emergency Therapy*. Saunders, pp. 277–287.
- Bonagura, J., Reef, V. y Schwarzwald, C. (2010) "Cardiovascular Diseases". En: Reed, S., Bayly, W. y Sellon, D. (eds.) *Equine Internal Medicine*. Saunders, pp. 372-487.
- 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), pp. 365–373. DOI: 10.1111/j.1467-2995.2008.00397.x
- Brosnan, R. J. (2013) "Inhaled Anesthetics in Horses", *Veterinary Clinics of North America - Equine Practice*, pp. 69–87. DOI:10.1016/j.cveq.2012.11.006.
- Carpenter, R. E. (2006a) "Complications and Emergencies: Equine malignant hyperthermia", *Manual of Equine Anesthesia and Analgesia*. En: Doherty, T y Valverde, A (eds.) Blackwell Publishing, pp. 331–337.
- Carpenter, R. E. (2006b) "Complications and Emergencies: Hyperkalemic periodic paralysis". En: Doherty, T y Valverde, A (eds.) *Manual of Equine Anesthesia and Analgesia*. Blackwell Publishing, pp. 326–331.
- Clark-Price, S. C. (2013) "Recovery of Horses from Anesthesia", *Veterinary Clinics of North America - Equine Practice*. Elsevier, pp. 223–242. DOI:10.1016/j.cveq.2012.11.001.
- Cole, C. (2015) "Basics of antimicrobial therapy for the horse". *Equine Pharmacology*. John Wiley & Sons, pp. 16–43.
- Doherty, T. y Valverde, A. (2006) "Complications and emergencies". *Manual of Equine Anesthesia and Analgesia*. Blackwell Publishing, pp. 305–337.

Donaldson, L (2006a) "Management of Sedation and Anesthesia: Anesthesia and pregnancy". *Manual of Equine Anesthesia and Analgesia*. Blackwell Publishing, pp.244-251

Donaldson, L (2006a) "Management of Sedation and Anesthesia: Anesthesia of the geriatric horse". *Manual of Equine Anesthesia and Analgesia*. Blackwell Publishing, pp.237-243

Driessen, B. (2006)"Assisted recovery". *Manual of Equine Anesthesia and Analgesia*. Blackwell Publishing,pp. 339–351.

Driessen, B., Zarucco, L., Steffey, E. P., McCullough, C., del Piero, F., Melton, L., Puschner B. y Stover, S. M. (2002) "Serum fluoride concentrations, biochemical and histopathological changes associated with prolonged sevoflurane anaesthesia in horses". *Journal of Veterinary Medicine Series A: Physiology Pathology Clinical Medicine*, 49(7), pp. 337–347. DOI:10.1046/j.1439-0442.2002.00462.x.

Dugdale, A., y Taylor, P.M. (2016). "Equine anesthesia-associated mortality: where are we now?". *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 43 (3), pp. 242-55. DOI: 10.1111/vaa.12372.

Dzikiti, T. B., Bester, L., Cilliers, I., Carstens, A., Stegmann, G. F. y Hubert, J. (2008) "Limb fracture during recovery from general anaesthesia: An often tragic complication of equine anaesthesia". *Journal of the South African Veterinary Association*, 79(3), pp. 145–148. DOI:10.4102/jsava.v79i3.262.

Erol, H. y Arican, M. (2019) "The investigation of xylazine, detomidine, isoflurane and sevoflurane anaesthetic combinations on clinical, laboratory and cardiovascular parameters and on intraocular pressure in horses". *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 70(1), pp. 1401–1412. DOI:10.12681/jhvms.20348.

Gleed, R. (2002) "Surgery for colic (including anesthesia)". En: Mair, T., Divers, T, y Ducharme, N. (eds.) *Manual of Equine Gastroenterology*. Saunders, pp. 145–188.

González Cantalapiedra, A. y Pereira Espinel, J. L (2002) "SNC. Anestésicos generales inyectables". En: Botana López, L. M., Landón, M. F., y Martín-Jiménez, T. (eds.) *Farmacología y Terapéutica Veterinaria*. McGraw-Hill, pp. 195–207.

Goodwin, W. A., Keates, H. L., Pasloske, K., Pearson, M., Sauer, B. y Ranasinghe, M. G. (2011) "The pharmacokinetics and pharmacodynamics of the injectable anaesthetic alfaxalone in the horse". *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. Blackwell Publishing Ltd, 38(5), pp. 431–438. DOI:10.1111/j.1467-2995.2011.00634.x.

Gozalo-Mardilla, M., Gasthuys, F. y Schauvliege, S. (2014) "Partial intravenous anaesthesia in the horse: A review of intravenous agents used to supplement equine inhalation anaesthesia: Part 1: Lidocaine and ketamine". *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. Blackwell Publishing Ltd, pp. 335–345. DOI:10.1111/vaa.12179.

Gozalo-Mardilla, M., Schauvliege, S., Segael, S., Duchateau, L y Gasthuys, F. (2012) "Influence of a constant rate infusion of dexmedetomidine on cardiopulmonary function and recovery quality in isoflurane anaesthetized horses". *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. Blackwell Publishing Ltd, 39(1), pp. 49–58. DOI:10.1111/j.1467-2995.2011.00672.x.

Granados, M., Gómez-Villamandos, R., Palacios, C., Estepa, J., Aguilera, E. y Ruiz, I. (2004) "Diazepam and midazolam as preanesthetics in horses before sevoflurane anesthesia". *World Congress of Veterinary Anesthesia*, Knoxville, USA. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 31, p. 31.

Hendrickx, J. F. A., Eger, E. I., Sonner, J. M. y Shafer, S. L (2008) "Is synergy the rule? a review of anesthetic interactions producing hypnosis and immobility". *Anesthesia and Analgesia*. Lippincott Williams and Wilkins, 107(2), pp. 494–506. DOI:10.1213/ane.0b013e31817b859e.

Hubbell, J. A. E., Kelly, E. M., Aarnes, T. K., Bednarski, R. M., Lerche, P., Liu, Z. y Lakritz, J. (2013) "Pharmacokinetics of midazolam after intravenous administration to horses". *Equine Veterinary Journal*, 45(6), pp. 721–725. DOI:10.1111/evj.12049.

Hubbell, J. A. E y Muir, W. W. (2009a) "Considerations for Induction, Maintenance and Recovery". En: Muir, W.W. y Hubbell, J.A.E.(eds.) *Equine Anesthesia Monitoring and Emergency Therapy*. Saunders, pp. 381–396.

Hubbell, J. A. E y Muir, W. W. (2009b) "Monitoring Anesthesia". En: Muir, W.W. y Hubbell, J.A.E (eds.) *Equine Anesthesia: Monitoring and Emergency Therapy*. Saunders, pp. 149–170.

Ida, K. K., Fantoni, D. T., Ibiapina, B. T., Souto, M. T. M. R., Zoppa, A. L V., Silva, L. C. L C. y Ambrósio, A. M. (2013) "Effect of postoperative xylazine administration on cardiopulmonary function and recovery quality after isoflurane anesthesia in horses". *Veterinary Surgery*, 42(7), pp. 877–884. DOI:10.1111/j.1532-950X.2013.12050.x.

Irwing, M y Kong, V. (2014) "Quantifying and communicating peri-operative risk". *Anaesthesia*, 69 (12), 1299-1303. DOI:10.1111/anae.12881

Johnston, G. M., Eastment, J. K., Wood, J. L. N. y Taylor, P. M. (2002) "The confidential enquiry into perioperative equine fatalities (CEPEF): Mortality results of Phases 1 and 2". *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 29(4), pp. 159–170. DOI:10.1046/j.1467-2995.2002.00106.x.

Jones, R. S. (2001). "Comparative mortality in anaesthesia". *British Journal of Anaesthesia*, 87(6), pp. 813-5. DOI:10.1093/bja/87.6.813

Jones, R. S. (2002). *A history of veterinary anaesthesia. Anales de veterinaria de Murcia*, 18, pp. 7-16. Disponible en: <https://revistas.um.es/analesvet/article/view/16901>. Consultado el: 18-03-2020.

Jones, R. S. (2006) "Anesthesiology", en *The Equine Manual*. Elsevier, pp. 1227–1242. doi:10.1016/B978-0-7020-2769-7.50026-5.

Kalchofner, K. S., Picek, S., Ringer, S. K., Jackson, M., Hässig, M. y Bettschart-Wolfensberger, R. (2009) "A study of cardiovascular function under controlled and spontaneous ventilation in isoflurane-medetomidine anaesthetized horses". *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. Blackwell Publishing, 36(5), pp. 426–435. DOI:10.1111/j.1467-2995.2009.00477.x.

Keates, H. L, van Eps, A. W. y Pearson, M. R. (2012) "Alfaxalone compared with ketamine for induction of anaesthesia in horses following xylazine and guaifenesin". *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. Blackwell Publishing, 39(6), pp. 591–598. DOI:10.1111/j.1467-2995.2012.00756.x.

Kerr, C. L y McDonell, W. N. (2009) "Oxygen Supplementation and Ventilatory Support". En: Muir, W. W. y Hubbell, J. A. E. (eds.) *Equine Anesthesia: Monitoring and Emergency Therapy*. Saunders, pp. 332–352.

Kassin, I. (1997) "A concept for assessing interactions of general anesthetics". *Anesthesia and Analgesia*, pp. 204–210. DOI:10.1097/00000539-199707000-00036.

Lankveld, D. P. K.,Driessen, B.,Soma, L. R.,Moate, P. J., Rudy, J., Uboh, C. E., van Dijk, P. y Hellebrekers, L. J.(2006) "Pharmacodynamic effects and pharmacokinetic profile of a long-term continuous rate infusion of racemic ketamine in healthy conscious horses".*Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*,29(6),pp.477–488.DOI:10.1111/j.1365-2885.2006.00794.x.

Lerche, P. (2013) "Total Intravenous Anesthesia in Horses". *Veterinary Clinics of North America - Equine Practice*. Elsevier, pp. 123–129. DOI:10.1016/j.cveq.2012.11.008.

Levionnois, O., Graubner, C. y Spadavecchia, C. (2018) "Colon constipation in horses after sustained-release buprenorphine administration". *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 45(6), pp. 876-880. DOI: 10.1016/j.vaa.2018.08.004

Lin, H. C., Passler, T., Wilbom, R. R., Taintor, J. S. y Caldwell, F. J.(2015) "A review of the general pharmacology of ketamine and its clinical use for injectable anaesthesia in horses". *Equine Veterinary Education.Equine Veterinary Journal*,27(3),pp.146–155. DOI:10.1111/eve.12253.

Liu, S. S. (2004) "Effects of Bispectral Index Monitoring on Ambulatory Anesthesia". *Anesthesiology*, 101(2), pp. 311–315. DOI:10.1097/00000542-200408000-00010.

Lohmann, K. y Barton, M. (2010) "Endotoxemia". En: Reed, S., Bayly, W. y Sellon, D. (eds.) *Equine Internal Medicine*. Saunders, pp. 807-823.

Luna, S., Massone, F., Castro, G., Fantoni, D., Hussni, C. y Aguiar, A. (1992) "A combination of methotriimeprazine, midazolam and guaiphenesin, with and without ketamine, in an anaesthetic procedure for horses". *Veterinary Record*, 131 (2), pp. 33-35. DOI: 10.1136/vr.131.2.33

Malik, V. y Singh, B.(2008)"Effects of midazolam supplementation on ketamine anaesthesia in butorphanol-xylazine premedicated horses".Disponible en:<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=IN2010000612>(Consultado:20-04-2020).

Martin, D. P., Weingarten, T. N., Gunn, P. W., Lee, K., Mahr, M. A., Schroeder, D. R. y Sprung, J. (2009) "Performance improvement system and postoperative corneal injuries: Incidence and risk factors". *Anesthesiology*, 111(2), pp. 320–326. DOI:10.1097/ALN.0b013e3181ae63f0.

McCarty, J. E., Trim, C. M. y Ferguson, D. C. (1990) "Prolongation of anesthesia with xylazine, ketamine and guaifenesin in horses: 64 cases (1986-1989)". *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 197(12), pp. 1646–1652.PMID: 2276967

Mee, A., Cripps, P. y Jones, R. (1998). "A retrospective study of mortality associated with general anaesthesia in horses: Emergency procedures". *Veterinary Record*, 142 (12), pp. 307-309. DOI: 10.1136/vr.142.12.307

Muir, W.W (1998) "Shock". *Compendium on Continuing Education for the Practising Veterinarian - North American Edition*, 20 (5), pp. 549-566.

Muir, W. W. (2009) "Intravenous Anesthetic Drugs", en *Equine Anesthesia*. Elsevier, pp. 243–259. DOI:10.1016/B978-1-4160-2326-5.00012-2.

Muir, W. W., Hubbell, J. A. E., Bednarski, R. M. y Skarda, R. T. (2008a) "Anestesia inhalatoria", en: *Manual de Anestesia Veterinaria*, pp. 164–176.

Muir, W. W., Hubbell, J. A. E., Bednarski, R. M. y Skarda, R. T. (2008b) "Fármacos anestésicos intravenosos específicos". En: Muir, W. W., Hubbell, J. A. E., Bednarski, R. M., y Skarda, R. T. (eds.).En: *Manual de Anestesia Veterinaria*, pp. 140–163.

Muir, W. W., Hubbell, J. A. E., Bednarski, R. M. y Skarda, R. T. (2008c) "Introducción a la anestesia". En: Muir, W. W., Hubbell, J. A. E., Bednarski, R. M., y Skarda, R. T. (eds.) *Manual de Anestesia Veterinaria*. Elsevier, pp. 1–10.

Muir, W. W., Hubbell, J. A. E., Bednarski, R. M. y Skarda, R. T. (2008d) "Monitorización del paciente durante la anestesia". En: Muir, W. W., Hubbell, J. A. E., Bednarski, R. M., y Skarda, R. T. (eds.) *Manual de Anestesia Veterinaria*. Elsevier, pp. 269–303.

Muir, W.W. y Hubbell, J. A. E (2009a) "Anesthetic-Associated Complications".En: Muir, W.W. y Hubbell, J.A.E (eds.) *Equine Anesthesia: Monitoring and Emergency Therapy*. Saunders, pp. 397–417.

Muir, W. W. y Hubbell, J. A. E. (2009b) "History of Equine Anesthesia". En: Muir, W. W. y Hubbell, J. A. E. (eds.) *Equine Anesthesia: Monitoring and Emergency Therapy*. Elsevier, pp. 1–9.

Muir, W. W. y Sams, R. (1992) "Effects of ketamine infusion on halothane minimal alveolar concentration in horses". *American Journal of Veterinary Research*, 53(10), pp. 1802–1806.

Muir, W.W, Sams, R., Huffman, R. y Noonan J. (1982) "Pharmacodynamic and pharmacokinetic properties of diazepam in horses".*American Journal of Veterinary Research*, 43(10), pp. 1756-62.

Nolan, A. (2002). "SNC. Opioides". En: Botana, L, Landoni, M. y Martín-Jiménez, T. (eds.) *Farmacología y Terapéutica Veterinaria*. McGraw Hill, pp. 169-182.

Palos, H. (2006) "Complications and Emergencies: Hypoxemia and hypoxia". En: Doherty, T. y Valverde, A. (eds.) *Manual of Equine Anesthesia and Analgesia*. Blackwell Publishing, pp. 310-314.

Pereira Espinel, J. L y González Cantalapiedra, A. (2002) "Principios generales de la anestesia". En: Botana López, L M., Landoni, M. F., y Martín-Jiménez, T. (eds.) *Farmacología y Terapéutica Veterinaria*. Madrid: Mc Graw Hill Interamericana de España, pp. 137–147.

Petrenko, A. B., Yamakura, T., Baba, H. y Shimoji, K. (2003) "The role of N-methyl-D-aspartate (NMDA) receptors in pain: A review". *Anesthesia and Analgesia*, pp.1108–1116. DOI:10.1213/01.ANE.0000081061.12235.55.

Pollard, R. J., Coyle, J. P., Gilbert, R. L y Beck, J. E. (2007) "Intraoperative awareness in a regional medical system: A review of 3 years' data". *Anesthesiology*, 106(2), pp. 269–274. DOI:10.1097/00000542-200702000-00014.

Rezende, M. L, Grimsrud, K. N., Stanley, S. D., Steffey, E. P. y Mama, K. R. (2015) "Pharmacokinetics and pharmacodynamics of intravenous dexmedetomidine in the horse". *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*. Blackwell Publishing, 38(1), pp. 15–23. DOI:10.1111/jvp.12138.

Robertson, J. T. y Sciduna, C. (2009) "Preoperative evaluation: general considerations". En: Muir W.W. y Hubbell J.A.E (eds.) *Equine Anesthesia: Monitoring and Emergency Therapy*. Saunders, pp. 121–130.

Robinson, N. E. (2009) "The Respiratory System". En: Muir, W. W. y Hubbell, J. A. E. (eds.) *Equine Anesthesia: Monitoring and Emergency Therapy*. Saunders, pp. 11–36.

Santonastaso, A., Hardy, J., Cohen, N. y Fajt, V. (2014) "Pharmacokinetics and pharmacodynamics of xylazine administered by the intravenous or intra-osseous route in adult horses". *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*. Blackwell Publishing, 37(6), pp. 565–570. DOI:10.1111/jvp.12136.

- Satoh, M., Umikawa, A., Tsuda, A., Yajima, Y., Tsubakishita, S., Seno, T., Katoh, S., Izumisawa, Y. y Kotani, T. (2000) "Combination of Continuous Intravenous Infusion Using a Mixture of Guaifenesin-Ketamine-Medetomidine and Sevoflurane Anesthesia in Horses". *Journal of Veterinary Medical Science*, 62(3), pp. 229–235. DOI:10.1292/jvms.62.229.
- Scarabelli, S., Timofte, D., Malalana, F. y Bardell, D. (2018) "Corneal abrasion and microbial contamination in horses following general anaesthesia for non-ocular surgery". *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 45(3), pp. 278–284. DOI:10.1016/j.vaa.2017.12.002.
- Schauvliege, S. y Gasthuys, F. (2013) "Drugs for Cardiovascular Support in Anesthetized Horses". *Vet Clin Equine*, 29, pp. 19–49. DOI:10.1016/j.cveq.2012.11.011
- Schwarzwald, C., Bonagura, J. y Muir, W. (2009) "The Cardiovascular System". En: Muir, W.W. y Hubbell, J.A.E. *Equine Anesthesia Monitoring and Emergency Therapy*. Saunders, pp. 37-100.
- Sebel, P. S., Bowdle, T. A., Ghoneim, M. M., Rampil, I. J., Padilla, R. E., Gan, T. J. y Domino, K. B. (2004) "The incidence of awareness during anesthesia: A multicenter United States study". *Anesthesia and Analgesia*, 99(3), pp. 833–839. DOI:10.1213/01.ANE.0000130261.90896.6C.
- Senior, J. M. (2013) "Morbidity, Mortality, and Risk of General Anesthesia in Horses". *Veterinary Clinics of North America-Equine Practice*, pp.1–18.DOI :10.1016/j.cveq.2012.11.007.
- Snyder, L. B. C. y Wendt-Homickle, E. (2013) "General Anesthesia in Horses on Fluid and Electrolyte Therapy". *Vet Clin Equine*, 29, pp. 169–178. DOI: 10.1016/j.cveq.2012.11.009
- Steffey, E. P. (2009) "Inhalation anesthetics and gases". En: Muir, W. W. y Hubbell, J. A. E. (eds.) *Equine Anesthesia: Monitoring and Emergency Therapy*. Saunders, pp. 288–314.
- Steffey, E. P., Mama, K. R., Galey, F. D., Puschner, B. y Woliner, M. J. (2005) "Effects of sevoflurane dose and mode of ventilation on cardiopulmonary function and blood biochemical variables in horses". *American Journal of Veterinary Research*, 66(4), pp. 606–614. DOI:10.2460/ajvr.2005.66.606.
- Tabanera de Lucio, A. (2013) *Evaluación de la infusión continua de detomidina y su reversión con atipamezol durante la recuperación anestésica en el caballo*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- Tokushige, H., Kakizaki, M., Ode, H., Okano, A., Okada, J., Kuroda, T., Wakuno, A. y Ohta, M. (2016) "Validation of the bispectral index as an indicator of anesthetic depth in thoroughbred horses anesthetized with sevoflurane". *Journal of Equine Science*, 27(4), pp. 169–173. DOI:10.1294/jes.27.169.
- Valverde, A. (2013) "Balanced Anesthesia and Constant-Rate Infusions in Horses". *Veterinary Clinics of North America-Equine Practice*. Elsevier, pp. 89–122. DOI:10.1016/j.cveq.2012.11.004.
- Wakuno, A., Aoki, M., Kushiro, A., Mae, N., Kodaira, K., Maeda, T., Yamazaki, Y. y Ohta, M. (2017) "Comparison of alfaxalone, ketamine and thiopental for anaesthetic induction and recovery in Thoroughbred horses premedicated with medetomidine and midazolam", *Equine Veterinary Journal*, 49(1), pp. 94–98. DOI:10.1111/evj.12548.
- Wakuno, A., Aoki, M., Kushiro, A., Mae, N., Maeda, T., Yamazaki, Y., Minamijima, Y., Nagata, S. I. y Ohta, M. (2019) "Clinical pharmacokinetics and pharmacodynamics of intravenous alfaxalone in young Thoroughbred horses premedicated with medetomidine and midazolam". *Veterinary Record*. British Veterinary Association, 184(13), p. 411. DOI:10.1136/vr.105070.

White, K. (2015) "Total and partial intravenous anaesthesia of horses". *In Practice*. BMJ Publishing Group, 37(4), pp. 189–198. DOI:10.1136/inp.h1676.

White E. y Crosse, M. (1998) "The aetiology and prevention of peri-operative corneal abrasions". *Anesthesia*, 53 (2), pp. 157-161. DOI:10.1046/j.1365-2044.1998.00269.x

Yamashita, K. y Muir, W. W. (2009) "Intravenous anesthetic and analgesic adjuncts to inhalation anesthesia". En: Muir, W. W. y Hubbell, J. A. E. (eds.) *Equine Anesthesia: Monitoring and Emergency Therapy*. Elsevier, pp. 260–276.