

CERDO

Consideraciones Especiales de la Anestesia del Cerdo

Servicio de Cirugía Experimental. Hospital Puerta de Hierro - Servicio de Cirugía Experimental. Hospital La Paz - Departamento de Cirugía. Universidad Autónoma de Madrid.

La especie porcina es quizás la que más se ha introducido en el campo de la experimentación animal en estos últimos años, habiéndose instaurado como la especie de elección en muchos modelos experimentales. En el cerdo deben tenerse en cuenta varias consideraciones o inconvenientes que determinan el protocolo anestésico a seguir: difícil manejo, ausencia de vías venosas periféricas suficientemente grandes y su alta susceptibilidad a padecer estrés. Tanto a la hora de realizar una inmovilización farmacológica a base de sedantes-tranquilizantes, como una anestesia, debe seleccionarse aquellos fármacos que menos efectos secundarios indeseables produzcan. Dentro de esta última técnica se hace especial mención a los métodos de inducción y mantenimiento anestésicos y a la técnica de intubación, especialmente difícil en esta especie. El bloqueo neuromuscular también presenta diversas particularidades íntimamente relacionadas con la aparición de hipotermia maligna, patología típica en el cerdo que puede presentarse durante el período anestésico.

INTRODUCCION

La aplicación de las directrices sobre experimentación animal ha determinado un cambio sustancial en la utilización de las especies comúnmente utilizadas. Estas modificaciones ya se han producido previamente en países con mayor tradición y/o potencial investigador que el nuestro, traduciéndose en un incremento en el empleo de especies animales alternativas al perro. La especie porcina es quizás la que más se ha introducido en el campo de la experimentación habiéndose instaurado como la especie de elección en muchos modelos experimentales actuales debido, principalmente, a la similitud con el hombre en su sistema cardiovascular, así como otras características anatómicas como la piel o el sistema gastrointestinal, también constituye el modelo más idóneo en estudios de trasplante hepático, neonatología, hipotermia maligna, etc.

El auge en la investigación en esta especie ha permitido a su vez un incremento en el desarrollo de nuevas técnicas de inmovilización farmacológica y anestesia. En el cerdo debe tenerse en cuenta cuatro importantes consideraciones o inconvenientes: en primer lugar, un animal adulto es de difícil manejo a la hora de administrar un fármaco por vía intravenosa; a esta dificultad se añade la de encontrar vías venosas periféricas suficientemente grandes como para permitir la administración de grandes volúmenes de fluidos. En tercer lugar, el cerdo es un animal que se "estresa" con facilidad. Por último y desde el punto de vista clínico y comercial, dado el relativo bajo valor económico

de un cerdo, no es posible hacer extensiva la administración de fármacos o equipo de alto coste en la clínica veterinaria, siendo quizás la causa por la cual los centros de investigación sean los que más avances presenten en la utilización de nuevas técnicas anestésicas.

La respuesta que presenta la especie porcina a los fármacos que le son administrados es muy variable, incluso bajo condiciones ambientales muy similares o idénticas. Esta diferencia de respuesta aún no ha sido estudiada adecuadamente, destacando la importancia que tiene la comprensión de las respuestas fisiológicas y farmacológicas típicas del cerdo. Las complicaciones más frecuentes asociadas con la inmovilización farmacológica y anestesia del cerdo son la depresión respiratoria, apnea, hipotermia y el síndrome del estrés porcino.

INMOVILIZACION FARMACOLOGICA

Denominamos bajo este término (del inglés: "chemical restraint") a aquellas técnicas que nos permiten el manejo de un animal mediante fármacos y que clásicamente incluyen los denominados sedantes-tranquilizantes así como anestésicos utilizados a bajas dosis, como la ketamina o los opiáceos.

La importancia de estas técnicas en la especie porcina es mayor que en otras tratando, no sólo de conseguir un mejor y más fácil manejo del animal sino también reducir el "estrés". En animales jóvenes esta circunstancia puede

provocar la muerte, especialmente en épocas calurosas debido, en parte, a que la capacidad termorreguladora del cerdo está muy limitada. Esta técnica está indicada en procedimientos menores así como en el manejo preanestésico.

Las vías de administración más comunes son la intramuscular y la intravenosa aunque en la práctica la vía más conveniente es la intramuscular, bien en la región lateral del cuello posterior a la oreja o en la región femoral posterior. La vía intravenosa está normalmente limitada a las venas de la oreja y su acceso no resulta fácil sino se tranquiliza previamente al animal. Para que el efecto del fármaco sea óptimo, debe mantenerse al animal en una zona tranquila, a ser posible en la misma jaula donde estaba previamente. La estimulación durante este período reduce el efecto tranquilizante-sedante.

Las **butirofenonas**, conocidas como neurolépticos, y principalmente la azaperona (Stresnil®), son los fármacos más utilizados en la tranquilización-sedación del cerdo. En la práctica clínica se utilizan en las explotaciones o en el transporte para reducir la agresividad. Su administración produce una leve depresión cardiovascular dosis-dependiente, probablemente debida a la depresión central que producen sobre la dopamina y norepinefrina. También ejercen un bloqueo de los receptores α -adrenérgicos periféricos. Estos efectos predisponen la aparición de hipotensión e hipotermia. Estas drogas no producen analgesia aunque sí una ligera estimulación respiratoria. La azaperona constituye una de las drogas más seguras y efectivas en esta especie. Las dosis sugeridas son de 1-3 mg/kg en la tranquilización moderada, y de 5-8 mg/kg en la tranquilización-sedación profunda e inmovilización. La dosis inicial de azaperona siempre debe realizarse por vía intravenosa profunda eliminando la posible excitación que se presenta tras su administración por vía intravenosa; la administración subcutánea resulta inefectiva. En el verraco adulto no se recomiendan dosis superiores a 1 mg/kg para evitar la protusión del pene y el posible daño del mismo. Para evitar la aparición de una reacción de excitación debe dejarse al animal en una zona tranquila hasta lograr el máximo efecto del fármaco (15-20 min). Otra butirofenona utilizada en el cerdo es dihidrobenzperidol (Dehydrobenzperidol), a dosis de 0.1-0.4 mg/kg, dándose la circunstancia de que la asociación de un opiáceo no mejora el efecto sedante de la butirofenona.

Las **fenotiacinas** son otro grupo farmacológico utilizado en la especie porcina como tranquilizante-sedante, los representantes más conocidos y disponibles en nuestro país son la propionilpromacina (Combelén®, 0.5-1.0 mg/kg) y la acetilpromacina (Calmo-Neosán®, 0.03-0.20 mg/kg). Su principal inconveniente es la hipotensión que producen dosis-dependiente, debido al bloqueo α -adrenérgico característico de estas drogas; por tanto su utilización está contraindicada, tanto en animales viejos como en animales que presenten hipovolemia, estén enfermos o debilitados. Tanto por vía intravenosa como intramuscular debe esperarse a que se alcance el efecto máximo de la droga en 15-20 min.

La utilización de **benzodiacepinas** se ha reducido en la práctica al diazepam (Valium®), dosis habituales de 1-2 mg/kg suelen ser poco efectivas excepto asociadas a otros fármacos como la ketamina. Dosis mayores (8 mg/kg) producen una sedación más profunda y adecuada.

La utilización de **xilacina** (Rompún®), uno de los fármacos más comunes en medicina veterinaria, no presenta las ventajas observadas en otras especies a excepción de su utilización combinada con otros fármacos. A dosis de 1-2 mg/kg puede presentarse vómito al igual que en otras especies. Entre los efectos secundarios típicos está la sialorrea y la bradicardia.

Se ha sugerido la utilización de barbitúricos como el pentobarbital, pero actualmente muchos de ellos no están disponibles en nuestro país y la utilización de tiopental sódico no resulta recomendable. Las arilciclohexaminas (ketamina, tiletamina, fenciclidina) pueden utilizarse a bajas dosis, pero en la práctica suelen aplicarse como anestésicos más que como sedantes/tranquilizantes.

ANESTESIA EPIDURAL

La anestesia epidural lumbosacra es la anestesia regional más común en el cerdo. Las indicaciones principales incluyen animales debilitados o en cesáreas con el fin de minimizar el efecto de los agentes anestésicos sobre los fetos. Su principal desventaja es la necesidad de inmovilizar físicamente la cabeza y extremidades anteriores del animal.

Normalmente se utiliza una aguja de 18G y 6-8 cm, administrando 0.5-1.0 ml de lidocaína al 2% por cada 10 kg de peso.

ANESTESIA GENERAL

Preanestesia

Suele considerarse suficiente la privación de alimento, no de agua, 6 h previas a la anestesia para evitar las complicaciones asociadas a un estómago lleno. En neonatos es suficiente con retirar el alimento 2-4 h previas a la anestesia aunque si se administra leche maternizada no es necesario. En cualquier caso y a diferencia de otras especies como la ovina, bovina o felina, el vómito es raro y su mayor indicación es la reducción de la presión intraabdominal que pueda comprometer la ventilación o el manejo quirúrgico. El sondaje esofágico no presenta complicaciones y puede aplicarse en un animal anestesiado y con la tráquea intubada.

La aplicación de fármacos para la inmovilización farmacológica está indicada como técnica preanestésica permitiendo reducir considerablemente la dosis de anestésico necesario. Las graves alteraciones que provocan estos agentes sobre los sistemas vitales como el cardiovascular y el respiratorio especialmente requieren un estado pre-

nestésico lo más óptimo posible que incluye, especialmente en el cerdo, la ausencia de estrés que comprometa aún más su relativamente frágil sistema cardiovascular.

Vías de Administración

Las principales vías de inducción anestésica son la im y la iv. Otras vías, aunque menos frecuentes, son la vía ip, poco recomendable y utilizada en lechones y la inducción por vía inhalatoria con máscara. El principal inconveniente de la vía iv radica en el antes mencionado difícil acceso a vías periféricas, asociado al manejo del animal que normalmente requiere una profunda sedación previa. La vía de inducción intramuscular presenta la ventaja de su fácil administración que simplifica la manipulación del animal reduciendo el estrés del mismo.

Una vía venosa debería considerarse rutinaria tanto para la administración de diferentes fármacos como para el establecimiento de una vía de administración de fluidos durante todo el período anestésico. Las venas de la oreja son las más accesibles, pues su visualización es directa y la aplicación de presión manual o de un torniquete de goma en la base de la misma, facilita su acceso. Dada la gran flexibilidad de la oreja resulta muy adecuada la implantación de venocatóteres (Abbocath-T®) de 14-18G en animales jóvenes o adultos y de 20-24G en lechones y neonatos. La utilización de mariposas tiene la ventaja de una implantación más fácil con el inconveniente de la rotura de la vena si no se inmoviliza adecuadamente a la oreja. Normalmente la administración de fluidos a través de una vena de la oreja es suficiente pero algunos procedimientos experimentales requieren una mayor velocidad en la administración de los mismos. Las vías venosas alternativas son la yugular externa/interna o la cava anterior; esta última puede realizarse mediante una técnica ciega, al ser imposible su visualización, mediante la cual, manteniendo la cabeza recta y en extensión, se introduce un catéter de unos 5-6 cm delante de la primera costilla lateralmente al manubrio esternal y dirigiendo la aguja medialmente debajo del mismo. La cateterización de la vena yugular externa/interna requiere su abordaje quirúrgico.

La administración de agentes anticolinérgicos como la atropina (0.04-0.08 mg/kg), resultan útiles si se quiere evitar la abundante salivación que se produce cuando se utilizan fenciclidinas (ketamina, tiletamina) o anestésicos halogenados (halotano). También pueden resultar adecuados en casos de bradicardia, especialmente si se utilizan agonistas α_2 como la xilacina o la detomidina. La azaperona es probablemente el tranquilizante/sedante preanestésico más difundido en la especie porcina a las dosis antes indicadas (1-8 mg/kg).

Inducción Anestésica

El metomidato (Nokemil®) es uno de los inductores anestésicos más difundidos. Se comercializa como combinación idónea de la azaperona (2 mg/kg) administrándose

exclusivamente por vía iv a dosis de 3 mg/kg. Resulta típica la reacción dolorosa frente a la administración de este fármaco, que requiere fijar el catéter o aguja para evitar que el movimiento brusco de la cabeza provoque su salida. En estos casos el venocatóter o la mariposa son las opciones más aconsejables. Si no se administran nuevas dosis de metomidato u otros agentes anestésicos, la anestesia se mantiene durante 10-20 min. La analgesia es pobre, siendo utilizado exclusivamente como agente inductor de la anestesia, o en procedimientos quirúrgicos poco dolorosos, o bien con la ayuda de analgésicos o técnicas analgésicas.

Otros agentes inductores muy difundidos son los barbitúricos tanto en medicina veterinaria como en humana, aunque actualmente su administración se va reduciendo en el cerdo. Prácticamente el único agente utilizado, al menos en nuestro país, es el tiopental sódico (Pentothal®, Tiobarbital®). Otros barbitúricos como el metoxihetal sódico o el pentobarbital sódico no están comercializados. Se ha observado que presentan una respuesta muy variable recomendándose rangos de dosis muy amplios (tiopental sódico: 5-30 mg/kg). Además producen, incrementada en el cerdo, una marcada depresión cardiovascular y respiratoria que puede limitar su utilización en modelos experimentales en los que se estudie la función cardiovascular. Por otra parte, los barbitúricos presentan un estado de hiperalgesia que puede resultar, contraproducente reduciéndose su utilización en la práctica a procedimientos quirúrgicos muy cortos o como inductor anestésico seguido del mantenimiento con anestesia inhalatoria.

El tiopental sódico sólo puede administrarse por vía iv. Se recomienda su administración al 2.5%-5.0% inyectando rápidamente el 50-75% de la dosis calculada y el resto lentamente. La relajación que presenta el animal permite una intubación más sencilla pero la incidencia de apnea es también superior comparado con otros agentes inductores. Actualmente su utilización ha disminuído, pero constituye una alternativa válida si no se dispone de otros agentes inductores. La asociación de azaperona parece reducir la depresión respiratoria típica de esta droga. No resulta recomendable el mantenimiento anestésico con barbitúricos al añadir el efecto acumulativo a los inconvenientes antes mencionados y que prolongan excesivamente la recuperación anestésica.

El pentobarbital sódico es uno de los agentes anestésicos más populares en experimentación animal. Las razones se basan en su fácil administración, tanto por vía iv como ip o im, la mayor duración del efecto anestésico comparado con el tiopental sódico y por tanto su menor efecto acumulativo y, la estabilidad anestésica que se acompaña de una gran estabilidad hemodinámica que lo hace adecuado en gran número de estudios de la función respiratoria favorecen a este fármaco frente a la administración de agentes inhalatorios u otros intravenosos. Desgraciadamen-

te no está comercializado excepto, curiosamente, como eutanásico (Euta-Lender®), probablemente por la demanda tan selectiva y escasa que tiene. La asociación de otros fármacos debe vigilarse para evitar la potenciación de los efectos secundarios adversos. En lechones es relativamente seguro y la inducción no presenta normalmente el período de excitación. La duración de la anestesia es dosis-dependiente desde 10-15 min, hasta 30-45 min con las dosis más elevadas. La recuperación es prolongada (varias horas) pero suave. La administración ip suele aplicarse a animales jóvenes a dosis de 30 mg/kg.

El propofol (Diprivan®) es nuevo hipnótico de acción ultracorta similar al tiopental sódico tanto en tiempo de acción como efectos sobre el sistema cardiorrespiratorio. Su gran ventaja es su mínimo efecto acumulativo que le hace adecuado para ser administrado en infusión continua. Al ser un nuevo fármaco, no ha sido muy utilizado en el cerdo aunque puede ser una alternativa válida al tiopental sódico.

Actualmente y especialmente en centros de experimentación animal en los que en muchos casos se trata de reducir la administración de drogas que presenten diferentes acciones e interacciones farmacológicas, puede resultar conveniente realizar una inducción anestésica sin previa tranquilización. Administrada im reduce considerablemente el "estrés" del animal y facilita su manejo prequirúrgico. Las drogas más adecuadas son las arilciclohexaminas o fenciclidinas también conocidas como "ketaminas" y que incluyen la ketamina y la tiletamina. Estas sustancias han ganado popularidad en esta especie por su elevada seguridad y fácil administración. Comparados con los barbitúricos producen una depresión cardiorrespiratoria prácticamente nula. Su relativa desventaja es que se mantiene el reflejo deglutorio y cierto grado de rigidez muscular además de una pobre analgesia.

Dada la excitabilidad muscular que producen estas drogas se aconseja su administración combinada a una benzodiacepina que reduzca los efectos secundarios de actividad extrapiramidal típicos de las ketaminas. La administración de estas asociaciones farmacológicas se realiza por vía im. De nuevo resulta conveniente esperar hasta que se obtenga el efecto máximo de los fármacos (10-15 min).

En animales jóvenes y adultos resulta adecuada la utilización de la combinación de ketamina+diazepam (10+1 mg/kg). Normalmente esta inducción permite la intubación endotraqueal así como procedimientos quirúrgicos menores. Las siguientes combinaciones a base de ketamina han sido utilizadas en el cerdo satisfactoriamente. (Tabla I).

En animales neonatos (hasta 15 días de vida) la administración de tiletamina + zolazepam (Zoletil®) (5-10/5-10 mg/kg) por vía i.m. produce una inducción similar a la que produciría una droga administrada por vía iv (decúbito en 45 s e inducción anestésica en 90 s), reduciendo al máximo el "estrés", aún más sensible al manejo que el ani-

mal adulto. Se recomienda la administración de xilacina (1-2 mg/kg) para potenciar el efecto analgésico. La asociación ketamina+xilacina resulta adecuada en la mayoría de los casos (5-10+0.5-1.0 mg/kg) administrando previamente la xilacina im aunque este último fármaco no parece producir una sedación suficiente. La administración conjunta de diazepam no parece mejorar el efecto anestésico aunque sí puede sustituirse la xilacina por esta droga. De forma similar puede administrarse tiletamina+zolazepam + xilacina (7.5+7.5+1.0 mg/kg), y que constituyen actualmente las técnicas de elección en nuestro laboratorio en la mayoría de los casos. Se recomienda añadir atropina (0.04 mg/kg) a estas combinaciones anestésicas, con el fin de reducir las secreciones que se producen.

Tabla I

Combinaciones anestésicas a base de ketamina o tiletamina

Ketamina + Acetilpromacina + Atropina 10.00* + 0.20 + 0.04 mg/kg, im
Ketamina + Azaperona + Atropina 10.00* + 1.00 + 0.04 mg/kg, im
Ketamina + Xilacina + Atropina 10.00& + 0.50 + 0.04 mg/kg, im 5& + 1.00 + 0.04 mg/kg, im
Ketamina + Diazepam + Atropina 10.00& + 1.00 + 0.04 mg/kg, im
Ketamina + Xilacina + Guaifenesin 2-4 ml/kg iv de: 500 + 500 mg en 500 ml de guaifenesin al 5%
Zoletil + Xilacina + Atropina 5# + 0.50 + 0.04 mg/kg, im 7.5@ + 1 + 0.04 mg/kg, im

* ketamina se administra a los 20-30 min.

& Para lograr un mayor efecto la ketamina se administra a los 10 min.

El Zoletil se administra a los 5 min.

@ En la misma jeringa

Las grandes ventajas que presentan estas técnicas anestésicas son un manejo fácil, "estrés" mínimo y una depresión cardiovascular y respiratoria muy inferiores a las observadas con otras drogas.

Entre los inconvenientes, podemos destacar una falta de relajación muscular, que se traduce en una mayor dificultad en la intubación, y una pobre analgesia. La asociación de xilacina elimina prácticamente estos inconvenientes presentando una excelente analgesia aunque de corta duración, y una mayor relajación muscular. La desventaja que puede presentar la administración de este último fármaco es su efecto sobre el sistema cardiovascular (α_2), que puede no estar indicado en ex-

perencias en las que se realicen estudios sobre dicho sistema. La utilización de estas combinaciones anestésicas implica un corto período anestésico (10-20 min) que puede resultar muy adecuado para cirugía menor o como inducción a la anestesia seguida de una técnica inhalatoria. Pueden administrarse dosis repetidas para prolongar la anestesia pero no es una técnica recomendable; en cualquier caso se administra como máximo un 50% de la dosis inicial de ketamina o Zoletil®.

La inducción anestésica con agentes inhalatorios puede resultar adecuada si se quiere reducir al mínimo la influencia de otros fármacos anestésicos o coadyuvantes de la misma. Este procedimiento puede realizarse mediante máscara (máscara de Hall) adaptada a la jeta del animal y a un circuito semiabierto o semicerrado de anestesia.

Otra técnica de mantenimiento anestésico muy difundida y efectiva es la denominada **anestesia equilibrada** (del inglés: "balanced anaesthesia") basada en la utilización de fármacos de acción específica: hipnótico, analgésico y relajante muscular. Un ejemplo típico es la utilización de un neuroleptico (dihidrobenezperidol), un opiáceo (fentanilo, meperidina) y un relajante muscular del tipo no despolarizante (pancuronio, vecuronio, atracurio). Las ventajas que presentan frente a un mantenimiento con agentes inhalatorios son sus menores efectos secundarios, especialmente sobre los sistemas cardiovascular y respiratorio. Su principal inconveniente es la necesidad del conocimiento de cada uno de los fármacos utilizados y que requieren una administración repetida basada en su tiempo de acción y en los signos anestésicos que presenta el animal.

La neuroleptoanalgesia obtenida con etorfina y acetilpromacina (Large animal immobilon) no resulta recomendable excepto en cerdos salvajes. La elevada mortalidad observada y el peligro potencial para el personal que supone la etorfina, lo relegan a un uso muy restringido. Por el contrario está muy difundida, especialmente en los países anglosajones, la combinación fentanilo+dihidrobenezperidol (Thalamonal®).

En España no está comercializado para uso específico veterinario y su concentración es sensiblemente menor, necesiándose volúmenes superiores. En el cerdo puede administrarse asociado a ketamina manteniéndose la anestesia durante 30-45 min: Thalamonal+ Ketamina (10 ml/40 kg + 4 mg/kg). Pueden administrarse dosis suplementarias de ketamina o zoletil® para prolongar la anestesia.

Otras Técnicas

La asociación esteroidea **alfadolona-alfaxalona** (Saffan®) se utiliza en prácticamente todas las especies domésticas, especialmente en el Reino Unido.

Esta combinación anestésica es relativamente segura y eficaz en el cerdo produciendo un tiempo de anestesia de 10-15 min a dosis de 6 mg/kg iv. Desgraciadamente no está comercializado siendo su utilización muy escasa en nuestro país.

INTUBACION ENDOTRAQUEAL

La intubación endotraqueal se considera una medida de seguridad que sólo podría evitarse en procedimientos quirúrgicos menores. Los problemas asociados al mantenimiento de unas vías aéreas permeables son típicos en esta especie. La elección del anestésico también influye decisivamente; las arilciclohexaminas mantienen el reflejo deglutorio y la depresión respiratoria es menor que cuando utilizamos barbitúricos siendo el índice apneico mucho menor en el cerdo que en otras especies, es decir, la dosis necesaria para producir anestesia quirúrgica está muy próxima a la que induce parada respiratoria siendo la intubación endotraqueal obligatoria en estos casos.

La existencia de una vía aérea permeable a través de un tubo endotraqueal permite la ventilación mecánica. Sin ella sería imposible dicha técnica por el peligro de dilatación gástrica y aumento de la presión intraabdominal que comprometería la ventilación alveolar. Además, el tubo endotraqueal previene también la aspiración de secreciones o vómitos.

Desgraciadamente en la especie porcina la intubación endotraqueal resulta especialmente difícil, habiéndose sugerido técnicas cruentas que la facilitan. Las razones de esta dificultad son fundamentalmente anatómicas: 1) La laringe es muy pequeña así como la tráquea, siendo necesarios tubos endotraqueales de menor diámetro de los utilizados en el perro para un peso similar. En la Tabla II se adjuntan los distintos tamaños de tubo endotraqueal en relación a su peso. 2) La laringe posee forma de "V" muy angulada que obliga a rotar el tubo endotraqueal 180° una vez que ha llegado al suelo de la laringe para poder alcanzar la tráquea. 3) La abertura de la cavidad oral está limitada, siendo el acceso más difícil que en otras especies como el perro o el gato.

Tabla II
Relación entre el tamaño del tubo endotraqueal y el peso del animal

Peso del animal (kg)	Diámetro (mm)
< 10	3-4
10-15	4-5
15-25	5-6
25-50	6-9
50-100	8-10
> 1000	10-16

La manipulación reiterada de la laringe puede provocar la aparición de espasmo laríngeo, especialmente frecuente en animales bajo un estado anestésico superficial o en lechones de menos de 60 días de vida. En este último caso no hemos observado esta complicación con la administración previa (unos 60 s) de un anestésico local (tetracaína) sobre la laringe. La utilización de un fiador rígido situado en el tubo endotraqueal, puede facilitar su introducción en muchos casos siempre y cuando su extremo no sobresalga fuera del tubo o se haya protegido previamente. El postro-

peratorio requiere especial atención frente a la posible aparición de edema laríngeo que puede requerir una traqueostomía de emergencia.

Aunque una intubación difícil puede estar facilitada por la anestesia más profunda, a veces no resulta aconsejable administrar una mayor cantidad de anestésico. En estos casos la utilización de un relajante muscular, previa oxigenación (100% O₂), permite la intubación del animal al estar abolido el reflejo deglutorio así como la aparición de espasmo laríngeo. En estos casos puede administrarse succinilcolina (1-2 mg/kg iv) que permite una parálisis muscular por un período breve de tiempo (1-2 min), pero antes debería comprobarse que la raza utilizada no presenta susceptibilidad a padecer hipertermia maligna. Algunas de las razas, o líneas genéticas, utilizadas en centros de experimentación presentan esta patología por lo que resultan preferibles los relajantes musculares no despolarizantes. El bromuro de pancuronio (0.05-0.10 mg/kg, iv) resulta adecuado para estos fines así como durante todo el mantenimiento anestésico. Otra alternativa más adecuada, siempre que sea posible, sería la selección de una línea genética que no presentara hipertermia maligna.

Aunque algunos autores consideran más conveniente la posición de decúbito supino, consideramos que la posición más adecuada es la de decúbito esternal, abriendo la cavidad oral mediante dos cuerdas o gasas adaptadas a la mandíbula inferior y superior, manteniendo el cuello en hiperextensión. Otros recomiendan la utilización de una guía rígida introducida dentro del tubo endotraqueal, pero en caso contrario resulta recomendable una técnica mediante la cual el tubo endotraqueal se introduce bajo visión directa con la ayuda de un laringoscopio de pala larga (Rowson®), dirigiéndolo hacia el suelo de la epiglotis entre los cartílagos cricoides. Una vez en este punto se gira el tubo 180° y se desplaza hasta alcanzar la tráquea, fijándolo mediante el inflado del balón.

Dada la dificultad inicial de la intubación endotraqueal en el cerdo, se recomienda estar preparado para realizar una traqueostomía de emergencia (bisturí nº10, hemostato, tubo de traqueostomía). La administración de estimulantes respiratorios como el doxapram (Docatone®), pueden resultar útiles siempre y cuando no se hayan administrado relajantes musculares.

MANTENIMIENTO ANESTESICO

La anestesia en los animales adultos presenta más complicaciones que en los jóvenes o lechones. En el caso de cerdos con gran cantidad de grasa, la aparición de apnea es una complicación común, aunque suele estar relacionada con un nivel anestésico demasiado profundo. En estos casos, el patrón respiratorio se basa en una espiración rápida favorecida por la presión intraabdominal seguida inmediatamente de una inspiración profunda forzada que evidencia cierto grado de obstrucción. En estos animales tam-

bién puede producirse la apnea por una mala posición de la cabeza. De nuevo la presencia de un tubo endotraqueal permite mantener la vía aérea así como instaurar rápidamente un soporte ventilatorio adecuado.

La anestesia inhalatoria constituye la técnica de mantenimiento anestésico más segura y eficaz, tanto en el hombre como en la mayoría de las especies animales. Aunque la necesidad de un equipo específico, personal entrenado y coste económico, impide su aplicación en la granja o el campo, puede considerarse la técnica más adecuada en una clínica veterinaria o un centro de investigación experimental. La susceptibilidad a padecer hipertermia maligna con agentes inhalatorios halogenados ha limitado su uso. La comercialización de isoflurano (Forane®) con una mínima incidencia de la aparición de esta miopatía ha reducido considerablemente esta limitación. El otro agente halogenado disponible en nuestro país, el halotano (fluotano) es considerablemente más barato y puede sustituir al isoflurano siempre y cuando los animales no sean susceptibles a la hipertermia maligna. Estos anestésicos permiten la realización de procedimientos quirúrgicos prolongados con una elevada estabilidad, tanto desde el punto de vista del plano anestésico como de los sistemas vitales cardiovascular y respiratorio, aunque producen una depresión dosis-dependiente de dichos sistemas, lo que hace necesario la monitorización constante de las funciones cardiorrespiratorias, además, presentan el inconveniente de su relativa baja capacidad para abolir la reacción motora frente al estímulo quirúrgico.

La utilización de óxido nítrico, al igual que en otras especies animales resulta menos efectiva que en el hombre, por lo que su extrapolación debe realizarse con cuidado. Normalmente se asocia a anestésicos inhalatorios. Su principal ventaja consiste en reducir la cantidad de otros anestésicos reduciendo efectos secundarios indeseables. Puede administrarse conjuntamente con anestésicos inhalatorios en la inducción anestésica con el fin de aumentar la velocidad de inducción, aprovechando el fenómeno del "efecto del segundo gas". Su principal inconveniente en el cerdo, reside en la distensión abdominal que se produce cuando se prolonga su administración, debido al intercambio que se produce a través de la pared intestinal entre el nitrógeno y el protóxido de nitrógeno. La repetición de dosis de agentes inyectables con el fin de mantener la anestesia debe realizarse con precaución. Normalmente se requieren dosis sensiblemente inferiores a las utilizadas la primera vez (50% o menos). La repetición produce un efecto acumulativo que retrasa excesivamente la recuperación anestésica.

La administración de dosis sucesivas de arilciclohexaminas se reducen a un 50% de la dosis original, mientras que en la prolongación de la parálisis muscular provocada por bloqueantes neuromusculares no despolarizantes se reduce la dosis a un 12.5-25.0%. Otro inconveniente de la administración repetida es que se requiere normal-

mente una mayor atención basada en el tiempo de acción de la droga administrada.

En la Tabla III se resumen los fármacos que se pueden utilizar en el procedimiento anestésico en el cerdo.

Tabla III
Relación de fármacos utilizados habitualmente en la anestesia del cerdo

Fármaco	Nombre comercial	Laboratorio
Sedantes-Tranquilizantes		
Azaperona	Stresnil	Esteve
Dihidrobenzperidol	Dehydrobenzperidol	Syntex-Latino
Acetilpromacina	Calmo-Neosan	Neosan
Propionilpromacina	Combelen	Bayer
Xilacina	Rompun	Bayer
Diaepam	Valium	Roche
Barbitúricos		
Tiopental sódico	Pentothal	Abbott
Tiobarbital	Palex	
Pentobarbital sódico	Euta-Lender	Normon
Opiáceos (Neuroleptoanalgesia)		
Fentanilo	Fentanest	Syntex-Latino
Meperidina	Dolantina	Bayer
Fentanilo + Dihidrobenzperidol	Thalamonal	Syntex-Latino
	Innovar-Vet	Jansen (importado)
Etorfina + Acetilpromacina	Large animal immobilon	C-Vet (importado)
Antagonistas Opiáceos		
Naloxona	Naloxone	Abelló
Diprenorfina	Large animal revivon	C-Vet (importado)
Arilciclohoxaminas		
Ketamina	Ketolar	Parke-Davis
	Imalgene	Rhone-Poulenc
Tiletamina + zolacepam	Zoletil	Virbac
Otros Hipnóticos		
Metomidato	Nokemil	Esteve
Propofol	Diprivan	ICI
Alfadolona+alfaxalona	Saffan	Glaxo (importado)
Anestésicos Inhalatorios halogenados		
Fluotano	Halotano	ICI
Halothan	Hoechst	
Isoflurano	Forane	Abbott
Bloqueantes neuromusculares		
Succinilcolina, suxametonio	Anectine	Gayoso-Wellcome
Pancuronio	Pavulon	Organon-Teknika
Vecuronio	Norcuron	Organon-Teknika
Atracurio	Tracrium	Gayoso-Wellcome
Antagonistas de los bloqueantes neuromusculares no despolarizantes		
Neostigmina	Prostigmine	Roche
Analépticos respiratorios		
Doxapram	Docatone	Bayer
Tratamiento específico de la Hipertermia Maligna		
Dantroleno sódico	Dantralén	Alonga

RELAJACION MUSCULAR

Se considera una técnica rutinaria en experimentación animal, especialmente en cirugía torácica y abdominal. Evidentemente siempre debe mantenerse un soporte ventilatorio, normalmente mecánico. El conocimiento farmacológico de los bloqueantes neuromusculares se considera imprescindible. En el cerdo pueden utilizarse tanto los bloqueantes neuromusculares despolarizantes (succinilcolina, suxametonio), como los no despolarizantes (pancuronio, atracurio, vecuronio). La succinilcolina (1-2 mg/kg) permite períodos de parálisis muscular muy cortos de gran utilidad en la intubación endotraqueal, pero con el inconveniente de su capacidad desencadenante de hipertermia maligna en ciertas razas o líneas genéticas.

Los bloqueantes neuromusculares no despolarizantes son los adecuados durante el preoperatorio dependiendo del tiempo de parálisis. La parálisis muscular producida por estos fármacos puede ser revertida con neostigmina (Prostigmina® 0.04 mg/kg) asociada a atropina (0.04 mg/kg). Los fármacos más recientes son los que poseen menores efectos secundarios, especialmente cardiovasculares (pancuronio, atracurio, vecuronio).

POSTOPERATORIO

El control de la temperatura y de las vías aéreas, además de una analgesia y/o sedación adecuada es necesario, pues son los principales puntos a tener en cuenta en el postoperatorio de un cerdo. Se administrará oxígeno siempre que se observe dificultad respiratoria o tras la administración de bloqueantes neuromusculares. La posición de decúbito esternal es la más adecuada en esta especie manteniendo un ambiente tranquilo y bien ventilado. Los signos vitales deben ser monitorizados periódicamente.

HIPERTERMIA MALIGNA

Aunque la mayoría de los animales de esta especie presentan pocos problemas, a excepción de los asociados con el mantenimiento de una vía aérea permeable, algunas razas y líneas genéticas padecen una miopatía bioquímica que aparece espontáneamente durante la anestesia general con algunos anestésicos y fármacos. Otro factor negativo es su menor capacidad de disipación del calor, al tener una

menor superficie de área corporal comparado con el peso, asociado a una pobre capacidad termorreguladora y relativamente pocas glándulas sudoríparas.

La primera evidencia de hipertermia maligna se produjo hace 25 años en un cruce de raza Landrace tras la administración de succinilcolina y halotano. Esta peculiaridad de la especie porcina y especialmente de algunas razas (Pietrain, Poland-China) y líneas genéticas (Largewhite, Landrace), se produce típicamente tras la administración de relajantes musculares despolarizantes y agentes anestésicos halogenados. La presencia de esta patología limita la aplicación de una de las técnicas anestésicas más comunes, seguras y efectivas.

La hipertermia maligna se manifiesta de forma característica por el desarrollo de una rigidez muscular generalizada, hiperkalemia, aumento muy acusado y sostenido de la temperatura corporal, acidosis metabólica, taquicardia y taquipnea. Este proceso también ha sido descrito en el hombre siendo la especie porcina el modelo idóneo para su estudio experimental. El tratamiento no es específico y se basa fundamentalmente en el enfriamiento inmediato del animal y la administración de bicarbonato sódico, fluidos, esteroides y oxígeno. La administración preventiva de dantroleno sódico (Dantrolén®, Dantrolén®, 2 mg/kg) parece ser el único fármaco efectivo, incluso cuando el proceso ya se ha instaurado.

Existen varias formas de evitar la aparición de este fenómeno; en primer lugar se debe seleccionar una línea genética de baja susceptibilidad a la aparición de hipertermia maligna habiéndose descrito una prueba denominada "test no-letal" que permite determinar la susceptibilidad a padecer esta miopatía de forma prematura. También se ha indicado como factor predictivo los elevados niveles de CPK superiores 250 IU/l. En segundo lugar, utilizar isoflurano en vez de halotano y en tercer lugar utilizar exclusivamente relajantes musculares no despolarizantes (pancuronio, vecuronio, atracurio). Nosotros hemos observado una reducción drástica en la aparición de hipertermia maligna con la utilización de isoflurano, siendo actualmente nuestra técnica de mantenimiento anestésico de elección en el cerdo. El gran inconveniente es su precio, 8-12 veces superior comparado con el halotano, pero consideramos que resulta rentable en un centro de investigación.

BIBLIOGRAFIA

- Gay, W.I. and Heavner, J.E. (1986) *Methods of animal experimentation*. Vol.VII. Academic Press. New York.
- Hall, L.W. and Clarke, K.W. (1983). *Veterinary anaesthesia*. 8ª edición. Bailliere Tindall. London.
- Muir, W.W and Hubbell, J.A.E. (1989). *Handbook of veterinary anaesthesia*. C.V. Mosby Company. St. Louis.
- Riebold, T.W and Thurmon, J.C. (1986). *Anesthesia in swine*. En: Tumbleson (ed.). *Swine in biomedical research*. 243-254.

Short, C.E. (ed.) (1987) *Principles & practice of veterinary anaesthesia*. Williams & Wilkins. Baltimore.

Tavernor, W.D. (1976). *Anaesthesia*. En: C.W. Hume (ed.). *The UFAW handbook on the care and management of laboratory animals*. Churchill Livingstone. 5ª edición. Londres.

F.J. Tendillo
I.A. Gómez de Segura
E. De Miguel
J.L. Castillo-Olivares