

Particularidades anatómicas, fisiológicas y etológicas con repercusión terapéutica, en medicina aviar (II): aparato digestivo, aparato cardiovascular, sistema músculo-esquelético, tegumento y otras características

Casilda Rodríguez Fernández¹ Samanta Waxman² José Julio de Lucas Burneo¹

RESUMEN

Dentro de los vertebrados, la Clase Aves recoge una gran variedad de especies que presentan numerosas peculiaridades fisiológicas, anatómicas y etológicas. Esto representa un reto para la terapéutica veterinaria, ya que las diferencias que presentan con mamíferos, grupo a partir del cual suelen extrapolarse en numerosas ocasiones los regímenes posológicos, pueden derivar en una diferente respuesta a los fármacos. Esta extrapolación ha estado implicada en el fracaso terapéutico de ciertos fármacos, en la aparición de reacciones adversas y/o la emergencia de resistencias. En esta primera parte, se revisan las particularidades relativas a los órganos de los sentidos (vista, oído, gusto), aparato respiratorio y sistema urinario.

I. APARATO DIGESTIVO

En las aves, la selección natural ha logrado también minimizar la energía requerida para el vuelo *reduciendo el peso del aparato digestivo*. Las aves presentan un aparato digestivo de menor longitud y volumen que los mamíferos de igual tamaño. Por ejemplo, las Falconiformes que cazan en vuelo y necesitan desarrollar una gran velocidad, tienen un intestino 20-40% más corto que las rapaces que cazan al acecho.

I.1. TRÁNSITO, EFICIENCIA DIGESTIVA Y AYUNO

El tránsito tanto de los fluidos como del contenido sólido es más rápido que en mamíferos, tomando incluso valores de minutos para colibrís y algunas Passeriformes. Estos hechos han servido durante muchos años para argumentar que los fármacos en aves tienden a tener una menor biodisponibilidad por vía oral. Esta razón se ha utilizado para justificar la menor biodisponibilidad oral observada para las fluorquinolonas en avutardas. Sin embargo, también se debe tener en cuenta que la menor absorción descrita en algunos fármacos podría estar

¹ Departamento de Toxicología y Farmacología. Facultad de Veterinaria (Universidad Complutense de Madrid).

² Cátedra de Anestesiología y Algiología. Facultad de Ciencias Veterinarias (Universidad de Buenos Aires).

influenciada por la presencia de especializaciones anatómicas digestivas, como sucede con los rumiantes.

A pesar de ello, el aparato digestivo de las aves es altamente eficiente. Producen una cantidad de heces muy inferior a la cantidad de comida que ingieren. La mejora de la eficiencia digestiva sin aumentar el tamaño del digestivo o la frecuencia de la ingesta se logra en parte gracias a *unos movimientos retroperistálticos* que producen un reflujo periódico del íleon y duodeno hacia las cavidades del estómago cada 30-60min.

Las aves tienen un mantenimiento orgánico de alto coste. Por ello a pesar de su eficiencia digestiva, la frecuencia de ingerir comida es elevada en un gran número de especies. Cuando el animal va a ser sometido a una cirugía se debe tener en cuenta este hecho para establecer el periodo de ayuno previo. Se debe encontrar un equilibrio “*periodo de ayuno vs neumonía por aspiración*”/“*peso digestivo vs compromiso respiratorio*”. Esta decisión va a depender, entre otros factores, del tamaño y la especie. Así, la mayoría de las especies grandes que poseen un buche (como las aves rapaces -no búhos-, loros, palomas,...) permiten periodos de ayuno más amplios; en cambio, las aves passeriformes no.

La *dieta* es un punto clave en aves mascotas y en aves salvajes en cautividad. En muchas ocasiones al animal llega a la clínica por el uso de una dieta inadecuada: uso de dietas exclusivas con semillas en psitacinas deficitarias en vitamina A, que pueden originar entre otros, problemas oculares y renales; dietas exclusivas con carne limpia o con pollitos de pocos días, deficitarias en vitaminas y con un incorrecto balance calcio:fósforo, que pueden derivar en raquitismo, patologías nerviosas, ...

1.2. PICO Y CERA

El pico sustituye a los labios y dientes de los mamíferos y está formado por una base ósea que está revestida por un estuche córneo altamente queratinizado pero muy ligero, la *ranfoteca*, que permite reducir el peso corporal. El pico no sólo está implicado en la obtención y manipulación del alimento, hechos que condicionan su forma (Tabla 1), sino que también participa en la vocalización, el acicalado del plumaje, la defensa, el cortejo y la construcción del nido, ya que sirve como órgano prensil. Esta estructura sufre un desgaste constante que se compensa con un crecimiento equivalente, pero cuando este equilibrio se rompe se produce un *sobrecrecimiento que es necesario corregir adecuadamente*. Las *malformaciones* en el pico pueden tener un origen embrionario debido a tóxicos, traumatismos,... En el ave adulta, se pueden observar alteraciones del pico relacionadas con diferentes enfermedades (virus, parásitos, neoplasias,...).

La cera está localizada en la base de la ranfoteca y está compuesta por queratina. Esta puede tener o no plumas y varía con la especie, la edad (buitre negro), el sexo (periquitos) e incluso puede cambiar de color con ciertas *patologías* (cambio de un color azul a marronáceo en los periquitos que padecen tumores testiculares de las células de Sertoli).

1.3. CAVIDAD OROFARÍNGEA

Las cavidades oral y faríngea constituyen una cavidad única denominada orofaríngea, que presenta un largo paladar duro en el que se abren las coanas que lo comunican con la cavidad nasal y las trompas auditivas.

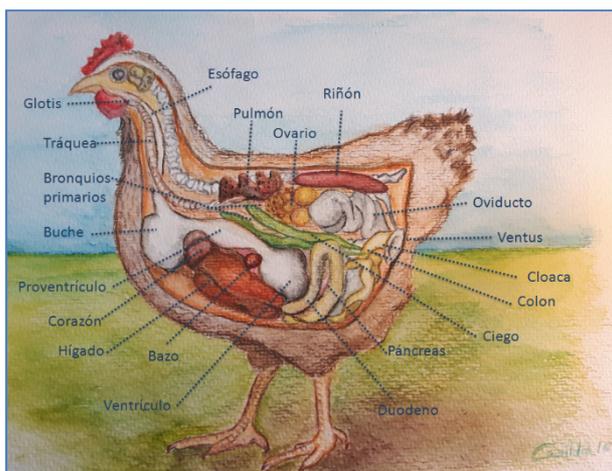
Al no masticar, en general, las glándulas están muy reducidas excepto en especies que consumen una gran cantidad de alimento seco, tales como las aves insectívoras, como el pito real donde las glándulas llegan a alcanzar 7 cm, o las granívoras. Especial mención merece la lengua, paralela a la especialización del pico. Así algunas acuáticas presentan una lengua que posee unas cerdas laterales que se ajustan a unas laminillas que posee el pico en sus bordes, de manera que hacen la función de filtro. Las psitácidas tienen una lengua muy fuerte, carnosa y móvil que le permite coger y manipular el alimento y la emisión de palabras. Los pájaros carpinteros como los picapinos

poseen una lengua protráctil que puede tener una mayor longitud que el propio pájaro. Esta lengua se encuentra rodeando el cráneo y finaliza cerca de la mandíbula superior, esto le permite proyectar su lengua cuatro veces más que la longitud de su pico para cazar insectos; además, la secreción salivar es muy espesa actuando como un matamoscas para atrapar los insectos. Los vencejos producen una secreción mucilaginosa que usa para construir el nido, existiendo una especie en Asia que construye enteramente su nido con saliva, dando lugar a un famoso plato llamado “sopa de nido de ave”.

La lengua de las aves rapaces es gruesa y queratinizada, lo que *dificulta la colocación del pulso oxímetro* en ella (se suele colocar a nivel del ala, tejido intermandibular, área tibiotarsal). Por otra parte, hay que tener en cuenta que es muy móvil, por lo que el ave puede proyectarla ampliamente. Este hecho ayuda a paliar la asfixia que podría ocasionar la ingesta de las presas enteras.

Para administrar por *vía oral formas medicamentosas* hay que tener en consideración que las aves *carecen de paladar blando y músculos faríngeos*, por lo que para tragar, en su lugar se sirve de las papilas de la lengua y el paladar y de un movimiento rostro caudal de la lengua para transportarlo hacia la parte caudal de la orofaringe; a continuación levanta la cabeza y hace que se mueva pasivamente hasta el esófago. Las palomas son capaces de succionar el agua y los colibríes el néctar a través de una lengua tubular.

1.4. ESÓFAGO

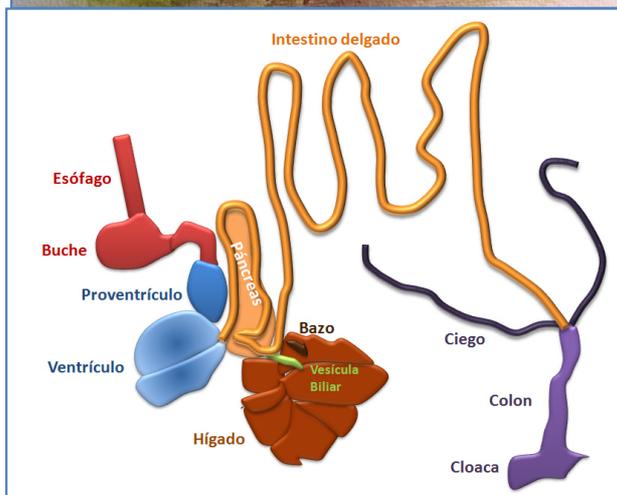


Tras la faringe nos encontramos el esófago que aunque, en general, en un principio se sitúa entre la tráquea y los músculos cervicales, posteriormente se coloca en la zona derecha del cuello (Figura 1 y 2).

Figura 1. Anatomía de la gallina.

El *sondaje esofágico* en aves es una *práctica bastante común* debido a la etología de estas especies cuando se quiere realizar una *administración oral directa*. Esta permite saber la dosis que ha recibido el ave, sin embargo el grado de *estrés es elevado*.

Figura 2. Esquema del aparato digestivo de un ave perteneciente al orden Galliformes.



En la mayoría de las especies aviares es bastante sencillo llevar a cabo este sondaje debido que tras tracción de la lengua se aprecia en primer lugar la entrada a la laringe por la glotis y a continuación el vestíbulo esofágico (Figura 3). Por vía oral no se deben administrar *volúmenes que superen el 2 % del peso vivo*. Aunque puede haber una preferencia por un tipo de sonda según

el clínico, su elección va a estar condicionada por la anatomía del pico. Existen sondas flexibles y rígidas; en el caso de aves con fuerte desarrollo del pico, como loros o tucanes, es necesario administrar el fármaco mediante una sonda rígida para evitar que el ave la rompa.



Figura 3. Cavidad orofaríngea donde se aprecia el acceso a tráquea y a esófago (Fotografía cedida por DVM M. García Montijano)

El esófago se caracteriza por estar compuesto por un epitelio escamoso estratificado con glándulas mucosas y sólo por un músculo liso que recibe inervación vagal. Esta estructura es más distensible en las aves que en los mamíferos, e incluso, en algunas especies se observa una dilatación con identidad morfológica denominada **buche** (típico de Psitaciformes o de especies granívoras como las Galliformes y las Columbiformes); en cambio, en otras especies aviares solo se aprecia una distensión temporal de esta estructura (mayoría de las aves rapaces, piscívoras y algunas frugívoras). En aves rapaces, la presencia del buche permite que, tras la caza, el ave ingiera su presa con rapidez y quede almacenada, para que la digestión se realice cuando el ave esté en reposo.

La motilidad del buche puede verse afectada por diversas circunstancias patológicas incluso por el estrés y el miedo, originando parálisis o éstasis de buche. Este proceso es un signo que acompaña a numerosas situaciones clínicas como son las enfermedades infecciosas y las intoxicaciones por metales pesados como el plumbismo. La impactación de buche también se puede *originar cuando la dieta es inadecuada* o, así como ejemplo podemos citar la obstrucción en aves rapaces producida por los restos de plumas y pelos de las presas ingeridas si la dieta es desequilibrada. Este signo común a numerosas patologías, puede *considerarse una urgencia que puede llegar a comprometer la vida del ave.* Por ello, será de vital importancia la realización de un diagnóstico precoz, que permita instaurar el tratamiento de forma temprana. La presencia de músculo liso en el esófago hace que sean eficaces *los procinéticos clásicos frente a la hipomotilidad*, a diferencia de otras especies como el perro donde existe un predominio de musculatura estriada en la mayoría del recorrido del esófago.

El buche tiene una función de *almacén*, lo que puede influir en gran manera en el *periodo de latencia de fármacos administrados por vía oral*, donde las formas sólidas pueden estar retenidas durante unas horas en un *pH es ácido* (alrededor de 4-6) y en presencia de una *microbiota*. Estas condiciones del hábitat del buche para algunos autores *podrían justificar una menor actividad de ciertos antimicrobianos sensibles al pH y potencialmente metabolizados por los microorganismos.* También se ha sugerido *una posible absorción de fármacos a este nivel*; aunque este hecho no está contrastado y existen razones (como la escasa irrigación si se compara con el intestino) que no estarían a favor de esta hipótesis. Hay algunas aves herbívoras, como el hoazín, que se alimentan de hojas y llegan a tener un buche 50 veces mayor que el ventrículo (molleja) debido a que necesitan realizar una fuerte digestión previa que se podría equiparar con una fermentación pregástrica, similar a los rumiantes, en mamíferos.

El buche sufre cambios cíclicos inducidos hormonalmente en las fases de celo y cría, que analizaremos en el apartado de comportamientos especiales

1.5. ESTÓMAGO BICAVITARIO

La transición entre el esófago y el estómago en aves carece de esfínter esofágico y lo que se observa es una pérdida de los pliegues longitudinales del esófago. En las aves el estómago está dividido en dos cámaras: el proventrículo o estómago glandular y el ventrículo o estómago de función mecánica, que se le conoce popularmente como molleja (Figura 1 y 2). Las aves, al carecer de dientes, presentan un ventrículo muy desarrollado en aquellas especies que requieren triturar el alimento. La morfología de estas cámaras es muy variable, pero se pueden definir dos grandes grupos. Las aves carnívoras poseen dos cavidades menos diferenciadas y fácilmente extensibles, lo que facilita el contener las presas que ingieren enteras. En estas aves, el ventrículo sirve para alargar el tiempo en el que la comida está sometida al efecto de los ácidos. Si comparamos el tamaño de su proventrículo con el de un loro o una paloma, podemos observar que está más desarrollado. Las aves granívoras, por el contrario, ingieren un alimento más difícilmente digerible por lo que necesitan que el ventrículo lo triture. Para ello, el ventrículo posee una capa muscular muy desarrollada y poco flexible. En estas especies es más compleja la realización de una *ventriculotomía*.

El proventrículo presenta *un pH muy variable* dependiendo del tipo de alimento que ingiere el ave. Los pH más bajos se encuentran en las aves rapaces, siendo especialmente bajo en carroñeras como los buitres, donde se observan valores de pH inferiores a 1,6. Evidentemente es una buena adaptación biológica para poder ingerir este tipo de comida con seguridad. Por otro lado, esto puede ser un inconveniente como es el caso de la intoxicación por plomo, patología que ve agravada en estas especies debido a que estos bajos valores *de pH facilitan la liberación del plomo* y, por tanto, incrementan su absorción sistémica cuando se han ingerido perdigones de plomo que se alojan en el digestivo.

El ventrículo está muy desarrollado en granívoras como las gallináceas y en las anátidas. Como ejemplo podría servirnos la capacidad que poseen los pavos silvestres que ingieren las nueces enteras y tras varias horas son capaces de triturarlas en su ventrículo. Un desarrollo intermedio lo poseen las psitácidas debido a que estas especies descascarillan las semillas. Hay *formulaciones diseñadas para la administración oral indirecta en las cuales el fármaco impregna la semilla con cáscara*, por lo que este tipo de formulación *no debería utilizarse* en estas especies. En determinadas circunstancias la fisiología del *ventrículo facilita la liberación del fármaco administrado como comprimido*; pero podría ser un *inconveniente en formulaciones con cubiertas especiales diseñadas para una liberación diferida*.

Para facilitar la digestión mecánica del alimento, algunas familias de aves tienen el hábito de ingerir unas partículas sólidas de diversa naturaleza (arena de sílice, conchillas de mar, arcilla, carbón vegetal,...) que son como piedrecitas pulidas, los gastrolitos (grit). Existen aves como las psitácidas y las Passeriformes que son capaces de romper la cáscara que recubre la semilla con su pico; en cambio las palomas y los pollos tragan los granos enteros que son digeridos gracias al fuerte ventrículo y su contenido en gastrolitos. Esta necesidad de gastrolitos puede condicionar la aparición de un problema importante, que se observa principalmente en anátidas; ya que los patos ingieren los restos plomados de la caza, *confundiéndolos con los gastrolitos*. Este hecho ha *originado un grave problema de intoxicación por plomo* en las aves silvestres que habitan los humedales de nuestro país. Un aspecto positivo de esta peculiaridad es que ha servido para desarrollar una especialidad farmacéutica exclusiva de veterinaria, donde el gastrolito sirve como sistema de vehicular medicamentos. Aunque no está comercializado en España, existe *un sistema de liberación controlada de itraconazol en grit* para aves, permitiendo un *régimen posológico* muy cómodo que *reduce de forma importante el manejo y el estrés del animal*.

El ventrículo presenta la cutícula de **coilina**, capa o membrana delgada y muy resistente formada por complejo de carbohidratos y proteínas, no de queratina. Esta capa protege a las paredes de

este órgano de la abrasión producida por digestión mecánica del alimento. Se ha descrito la posibilidad de adsorción de fármacos a la capa de coquina o al gástrico.

Estas características anatómicas bicavitarias y la ausencia de epiglotis desaconsejan el uso de eméticos en aves. Se ha demostrado que sí son capaces de vomitar tras la administración de apomorfina y de tártaro emético; sin embargo, puede ser una práctica de riesgo, siendo más adecuado la realización de un lavado gástrico u otras medidas terapéuticas que neutralicen o reduzcan la absorción.

1.6. INTESTINO

En general, el intestino delgado es más corto que en mamíferos pero con un mayor número de convoluciones. Este se encuentra principalmente en la zona derecha de la cavidad celómica y es fácilmente accesible, por lo que se debe tener precaución en los procedimientos exploratorios para evitar su lesión. Entre el yeyuno y el íleon se encuentra un vestigio del saco vitelino; estructura que se reabsorbe muy rápidamente tras la eclosión en aves altricialles (nidícolas) si la comparamos con las aves precociales (nidífugas).

El intestino grueso es corto en la mayoría de las especies y está especializado en la absorción de agua y electrolitos, gracias a la presencia de movimientos retroperistálticos; así logra mantener la homeostasis orgánica recuperando agua de la orina. Cuando la dieta es muy pobre en sal se produce un incremento en la longitud de las vellosidades localizadas en los enterocitos del colon, para incrementar su absorción. Este proceso es tan eficiente que muchas aves de presa casi no requieren ingerir más líquido que el que viene incluido en sus presas; a pesar de ello, se les debe proporcionar agua cuando están en cautividad. Esta especialización se ha intentado aprovechar desde un punto de vista terapéutico, como *vía de administración de fluidoterapia en aves deshidratadas*. Aunque bajo nuestro conocimiento sólo existe un estudio científico que haya intentado evaluar la eficacia de este procedimiento, los resultados obtenidos no son alentadores, ya que la administración rectal de fluidos incrementó los movimientos peristálticos.

La presencia de ciego es nula o sólo rudimentaria en un grupo muy importante de aves; hecho que es lógico dado que así se reduce el peso corporal. Es rudimentaria en palomas y passeriformes y ausente en rapaces diurnas y psitácidas. En cambio está presente en aves “poco o no voladoras” como las gallinas y los avestruces. Al igual que en los mamíferos, en estas aves existe una fermentación post-gástrica a nivel de los ciegos. El ciego participa por tanto en la absorción de agua y sales, la digestión post-gástrica de alimento fibroso y, también puede estar implicado en la defensa orgánica.

Un ave con diarrea se deshidrata con mucha rapidez. La presencia de heces en las plumas que rodean al ventus puede indicarnos que el ave padece una gastroenteritis, pero a veces está relacionado con un apoyo inadecuado de las extremidades, como puede darse en pollos que sufren raquitismo.

1.7. COMPORTAMIENTOS DIGESTIVOS ESPECIALES EN AVES

1.7.1. LECHE DE BUCHE

El sistema digestivo de determinadas especies aviares es capaz de producir la denominada “leche de buche”, bien a partir de la descamación del epitelio del buche (palomas, tórtolas y pingüinos) o bien a partir de la secreción de las glándulas merocrinas del esófago (flamencos), produciendo un fluido semejante a la leche, salvo que carece de los carbohidratos. Está adaptada a las necesidades de los pollos recién nacidos como única fuente de alimento durante la primera fase de vida. Es producida tanto por los machos como por las hembras y su producción está regulada por la prolactina. *A la hora de realizar un tratamiento, incluso en las desparasitaciones rutinarias, se debe tener en consideración cuando un adulto se encuentra en fase de cría porque existe la posibilidad de que fármacos administrados vía oral puedan pasar directamente desde el digestivo*

del adulto al pichón. Un ejemplo de ello son los problemas de mortandad en los pichones que se pueden presentar tras la desparasitación oral de los padres. Pero también se puede producir el *paso de un fármaco a la leche de buche desde sangre sistémica*, en el caso de fármacos *liposolubles* que atraviesen barreras biológicas fácilmente. Este hecho está demostrado para uno de los antimicrobianos de uso más extendido en medicina aviar, la enrofloxacin. Esta fluoroquinolona logra alcanzar concentraciones subterapéuticas en los pollos tras su administración intramuscular a los adultos, con las consiguientes repercusiones *toxicológicas* y *la posibilidad de facilitar la emergencia de resistencias*.

I.7.2. REGURGITACIÓN O EGESTIÓN DE EGAGRÓPILAS

Este proceso de reflujo o regurgitación se produce tras la digestión del alimento en las dos cavidades estomacales mencionadas, de forma que la parte que no ha podido digerirse va a ser regurgitada mediante contracciones retroperistálticas coordinadas en las que participan el duodeno, el ventrículo y proventrículo, finalmente ayudadas por el esófago. Se suele producir a las 12 h de haber comido. El esfínter pilórico retiene el material no digerido y unos 15 minutos antes de la regurgitación empiezan a producirse fuertes contracciones a nivel gástrico que compactan el contenido y lo llevan hasta el esófago donde se logra la expulsión de la egagrópila en unos segundos. Esta regurgitación es necesaria para aquellas especies que carecen de enzimas que puedan metabolizar la queratina, proteína que forma parte de las uñas, pelos, plumas y escamas de sus presas. La diferencia en el pH proventricular entre las rapaces nocturnas ($\text{pH} \cong 2.4$) y diurnas ($\text{pH} \cong 1.5$) hace que las egagrópilas sean de aspecto indefinido en los buitres o bien que presenten restos de huesos, plumas o pelos sin digerir en el caso de los búhos y lechuzas. Este comportamiento no es exclusivo de las aves de presa, ya que se observa en otras especies aviares como garzas, alcatraces, gaviotas, abejarucos, córvidos, alcaudones,... La producción de estas *egagrópilas* debe ser tenida en consideración cuando se *administra un fármaco vía oral por la posibilidad de producir una eliminación presistémica*.

El estudio de las *egagrópilas* da una gran información biológica y ecológica; pero también son un importante punto de referencia para evaluar la evolución clínica del ave.

I.7.3. COPROFAGIA

En algunas especies de aves cuando están en fase de desarrollo suelen picotear las heces de los adultos para adquirir su flora habitual. En este proceso, podrían ingerir *antiparasitarios del grupo de las lactonas macrocíclicas caracterizados por una larga permanencia en el organismo y excreción por las heces de los adultos*.

I.7.4. PSEUDOCECOTROFIA

Al igual que sucede con los lepóridos que vuelven a digerir el material excretado, algunas especies aviares logran el retorno al ciego de los excrementos que han llegado al coprodeo o al urodeo mediante un mecanismo de retroperistalsis representando una especie de "pseudocecotrofia" (Figura 4). Así, aprovechando las largas vellosidades del ciego se obtiene una mayor eficiencia en la extracción de los productos nutritivos del alimento, eliminándose los restos no digeribles mediante fuertes contracciones de su musculatura. Estas aves expulsan unas heces semisólidas de color marrón oscuro. *Este hecho podría incrementar la permanencia de ciertos fármacos en el organismo, al igual que sucede con el clásico circuito entero-hepático*.

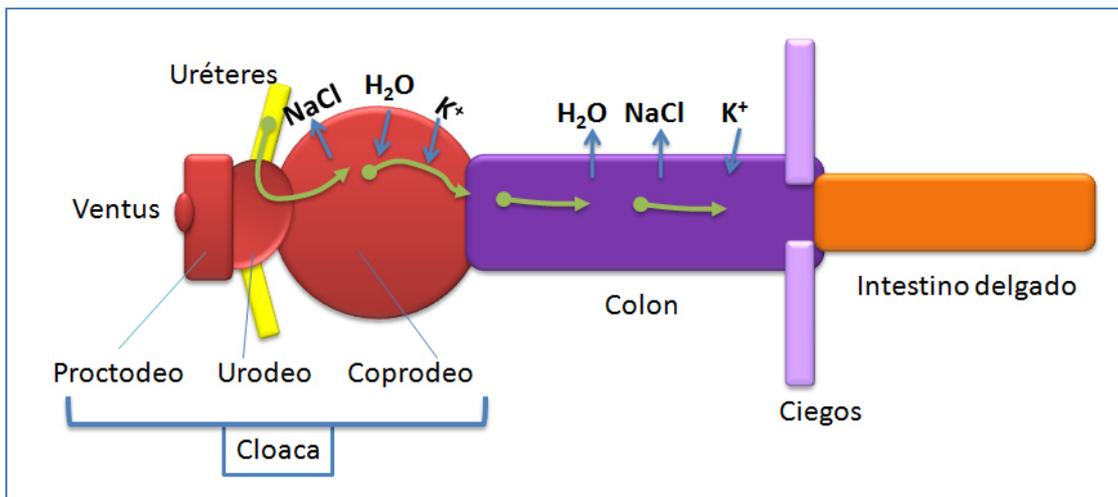


Figura 4. Esquema del intestino aviar. Se detalla la estructura de la cloaca y los procesos de intercambio iónico que se realizan en la misma y en el colon. Las flechas verdes muestran los movimientos retroperistálticos que van a arrastrar la orina vertida en el urodeo desde los uréteres hacia el intestino grueso.

1.8. HÍGADO

En general está bien desarrollada la circulación porta-hepática y la vesícula biliar no está presente en todas las especies de aves, de forma que carecen de la misma la mayoría de Psitaciformes excepto las cacatúas, las Columbiformes y las Struthioformes. En estas aves la bilis formada fluye hasta el duodeno por el conducto hepatoentérico. El déficit de bilirrubina reductasa hace de la biliverdina el principal pigmento biliar. Estos pigmentos sufren circulación enterohepática al igual que los mamíferos y su incremento es un indicador de insuficiencia hepática, tiñendo las deyecciones del ave un color verdoso.

Hay especies que son *más sensibles a la sobrecarga de hierro*, como es el caso de los tucanes, los *minás* y las aves del paraíso. Se piensa que el factor determinante en esta sobrecarga es la presencia de un alto contenido de hierro en la dieta que se le ofrece al ave en cautividad. Sin embargo, esto no explicaría por qué unas especies son más sensibles que otras bajo las mismas condiciones. Parece ser que los *miná* presentan una mayor velocidad de absorción del hierro y expresan mayor número de transportadores para este metal en los enterocitos, imitando posiblemente el mecanismo de la hemocromatosis hereditaria humana. Este hecho se ha relacionado con un proceso adaptativo al hábitat donde existían bajos niveles de hierro.

Al igual que en mamíferos, es el hígado el órgano más importante en el metabolismo de fármacos, por lo que es importante conocer la función hepática para tenerlo en consideración por si fuera necesario hacer ajustes en el régimen posológico. La elevación de enzimas hepáticas como la AST sin incremento de CPK sugiere un problema hepático. Aparte de otras medidas terapéuticas es frecuente el uso de *protectores como S-adenosilmetionina y silimarina*.

Con respecto al *metabolismo de fármacos* no existe demasiada información; en numerosas ocasiones se menciona que existen más diferencias cuantitativas que cualitativas. Sí se ha observado una vía común con otras Clases de vertebrados no mamíferos como las *reacciones de conjugación con ornitina*. También en aves de producción se ha descrito un *déficit de conjugación con glucurónico* y actualmente es un foco de interés científico el conocer si existe alguna razón de tipo metabólico que justifique el comportamiento observado del diclofenaco en buitres. Se ha sospechado de un déficit de conjugación con glucurónico, pero posteriormente se ha podido demostrar que sí es capaz de seguir esta vía metabólica para el meloxicam.

II. APARATO CARDIOVASCULAR

El vuelo y las elevadas necesidades energéticas, van unidas a una alta demanda de oxígeno. Por ello, las aves presentan un corazón con un tamaño mayor que los mamíferos (50-100%) si se pondera por su peso corporal. Además dentro de la clase Aves, este tamaño es mayor cuanto mayor es la necesidad de energía aerobia que requiere la especie; con igual tamaño, el ave más voladora y que mayores requerimientos energéticos posea es la que tiene un corazón mayor. El colibrí es el ave que posee el mayor corazón en proporción a su peso (2,5%), llegando a alcanzar una frecuencia cardiaca de 1000ppm.

En corazón en su parte inferior está rodeado por los lóbulos hepáticos, dada la ausencia de diafragma y las características respiratorias (Figura 1). La diferencia anatómica más marcada con los mamíferos está en la morfología de la válvula atrio-ventricular derecha que carece de cuerdas tendinosas. Las aves presentan un gasto cardiaco mucho más elevado que los mamíferos. Así, como se expuso en el artículo anterior, para un peso de 0.002 Kg (relacionado con el tamaño más pequeño de ave), el gasto cardiaco basado en las ecuaciones alométricas propuestas por Grubb y Toutain sería 3.99 y 1.17 mL/min y para un peso de 15 kg (peso de las aves voladoras de mayor tamaño) el gasto cardiaco sería de 1885 y 1614 mL/min, para aves y mamíferos respectivamente. Este elevado gasto cardiaco está relacionado con un elevado volumen sistólico, una elevada frecuencia cardiaca (reposo: 150-350 ppm) y una resistencia periférica ligeramente más baja. *Este hecho va a facilitar la eliminación de fármacos.*

Las aves tienen una pared vascular más delgada, con unas arterias con menor coeficiente de elasticidad y poco tejido subcutáneo subyacente, todo ello hace que exista una mayor fragilidad vascular que favorece la presencia de hemorragias en los espacios perivasculares; incluso, cuando la lesión afecta a la yugular, estas hemorragias pueden llegar a afectar a los sacos aéreos claviculares. Macroscópicamente, la mayoría de las arterias aviares presentan un aspecto blanquecino debido a la presencia de fibras de colágeno de la capa adventicia, lo que le confiere una mayor rigidez. Al ser más rígidas las paredes vasculares, los valores fisiológicos de presión sanguínea son más elevados en las aves, oscilando su presión arterial media entre 108-250 mmHg (los pavos llegan a alcanzar 350 mmHg). Su repercusión clínica es el incremento en el riesgo de accidentes cardiovasculares. Las aves de compañía como las psitacidas son sensibles a la arterioesclerosis en edades avanzadas, que afecta principalmente a la aorta y al tronco braquiocefálico.

La vía de administración está condicionada en muchas ocasiones por la especie. Cuando se elige una administración intravenosa, el tamaño, la forma y la facilidad de acceso son puntos que van a influir en la elección del vaso para administrar el fármaco. Para visualizar bien la zona hay veces que se *usan soluciones alcohólicas* que permiten humedecer las plumas que cubren la zona. Hay que tener mucha precaución en no aplicarlo en zonas extensas por la *pérdida de calor que propician* y ser consciente que pueden ser causa de hemólisis, debido a que pueden contaminar las muestras de sangre. *No es recomendable ocluir el vaso para incrementar el tamaño* de la vena debido a que se puede propiciar la salida perivascular de la sangre y la formación de hematoma, ya favorecido por la fragilidad vascular. Al ser muy finos los vasos, se aconseja aplicar *una presión de succión* suave para no ocasionar hemólisis y no colapsar la vena.

Como las agujas usadas en aves *son de muy pequeño calibre* (generalmente entre 23-27 G, para aves de mayor a menor tamaño, respetivamente) cuando se ha extraído la sangre, éstas se deben separar de la jeringa antes de pasar el fluido a un tubo, para evitar la hemólisis. En algunos casos la aguja se une a un capilar o bien se deja fluir libremente la sangre hacia un tubo.

Normalmente la extracción se realiza sobre las *venas yugular derecha, metatarsiana y cubital* (Figura 5 y 6). La v. yugular derecha anatómicamente es más fácilmente accesible y es de elección en aves de tamaño pequeño-medio. En muchas especies esta vena está debajo de un apterio (zona de piel carente de plumas). Las palomas y las anátidas carecen de estas zonas, por lo que

se dificulta la identificación. Esta vena es la que es menos propensa a sufrir una extravasación. Las aves tienen un mayor desarrollo del cúbito que del radio y la vena que transcurre por el ala es la cubital, otra alternativa que permite administrar fármacos en el ala, pero el riesgo de hematoma es más elevado. La administración en la extremidad del ave a partir de la v. metatarsiana es útil en aves como anátidas o buitres, aunque el plumaje que está sobre la extremidad y las características de la piel hacen que sea más difícil de identificar.



Figura 5. Administración de fármacos en la vena metatarsiana.



Figura 6. Administración de fármacos en la vena cubital. (Fotografías cedidas por GREFA).



El volumen total de sangre de un ave varía entre el 5-13 % del peso corporal. El bazo no actúa como depósito de células sanguíneas y cuando hay una pérdida de sangre no se produce una contracción esplácnica como respuesta a una necesidad de perfusión vascular. El volumen de sangre que se debe extraer no debe superar el 8-10% del volumen sanguíneo o bien el 1% del peso corporal. Cuando un ave está enferma se debe ser muy conservador y extraer la mínima cantidad posible.

La elevada fragilidad vascular dificulta en muchas ocasiones la fijación de un catéter intravenoso, para tener una vía abierta para la medicación urgente. Por ello, en determinadas circunstancias se utiliza en aves la administración intraósea, que consiste en la fijación de una cánula intramedular en un hueso largo, intacto y no neumatizado. Las técnicas más usadas son la cubital que permite una fijación más larga y la tibio-tarsal, que es de elección en tratamientos de corta duración (Figura 7).

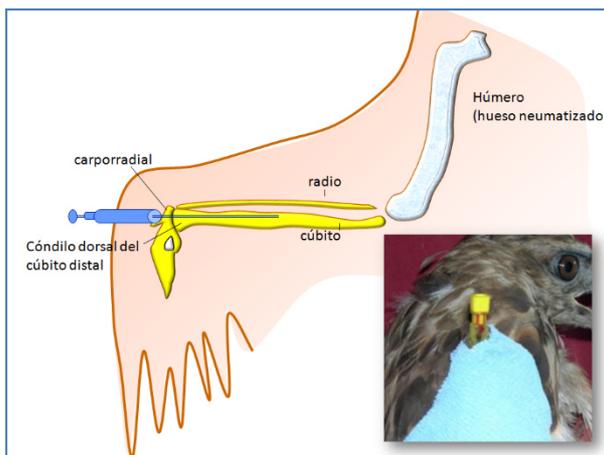


Figura 7. Administración intraósea en aves (Fotografía cedida por DVM M. García-Montijano).

Se suele elegir una cánula cuya longitud sea la mitad del hueso a canular y la velocidad de administración no debe superar los 10 mL/kg/h. A pesar de que puede ser una alternativa interesante en ciertos individuos que se encuentren en estado grave, presenta una serie de inconvenientes. No se puede usar en aves que presenten ciertas patologías como traumatismos, enfermedad metabólica,... Es un procedimiento doloroso que debe realizarse bajo

anestesia/analgesia y que requiere vigilar la asepsia estrechamente debido a que puede derivar en *osteomielitis*. Además, se debe tener *precaución porque no todos los fármacos o fluidos son adecuados para ser administrados por esta vía*. Se desaconsejan las *soluciones de pH extremos e hipertónicas* y los fármacos que se *quelan a nivel óseo*. Solo existe un trabajo en el que se ha evaluado si es adecuada la administración de un fármaco por esta vía en aves. En él se ha observado que un fármaco de uso exclusivo veterinario que tiende a quelarse con cationes bivalentes, como *marbofloxacina*, *puede ser una buena alternativa para administrar por esta vía*, ya que no se modifican los parámetros cinéticos ni los índices de eficacia Farmacocinéticos /Farmacodinámicos frente a la vía intravenosa.

III.- SISTEMA MÚSCULO-ESQUELÉTICO Y CELOMA

Las aves presentan fibras de contracción lenta de inervación multifocal, las cuales se encuentran también en anfibios y reptiles. Los músculos que presentan esta característica son el *lattissimus-dorsi anterior*, el *semiespinalis-cervicis*, el *biventer-cervicis* y el *tibialis anterior*. Muchos de los músculos con inervación multifocal se localizan en el cuello y en las extremidades inferiores del ave. *Los bloqueantes neuromusculares despolarizantes* producen una reacción adversa relacionada con su mecanismo de acción, ya que al originar una despolarización mantenida de la fibra muscular se origina inicialmente un *proceso espástico característico, con volteo de la zona cervical y extremidades con una extensión rígida*. Por ello, *está desaconsejado el uso de estos parasimpaticomiméticos indirectos en aves*. Las características especiales de estos músculos, concretamente del *biventercervicis* se han utilizado en estudios funcionales con tejidos aislados, para evaluar diversos fármacos que actúan sobre receptores nicotínicos localizados en placa motora. Esta preparación neuromuscular ha sido una técnica estándar para realizar evaluar venenos de serpientes y sus antagonistas.

La reducción del peso corporal lleva unido una serie de modificaciones anatómicas que afectan a los huesos, de manera que el esqueleto de las aves se ha hecho más ligero mediante la existencia de *cavidades óseas neumáticas* (huesos neumáticos) que están en contacto con el respiratorio. Este hecho puede llegar a ser tan significativo, que en aves muy voladoras el peso del esqueleto llega a ser el doble que el del plumaje. Se salen de esta norma, en general, los huesos distales al húmero y a la pelvis. Estas adaptaciones ayudan a reducir el costo metabólico del vuelo.

Estos huesos son más densos que en la mayoría de los mamíferos, aunque los murciélagos presentan unos valores más próximos. Los huesos presentan una cortical muy fina y son trabeculados lo que les confiere una gran resistencia. La contrapartida es que son menos elásticos que los de los mamíferos y *se astillan con mayor facilidad; por lo que es una práctica muy frecuente el uso de fijadores externos en la reparación de las fracturas*.

El tejido adiposo es escaso a nivel intramuscular y subcutáneo, aunque existen zonas como la pectoral y abdominal donde se puede llegar a acumular. Las aves migratorias presentan mecanismos fisiológicos que permiten ese sobreesfuerzo físico sin poder consumir agua y comida. Las aves destacan por una baja capacidad de almacenar grasa, presentando en general un bajo porcentaje lipídico dentro de su composición corporal; sin embargo, antes del periodo migratorio siguen diversas estrategias de almacenamiento para conseguir grandes reservas energéticas, llegando a alcanzar la grasa valores de un 25% del peso corporal (incluso hasta un 50%) antes de la migración, pasando a un 5% tras el viaje. Este hecho podría modificar de forma muy importante *la distribución y eliminación de fármacos liposolubles como los anestésicos*. Además, son capaces de aguantar más de 3 días sin beber. Previenen la deshidratación porque al volar a gran altura evitan las pérdidas por evaporación debidas a la fría temperatura ambiental y, además, son capaces de producir agua metabólica a partir de los depósitos grasos.

Las aves tienen celoma, ya que al no existir un diafragma que forme un tabique completo de separación entre las cavidades torácica y abdominal presentan una entidad única que engloba ambas zonas. Además, no existe el omento, pero hay una cubierta de doble capa, el septum post-hepático. Dentro del celoma existen 16 dependencias celómicas compuestas por los 8 sacos aéreos, 3 cámaras localizadas en la zona torácica (pulmones y corazón) y 5 peritoneales. *Esta disposición anatómica forma barreras ante la difusión de una infección.*

IV. TEGUMENTO

IV.1. PIEL

Las aves presentan una piel muy fina (epidermis $\cong 13 \mu\text{m}$ en las zonas con plumas, dermis: 80-200 μm) que se lesiona fácilmente. En general, en la porción distal de las patas, existe una piel con escamas, que varían en tamaño. Poseen una región membranosa fina llamada patagio, localizada entre el hombro y el carpo. Debido a su irrigación y composición, cuando éste se lesiona es bastante compleja su resolución. Algunas fuentes lo incluyen como zona de administración subcutánea, incluso para administrar *fluidoterapia*, pero muchos clínicos *desaconsejan* esta técnica.

En las aves nos encontramos especializaciones dérmicas en forma de almohadillas adiposas pobremente vascularizadas (cara plantar de los dedos y articulaciones metatarso-falangianas) y apéndices carnosos u ornamentales altamente perfundidos (barbillas, crestas,...). La zona *plantar de los dedos está unida estrechamente a unas almohadillas carnosas que protegen los tendones y articulaciones de la zona, que es especialmente sensible a un proceso denominado pododermatitis plantar*. Esta es una enfermedad infecciosa, progresiva y granulomatosa (Figura 8) que puede llegar a ser causa de eutanasia del animal, si no se logra curar en las primeras fases del proceso. Son claves las medidas de manejo (higiene, hábitat, posaderos, alimentación, ejercicio,...) para prevenirla y para curarla.



Figura 8. Pododermatitis (Fotografía cedida por GREFA).

Las células epidérmicas de las aves contienen glóbulos grasos, produciendo una mayor cantidad de lípidos que los mamíferos. Empiezan a formarse en la lámina basal como gotitas lipídicas, que van creciendo en número y se fusionan al llegar a la capa intermedia para formar esos glóbulos. La cantidad varía a lo largo de la piel, siendo especialmente elevada en los espacios interdigitales y en la almohadilla plantar. Al formarse el estrato córneo, son expulsados cuando las células se queratinizan, lo que origina una capa oleosa de propiedades antimicrobianas que cubre la piel del ave, la mantiene flexible y previene la deshidratación. Las aves carecen de glándulas sebáceas y sudoríparas, a excepción de la glándula uropígea y las glándulas sebáceas en el oído. La glándula uropígea es una glándula holocrina situada dorsalmente en la base de la cola del ave. Es especialmente prominente en aves acuáticas, pero no se encuentra o es inconstante en muchas aves (avestruces, casuares, emús, pájaros carpinteros, algunas palomas y psitácidas). Ésta segrega una sustancia oleosa rica en ceras y aceites que permite proteger el plumaje para hacerlo impermeable al agua. Este acto que consiste en acondicionar e impermeabilizar las plumas utilizando esta secreción oleosa producida por la glándula uropigial se denomina acicalamiento. Es interesante reseñar que esta secreción contiene unos componentes que son precursores de la vitamina D, que tras su exposición solar se transforman en vitamina D₃ activada, la cual sería ingerida por el ave al acicalarse.

A la hora de aplicar *fármacos tópicos* debemos ser conscientes de que las aves se acicalan y por tanto pueden ingerir los fármacos administrados sobre las plumas. Por ello la administración tópica de organofosforados está desaconsejada en muchas especies.

Al no tener glándulas sudoríparas, la pérdida de calor se consigue a través de un enfriamiento por evaporación a través del respiratorio (jadeo) y por un sistema vascular que permite el intercambio de calor contracorriente. Este último se localiza principalmente en las patas gracias a una *rete mirabile* que permite calentar la sangre fría que llega de las extremidades y está claramente desarrollada en aves zancudas. También los apéndices con elevada irrigación sirven a este propósito. Estos mecanismos se complementan con cambios posturales que incrementan la superficie.

IV.2. PLUMAS

Las plumas son esenciales no sólo para el vuelo sino que son críticas para la termorregulación. Es importante conocer las zonas de la piel del ave que poseen plumas (pterilios) de las zonas carentes (apterios), ya que se debe practicar una medicina conservadora con las mismas.

El plumaje que posee el ave sufre una renovación periódica denominada “muda”, que se caracteriza por la caída y remplazo de la pluma por otra nueva. Esta muda sigue patrones diferentes dependiendo de la especie y hay que tenerla en consideración tanto a la hora de establecer una dieta equilibrada, como en la *elección de ciertos fármacos*. La sustitución puede ser anual (generalmente: final del verano-otoño), pero hay especies como las psitácidas donde es normal que la muda ocurra a lo largo del año. Esta también se puede ver afectada por las condiciones ambientales, como sucede en las aves de compañía que están en ambientes cálidos todo el año en el interior de una vivienda. Este proceso puede ser general o producirse de forma sistemática fraccionada. La muda frecuentemente hace que las aves estén menos activas, y que exista un incremento de requerimientos nutricionales debiendo recibir un aporte proteico suficiente, especialmente de aminoácidos sulfurados. Incluso, puede estar *más susceptible a infecciones*.

Se debe tener un comportamiento muy conservador con las plumas del ave durante la intervención clínica, tomando las medidas para lesionarlas lo mínimo posible, eligiendo mudas adecuadas con posaderos de forma, material y altura adaptados a la especie. Existen diversas circunstancias en las que puede dudarse entre arrancar o cortar una pluma. En general, las plumas arrancadas a un ave accidentalmente o al realizar un procedimiento diagnóstico o terapéutico, excepto las remeras primarias y secundarias, se reponen en un tiempo breve si no hay lesión en el folículo. Si una pluma ha sido cortada, no se cambiará hasta la siguiente muda. Por ello, en determinadas ocasiones se puede solucionar este problema mediante un injerto, que se suele realizar sobre aquellas plumas que son vitales para volar. Cuando *se arranca una pluma para poder aplicar una medicación hay que tener presente que la piel de las aves es muy frágil, pudiendo lesionar la misma*.

Algunos fármacos pueden alterar la muda. En halcones, la administración intramuscular de *enrofloxacin* a dosis terapéuticas elevadas puede retrasar el recambio del plumaje. *Los fenicoles como el cloranfenicol* también pueden alterarla.

IV.3. PLACA INCUBATRIZ

Muchas especies de aves desarrollan la placa incubatriz para incubar el huevo. Esta es una zona, localizada a nivel medio-caudal de la zona ventral-abdominal, caracterizada por una pérdida de las plumas, seguida de una profusión muy marcada de la irrigación. Estos cambios se deben a una inducción hormonal para estimular la cría. Esta placa posee una excelente inervación que le sirve, al estar en contacto con los huevos, para regular la temperatura de los mismos, permitiendo que

se produzca tanto su enfriamiento o calentamiento según la necesidad. La desarrollan fundamentalmente las hembras, aunque existen excepciones.

V. ALGUNAS CARACTERÍSTICAS QUE PUEDEN INFLUIR EN LA VÍA DE ADMINISTRACIÓN DE FÁRMACOS

Dentro de las peculiaridades más destacables dentro de la administración de fármacos podemos mencionar:

- **INTRAMUSCULAR:** Los músculos pectorales no son de primera elección en la administración intramuscular de fármacos, debido a su gran importancia para el vuelo, especialmente en aquellos fármacos que originen alteración tisular. La presencia de esternón fenestrado en algunas especies, como las incluidas en el orden Galliformes, hace recomendable la administración intramuscular introduciendo la aguja cranealmente, paralela al esternón.
- **INTRAVENOSA:** La administración intravenosa en la v. yugular suele realizarse en la vena derecha, por razones anatómicas. Se debe tener en cuenta cuando se utiliza esta vía, que las palomas presentan un plexo venoso subcutáneo localizado en la zona del cuello (*plexus venosus intracutaneus collaris*) implicado en la termorregulación y formado por tejido eréctil, no siendo recomendable su elección. Esta particularidad también se ha relacionado con la presencia de importantes hemorragias en la zona cervical cuando se produce una intoxicación con anticoagulantes.
- **INTRACELÓMICA:** es la equivalente a la vía intraperitoneal y no es una vía de uso frecuente en aves. Aunque se tomen las medidas adecuadas para administrar en la zona y con el ángulo correcto, existe riesgo de atravesar la pared de vísceras abdominales y/o de producir el ahogamiento del animal debido a la perforación de un saco aéreo. Al ser un procedimiento doloroso que tiene riesgo de lesionar las vísceras ante cualquier movimiento del animal, requiere que el ave no esté consciente.
- **INTRATRAQUEAL:** administración de fármacos en situaciones en las que esté comprometida la vida del ave (epinefrina), lavados traqueales con soluciones salinas. Se administra mediante un catéter y el volumen máximo a administrar es de 2mL/kg
- **TÓPICA:** el enfoque conservador a la hora de preservar la salud de las plumas hace que no sea aconsejable el uso de formas medicamentosas semisólidas. Si se usan antiparasitarios piretroides en spray sobre el plumaje.
- **INHALATORIA:** Cuando un paciente requiere oxigenoterapia es menos estresante el uso de cámara, a las que se puede incorporar un humidificador que reduzca la pérdida de agua y facilite la eliminación de las secreciones, en vez de usar mascarar.

VI. OTRAS PARTICULARIDADES

VI.1. RECEPTORES OPIOIDES

Estos últimos años se han evaluado las diferencias que presentan las aves frente a los fármacos opioides. Los primeros estudios demostraron que las *aves necesitan dosis mayores de morfina que los mamíferos para lograr un efecto analgésico*. Esto se atribuyó en un primer momento a la mayor tasa metabólica que presentan estas especies justificando así una eliminación más rápida del fármaco. Esta teoría fue en parte desplazada al demostrarse que la administración de otro agonista opioide puro como el fentanilo lograba *superar la concentración mínima efectiva establecida en mamíferos, pero a pesar de ello, no producía efecto analgésico* en las cacatúas

utilizadas para ese estudio, sin que existieran diferencias con el grupo tratado con solución salina. Este hecho, unido al descubrimiento de que en *palomas predominan los receptores κ en vez de μ en el sistema nervioso central*, afianzaban la hipótesis de que existía una razón dinámica a la que posiblemente se le podía atribuir la menor eficacia de los opioides agonistas puros μ frente a fármacos opioides mixtos (agonistas κ -antagonistas μ). En los loros estos agonistas-antagonistas mixtos (butorfanol) eran más eficaces que un agonista parcial puro como la buprenorfina.

A pesar de que esta razón puede ser un punto importante en la diferente respuesta a este grupo de analgésicos en las aves, estos últimos años se ha podido demostrar que la buprenorfina sufre un aclaramiento mucho más rápido en loros que en los mamíferos estudiados, por lo que pueden existir diversos factores que pueden estar influyendo en esta respuesta.

VI.2. ESTERASAS

En muchas familias de aves existe un déficit de ciertas enzimas como la paraoxonasa/arilesterasa implicadas en el metabolismo de diversos compuestos entre ellos los organofosforados, grupo farmacológico utilizado clásicamente como endectocida aunque actualmente haya sido desplazado por otras moléculas. Esto hace que su sensibilidad al efecto tóxico de los mismos sea muy elevada en un gran número de especies aviares. Por ello, no se recomienda su uso como antiparasitario en muchas familias de aves. Incluso cuando se aplica vía tópica, pueden pasar a nivel sistémico en el acicalado del plumaje. Sin embargo, esta elevada sensibilidad, hace que las aves sean especies de referencia a la hora de establecer modelos experimentales en el desarrollo de nuevos fármacos

VII. PECULIARIDADES FISIOLÓGICAS QUE PUEDEN AFECTAR EL DIAGNOSTICO

VII.1 ÁCIDO URICO Y CREATININA

En la orina de las aves existe un *mayor predominio de ácido úrico frente a urea y de creatina frente a creatinina* si lo comparamos con mamíferos. A diferencia de los mamíferos, la creatinina tiene un escaso valor diagnóstico de la función renal, la conversión creatina a creatinina es reversible y excretan mayoritariamente creatina por orina. En cambio uno de los parámetros bioquímicos utilizados con fines diagnósticos suele ser el ácido úrico.

VII.2. GLUCOSA

Los rangos fisiológicos de glucemia en aves son muy elevados, es común encontrar valores de 200-400 mg/dL dependiendo del ave. En algunas especies el diagnóstico de diabetes se establece a partir de valores >700 mg/dL. En aves, parece que las *hormonas adrenocorticales y la prolactina* son más importantes a la hora de regular los niveles de glucosa que la insulina. La importancia que tiene la insulina en la regulación del metabolismo de los hidratos de carbono en aves todavía no está bien comprendida. Esta hormona se libera ante un amplio rango de estímulos, no sólo por los niveles de glucosa. La hiperglucemia en aves puede estar originada por estrés, de forma yatrogénica por corticosteroides (ejemplo de ello puede ser el uso inadecuado de pomadas con esteroides con que el ave ingiere en el acicalado). En el manejo de esta patología, además de las medidas de manejo dietético, se ha utilizado insulina pero los resultados son variables. La insulinasa elimina muy rápidamente del organismo de las aves, incluso las formulaciones de liberación lenta solo logran mantener unas horas los niveles de glucosa dentro del rango fisiológico. Hay una gran variabilidad en la dosis y la absorción. Uno de los tratamientos más efectivos es la glipizida, que permite la administración de una dosis o dos diarias por vía oral.

VII.3. PIGMENTOS BILIARES

El principal pigmento biliar en aves es la *biliverdina*, debido a que los niveles de *biliverdina reductasa* son muy bajos. Por lo que un signo clínico de enfermedad hepática es la presencia de *deposiciones verdosas*. Los niveles de bilirrubina fisiológicos son < 0.1 mg/dL. Por ello, las aves no suelen desarrollar ictericia como un signo clínico típico de una hepatopatía y en los hematomas predomina el color verde.

VII.4. HEMOGRAMA

Los HETERÓFILOS de la sangre de las aves son las células equivalentes a los neutrófilos de los mamíferos pero, a diferencia de los neutrófilos, originan un material purulento más denso de *aspecto caseoso* (debido al déficit de actividad enzimática proteolítica) que es recubierto por macrófagos y tejido fibroso para formar un *granuloma*. Por ello, su punción no origina el drenaje del mismo. Los ERITROCITOS son de menor tamaño con lo que consiguen una mejor relación superficie volumen, poseen núcleo y no han cambiado a una forma bicóncava como sucede en los mamíferos. Este hecho se ha relacionado con el momento evolutivo de esta clase, donde los niveles de oxígeno en la atmósfera de nuestro planeta eran más elevados, y con la mayor eficiencia respiratoria que poseen las aves. Las plaquetas son sustituidas por los TROMBOCITOS, que a diferencia de las humanas tienen núcleo, por lo que posiblemente sean capaces de sintetizar nuevas enzimas como las COX tras su inhibición y volver a sintetizar TXA₂.

BIBLIOGRAFÍA

- **Bailey RE. (1952).** The incubation patch of passerine birds. *The condor*, 54: 121-36.
- **Blair J. (2013).** Bumblefoot A Comparison of Clinical Presentation and Treatment of Pododermatitis in Rabbits, Rodents, and Birds. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, 16: 715–35.
- **Braun EJ. (1998).** Comparative renal function in reptiles, birds and mammals. *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, 7: 62-71.
- **Calder WA. (1968).** Respiratory and heart rates of birds at rest. *The Condor*, 70: 358-65.
- **Carpenter JW. (2006).** Pharmacotherapeutics in companion birds: an update and review. *Proceedings of XXXI World Small Animal Veterinary Congress WSAVA / XII European Congress FECAVA*. Praga, República Checa.
- **Claver JA. (2005).** El trombocito aviar. *InVet*, 7: 139-46.
- **Clench MH, Mathias JR. (1995).** The avian cecum: a review. *Wilson Bulletin*, 107: 93-121.
- **Cork SC. (2010).** Iron storage diseases in birds. *Journal Avian Pathology*, 29: 7-12.
- **Dorrestein GM, Van Miert AS. (1988).** Pharmacotherapeutic aspects of medication of birds. *Journal of veterinary Pharmacology and Therapeutics*, 11, 33–44.
- **Dumont ER. (2010).** Bone density and the lightweight skeletons of birds. *Proceedings of Royal Society B Biological Science*, 277: 2193-8.
- **Ford S. (2010).** Raptors gastroenterology. *Topics in Medicine and Surgery*, 19: 140-50.
- **García Montijano M, González F, Waxman S, Sánchez C, De Lucas JJ, San Andrés MI, Rodríguez C. (2003).** Pharmacokinetics of Marbofloxacin after oral administration to Eurasian Buzzards (*Buteobuteo*). *Journal of Avian Medicine and Surgery*, 17: 185-90.
- **García Montijano, M, Waxman S, De Lucas JJ, Luaces I, Zalba J, González F, San Andrés MI, Rodríguez C. (2006).** The Pharmacokinetic behaviour of marbofloxacin in Eurasian buzzards (*Buteobuteo*) after intraosseous administration. *The Veterinary Journal* 171: 551-5.
- **García Montijano M, Waxman S, Sánchez C, Quetglas J, San Andrés MI, González F, Rodríguez C. (2001).** The disposition of marbofloxacin in common buzzards (*Buteobuteo*) after intravenous administration. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, 24: 155-7.
- **Gil Cano F. (2016).** Anatomía Específica De Aves: Aspectos Funcionales Y Clínicos. <https://www.um.es/anatvet/interactividad/aaves/anatomia-aves-10.pdf>. (25 de septiembre de 2016).
- **Grubb BR. (1983).** Allometric relations of cardiovascular function in birds. *The American Journal of Physiology*, 245: H567-72.
- **Helmer P, Whiteside DP, Lewington JH. (2009).** Avian Anatomy and Physiology. En: *Clinical Anatomy and Physiology of Exotic Species: Structure and function of mammals, birds, reptiles, and amphibians*. Cap 6 Elsevier Ltd pp: 97-161.
- **Rosenthal KL. (2004).** Therapeutic Contraindications in Exotic Pets. *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, 13: 44-48.
- **Manual Merk (2016).** Management of Pet Birds. http://www.merckvetmanual.com/mvm/exotic_and_laboratory_animals/pet_birds/management_of_pet_birds.html (30 de marzo de 2016)
- **Mateo R, Castells G, Green AJ, Godoy C, Cristófol C. (2004).** Determination of porphyrins and biliverdin in bile and excreta of birds by a single liquid chromatography-ultraviolet detection analysis. *Journal of Chromatography B*, 810: 305-11.
- **McNab BK. (1966).** Body Temperature Of Birds. *The Condor*, 68: 47-55.
- **McNab BK. (2009).** Ecological factors affect the level and scaling of avian BMR. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A* 152: 22–45.

- **McWilliams SR, Whitman M. (2013).** Non-destructive techniques to assess body composition of birds: a review and validation study. *Journal of Ornithology*, 154: 597–618.
- **Metz A, Hendriks HG, Klaren PHM, Dorrestein GM, van Dijk, JE, Marx JJM. (2003).** Iron metabolism in mynah birds (*Gracula religiosa*) resembles human hereditary haemochromatosis. *Avian Pathology*, 32: 625-32.
- **Ritchison G. (2016).** Ornithology. <http://people.eku.edu/ritchison/ornithology.htm>. (16 de septiembre de 2016).
- **Peters T, Kubis HP, Wetzel P, Sender S, Asmussen G, Fons R, Jürgens KD. (1999).** Contraction parameters, myosin composition and metabolic enzymes of the skeletal muscles of the etruscan shrew *Suncus etruscus* and of the common European white-toothed shrew *Crocidurussula* (Insectivora: soricidae). *Journal of Experimental Biology*, 202: 2461-73.
- **Pollock C, Carpenter JW, Antinoff N. (2005).** Birds. En: Exotic Animal Formulary. Carpenter (Ed), 3ª Edición, Elsevier Saunders, St Louis, Missouri.
- **Sarabia J, Sánchez Barbudo I, Siqueira W, Mateo R, Rollán E, Pizarro M. (2008).** Lesions associated with the plexus venosus subcutaneous collaris of pigeons with chlorophacinonotoxicosis. *Avian Diseases*, 52: 540–3.
- **Schorger AW. (1960).** The Crushing of Cary a Nuts in the Gizzard of the Turkey. *The Auk*, 77: 337-40.
- **Soto Piñeiro CJ, Bert E. (2011).** Medicina de urgencia en aves ornamentales. *Revista electrónica de Veterinaria REDVET*, 12: 1695-7504.
- **Toutain PL, Bousquet Melou A. (2004).** Plasma Clearance. *Journal of veterinary Pharmacology and Therapeutics*, 27: 415–25.
- **Wissman MA. (2006).** Diabetes in Birds. ExoticPetVet.net www.exoticpetvet.net. (15 de septiembre de 2016).
- **Wyss M, Kaddurah Daouk R. (2000).** Creatine And Creatinine Metabolism. *Physiological Reviews*, 80: 1108-82.

