

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS
INSTITUTO DE FARMACOLOGÍA Y MORFOFISIOLOGÍA

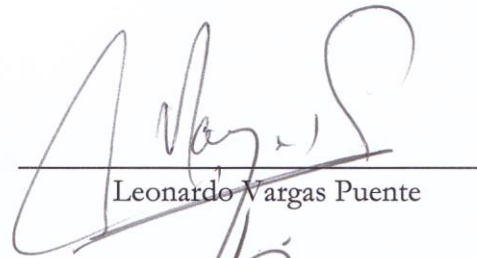
**EMBRIOLOGÍA, ANATOMÍA E HISTOLOGÍA DE LAS GLÁNDULAS ADRENALES
EN CANINO, BOVINO Y EQUINO. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Memoria de Título presentada como parte de
los requisitos para optar al TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO

JAVIERA ANDREA VIDELA PIUCOL
VALDIVIA – CHILE

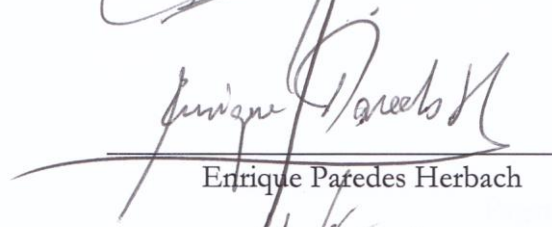
2017

PROFESOR PATROCINANTE

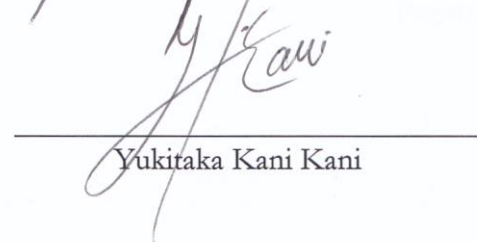


Leonardo Vargas Puente

PROFESORES INFORMANTES



Enrique Paredes Herbach



Yukitaka Kani Kani

FECHA DE APROBACIÓN: 25 de Agosto de 2017

ÍNDICE

Capítulos	Página
1. RESUMEN.....	1
2. SUMMARY.....	2
3. INTRODUCCIÓN.....	3
4. MATERIAL Y MÉTODOS.....	7
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	9
6. REFERENCIAS.....	22
7. ANEXOS.....	26

1. RESUMEN

El sistema endocrino cumple un rol fundamental en el control de mecanismos fisiológicos que permiten mantener el equilibrio homeostático del organismo. El conocimiento tanto de la estructura como la función de los órganos que componen este sistema ha incrementado en las últimas décadas, haciéndose necesario conocer en detalle su desarrollo, estructura y funcionamiento. Dentro de los órganos que componen el sistema endocrino, se encuentran las glándulas adrenales, órganos que se desarrollan bilateralmente, ubicándose cada una en posición craneomedial a los riñones, sin tener relación funcional con éstos. Cada glándula adrenal consta de dos órganos endocrinos diferentes, una corteza y una médula. La corteza tiene como función producir glucocorticoides (cortisol y corticosterona), mineralocorticoides (aldosterona) y en menor medida la producción de hormonas sexuales; mientras que la médula tiene como función principal la producción de catecolaminas (adrenalina y noradrenalina).

El objetivo de este trabajo fue realizar una compilación de los antecedentes acerca de la embriología, anatomía e histología de las glándulas adrenales en las especies bovina (*Bos taurus*), canina (*Canis lupus familiaris*) y equina (*Equus caballus*).

Las glándulas adrenales en los animales domésticos se desarrollan a partir de dos tejidos embriológicos diferentes, que durante el desarrollo embrionario se fusionan, formando una sola estructura anatómica. La corteza adrenal empieza su desarrollo hacia el final del período embrionario, a partir del mesodermo intermedio y ocupando una posición externa, mientras que la médula se desarrolla posteriormente a partir de células de la cresta neural derivada del ectodermo, ocupando una posición central, constituyendo así una glándula adrenal con una médula interna y una corteza externa.

Anatómicamente se aprecian diferencias en el tamaño y forma de las glándulas entre las especies estudiadas, además se observa una diferencia de tamaño entre las diferentes razas que componen la especie canina. Sin observar diferencias funcionales entre la glándula adrenal izquierda y derecha.

Histológicamente existe una disposición diferenciada de las células de la zona glomerular, siendo en forma de arcos en la especie canina y equina y en forma de racimos irregulares en la especie bovina. A pesar de la diferencia estructural, la función en la producción hormonal se mantiene para las tres especies estudiadas.

Palabras clave: glándulas adrenales, anatomía, histología, embriología.

2. SUMMARY

EMBRYOLOGY, ANATOMY AND HISTOLOGY OF ADRENAL GLANDS IN CANINE, BOVINE AND EQUINE. A REVIEW

The endocrine system plays a key role in the control of physiological mechanisms that maintain the homeostatic balance of the organism. The knowledge of the structure and function of the organs that make up this system has increased in the last decades, making it necessary to know in detail its development, structure and functioning. Within the organs that make up the endocrine system, there are the adrenal glands, organs that develop bilaterally, each of which is located in the craneomedial position of the kidneys, with no functional relationship to them. Each adrenal gland consists of two different endocrine organs, one cortex and one medulla. The cortex has the function of producing glucocorticoids (cortisol and corticosterone), mineralocorticoids (aldosterone) and to a lesser extent the production of sex hormones; While the main function of the medulla is the production of catecholamines (adrenaline and noradrenaline).

The aim of this study was to compile the bibliography of embryology, anatomy and histology of the adrenal glands of bovine (*Bos Taurus*), canine (*Canis lupus familiaris*) and equine (*Equus caballus*) species.

The adrenal glands of domestic animals are developed from two different embryological tissues, which during embryonic development are fused into a single anatomical structure. The adrenal cortex begins its development towards the end of the embryonic period, developing from the intermediate mesoderm and occupying an external position; whereas the medulla develops from cells of the neural crest derived from the ectoderm, occupying a central position, developing an adrenal gland with an inner medulla and an outer cortex.

Anatomically differences in the size and shape of the glands between the species studied can be observed, in addition a size difference between the different races that compose the canine species is observed. Functional differences between the left and right adrenal glands are not observed.

Histologically there is a differentiated arrangement of cells of the glomerular zone, being in the form of arches in the canine and equine species and in the form of irregular clusters in the bovine species. In spite of the structural difference, the function in the hormonal production is maintained for the three species studied.

Key words: adrenal glands, anatomy, histology, embryology.

3. INTRODUCCIÓN

El sistema endocrino forma parte del sistema regulador del cuerpo y actúa en conjunto con otro mecanismo regulador, el sistema nervioso (Aspinall y Capello 2015). Ambos sistemas gobiernan los niveles de actividad dentro del organismo y son responsables de coordinar diversos procesos en respuesta a las necesidades fisiológicas de cada individuo (Kardong 2009).

Este sistema juega un papel importante en el mantenimiento de la homeostasis del cuerpo, asegurando una mínima variabilidad del ambiente interno del organismo (Hullinger y Andrisani 2006). Las glándulas endocrinas son tan variadas como los tejidos diana que controlan. Ellas regulan los procesos de reproducción, metabolismo, osmoregulación, desarrollo embrionario, crecimiento, metamorfosis y digestión (Kardong 2009).

Las glándulas endocrinas incluyen la hipófisis, glándula pineal, glándula tiroidea, glándulas paratiroides, páncreas, glándulas adrenales, ovarios y testículos. En algunos de estos órganos, el tejido glandular endocrino representa sólo una parte del parénquima, dado que además de la síntesis hormonal, estos órganos cumplen otras funciones (Geneser 2001).

En mamíferos, las glándulas adrenales pueden ser embriológica, morfológica y funcionalmente separables en dos órganos distintos: corteza adrenal y médula adrenal (Dickson 1993). La principal función de la corteza adrenal es producir hormonas esteroideas como el cortisol, corticoesterona, esteroides sexuales y aldosterona, mientras que la médula adrenal produce aminas, como la adrenalina y la noradrenalina (Greco y Stabenfeldt 2014).

La secreción de la corteza adrenal es indispensable para regular el equilibrio mineral a través de la función renal, siendo esencial para el mantenimiento de la vida. Tanto la médula como la corteza, a través de sus secreciones influyen marcadamente en la respuesta del organismo frente al estrés agudo o crónico (Hullinger y Andrisani 2006).

Tanto la corteza como la médula adrenal son importantes para la adaptación y respuesta frente al estrés y en la mantención de la homeostasis. Cuando los animales se encuentran sometidos a un estrés prolongado, las glándulas adrenales pueden aumentar de tamaño. Sin embargo, en situaciones extremas la capacidad de respuesta puede perderse, resultando en un agotamiento de las glándulas (Akers y Denbow 2008).

En el hombre, la relación topográfica de la glándula adrenal en la posición de pie, llevó al uso del término "glándula suprarrenal" para los seres humanos y otros primates. La sexta edición de *Nomina Anatomica Veterinaria* contiene el término glándula adrenal para los animales domésticos (Schaller 1992).

3.1 GENERALIDADES DEL SISTEMA ENDOCRINO EN MAMÍFEROS

El sistema endocrino difiere de otros sistemas corporales en que los órganos que lo componen no se encuentran en continuidad directa, están ubicados en todo el cuerpo, separados entre sí. La función principal que comparten todos los componentes del sistema es la síntesis de hormonas. Los diversos órganos que componen este sistema se encuentran ligados funcionalmente por el sistema circulatorio: vasos sanguíneos, vasos linfáticos y fluidos tisulares (Hullinger y Andrisani 2006).

Este sistema ha evolucionado para permitir la coordinación y regulación de los procesos fisiológicos a través de las hormonas, las cuales tradicionalmente se han definido como productos químicos sintetizados en órganos endocrinos específicos, transportados por el sistema vascular y capaces de actuar a bajas concentraciones sobre órganos diana distantes (Greco y Stabenfeldt 2014).

Los componentes del sistema endocrino se clasifican según su actividad funcional principal (Anexo 1). Los órganos endocrinos primarios son la hipófisis, glándula tiroidea, glándula paratiroidea, glándula pineal y glándulas adrenales; su función exclusiva es la producción de hormonas. Otros órganos como los testículos, ovarios y páncreas además de tener funciones endocrinas, cumplen un rol exocrino importante (Hullinger y Andrisani 2006).

La secreción de una hormona ocurre en respuesta a un estímulo específico. Este estímulo puede ser: impulsos nerviosos, presencia de hormonas estimulantes o liberadoras, ciertos niveles de productos químicos en la sangre y activación de los sistemas de retroalimentación los cuales evitan la secreción excesiva o reducen una secreción una vez que se logran los efectos deseados (Aspinall y Capello 2015).

Químicamente, las hormonas derivan de las principales moléculas biológicas, es decir, pueden ser proteínas (incluyendo glicoproteínas), péptidos o derivados peptídicos, análogos de aminoácidos, derivados de colesterol o lípidos (Rijnberk y Mol 2010).

Los órganos endocrinos varían en estructura y función entre especies y sus características morfológicas varían considerablemente entre razas y entre individuos, dependiendo de la edad, nutrición, medio ambiente y estado de salud. Las características morfológicas pueden cambiar rápidamente en respuesta a variaciones en la actividad fisiológica normal. (Hullinger y Andrisani 2006).

La regulación hormonal se realiza en base a aumentar o disminuir los factores de secreción, por lo tanto se modula a través de señales que actúan sobre el tejido endocrino (Randall y col 1998). Los niveles de secreción de una hormona son regulados por la secreción de otro producto, con frecuencia otra hormona secretada por el órgano diana de la primera hormona, que actúan mediante un mecanismo de retroalimentación cerrada (Chastain 1999).

La retroalimentación negativa, es la forma más común de regulación en donde una hormona o sustancia A estimula la secreción de la hormona B y B inhibe la secreción de A. La retroalimentación positiva ocurre solamente en el eje hipotálamo - hipófisis – ovárico, donde el estrógeno secretado por el ovario, estimula la secreción de hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) en el hipotálamo, la cual estimula la liberación de hormona leutinizante (LH) en la hipófisis y la LH estimula mayor liberación de estrógeno en el ovario (Chastain 1999, Greco y Stabenfeldt 2014).

Las glándulas endocrinas son particularmente propensas a la atrofia o a la proliferación (hiperplasia o neoplasia). Tales alteraciones del crecimiento son a menudo la base de la disfunción endocrina (Miller 2016).

La disfunción endocrina puede resultar en deficiente producción hormonal, excesiva producción hormonal, síntesis hormonal defectuosa, resistencia a la acción de la hormona y anormalidades en el transporte hormonal (Rijinberk y Mol 2010).

3.2 FILOGÉNESIS DE LAS GLÁNDULAS ADRENALES

En ciclostomos y teleósteos adultos, el tejido adrenocortical permanece separado de los cuerpos cromafínicos. En los ciclostomos, el tejido adrenocortical se encuentra disperso a lo largo de las venas cardinales posteriores, próximo al pronefros; en tanto que las células cromafines residen en grupos cercanos, pero no se encuentran en contacto con el tejido adrenocortical. En los teleósteos, el tejido adrenocortical se encuentra ubicado dentro del pronefros, en forma de racimos dispersos o en franjas de tejido alrededor de las venas cardinales posteriores. En teleósteos, las adrenales muestran una variación considerable en la anatomía del tejido cromafín. Usualmente asociadas con el riñón anterior, dentro de los vestigios del pronefros, las células cromafines pueden estar mezcladas entre el tejido adrenocortical y también pueden formar grupos que están completamente separados, o ambos (Kent y Carr 2001, Kardong 2009).

En algunas especies de lampreas y elasmobranquios el tejido adrenocortical se encuentra en forma de racimos a lo largo de la vena postcardinal, mientras que en otras especies se ubican a lo largo del borde de los riñones, aunque el tejido cromafín aún se encuentra separado, este consiste en acúmulos de células que se encuentran ubicadas entre los riñones y también anteriores a éstos (Kent y Carr 2001, Kardong 2009).

En los anfibios, los tejidos adrenocorticales y cromafínicos se mezclan o residen cercanos entre sí formando hileras de tejido adrenal, sobre o cerca de los riñones. Los dos tejidos también se mezclan en reptiles y aves, aunque las glándulas adrenales tienden a ser estructuras distintas que se encuentran ubicadas en los riñones o cerca de ellos (Kardong 2009).

En reptiles, por primera vez filogenéticamente, el tejido adrenocortical recibe su propio suministro de sangre arterial y venosa, y deja de depender del riñón y del sistema portal renal para la distribución de sus productos secretores. En los mamíferos, por primera vez, los tejidos adrenocorticales y cromafines forman una corteza (del tejido adrenocortical) y una médula (del tejido cromafín) para crear la glándula adrenal compuesta (Kardong 2009).

A pesar de las variaciones en la estructura que existen entre los distintos grupos taxonómicos, en los vertebrados, las funciones de las hormonas secretadas por las glándulas adrenales están bien conservadas, a excepción de la aldosterona, la cual es secretada en mamíferos, aves y reptiles, mientras que en peces no se producen cantidades detectables de esta hormona; en su lugar el cortisol cumple las funciones en la regulación hídrica y mantención del equilibrio iónico (Moyes y Schulte 2007).

3.3 OBJETIVOS

3.3.1 Objetivo General

Recopilar los antecedentes necesarios para realizar una descripción de la embriología, anatomía e histología de las glándulas adrenales en las especies canina, bovina y equina, mediante una revisión bibliográfica.

3.3.2 Objetivos específicos

- Obtener, seleccionar, clasificar y analizar la información concerniente a la anatomía, histología y embriología de glándulas adrenales en las especies canina, bovina y equina.
- Identificar los aspectos relevantes conocidos acerca de la anatomía, histología y embriología de glándulas adrenales en las especies canina, bovina y equina.
- Revisar los aspectos descriptivos macroscópicos de la anatomía de las glándulas adrenales en las especies canina, bovina y equina.
- Revisar la bibliografía referente a la histología de las glándulas adrenales para precisar su estructura microscópica y las diferencias que se pueden observar entre las especies canina, bovina y equina.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 MATERIAL

Para la realización de esta revisión bibliográfica, se utilizaron las publicaciones científicas disponibles hasta la fecha, las cuales han sido publicadas en las bases de datos seleccionadas para la realización de esta investigación. Además se incluyó material obtenido desde libros especializados, resúmenes de congresos, seminarios así como Memorias de Título y Tesis de Grado.

Se utilizó el portal Web Proxy SiBUACH y las bases de datos de donde se obtuvieron los textos completos: ISI Web of Science, Medline, EBSCOhost y Science Direct. De manera complementaria se utilizó el buscador de internet: Google académico.

Además se procedió a la búsqueda de información en revistas científicas y a través de la página web de IVIS (International Veterinary Information Service).

4.1.1 Criterios de búsqueda

Para la obtención de los artículos relacionados con la temática en las bases de datos, se utilizaron los siguientes términos de búsqueda en español e inglés, además de los operadores booleanos AND/OR:

- Glándulas adrenales / Adrenal Glands.
- Histología / Histology.
- Embriología / Embryology.
- Anatomía / Anatomy.
- Sistema endocrino / Endocrine system.
- Endocrinología / Endocrinology.
- Desarrollo embrionario / Embryological development.
- Canino / Canine
- Bovino / Bovine
- Equino / Equine

4.2 MÉTODOS

Esta investigación está basada en un formato de Memoria de Título teórica, en la que se recopiló material bibliográfico proveniente de publicaciones y textos científicos, empleando el método descriptivo para la confección de una revisión bibliográfica de diseño no experimental.

La metodología utilizada para la búsqueda de material bibliográfico se llevó a cabo a través de la lectura de las publicaciones referentes a la anatomía, histología y embriología de glándulas adrenales en animales domésticos, publicados en las bases de datos y libros seleccionados. Se realizó una recopilación de información y finalmente la selección del material que se incluyó en esta revisión bibliográfica.

El total de artículos científicos obtenidos en la búsqueda fueron procesados con el software EndNote X8® (Thomson Reuters), con el cual se ordenaron y eliminaron los artículos duplicados de cada artículo, para posteriormente proceder a la selección.

El material bibliográfico fue seleccionado de acuerdo a su relación con los objetivos planteados para este trabajo, estableciendo como criterio de inclusión el estudio embriológico, anatómico e histológico de las glándulas adrenales en las especies canina, bovina y equina. Debido al escaso material disponible, la fecha de publicación no fue considerada como criterio de exclusión.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 RESULTADOS DE BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA

La búsqueda bibliográfica en las bases de datos referenciales se basó en glándulas adrenales de caninos, bovinos y equinos, referente a su embriología, anatomía e histología, utilizando las palabras claves que proporcionaron la siguiente cantidad de artículos para cada base de datos.

Cuadro 1: Cantidad de artículos científicos proporcionados por cada base de datos referenciales.

Base de datos referenciales	Número de artículos
Web of Science Core Collection (ISI Web of Science)	3021
Medline (PubMed)	4176
Science Direct	1252
EBSCOhost	1444

Cuadro 2: Clasificación de las referencias obtenidas según tema de interés (canino, bovino y equino).

Temática	Referencias
Glándulas adrenales	1032
Embriología de glándulas adrenales	28
Anatomía de glándulas adrenales	728
Histología de glándulas adrenales	509

Tras realizar la revisión de artículos científicos en las bases de datos (Cuadro 1) y clasificar el material obtenido según las especies de interés para esta revisión (Cuadro2). Se seleccionaron 12 artículos de todo el material disponible, ya que el resto de material no coincidía plenamente con los criterios de inclusión utilizados para este trabajo. La gran cantidad de artículos encontrados están referidos a la especie humana, basados específicamente en estudios acerca de las patologías que afectan a las glándulas adrenales asociados principalmente a la especie canina y a estudios imagenológicos.

Simultáneamente se recopiló material científico con la herramienta Google Scholar como también de la biblioteca de la Universidad Austral de Chile, Biblioteca Virtual de SIBUACH, en los

archivos pertenecientes a la Unidad de Anatomía Veterinaria del Instituto de Farmacología y Morfofisiología de la Universidad Austral de Chile, así como también de archivos personales de profesores UACH vinculados a la temática. Además se utilizó la página web IVIS (International Veterinary Information Service) y una búsqueda en revistas científicas alusivas al tema.

5.2 EMBRIOLOGÍA DE GLÁNDULAS ADRENALES

La blastulación da lugar a la formación del macizo celular interno, el trofotodermo, el epiblasto y el hipoblasto. El hipoblasto y el trofotodermo son linajes celulares extraembrionarios que participarán en la formación de la membrana fetal, mientras que en los derivados del epiblasto se encontrarán todos los linajes celulares embrionarios. Inicialmente, esto ocurre a través de la formación de tres capas germinales somáticas del epiblasto: ectodermo, mesodermo y endodermo (Hyttel y col 2009).

El mesodermo se divide en mesodermo paraxial, intermedio y lateral. El mesodermo paraxial forma somitómeros que posteriormente forman los somitos. Del mesodermo intermedio deriva el sistema urogenital y corteza adrenal. El mesodermo lateral se divide en hojas somática y visceral, formando así el celoma intra embrionario (Hyttel y col 2009).

Durante la neurulación primaria, la placa neural se forma en la porción anterior del epiblasto. Posteriormente, los pliegues neurales definen el surco neural y el tubo neural. A medida que los pliegues neurales se elevan, las células de la cresta neural experimentan una transición epitelio-mesenquimal, cuando dejan el neuroectodermo para entrar en el mesodermo subyacente, mediante migración activa. La cresta neural se considera desde este momento como una población pluripotencial de células madre que hace contribuciones vitales a una amplia gama de órganos, tanto neuronal como no neuronal. Las células de la cresta neural migran a lugares periféricos en todo el cuerpo, diferenciándose en muchos tipos de células, como neuronas, células gliales del sistema nervioso periférico, melanocitos y células medulares en la glándula adrenal (Hyttel y col 2009).

Las glándulas adrenales en los mamíferos se desarrollan a partir de dos tejidos embrionarios distintos: la cresta neural del ectodermo y el mesodermo intermedio. Ambos componentes presentan diferentes características histológicas, y fisiológicas. Esta glándula está compuesta de dos órganos endocrinos unidos, que durante el desarrollo embrionario se fusionan, formando una única estructura anatómica. El tejido derivado de la cresta neural ocupa una posición central, rodeado por el tejido derivado del mesodermo intermedio. Así, la glándula adrenal queda constituida por una médula interna y una corteza externa (McGeady y col 2006).

El tejido cortical de la glándula adrenal en mamíferos, se forma hacia el final del período embrionario. Las células mesoteliales que se encuentran entre la raíz del mesenterio y la gónada en desarrollo, empiezan a proliferar penetrando el mesénquima, localizándose a lo largo del borde

ventromedial del mesonefros, organizándose en estructuras similares a cuerdas (McGeady y col 2006, Sadler 2012).

Una vez realizada la proliferación, las células se diferencian en órganos acidófilos grandes, que forman la corteza fetal o primitiva. Poco después, una segunda onda de células del mesotelio penetra en el mesénquima y rodea la masa de células acidófilas original, estas células más pequeñas posteriormente formarán la corteza definitiva de la glándula (Sadler 2012).

Durante el desarrollo embrionario, la corteza fetal sintetiza niveles más altos de hormonas esteroideas que los que produce la corteza adrenal definitiva. El funcionamiento de la corteza fetal va a depender de la secreción de la hormona adrenocorticotrófica (ACTH) realizada por la hipófisis fetal. Las hormonas secretadas por la corteza fetal cumplen un rol en la maduración de pulmones, hígado y de las células epiteliales del tracto digestivo. En algunos mamíferos, el inicio del parto se correlaciona con el aumento de los niveles de la hormona cortical fetal, el cortisol (McGeady y col 2006).

A medida que se forma la corteza fetal, las células derivadas de la cresta neural, invaden la cara medial de la corteza, disponiéndose en forma de cordones y racimos. Estas células dan origen a la médula de la glándula adrenal (Sadler 2012). Luego de disponerse en forma de racimos o cordones, las células adquieren su característica de células cromafines, pudiéndose detectar la presencia de catecolaminas en sus citoplasmas (Hib 1994). Tras el nacimiento, la corteza fetal involuciona rápidamente, excepto su capa más externa, la cual se transforma en la zona reticular (Sadler 2012).

La médula adrenal es en muchos aspectos similar a un ganglio simpático, y se desarrolla por un proceso similar al de los ganglios del tronco simpático. Numerosas células ganglionares se pueden ver en la médula en el nacimiento, pero su número disminuye con la edad. Esta migración de células ectodérmicas de la cresta neural no se completa hasta después del nacimiento y a menudo, incluso en individuos adultos, se pueden encontrar islotes de tejido medular dentro del parénquima cortical al interior de la cápsula o como estructuras satélites de las glándulas adrenales (Evans y de Lahunta 2013).

La cápsula adrenal (*capsula adrenalis*) se desarrolla como una condensación del mesénquima en la periferia de la corteza. La porción externa, *pars fibrosa*, se convierte en un estroma fibroso de soporte. La porción interna de la cápsula en recién nacidos y en individuos jóvenes permanece bastante celular y durante ese período se denomina la *parscellulosa*. Hasta el desarrollo de la zona cortical externa, esta capa celular interna de la cápsula adrenal puede servir como población de células madre para la generación de parénquima cortical suprarrenal adicional (Evans y de Lahunta 2013).

En una investigación realizada por Wrobel y Suss (1999) en 46 embriones bovinos, se determinó que alrededor del día 30 el mesodermo intermedio se posiciona entre el mesonefro craneal y la

cavidad celómica, organizándose segmentalmente. Al día 35 las primeras células precursoras adrenomedulares se hacen visibles, al igual que los primeros haces de nervios autónomos. Al día 50, ambos componentes (medular y cortical) se encuentran presentes en forma de placas interpenetrantes entre vasos sinusoidales grandes observándose una alta tasa de proliferación. Alrededor del día 60, la proliferación celular disminuye y se empieza a observar una separación visible entre la corteza y la médula. Desde el día 80, el tejido medular coalesce en un área grande y continua en el interior de la glándula. A partir del día 130, los fascículos nerviosos alcanzan el interior del órgano, en la zona medular más externa, los haces constituyen un plexo denso, mientras que en la parte central se observa una inervación menos densa.

Francioli y col (2011) observaron en 2 embriones de 21 y 38 días las glándulas adrenales, sin poder diferenciar las porciones de la médula y la corteza. Entre el día 61 y 100 de gestación la corteza adrenal se organiza en dos regiones, la zona glomerular y la zona fascicular, las cuales crecen de forma constante hasta el día 300 de gestación. A partir del día 200 de gestación se observa una banda compacta de células que marcan el borde corticomedular, estas células dan lugar a la zona reticular una vez que el animal nace (Webb y Steven 1981). Fowden y Silver (1995) describen un aumento en el peso de las glándulas adrenales hacia el final de la gestación, llegando a duplicar su peso en el último 5% de la gestación, debido a un crecimiento exponencial en la corteza adrenal, principalmente en la zona fascicular.

5.3 ANATOMÍA DE GLÁNDULAS ADRENALES

5.3.1 Estructura de glándulas adrenales

Las glándulas adrenales se desarrollan bilateralmente localizándose craneomedialmente a los riñones, sin tener ninguna relación funcional con ellos. Cada glándula contiene dos órganos endocrinos diferentes, la corteza de coloración cremosa o amarillenta y la médula de color rojo oscuro (Venzke 1982, König y Liebich 2004).

La cápsula fibrosa se adhiere íntimamente a la superficie externa de la glándula. Contiene fibras elásticas y en su parte profunda, fibras musculares lisas. Desde la cápsula desprenden trabéculas, las cuales se dirigen radialmente por el interior del parénquima (Venzke 1982).

La glándula consta de una porción medular y otra cortical. La corteza constituye la parte periférica y representa la mayor parte de la glándula. La médula, está completamente rodeada por la corteza (Butendieck y Vargas 2006).

Al observar su superficie de corte es posible reconocer una vena central. La superficie ventral del órgano muestra un surco en los que se localizan el tronco común de la vena frénica caudal y la vena abdominal craneal (König y Liebich 2004).

Hullinger (1978) describe en caninos adultos, la presencia de nódulos corticales, los cuales se encuentran asociados al tejido adiposo periadrenal y están compuestos solo por células de la zona glomerular. Jelinek y Konecny (2010) describen en bovinos, la presencia de pequeños nódulos, de coloración amarillo claro, ubicados principalmente en la cápsula y son esporádicamente visibles en la superficie de corte de las glándulas adrenales. Mientras que Ahmadpanahi (2007), describe la presencia de nódulos adrenales accesorios en equinos, como nódulos redondos u ovalados, ubicados cerca de los riñones o en estrecho contacto con las glándulas adrenales, rodeados de una cápsula de tejido denso conectivo; Prasad y Sinha (1980) describen para estos nódulos la presencia de células de la zona glomerular y fascicular sin encontrar en ellos tejido medular.

5.3.2 Irrigación, inervación y drenaje linfático de glándulas adrenales

Las glándulas adrenales son generosamente vascularizadas por pequeñas ramas de varios troncos vecinos, dentro de los cuales se incluyen ramas de la arteria frénicoabdominal, lumbar, renal, aorta abdominal y mesentérica craneal (Figura 1). Estas proporcionan entre 20 a 30 arteriolas, las cuales se aproximan a la glándula desde todas las superficies, entrando por la porción fibrosa de la cápsula para luego realizar anastomosis y formar una red, *rete arteriosum capsulare* (Dyce y col 2010, Evans y de Lahunta 2013).

Después de perfundir la glándula, la sangre se acumula dentro de una vena central desde la cual los vasos emisarios desembocan inmediatamente en la vena cava caudal para la adrenal derecha y en la vena renal para la adrenal izquierda (Butendieck y Vargas 2006).

En la corteza se pueden observar finos nervios, los cuales someten este tejido al control hipotalámico. Los haces nerviosos se pueden observar con mayor facilidad en la médula, siendo éstos predominantemente fibras preganglionares simpáticas que pasan a las células medulares, las cuales pueden ser consideradas como equivalentes a las neuronas postganglionares simpáticas en otras partes (Dyce y col 2010).

En las especies canina, bovina y equina los vasos linfáticos se encuentran presentes tanto en la cápsula como en la médula y dejan la glándula junto con la vena adrenal, para drenar en los nódulos linfáticos renales (Venzke 1982).

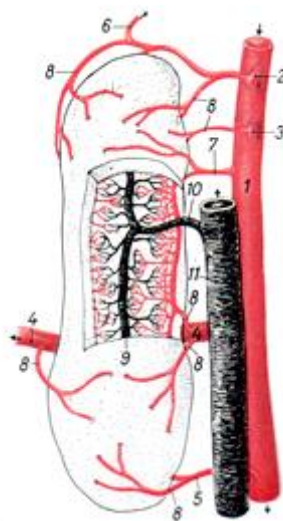


Figura 1. Esquema de la irrigación de la adrenal derecha. (1) Aorta abdominal. (2) Arteria celiaca. (3) Arteria mesentérica craneal. (4) Arteria renal. (5) Arteria lumbar. (6) Arteria frénica caudal. (7) Arteria adrenal. (8) Ramas adrenales. (9) Vena central (10) Vena adrenal. (11) Vena cava caudal Imagen tomada Nickel y col Tomo IV *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere*.

5.3.3 Descripción anatómica en diferentes especies

Canino

La glándula adrenal izquierda es la más grande de ambas, se encuentra ubicada medial al polo craneal del riñón izquierdo y a lo largo de la aorta, entre las raíces de la arteria renal izquierda y la arteria mesentérica craneal (Anexo2), ventral al proceso transversal de la segunda vértebra lumbar. Su superficie ventral se encuentra relacionada con el lóbulo izquierdo del páncreas. Es bilobulada, con una constricción central, donde se encuentra el vaso frénico abdominal. Su porción craneal es algo aplanada dorsoventralmente y ovalada en contorno, y su proyección caudal es cilíndrica (Evans y de Lahunta 2013).

La glándula adrenal derecha está ubicada entre la superficie medial del extremo craneal del riñón derecho (Figura 2), posee una curva angular aguda con su corteza proyectada cranealmente; posicionado cerca del riñón, su segmento más largo se proyecta caudalmente a lo largo de la vena cava caudal, y el segmento más corto se proyecta hacia el polo craneal del riñón derecho, adoptando forma de cuña (Evans y de Lahunta 2013). Se observa un surco producido por la vena frénicoabdominal, la cual se sitúa oblicuamente a través de la glándula (Venzke 1982).

Tras realizar mediciones ecográficas en 193 perros, Douglas y col (1997) reportaron un rango de longitud de 10,7 a 50,2 mm para la glándula adrenal izquierda y un rango de 10 a 39,3 mm para la glándula adrenal derecha; y un ancho en el polo caudal de 1,9 a 12,4 mm para la glándula adrenal izquierda y de 3,1 a 12,4 mm para la derecha. Emparanza (2009) reporta un rango de longitud de

11,7 a 40,1 mm para la glándula adrenal derecha y de 11,9 a 39,7 mm para glándula izquierda. Grooters y col (1995) tras realizar mediciones ecográficas y posteriormente necropsias, reportaron un rango de 17 a 26 mm en la ecografía y un rango de 19 a 30 mm tras la necropsia para la glándula adrenal izquierda; y un rango de 13 a 26 mm en la ecografía y un rango de 21 a 28 mm tras la necropsia para la glándula adrenal derecha; y un ancho en el polo caudal de 2 a 9 mm en la ecografía y de 6 a 10 mm tras la necropsia para la glándula adrenal izquierda y de 3 a 7 mm en la ecografía y 4 a 9 mm tras la necropsia para el polo caudal de la glándula adrenal derecha.

Bovino

La glándula adrenal derecha tiene la forma de una pirámide irregularmente triangular, la cara medial, triangular y aplanada se relaciona con la vena cava caudal. Su borde dorsal puede estar en contacto con el pilar derecho del diafragma. La cara lateral, triangular y cóncava, está en relación con el riñón, en tanto que la cara ventral se relaciona con el lóbulo derecho del páncreas. La glándula mide aproximadamente 6 cm de longitud, 4 cm de ancho y 3 cm de espesor (Butendieck y Vargas 2006). La glándula adrenal derecha es más liviana que la izquierda, observándose un peso promedio de 12 a 13 g en el ganado adulto (Venzke 1982).

La glándula adrenal izquierda está ubicada aproximadamente 5 a 8 cm craneal al riñón izquierdo, su cara lateral ligeramente convexa, se encuentra relacionada con el rumen y su cara ventral se encuentra fijada a la vena renal izquierda. Es de forma triangular, aplanada, presentando una profunda escotadura en su borde caudal. En el ganado adulto, la glándula pesa aproximadamente 14,5 g, tiene 7 cm de longitud, 5 cm de ancho y 2 cm de espesor (Venzke 1982, Butendieck y Vargas 2006).

Equino

Las glándulas adrenales en los equinos son alargadas e irregulares, se relacionan craneomedialmente al tejido adiposo de los polos craneales de los riñones. Cada una de ellas consiste en una corteza amarilla brillante y una médula de color roja parduzca. La glándula adrenal derecha normalmente se encuentra situada 1 a 4 centímetros más craneal que la glándula izquierda (Venzke 1982, Dyce y col 2012).

La glándula adrenal derecha se sitúa en la parte medial de la vena cava caudal, entre la vena cava y el músculo psoas. La porción craneal de la glándula se curva dorsalmente alrededor del polo craneal del riñón derecho y se oculta en la impresión renal del hígado. Su porción caudal se encuentra relacionada con el uréter derecho, ventralmente con el páncreas y la cabeza del ciego y dorsalmente con la vena y arteria renal derecha. En animales adultos mide aproximadamente 7,5 cm de longitud, 3 cm de ancho y 1,5 cm de grosor (Venzke 1982).

El polo caudal de la glándula adrenal izquierda es más ancho que su polo craneal, su borde medial se encuentra en contacto con la arteria mesentérica craneal. La superficie dorsal está relacionada

con la arteria renal izquierda, aorta y el riñón izquierdo; la superficie ventral con el mesenterio y el páncreas y su polo caudal suele curvarse medialmente y está relacionado con la vena renal izquierda. Mide aproximadamente 8 cm de longitud, 3,5 cm de ancho y 1 cm de espesor (Venzke 1982).

5.4 HISTOLOGÍA DE GLÁNDULAS ADRENALES

Una cápsula de tejido conectivo irregular de colágeno denso rodea la corteza y una envoltura de tejido conectivo separa la corteza de la médula. El estroma es escaso tanto en la corteza como en la médula, con trabéculas que se extienden desde la cápsula hasta la médula, las cuales llevan arteriolas y axones simpáticos preganglionares (Hullinger y Andrisani 2006).

El suministro de sangre proviene de un plexo arteriolar en la cápsula que irriga a los sinusoides fenestrados de la corteza y a las arteriolas que pasan directamente a la médula. Estas se funden en la médula, formando sinusoides medulares, senos venosos y finalmente la vena medular (Figura 2) (Hullinger y Andrisani 2006).

Los vasos linfáticos, se encuentran sólo en la cápsula, las trabéculas y el tejido conectivo perivascular. La distribución nerviosa consiste en fibras nerviosas simpáticas preganglionares que realizan sinapsis con células medulares (Dellmann 1993).

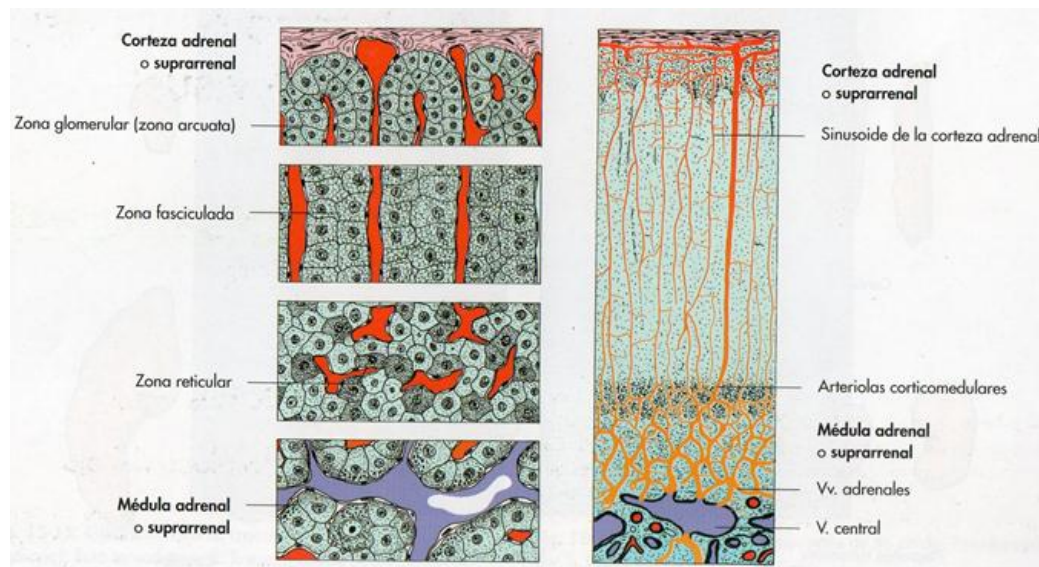


Figura 2. Representación esquemática de la zona de las glándulas adrenales y su vascularización. Imagen tomada de Liebich, *Funktionelle Histologie der Haustiere und Vögel*.

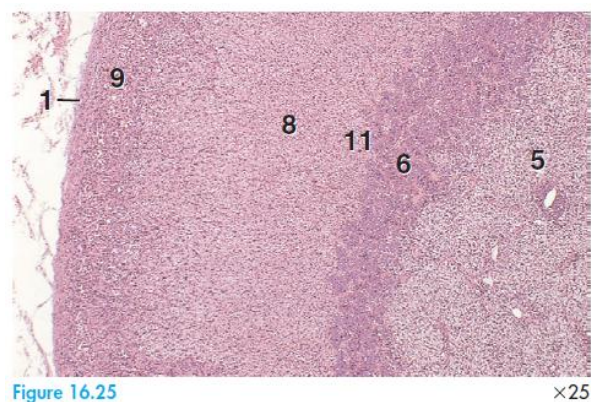


Figura 3. Glándula adrenal bovino, porciones de la corteza y médula. (1) Cápsula (5) Médula, región interna (6) Médula región externa (8) Zona fascicular (9) Zona glomerular (11) Zona reticular. Imagen tomada de Bacha y Bacha, *Color Atlas of Veterinary Histology*.

5.4.1 Corteza adrenal

La corteza adrenal está conformada por células secretoras poliédricas, las cuales se organizan en cordones, que por lo general tienen dos células de espesor. La orientación de estos cordones y algunas diferencias citológicas permiten identificar tres subdivisiones corticales: la más externa, la zona glomerular, seguida por la zona fascicular y por último la zona reticular (Figura 3) (Banks 1995).

La zona glomerular constituye la corteza externa, mientras que la zona fascicular y reticular forman la corteza interna. En equinos y caninos es posible diferenciar una zona intermedia (Figura 4 A), la cual se encuentra ubicada entre la corteza externa y la corteza interna. Esta zona está compuesta por pequeñas células indiferenciadas, que generan parénquima de reemplazo, tanto para la corteza interna como la externa (Hullinger y Andrisani 2006).

5.4.1.1 Zona glomerular

La zona glomerular en rumiantes está formada por racimos irregulares de células poliédricas (Figura 4B). Mientras que en equinos y caninos, está formada por células cilíndricas, las cuales se encuentran presentes en forma de arcos, con su convexidad dirigida hacia la periferia; por lo que esta zona también recibe el nombre de zona arcuata (Figura 4 A) (Dellmann 1993).

El citoplasma de las células presentes en esta zona es más acidófilo, presentando núcleos más pequeños y oscuros que las células en zonas adyacentes. Es frecuente hallar inclusiones de lípidos, las cuales aumentan cuando la actividad de la zona está incrementada (Banks 1995).

Esta zona produce el mineralocorticoide aldosterona, cuya principal acción es la conservación de los niveles de sodio y agua, mediante la retención y excreción de iones de potasio e hidrógeno en los túbulos renales (Lathan 2013).

La síntesis y secreción de aldosterona está regulada por el eje renina-angiotensina-aldosterona, la concentración plasmática de potasio y, en menor medida, las concentraciones plasmáticas de sodio y ACTH. El aumento de las concentraciones plasmáticas de potasio y la angiotensina II aumentan notablemente la liberación de aldosterona de la corteza adrenal. El aumento de la síntesis de angiotensina es estimulado por la disminución del volumen de líquido extracelular, lo que resulta en una mayor secreción de renina de las células yuxttaglomerulares que rodean las arteriolas aferentes a medida que entran en los glomérulos. La renina actúa sobre el angiotensinógeno para formar la angiotensina I, que luego se convierte en angiotensina II en los pulmones. La angiotensina II provoca una mayor síntesis y secreción de aldosterona aumentando la conversión del colesterol en pregnenolona y corticosterona en aldosterona. La hiperpotasemia también estimula directamente la secreción de aldosterona por la glándula adrenal. La ausencia total de ACTH disminuye la secreción de aldosterona, pero la ACTH tiene poco efecto en el control de la tasa de secreción de aldosterona, y la hipofisectomía no produce deficiencia de mineralocorticoides (Scott-Moncrieff 2013).

5.4.1.2 Zona fascicular

La zona fascicular es la zona más amplia de la corteza (Figura 4 A y B), está compuesta por células poliédricas o cúbicas las cuales se distribuyen en cordones radiales, cada cordón está constituido por una o dos células, las cuales se encuentran separadas de los cordones adyacentes por medio de una red extensa de sinusoides y agrupadas como fascículos (Banks 1995).

Las células de los dos tercios externos contienen núcleos vesiculares de gran tamaño, observándose con frecuencia binucleaciones. La apariencia espumosa de las células (espongiocitos) es causada por la presencia de vacuolas que se generan de la disolución de gotas lipídicas durante el procesamiento normal del tejido. Además el citoplasma contiene un gran aparato de Golgi, mitocondrias con crestas tubulares, lisosomas y lipofuscina con abundantes retículos endoplasmáticos. En el tercio interno se observan células libres de lípidos (Dellmann 1993, Banks 1995).

Las células de la zona fascicular tienen como función principal la producción de glucocorticoides, como lo son el cortisol y la cortisona (Hullinger y Andrisani 2006). Dentro de las variadas funciones del cortisol se pueden incluir: estimulación de la gluconeogénesis y eritropoyesis, mantenimiento de la integridad de la mucosa gastrointestinal, supresión de la respuesta inflamatoria, entre otras. Los requerimientos de cortisol aumentan en tiempos de estrés (Lathan 2013).

La producción de glucocorticoides se regula a través del eje hipotálamo-hipófisis-adrenal. La hormona liberadora de corticotropina (CRH) es secretada por el hipotálamo hacia la circulación portal para llegar a la hipófisis y estimular la secreción de ACTH desde la adenohipófisis. La función principal de la ACTH es estimular la secreción de glucocorticoides desde la corteza adrenal. El cortisol circulante mediante retroalimentación negativa en el hipotálamo e hipófisis, inhibe la secreción de CRH y ACTH respectivamente (Kyles 2015).

5.4.1.3 Zona reticular

La zona reticular es una red irregular de anastomosis, las células son poliédricas y tienen aproximadamente las mismas características morfológicas que las células de la zona fascicular. Contienen menos gotas de lípidos y más lipofucsina y sus núcleos son generalmente heterocromáticos y a menudo picnóticos (Dellmann 1993).

Mediante la estimulación de ACTH, la zona reticular es capaz de producir un andrógeno llamado dihidroepiandrosterona. Esta sustancia puede metabolizarse en otras hormonas sexuales, tales como testosterona y estradiol (Banks 1995).

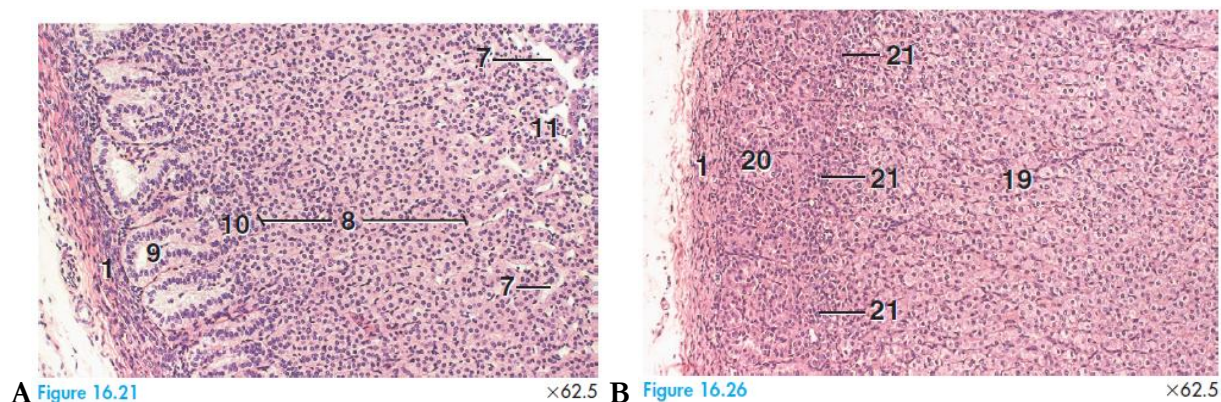


Figura 4. A Corteza y cápsula adrenal canino. (1) Cápsula (7) Sinusoide (8) Zona fascicular (9) Zona glomerulosa (10) Zona intermedia (11) Zona reticular.

B Corteza glándula adrenal bovino. (1) Cápsula (19) Zona fascicular (20) Zona glomerular (21) Zona intermedia.

Imágenes tomadas de Bacha y Bacha, *Color Atlas of Veterinary Histology*.

5.4.2 Médula adrenal

Los principales constituyentes de la médula incluyen: células glandulares o cromafines, células ganglionares, vénulas y capilares. Las células glandulares son grandes y cilíndricas o poliédricas, presentando núcleos vesiculares de gran tamaño, el citoplasma es basófilo y contiene gránulos secretores (Banks 1995). Las células presentes en la médula adrenal, se orientan en forma de

ovoides o columnas y parecen estar alineadas con respecto a las venas y capilares (Fradson y Spurgeon 1995).

Las células medulares parenquimatosas son neuronas simpáticas posganglionares modificadas, las cuales constituyen un gran ganglio simpático. Durante el desarrollo, estas células pierden sus axones y dendritas convirtiéndose así, en células secretoras. Las células endocrinas presentes en la médula adrenal son inervadas directamente por fibras colinérgicas simpáticas preganglionares, las cuales liberan acetilcolina para así controlar directamente la actividad secretora de estas células. La principal función es la síntesis de adrenalina y noradrenalina, que son almacenadas como gránulos secretores (Eurell 2004, Hullinger y Andrisani 2006).

Tras la realización de la tinción de Gomori, el tejido se expone a sales de cromo, produciendo que las células que contienen gránulos secretores, se tiñan de color marrón oscuro, por lo que estas y otros tipos de células que se tiñan de forma similar se denominan células cromafines. Esta reacción es el resultado de la oxidación y polimerización de las aminas biogénicas (catecolaminas) las cuales se sintetizan dentro de estas células (Sheehan y Hrapchak 1987, Banks 1995).

En equinos y bovinos se reconocen dos poblaciones de células endocrinas basadas en la presencia de catecolaminas en sus gránulos secretores, junto con las cromograninas, las cuales sirven como proteínas de unión para las catecolaminas. Las células que producen adrenalina, se encuentran en la periferia, adyacentes a los sinusoides medulares, se tiñen intensamente y representan la mayoría de las células medulares. Las células que producen noradrenalina, son células redondeadas epitelioides y se tiñen con menor intensidad y se encuentran en menor cantidad que las células que contienen adrenalina (Dellmann 1993, Eurell 2004).

Qui y col (2012) observaron la presencia de células cromafines no solo en la médula adrenal, sino que también en la corteza y cápsula adrenal en caninos, tras tinciones con hematoxilina eosina, sales de cromo y anticuerpo TH (Tirosina Hidroxilasa) comprobaron que tanto las células cromafines medulares como las extramedulares contenían catecolaminas. En bovinos, no es posible observar células cromafines en otras zonas que no sean la médula adrenal (Bornstein y col 1991).

La adrenalina es formada por las células columnares a base de noradrenalina por la acción de una metiltransferasa. La citodiferenciación de las células columnares y la síntesis de esta enzima son inducidas por glucocorticoides que fluyen hacia la médula desde la corteza. Las trabéculas de tejido conectivo se extienden desde la cápsula, llevando arteriolas y axones simpáticos preganglionares, los cuales hacen sinapsis con múltiples células medulares. La liberación de adrenalina y noradrenalina ocurre en respuesta a la acetilcolina, la cual se une a sus receptores post sinápticos. El receptor de acetilcolina activado conduce a la despolarización de la membrana celular, aumenta el flujo de calcio y da como resultado la exocitosis de catecolaminas desde las vesículas secretoras. Posteriormente la adrenalina y noradrenalina se unen a receptores adrenérgicos α y β , expresados diferencialmente en muchos tejidos a través del cuerpo (Hullinger y Andrisani 2006).

Tanto adrenalina y noradrenalina son mediadores moleculares en el mecanismo “fight or flight”, actúan aumentando la frecuencia y contractilidad cardíaca, presión arterial y la respiración, además

de relajar el tracto gastrointestinal y la musculatura de la vejiga, aumentan las concentraciones de glucosa en sangre, ácidos grasos libres y el estado de alerta. Ambas son secretadas en respuesta al ejercicio, el peligro, hipovolemia, hipotensión, hipoglucemia o cualquier otro estímulo asociado al estrés (Reusch 2013).

En la mayoría de las especies de animales domésticos, tanto las células glandulares como las ganglionares simpáticas se encuentran distribuidas al azar en toda la médula, sin embargo en bovinos es posible reconocer una lámina externa de células productoras de catecolaminas (Banks 1995).

5.5 CONCLUSIONES

El posicionamiento y desarrollo de las glándulas adrenales se observa desde muy temprano durante el desarrollo del embrión. La secreción de hormonas por parte de la corteza fetal cumplen un rol durante la vida fetal, participando en la maduración de diversos órganos como pulmones, hígado, y células del tracto digestivo; cumpliendo además un rol importante durante el periodo de parto.

Luego de realizar una descripción anatómica comparativa en las especies canina, bovina y equina, se observa una marcada diferencia tanto en tamaño y forma de las glándulas adrenales en las especies estudiadas, además se describen diferentes tamaños dentro de las diferentes razas dentro de la especie canina. No se reportan diferencias estructurales ni funcionales entre la glándula adrenal izquierda y la glándula adrenal derecha.

Histológicamente se observan diferencias entre las células de la zona glomerular cortical, existiendo una disposición diferenciada de las células que la componen, en la especie equina y canina en forma de arcos o cordones de células cilíndricas y en el caso de la especie bovina dispuesta en forma de racimos irregulares de células poliédricas. A pesar de la diferencia en su estructura, su función en la producción de hormonas es similar para las tres especies estudiadas.

Es importante conocer la embriología, anatomía, histología y funcionamiento normal de las glándulas adrenales en los animales domésticos, para así lograr una mejor comprensión de los mecanismos de regulación orgánica y de las patologías que afectan a dichas glándulas.

6. REFERENCIAS

- Ahmadpanahi J. 2007. Anatomical and Histological Studies of Accessory Adrenal Nodules in Caspian Miniature Horses. *Turk J Vet Anim Sci* 31, 275-278.
- Akers M, Denbow M. 2008. Endocrine system. In: Akers M, Denbow M (eds). *Anatomy and Physiology of Domestic Animals*. 1st ed. Blackwell Publishing, Iowa, USA. Pp 688-810.
- Aspinall V, Capello M. 2015. Endocrine system. In Aspinall V, Capello M (eds). *Introduction to Veterinary Anatomy and Physiology*. 3th ed. El Sevier, Philadelphia, USA. Pp 73-79.
- Banks W. 1995. Sistema endocrino. En Banks W (ed). *Histología Veterinaria Aplicada*. 2^a ed. El Manual Moderno, México D.F., México. Pp 583-614.
- Bornstein SR, Ehrhart-Bornstein M, Usadel H, Bockmann M, Scherbaum W. 1991. Morphological evidence for a close interaction of chromaffin cells with cortical cells within the adrenal gland. *Cell Tissue Res* 265, 1-9.
- Butendieck E, Vargas L., 2006. Glándulas adrenales. En: Butendieck E, Vargas L (eds). *Anatomía del Bovino Tomo II*. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. Pp 96
- Chastain CB. 1999. Introducción Sistema endocrino y metabolismo. En: Morgan R (ed). *Clínica de Pequeños Animales*. 3^a ed. Harcourt Brace, Madrid, España. Pp 435-439.
- Dellmann H. 1993. Endocrine system. In Dellmann H (ed). *Textbook of Veterinary Histology*. 4th ed. Lea & Febiger, Philadelphia, USA. Pp 270-284.
- Dickson W. 1993. Endocrine glands. In: Swenson M, Reece W (eds). *Duke's Physiology of Domestic Animal*. 11th ed. Cornell University press, New York, USA. Pp 629 – 664.
- Douglas JP, Berry CR, James S. 1997. Ultrasonographic adrenal gland measurements in dogs without evidence of adrenal disease. *Vet Radiol Ultrasound* 38. 124-130.
- Dyce KM, Sack WO, Wensing, C. J. 2010. In: DyceKM, Sack WO, Wensing CJ (eds). *Textbook of Veterinary Anatomy*. 4th ed. Elsevier Saunders, Missouri, USA.
- Emparanza M. 2009. Evaluación ecográfica de glándulas adrenales en perros sin signología clínica de patología adrenal. Memoria de título, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

- Eurell JA. 2004. Suprarenal gland. In Eurell JA (ed). *Veterinary Histology*. 1st ed. Tenton New Media, Wyoming, USA. Pp 34-35.
- Evans H, de Lahunta A. 2013. The endocrine system. In Evans H, de Lahunta A (eds). *Miller's Anatomy of the Dog*. 4thed. Elsevier Saunders, Missouri, USA. Pp 406-427.
- Fowden A, Silver M. 1995. Comparative Development of the Pituitary-Adrenal Axis in the Fetal Foal and Lamb. *Reprod Dom Anim* 30, 170-177.
- Fradson RD, Spurgeon TL. 1995. Endocrinología. En: Fradson RD, Spurgeon TL. *Anatomía y Fisiología de los Animales Domésticos*. 5^a ed. McGraw-Hill, New York, USA. Pp 470 – 498.
- Francioli A, Cordeiro B, Fonseca E, Rodrigues M, Sarmiento A, Ambrosio C, Carvalho A, Miglino M, Silva L. 2011. Characteristics of the equine embryo and fetus from days 15 to 107 of pregnancy. *Theriogenology* 76, 819-832.
- Geneser F. 2001. Sistema endocrino. En: Genneser F (ed). *Histología*. 3^a ed. Editorial médica Panamericana, Buenos Aires, Argentina. Pp 581-612.
- Greco D, StabenfeldtG. 2014. El sistema endocrino. En: Klein B(ed). *Cunningham, Fisiología Veterinaria*. 5^a ed. Elsevier España, S.A. Barcelona, España. Pp 359-407.
- Grooters A, Biller D, Merryman J. 1995. Ultrasonographic parameters of normal canine adrenal glands: Comparison to necropsy findings. *VetRadiol* 36. 126-130
- Hib J. 1994. Sistema genital. En: Hib J (ed). *Embriología Médica*. 6^a ed. Interamericana McGraw-Hill, México. Pp 227–250.
- Hyttel P, Sinowats F, Vejlsted M. 2009. Gastrulation, Body Folding and Coelom Formation; Neurulation. In Hyttel P, Sinowats F, Vejlsted M (eds). *Essentials of Domestic Animal Embryology*. 1sted. Sounders Elsevier, Missouri, USA. Pp 79-103.
- Hullinger R. 1978. Adrenal cortex of the dog (*Canis familiaris*). I. Histomorphologic changes during growth, maturity, and aging. *Anat Histol Embryol* 7, 1-27.
- Hullinger R, Andrisani O. 2006. Endocrine system. In: Eurell J, Frappier B (eds). *Dellmann's Textbook of Veterinary Histology*. 6thed. Blacwell Publishing, Oxford, UK. Pp 298-319.
- Jelinek F, Konecny R. 2010. Adrenal glands of slaughtered bulls, heifers and cows: A histological study. *Anat Histol Embryol* 40, 28-34.

- Kardong K. 2009. The endocrine system. In: Kardong K (ed). *Vertebrates: Comparative Anatomy, Function, Evolution*. 5thed. McGraw-Hill, New York, USA. Pp 589-621.
- Kent G, Carr R. 2001. Endocrine organs. In: Kent G., Carr R (eds). *Comparative Anatomy of the vertebrates*. 9th ed. Mcgraw-Hill, New York, USA. Pp 455-469.
- Kyles A. E. 2015. Adrenal Glands. In: Bojrab M.J. and Monnet E. (eds.) *Mechanisms of Disease in Small Animal Surgery*. 3thed. Tenton New Media, Wyoming, USA.
- König H, Liebich H. 2004. Glándulas endocrinas. En: König H, Liebich H (eds). *Anatomía de los animales domésticos: órganos, sistema circulatorio y sistema nervioso*. Tomo 2. 2^a ed. Panamericana, Buenos Aires, Argentina. Pp 277-286.
- Lathan P. 2013. Hypoadrenocorticism in Dogs. In: Rand, J (ed). *Clinical Endocrinology of Companion Animals*. 1sted. Wiley – Blackwell, Iowa, USA. Pp 1 – 21.
- McGeady T, Quinn P, FitzPatrick E, Ryan M. 2006. Endocrine system. In: McGeady T, Quinn P, FitzPatrick E, Ryan M (eds). *Veterinary Embryology*. 1sted. Blackwell Publishing, Oxford, UK. Pp 286-294.
- Miller M. 2016. Endocrine System. In: Zachary J (ed). *Pathologic Basis of Veterinary Disease*. 6th ed. Elsevier, Missouri, USA. Pp 682-723.
- Moyes C, Schulte P. 2007. Hormonas y señalización celular. En Moyes C, Schulte P (eds). *Principios de Fisiología Animal*. 1^a ed. Pearson Education S. A., Madrid, España. Pp 110-153.
- Prasad G, Sinha RD. 1980. Occurrence of accessory adrenal cortical nodule in the domestic animals. *Indian J Anim Sci* 50, 1060-1063.
- Qui S, Du Y, Wang L, Hu C. 2013. Chromaffin cells of the adrenal gland in the Beagle dog. *Anat Histol Embryol* 42, 144-150.
- Randall D, Burggren W, French K. 1998. Glándulas: mecanismos y costos de la secreción. En: Randall D, Burggren W, French K (eds). *Eckert Fisiología Animal Mecanismos y adaptaciones*. 4^a ed. McGraw- Hill Interamericana, Madrid, España. Pp 299-328.
- Reusch C, 2013. Pheochromocytoma in Dogs. In: Rand J (ed). *Clinical Endocrinology of Companion Animals*. 1st ed. Wiley – Blackwell, Iowa, USA. Pp 128 – 136.
- Rijinberk A, Mol J. 2010. Clinical endocrinology, introduction. In: Rijinberk A, Kooistra H (eds). *Clinical Endocrinology of Dogs and Cats*. 2nd ed. Schlütersche Verlagsgesellschaft, Germany. Pp 3-12.

- Sadler TW, 2012. Sistema nervioso central. En: Sadler TW (ed). *Langman Embriología médica*. Lippincott Williams & Wilkins, Barcelona, España. Pp 287-320.
- Schaler O. 1992. Endocrine glands. In Schaler O (ed). *Illustrated Veterinary Anatomical Nomenclature*. 1st ed. Enke Verlag, Stuttgart, Germany. Pp 230-232.
- Scott-Moncrieff JC. 2013. Hypoadrenocorticism. In: Rand, J (ed). *Clinical Endocrinology of Companion Animals*. 1st ed. Wiley – Blackwell, Iowa, USA. Pp 485-520.
- Sheehan DC, Hrapchak BB. 1987. Special cells and tissue. In: Sheehan DC, Hrapchak BB (eds). *Theory and practice of histotechnology*. 1st ed. Batelle Press, Ohio, USA. Pp 274-276.
- Venzke WG. 1982. En: Getty R (ed). *Sisson and Grossman Anatomía de los animals domésticos*. 5^a ed. Elsevier Massons S. A. Barcelona, España.
- Webb PD, Steven DH. 1981. Development of the adrenal cortex in the fetal foal: an ultrastructural study. *J Dev Physiol* 3, 59-73.
- Wrobel K., Suss F. 1999. On the origin and prenatal development of the bovine adrenal gland. *Anat Embryol* 199, 301-318.

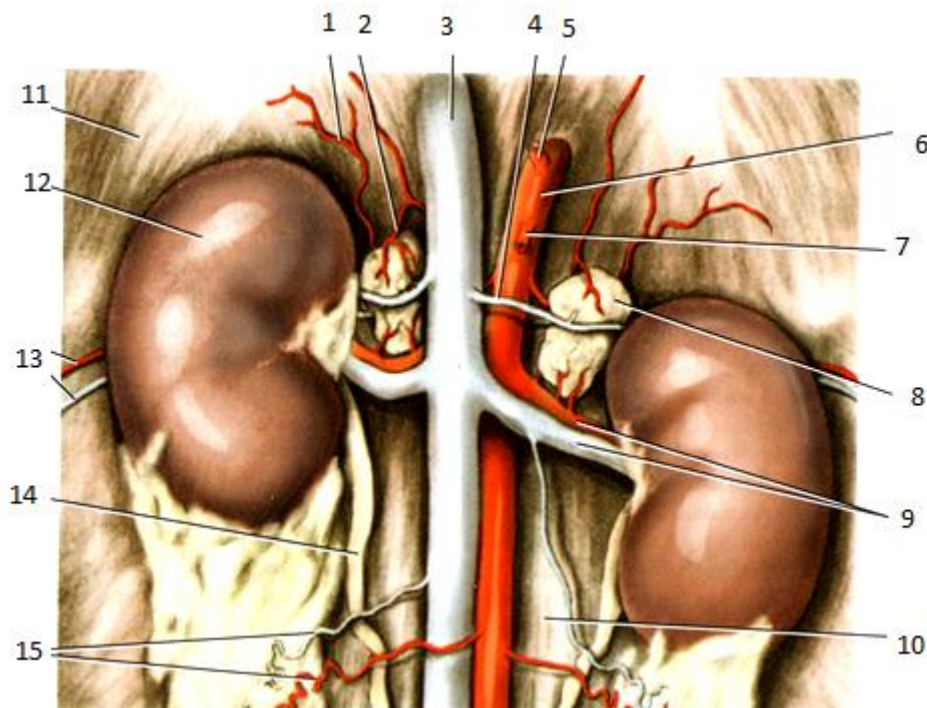
7. ANEXOS

7.1 GLÁNDULAS Y TEJIDOS ENDOCRINOS DE VERTEBRADOS (Randall y col 1998)

Glándula origen	Hormona	Función fisiológica principal
Glándula adrenal	tejido esteroideogénico (corteza)	Aldosterona ↑ Retención de sodio
	tejido cromafín (médula)	Cortisol y corticosterona Adrenalina y noradrenalina ↑ Metabolismo de los carbohidratos y función simpática Efectos múltiples ↑ y ↓ en nervios, músculos, células de secreción y metabolismo
Tracto gastrointestinal	Colecistocina	↑ Secreción de enzimas por las células acinares pancreáticas; ↑ Contracción de la vesícula biliar
	Quimodenina	↑ Secreción de quimotripsinógeno del páncreas endocrino
	Péptido inhibidor gástrico	↓ Secreción gástrica ácida (HCl)
	Gastrina	↑ Secreción gástrica (HCl)
	Péptido liberador de gastrina	↑ Secreción de gastrina; ↓ secreción gástrica (HCl)
	Motilina	↑ Secreción gástrica ácida y movilidad de vellosidades intestinales
	Neurotensina	Neurotransmisor entérico
	Secretina	↑ Secreción de bicarbonato por las células acinares pancreáticas
	Sustancia P	Neurotransmisor entérico
	Péptido intestinal vasoactivo	↑ Secreción intestinal de electrolitos
Corazón (aurícula)	Factor natriurético auricular	↑ Excreción de sales y agua por el riñón
Riñón	Calcitrol	↑ Ca ²⁺ en sangre, formación del hueso, absorción intestinal de Ca ²⁺ y Po ⁴⁻³
	Eritropoyetina	↑ Producción de eritrocitos (eritropoyesis)
Ovario		
Folículo prelúteo	Estradiol	↑ Desarrollo y conducta sexual femenina
Cuerpo lúteo	Progesterona	↑ Crecimiento del endometrio uterino y de las glándulas mamarias y comportamiento maternal
	Relaxina	↑ Relajación de la sínfisis púbica y dilatación del cérvix uterino
Páncreas (islotos de Langerhans)	Glucagón	↑ Glucosa sanguínea, gluconeogénesis y glucogenólisis
	Insulina	↓ Glucosa sanguínea, ↑ síntesis de proteína, glucógeno y grasa
	Polipéptido pancreático	↑↓ Secreción de otras hormonas pancreáticas de los islotos
	Somatostatina	↓ Secreción de otras hormonas pancreáticas

Glándula origen	Hormona	Función fisiológica principal
Glándula paratiroides	Parathormona	↑ Ca ²⁺ en sangre; ↓ PO ₄ -3 en sangre
Pineal (epífisis)	Melatonina	↓ Desarrollo gonadal (acción antigonadotrópica)
Placenta	Gonadotropina coriónica (coriogonadotropina)	↑ Síntesis de progesterona por el cuerpo lúteo
	Lactógeno placentario	↑ Crecimiento y desarrollo fetal (posiblemente); ↑ Desarrollo de las glándulas mamarias de la madre
Angiotensinógeno plasmático	Angiotensina II	↑ Vasoconstricción y secreción de aldosterona; ↑ sed e ingestión líquida (comportamiento dipsogénico)
Testículos		
células de Leydig	Testosterona	↑ Desarrollo y comportamiento sexual masculino
células de Sertoli	Inhibina	↓ Secreción de FSH hipofisaria
	Factor de regresión mulleriano	↑ Regresión del conducto mulleriano (atrofia)
Glándula del timo	Hormonas del timo	↑ Proliferación y diferenciación de linfocitos
Glándula tiroides		
Células foliculares	Tiroxina y triyodotironina	↑ Crecimiento y diferenciación; ↑ tasa metabólica y consumo de oxígeno (calorigénesis)
Células parafoliculares (o ultimobranquiales)	Calcitonina	↓ Ca ²⁺ en sangre
La mayoría o todos los tejidos	Leucotrienos	↑↓ Formación de nucleótidos cíclicos
	Prostaciclina	↑ Formación de nucleótido cíclico (AMPc)
	Prostaglandinas	↑ Formación de nucleótido cíclico (AMPc)
	Tromboxanos	↑ Formación de nucleótido cíclico (GMPc)
Tejidos concretos	Endorfinas	Actividad opiácea
	Factor de crecimiento epidérmico	↑ Proliferación de células epidérmicas
	Factor de crecimiento de fibroblastos	↑ Proliferación de fibroblastos
	Factor de crecimiento nervioso	↑ Desarrollo de neuritas
	Somatomedinas	↑ Crecimiento y proliferación celular

7.2 GLÁNDULAS ADRENALES CANINO, SUPERFICIE VENTRAL (Evans y de Lahunta 2013)



Glándulas adrenales, superficie ventral. (1) Arteria frénica caudal. (2) Rama adrenal craneal de la arteria frénica caudal. (3) Vena cava caudal. (4) Tronco común para las venas abdominales caudales y craneales. (5) Arteria celíaca. (6) Aorta. (7) Arteria mesentérica craneal. (8) Glándula adrenal izquierda. (9) Arteria y vena renal. (10) Músculo psoas menor. (11) Diafragma. (12) Riñón derecho. (13) Arteria y vena craneal abdominal. (14) Uréter. (15) Arteria y vena testicular derecha. (Evans y de Lahunta 2013).