

Síndrome Braquicefálico en Perros, Alteraciones Anatómicas del Tracto Respiratorio Alto: Una Revisión de la Literatura

Brachycephalic Obstructive Airway Syndrome in Dogs, Anatomical Alterations of the Upper Respiratory Tract: A Literature Review

Olivares R.¹; Leiva M.¹; Elgueta D.¹; Farías G.¹ & Quintana O.²

OLIVARES, R.; LEIVA, M.; ELGUETA, D.; FARIÁS, G. & QUINTANA, O. Síndrome braquicefálico en perros, alteraciones anatómicas del tracto respiratorio alto: Una revisión de la literatura. *Int. J. Morphol.*, 42(6):1542-1549, 2024.

RESUMEN: El Síndrome Braquicefálico (BOAS, del inglés Brachycephalic Obstructive Airway Syndrome), es la dificultad respiratoria causada por el acortamiento craneal en los perros, llamado pedomorfismo. A partir de esta condición se generan alteraciones morfológicas en el tracto respiratorio alto (TRA) que lo obstruyen, llevando a un mayor esfuerzo inspiratorio de manera permanente. Se entiende que la estenosis de narinas, aberración de cornetes nasales y la elongación-engrosamiento del paladar blando, son las principales alteraciones anatómicas que generan estas obstrucciones. Clínicamente se manifiesta con ruidos respiratorios agregados e intolerancia al ejercicio, limitando las actividades de los perros afectados. Para su diagnóstico, es necesario complementar la anamnesis y el examen clínico con el uso de la imagenología. Se han descrito abordajes médicos, pero la solución definitiva se puede alcanzar mediante la corrección quirúrgica de las alteraciones que causan el BOAS. Por lo anteriormente expuesto, el objetivo de la presente monografía fue realizar una revisión bibliográfica actualizada de las alteraciones anatómicas del TRA, que presentan los perros con BOAS y complementariamente los signos clínicos asociados y su tratamiento quirúrgico. Se utilizaron 47 fuentes bibliográficas en total: 38 artículos de revistas científicas, 6 libros y 3 recursos en línea. Existiendo una relación directa entre el grado de braquicefalia y la presentación del BOAS, se hace necesario establecer límites al pedomorfismo a nivel de los criaderos en base a parámetros objetivos como la CFR o el IC (relación craneofacial, del inglés Craniofacial Ratio; e índice craneal, respectivamente).

PALABRAS CLAVE: Síndrome Braquicefálico; Pedomorfismo; Anatomía del TRA del perro; Cirugías correctivas del BOAS; Bienestar Animal.

INTRODUCCIÓN

La nariz corresponde a la porción más rostral del sistema respiratorio, que incluye a las narinas y vestíbulos nasales. La cavidad nasal se define como el espacio entre los vestíbulos nasales y las coanas. Dorsalmente limita con la articulación de los huesos nasales y maxilares, y ventralmente con el paladar duro. El septo nasal se dispone de manera longitudinal a lo largo de la cavidad nasal, dividiéndola bilateralmente. Caudalmente, el septo nasal tiene una porción ósea que corresponde a la lámina perpendicular del hueso etmoides, y rostralmente es cartilaginosa. Los cornetes nasales, conocidos también como turbinas o conchas, son estructuras óseo-cartilaginosa que se encuentran al interior de la cavidad nasal. A cada lado del septo nasal se disponen tres principales: el cornete nasal dorsal (CND), el cornete nasal ventral (CNV) y el laberinto etmoidal (LE), alojado este último en el límite caudal de esta cavidad y recubierto por mucosa olfatoria. Entre los

cornetes nasales existen espacios libres llamados meatos, que permiten el paso del aire a través suyo. A cada lado del septo nasal hay cuatro meatos principales: el meato nasal dorsal, el meato nasal ventral, el meato nasal medio y el meato nasal común, que es el espacio existente entre el septo nasal y los cornetes. Las coanas son aperturas presentes en el límite caudal de cada cavidad nasal, permitiendo su comunicación con la nasofaringe. La faringe es un conducto músculo membranoso compartido por los sistemas digestivo y respiratorio, separado por el paladar blando en dos porciones, orofaringe y nasofaringe, respectivamente. La laringe se encuentra a continuación de la faringe. El soporte estructural de esta zona anatómica es proporcionado por cinco cartílagos: aritenoides (par), epiglotis, cricoides y tiroideos. La cavidad laríngea se divide en tres porciones, siendo de rostral a caudal: el vestíbulo, la glotis y la cavidad infraglotica que conecta con la tráquea (Singh, 2018).

¹ Depto. de Patología Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, U. de Chile.

² Escuela de Medicina Veterinaria, Facultad Ciencias de la Vida, Universidad Andrés Bello, Viña del Mar, Chile.

Según sea su morfología craneal, los perros presentan la mayor variación entre razas de acuerdo con la longitud del hocico, que corresponde al sector prominente del rostro que contiene a las cavidades oral y nasal. En base a lo anterior, se clasifican en tres tipos, siendo desde el hocico más largo al más corto: dolicocefálicos, mesocefálicos y braquicefálicos, respectivamente (Selba *et al.*, 2019; Ekenstedt *et al.*, 2020).

La braquicefalia es consecuencia de una mutación que ocurre de manera temprana en el desarrollo y provoca condrodisplasia en el eje longitudinal del cráneo, generando así que éste sea más corto en comparación a los perros no braquicefálicos (Meola, 2013; Packer *et al.*, 2015). Selba *et al.* (2019), destacan que los huesos nasal y palatino son los que se ven más alterados.

Como resultado de esta mutación se forma un cráneo ensanchado mediolateralmente y acortado rostrocaudalmente, generando una condición llamada pedomorfismo, por la similitud de estos rasgos con los de un cachorro, que estaría además asociada a una mayor fuerza de mordida facilitada por el desplazamiento lateroventral del arco cigomático, modificando la disposición de la musculatura temporal (Selba *et al.*, 2019). El pedomorfismo conlleva un acortamiento del cráneo en desmedro de su porción rostral que, al no verse afectado el desarrollo de los tejidos blandos y estructuras internas del tracto respiratorio alto (TRA), se reduce el espacio disponible para que éstos se dispongan, generándose múltiples focos obstructivos (Dupré & Heidenreich, 2016; Oechtering *et al.*, 2016a; Liu *et al.*, 2017; Ekenstedt *et al.*, 2020).

Se describen dos indicadores para determinar el grado de braquicefalia en los perros: la relación craneofacial (CFR,

de sus siglas en inglés Craniofacial Ratio) y el índice craneal (IC). La CFR se calcula contrastando el largo del hocico (LH) con la longitud del cráneo (LC) (Figs. 1 y 2), en base a la ecuación $CFR=LH:LC$, donde LH se entiende como la distancia entre el límite dorsal de la nariz y su término entre los ojos; y LC corresponde a la distancia entre la protuberancia occipital externa y el proceso alveolar del hueso maxilar (Packer *et al.*, 2015). De esta manera se pueden establecer diferencias entre individuos braquicefálicos, por ejemplo, Liu *et al.* (2017), relacionaron a la raza Pug con CFR de 0,08, lo que indica extrema braquicefalia en comparación a perros de raza Staffordshire Bull Terrier con braquicefalia moderada, cuyo CFR es 0,5.

Por su parte, el IC se obtiene como la proporción del ancho con el largo del cráneo, por lo que se calcula mediante la ecuación $IC=AC:LC$, donde AC representa el ancho craneal como la mayor distancia entre ambos huesos cigomáticos y LC al largo del cráneo (Fig. 2), utilizando los mismos puntos de referencia que en el cálculo de la CFR; entendiéndose como braquicefálicos a los perros cuyos valores de IC sean mayores o iguales a 0,81 (Liu *et al.*, 2017; Fernández-Parra *et al.*, 2019; Selba *et al.*, 2019).

La estenosis de narinas es el foco obstructivo más rostral que puede presentar un perro braquicefálico. Consiste en que, debido a malformaciones congénitas, los cartílagos del ala nasal (específicamente el cartílago nasal dorsolateral), se encuentran colapsados medialmente, reduciéndose el tamaño de las narinas (Riecks *et al.*, 2007; Ekenstedt *et al.*, 2020).

En el perro, el desarrollo de los tejidos blandos del TRA, que incluye los cornetes nasales, continúa después del parto, a diferencia del cráneo. Debido a lo anterior, en un

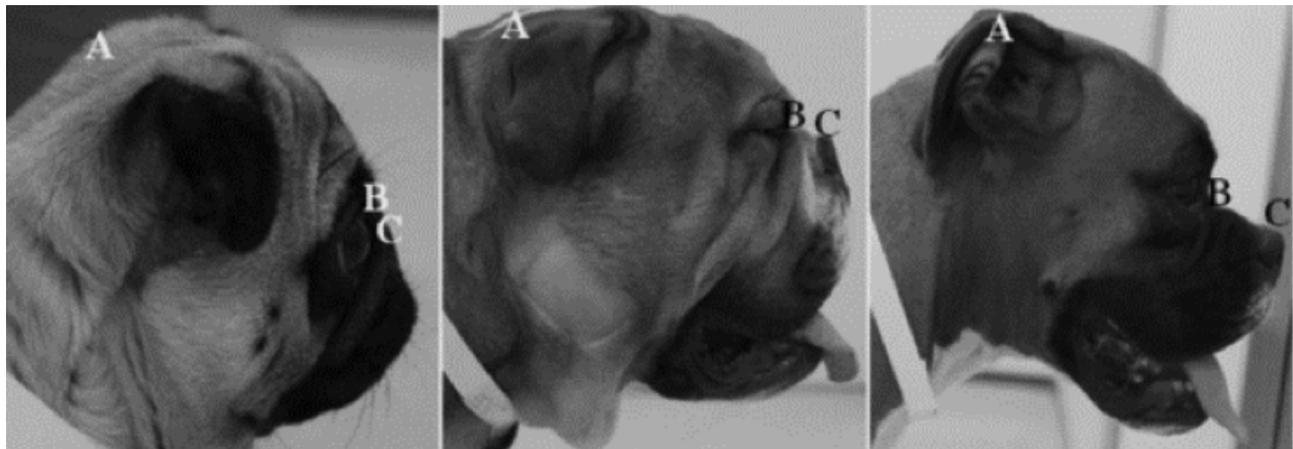


Fig. 1. Referencias al medir el largo del hocico y del cráneo para calcular la CFR. Siendo (A) protuberancia occipital externa, (B) término de la nariz y (C) dorso de la nariz, el espacio comprendido entre los puntos A y B corresponde al largo del cráneo, mientras que el tramo entre B y C es el largo del hocico. Existe una diferencia evidente entre el grado de braquicefalia de los tres perros en la imagen, siendo decreciente desde el Pug (izquierda), al Bulldog (medio), hasta el Bóxer (derecha) (Packer *et al.*, 2015).

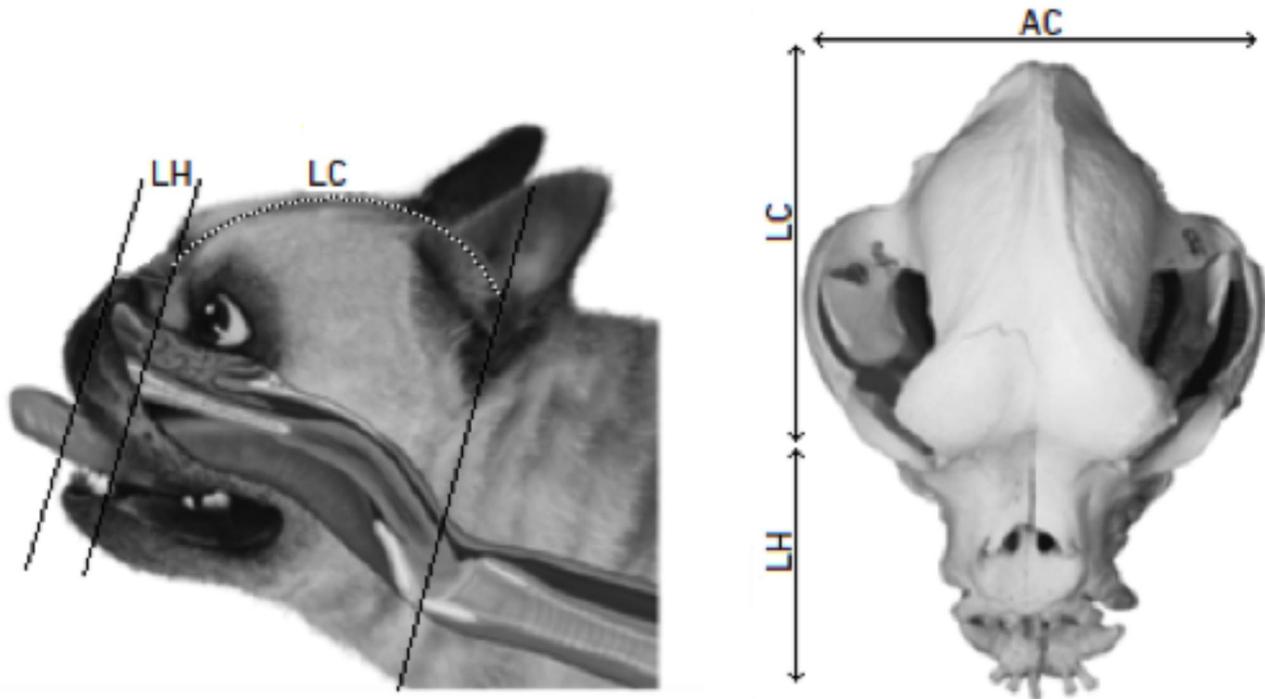


Fig. 2. Referencias al medir el largo y ancho craneal, y largo del hocico para calcular la CFR y el IC. La figura demuestra los puntos de referencia utilizados para medir el largo del hocico (LH), el largo del cráneo (LC) y el ancho craneal (AC) para calcular el IC y la CFR. Se aprecia también la relación existente entre LH y LC, con la disposición interna de los tejidos blandos de las cavidades nasales (izquierda) (Meola 2013; Liu *et al.*, 2017).

cráneo pedomórfico, el espacio para que éstos se dispongan se ve reducido, provocando que existan múltiples puntos de contacto entre mucosas al interior de la cavidad nasal y que los cornetes se proyecten rostral o caudalmente por el meato nasofaríngeo, que corresponde a la prolongación posterior del meato nasal común, por detrás de los cornetes, hasta las coanas (Schuenemann *et al.*, 2017; Ekenstedt *et al.*, 2020; Phillips, 2022). Si bien lo anterior explica que la alteración consiste principalmente en una hipertrofia relativa de cornetes nasales, se le reconoce en la literatura como una aberración propia de los cornetes (Oechtering *et al.*, 2016a). Las alteraciones de los cornetes nasales pueden ser RAT (del inglés Rostral Aberrant Turbinates), CAT (del inglés Caudal Aberrant Turbinates) o cornetes obstructivos, que provocan puntos de contacto entre sus mucosas, descritos en el 91,7 % de los perros braquicefálicos (Krainer & Dupré, 2022). Los RAT comprometen al CNM y/o al CNV, mientras que en los CAT participan el CNV y/o el LE (Oechtering *et al.*, 2016b). Dupré & Heidenreich (2016), afirman que, entre braquicefálicos, la raza Pug estaría más propensa a presentar aberración de cornetes nasales, ya que tienen una rotación dorsal del hueso maxilar más pronunciada.

En los perros no braquicefálicos, el paladar blando se dispone entre la última muela maxilar y el vértice del cartílago epiglotis. En perros braquicefálicos es común que el

paladar blando se prolongue caudalmente por encima de la epiglotis, alteración reconocida como paladar blando elongado (Riecks *et al.*, 2007; Meola, 2013). De manera más actual, se entiende que hay además un engrosamiento de éste, que contribuye también a generar la obstrucción de la nasofaringe (Fig. 3). Inicialmente se atribuía a hipertrofia muscular, sin embargo, estudios histológicos recientes han demostrado que se debe a una hiperplasia epitelial y de glándulas mucosas, con degeneración muscular y mayor inclusión de tejido conectivo (Pichetto *et al.*, 2011; Krainer & Dupré, 2022; Phillips, 2022).

Otra alteración, es la hipoplasia traqueal, que no se encuentra en todos los perros braquicefálicos, describiéndose una posible predisposición en la raza Bulldog Inglés (Caccamo *et al.*, 2014; Hedlund, 2014; Fernández-Parra *et al.*, 2019; Krainer & Dupré, 2022). Para determinar si un perro presenta hipoplasia traqueal es necesario realizar un examen radiográfico para visualizar y calcular la relación entre las medidas del diámetro traqueal (TD, del inglés Tracheal Diameter) y la entrada torácica (TI, del inglés Thoracic Inlet), definiéndose que una tráquea es hipoplásica cuando TD:TI es menor a 0,16 (Schuenemann *et al.*, 2017).

El síndrome braquicefálico (BOAS, del inglés Brachycephalic Obstructive Airway Syndrome), es la

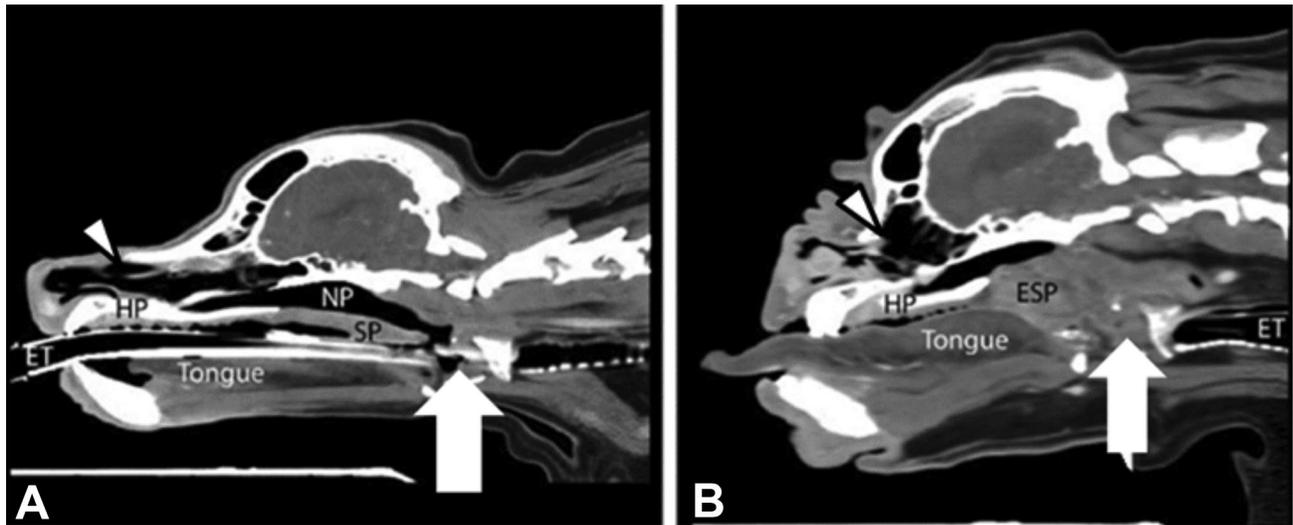


Fig. 3. Comparación de tejidos blandos del TRA entre un perro no braquicefálico (A) y uno braquicefálico (B). Corte del plano sagital craneal obtenido mediante tomografía axial computarizada, que evidencia las alteraciones del TRA presentes en el individuo braquicefálico. La punta de flecha señala la cavidad nasal en cada individuo, espacio marcadamente reducido en el individuo B. La flecha indica a la epiglottis, que en B es sobrepasada y comprimida por el paladar blando (SP, del inglés Soft palate y ESP, del inglés Elongate soft palate). ET, tubo endotraqueal (del inglés Endotracheal tube); HP, paladar duro (del inglés Hard palate); NP, nasofaringe (del inglés Nasopharynx) (Ekenstedt *et al.*, 2020).

dificultad respiratoria que pueden padecer los perros braquicefálicos, a raíz de las alteraciones anatómicas que presentan como consecuencia de su pedomorfismo. La estenosis de narinas, aberración de cornetes nasales y elongación-engrosamiento del paladar blando, son algunos de los componentes que participan en establecer múltiples obstrucciones a lo largo del tracto respiratorio alto (TRA) de estos perros (Riecks *et al.*, 2007; Dupré & Heidenreich, 2016; Oechtering *et al.*, 2016a; Krainer & Dupré, 2022).

Si bien todos los perros braquicefálicos se encuentran propensos a presentar BOAS, se conoce que las razas más afectadas por este síndrome son Pug, Bulldog Francés, Bulldog Inglés y Boston Terrier (Dupré & Heidenreich, 2016; Gianella *et al.*, 2019; Krainer & Dupré, 2022).

La base del desarrollo del BOAS se encuentra en su conformación craneal. La incongruencia que se genera entre el acortamiento de la porción ósea del esplanocráneo y sus tejidos blandos a raíz del pedomorfismo, reduce de manera significativa el espacio disponible para que éstos se dispongan (Packer *et al.*, 2015). A lo anterior se suman alteraciones anatómicas primarias en la génesis del BOAS: estenosis de narinas, aberración de cornetes nasales y elongación-engrosamiento del paladar blando (Dupré & Heidenreich, 2016; Oechtering *et al.*, 2016a; Ekenstedt *et al.*, 2020); que se entienden como los principales focos obstructivos del TRA en estos perros (Riecks *et al.*, 2007; Hughes *et al.*, 2017; Krainer & Dupré, 2022).

A raíz de las múltiples obstrucciones, los animales afectados presentan un esfuerzo inspiratorio mayor. Esto provoca dos cosas: (1) que el aire inspirado tenga un flujo turbulento y (2) que incremente la presión negativa dentro del TRA y la cavidad torácica. La exposición de los tejidos blandos del TRA a estos dos factores, provocará la edematización y colapso de sus estructuras hacia el lumen, dificultando aún más el paso del aire. Además, caudalmente a la ubicación de las obstrucciones, el aire fluye a mayor velocidad, provocando estrés y daño epitelial a nivel local (Fernández-Parra *et al.*, 2019; Nguyen *et al.*, 2023). Ekenstedt *et al.* (2020), nombran al fenómeno descrito como “barotrauma”, que lleva al establecimiento de alteraciones secundarias (Caccamo *et al.*, 2014; Pratschke, 2014; Gianella *et al.*, 2019; Phillips, 2022).

La exposición de los tejidos blandos del TRA, a la presión marcadamente negativa y al flujo turbulento de aire, se traduce en el desarrollo de alteraciones secundarias que comprometen aún más la función respiratoria de estos perros (Caccamo *et al.*, 2014; Pratschke, 2014; Gianella *et al.*, 2019; Ekenstedt *et al.*, 2020).

Las alteraciones anatómicas secundarias más comunes son la magnificación de la elongación-engrosamiento del paladar blando, el colapso bronquial y la eversión de los ventrículos o sáculos laríngeos, producto de la pérdida de integridad de los cartílagos laríngeos. Esto último se considera como indicador de colapso laríngeo, que

ocurre de manera progresiva incrementando su severidad con el paso del tiempo (Caccamo *et al.*, 2014; Hughes *et al.*, 2017; Liu *et al.*, 2017; Gianella *et al.*, 2019).

El acortamiento craneal también afecta la termorregulación. Las narinas estenóticas y los cornetes nasales aberrantes provocan que el aire que ingresa a la cavidad nasal, además de verse reducido, fluya de manera turbulenta por los meatos y a mayor velocidad en las zonas donde se encuentran las obstrucciones (Fernández-Parra *et al.*, 2019; Nguyen *et al.*, 2023). Esto, junto con el predominio de la respiración oral que tienen los perros con BOAS, impide que, en el CNV, se pueda realizar la evaporación necesaria para favorecer la pérdida de calor (Oechtering *et al.*, 2016a; Ekenstedt *et al.*, 2020), aumentando su sensibilidad a las altas temperaturas.

La principal signología clínica del BOAS consiste en ruidos agregados a la respiración, siendo lo más común que los perros afectados evidencien estertor y ronquidos. Además, experimentan intolerancia al ejercicio, taquipnea de manera recurrente y son más sensibles a las altas temperaturas (Riecks *et al.*, 2007; Packer *et al.*, 2015). Existen también indicadores de disnea inspiratoria que resultan menos evidentes, como la abducción de codos o adopción de posturas anormales durante el sueño (Ekenstedt *et al.*, 2020).

La presentación de la signología es progresiva y su severidad dependerá del grado de la obstrucción (Caccamo *et al.*, 2014). En aquellos casos donde la obstrucción es severa o se somete a un perro afectado a ejercicio y/o estrés calórico, se puede presentar una crisis respiratoria aguda, llevando a cianosis y colapso del animal (Meola, 2013; Liu *et al.*, 2017; Gianella *et al.*, 2019).

Para diagnosticar el BOAS es necesario complementar la información obtenida durante la anamnesis, con la inspección y la examinación clínica del paciente. La bibliografía consultada sugiere, además, el uso de imagenología para evaluar los tejidos blandos ya sea mediante radiografía, tomografía axial computarizada (TAC) o endoscopia (Packer *et al.*, 2015; Hughes *et al.*, 2017; Gianella *et al.*, 2019).

Entendiendo que la causa del BOAS es la conformación anatómica de los perros braquicefálicos, se hace evidente la necesidad de que su principal abordaje sea quirúrgico. Éste consiste en corregir las alteraciones anatómicas reconocidas como los mayores focos obstructivos: estenosis de narinas (aloplastia) e hipertrofia-elongación de paladar blando (palatoplastia) (Dupré & Heidenreich, 2016; Erjavec *et al.*, 2021), destacándose recientemente la importancia de corregir también la

aberración de cornetes nasales (turbinectomía) (Oechtering *et al.*, 2016a; Schuenemann *et al.*, 2017; Fernández-Parra *et al.*, 2019; Gianella *et al.*, 2019).

MATERIAL Y MÉTODO

Con el objetivo de actualizar la información disponible acerca de las alteraciones anatómicas del TRA y la importancia clínico-quirúrgica del BOAS en perros, se realizó una búsqueda y selección sistemática de material bibliográfico a partir de artículos de revistas científicas y libros de medicina veterinaria, disponibles en formato digital. Para ello se utilizó la biblioteca digital de la Universidad de Chile y los motores de búsqueda Web of Science, ScienceDirect, CABI, Scielo y Google Scholar.

Criterios de inclusión y exclusión:

1. Fueron consideradas las fuentes publicadas dentro de los últimos 15 años a la fecha, a contar de 2008. Se estableció la posibilidad de hacer una excepción con aquellas publicadas con anterioridad al 2008, que entregaran antecedentes de relevancia no disponibles en la bibliografía actual.
2. Se excluyeron publicaciones que no estuvieron escritas en español e inglés, por la dificultad que implicaba traducir correctamente la información.

RESULTADOS

Para realizar esta monografía se utilizaron en total 47 publicaciones, que fueron escogidas sistemáticamente según los criterios de búsqueda y selección establecidos, en base a lo propuesto por Page *et al.* (2021). La mayoría (96 %) correspondieron al período comprendido entre 2008 y 2023. Encontrándose el mayor número de éstas (68 %), entre los años 2015 y 2023. De las 47 fuentes consultadas, los artículos científicos representaron el 80,9 % (38), mientras que el resto consistió en libros 12,8 % (6) y recursos disponibles en línea 6,4 % (3), respectivamente.

DISCUSIÓN

A lo largo de los años, las alteraciones de las narinas y el paladar blando han sido ampliamente reconocidas como las más representativas de los perros braquicefálicos, si se comparan con la hipoplasia traqueal, eversión de los ventrículos y colapso laríngeo. En un estudio retrospectivo de perros con BOAS, sometidos a cirugías correctivas, Riecks *et al.* (2007), documentaron que el 58 % de éstos presentaba estenosis de narinas y el 87 % elongación del paladar blando. Los estudios posteriores han demostrado una tendencia similar, concluyéndose también que estas dos

alteraciones son las más frecuentes en perros con BOAS (Gianella *et al.*, 2019; Phillips, 2022).

Al momento de clasificar las alteraciones anatómicas del TRA como primarias o secundarias al BOAS, se establecen diferentes posturas. La primera de ellas entiende a la hipoplasia traqueal como otra alteración primaria junto a la estenosis de narinas y elongación de paladar blando (Hughes *et al.*, 2017); mientras que la otra línea de pensamiento considera a la hipoplasia traqueal más bien un hallazgo que un fenómeno obstructivo relevante, y atribuye mayor importancia a las alteraciones de las narinas, del paladar blando y, de manera más reciente, a la obstrucción intranasal generada por los cornetes aberrantes (Oechtering *et al.*, 2016a; Ekenstedt *et al.*, 2020). Krainer & Dupré (2022), por su parte, afirman que el grado de participación de las obstrucciones intranasales en la signología clínica, no está aún bien definido.

Para Riecks *et al.* (2007), la hipoplasia traqueal es una alteración primaria pero independiente, mientras que Hedlund (2014), la considera como un hallazgo que no se presenta en todos los perros con BOAS, sino que estaría asociado a la raza Bulldog Inglés. Años después, Fernández-Parra *et al.* (2019), reforzarían esta afirmación en base a sus resultados, donde mediante un estudio de CFD (del inglés Computational Fluid Dynamics), compararon la diferencia de presión entre distintos puntos en modelos del TRA de perros, documentando que la mayor diferencia de presión a nivel traqueal se presentó en el modelo de Bulldog Inglés, siendo utilizado como indicador de estenosis en la zona.

A medida que se cuenta con más antecedentes sobre el BOAS, la manera de entender las alteraciones del paladar blando ha evolucionado. Es así como, desde ser sólo una elongación (Riecks *et al.*, 2007; Gianella *et al.*, 2019), ha pasado a considerarse como una elongación y engrosamiento (Pichetto *et al.*, 2011; Dupré & Heidenreich, 2016; Oechtering *et al.*, 2016 a,b; Phillips, 2022). Dicho engrosamiento se atribuyó en primera instancia a hiperplasia muscular, sin embargo, Ekenstedt *et al.* (2020) y Phillips (2022), afirmaron que, en base al análisis histológico de muestras de paladar blando de perros con BOAS, el engrosamiento se debe a degeneración muscular con inclusión de tejido conectivo y glándulas salivales.

Meola (2013), señaló que no está determinado si las alteraciones del paladar blando son propias de los braquicefálicos, o si son secundarias a la estenosis de narinas como lo aseguran Riecks *et al.* (2007). Thunyodom *et al.* (2019), se oponen a esta idea, postulando que la elongación del paladar blando es una alteración congénita. Phillips (2022), define las alteraciones del paladar blando como un engrosamiento junto a elongación, reconociéndola como una

alteración primaria que incrementa la severidad de la signología clínica. Considera también la dificultad para determinar el impacto de la saculectomía en la resolución de la signología clínica, porque los estudios que la evalúan la incluyen dentro de un protocolo multifocal, desconociéndose su verdadero efecto a nivel individual.

Si bien la rinoplastia y palatoplastia, son entendidas como cirugías indispensables, aún es cuestionada la inclusión en el abordaje multifocal de la turbinectomía y saculectomía. El reconocimiento de la importancia que tiene la obstrucción intranasal ha sido creciente, demostrándose resultados beneficiosos ligados a la inclusión de la turbinectomía, como parte del abordaje multifocal (Fernández-Parra *et al.*, 2019; Gianella *et al.*, 2019); sin embargo, son necesarios nuevos estudios que evalúen su impacto a largo plazo. A pesar de lo anterior, Oechtering *et al.* (2016a), destacan la relevancia de la obstrucción intranasal en los perros con BOAS y la necesidad de reconocer su participación en la etiopatogenia de este síndrome a un nivel similar que la estenosis de narinas.

Entendiendo que la etiopatogenia del BOAS cuenta con el pedomorfismo como un pilar fundamental para la presentación de este síndrome, cobra sentido que el principal factor de riesgo para su presentación sea el grado de braquicefalia de los perros. Esto significa que, si bien puede estar relacionado con la raza, es un factor que dependerá de la morfología de cada perro braquicefálico a nivel individual. Liu *et al.* (2017), en su estudio para determinar factores conformacionales de riesgo para la presentación del BOAS, realizaron mediciones en el cráneo de los perros con cinta blanda de costura. Esta técnica demostró ser de gran utilidad y versatilidad, pudiendo ser aplicada en la consulta veterinaria, en los criaderos, e incluso por los propietarios en el hogar. Mediante su uso se pueden medir la longitud del hocico y del cráneo en estos perros, medidas necesarias para calcular la CFR, que actúa como indicador del grado de braquicefalia en los perros. Es así como, en un estudio que involucró a 700 perros, Packer *et al.* (2015), diagnosticaron al 10 % de ellos con BOAS tras realizar las mediciones con el mismo método posteriormente descrito por Liu *et al.* (2017), para calcular la CFR de cada individuo, obteniendo como resultado que el 80 % de los perros con CFR menor a 0,1 presentó BOAS, mientras que ningún perro cuyo CFR fuese mayor a 0,5 demostró padecer el síndrome.

En base a lo anterior, considerar los valores de este parámetro para realizar los cruzamientos en los criaderos, estableciendo como límite valores para la CFR de 0,5, sería una medida que permitiría reducir la cantidad de perros con extrema braquicefalia, y con ello, la prevalencia del BOAS, al estar el valor de CFR relacionado con la presentación de este síndrome.

El índice craneal (IC), al ser un parámetro calculado en base a la proporción existente entre el ancho y el largo craneal de los perros, permite ser utilizado para distinguir objetivamente entre los perros a aquellos que son braquicefálicos de los que no lo son, atribuyéndose a los braquicefálicos los valores del IC iguales o superiores a 0,81 (Selba *et al.*, 2019). En un estudio posterior, Selba *et al.* (2020), utilizaron modelos craneales reconstituidos en base a la información de TAC realizadas a 57 perros, de los que no se contaba con más información que la existencia de una proporción similar entre braquicefálicos y no braquicefálicos. Su finalidad era investigar el impacto que tiene en la neuroanatomía de los perros braquicefálicos, la selección a la que han sido sometidos, basándose en mediciones de la cavidad interna del neurocráneo. Es así como, que presenciaron la existencia de una relación significativa entre ésta y el IC, demostrando que en los perros braquicefálicos, definidos como tal en base a este indicador, la porción olfatoria del cerebro presentaría cierto compromiso en su desarrollo. Este estudio actúa como precedente para dejar de manifiesto la necesidad de realizar futuras investigaciones al respecto, con el fin de esclarecer la posible relación entre el pedomorfismo y el impacto en el desarrollo neurológico de los perros braquicefálicos, descubriendo una arista de la braquicefalia que aún no es estudiada.

OLIVARES, R.; LEIVA, M.; ELGUEDA, D.; FARIAS, G. & QUINTANA, O. Brachycephalic obstructive airway syndrome in dogs, anatomical alterations of the upper respiratory tract: A literature review. *Int. J. Morphol.*, 42(6):1542-1549, 2024.

SUMMARY: Brachycephalic Obstructive Airway Syndrome (BOAS) is defined as respiratory distress caused by cranial shortening in dogs, called pedomorphism, which leads to morphological alterations in the upper airway causing its obstruction. From this condition, morphological alterations occur in the upper respiratory airways (URA) that can cause obstruction, leading to a permanent increased inspiratory effort. Stenotic nares, aberrant nasal turbinates as well as soft palate elongation and thickening are recognized as primary anatomical abnormalities leading to obstruction. Clinically, it manifests with added respiratory sound and exercise intolerance, limiting activities of the affected dogs. BOAS can be diagnosed by complementing anamnesis and clinical examination with the use of imaging. Despite medical approaches described, the definitive solution is surgical correction of the anatomical abnormalities causing BOAS. Therefore, the aim of this study was to perform an updated bibliographic review of the anatomical alterations of URA affecting dogs with BOAS, as well as the associated clinical signs and surgical treatment. A total of 47 bibliographic sources were used: 38 scientific journal articles, 6 books and 3 online resources. Since there is a direct relationship between the degree of brachycephaly and the BOAS presentation, it is necessary to establish limits to pedomorphism at kennels based on objective parameters such as CFR or IC (Craniofacial Ratio and Cranial Index, respectively).

KEY WORDS Brachycephalic Syndrome; Pedomorphism; Canine upper airway anatomy; BOAS corrective surgery; Animal Welfare.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Caccamo, R.; Buracco, P.; La Rosa, G.; Cantatore, M. & Romussi, S. Glottic and skull indices in canine brachycephalic airway obstructive syndrome. *BMC Vet. Res.*, 10:12, 2014.
- Dupré, G. & Heidenreich, D. Brachycephalic Syndrome. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.*, 46(4):691-707, 2016.
- Ekenstedt, K. J.; Crosse, K. R. & Risselada, M. Canine brachycephaly: anatomy, pathology, genetics and welfare. *J. Comp. Pathol.*, 176:109-15, 2020.
- Erjavec, V.; Vovk, T. & Svete, A. N. Evaluation of oxidative stress parameters in dogs with brachycephalic obstructive airway syndrome before and after surgery. *J. Vet. Res.*, 65(2):201-8, 2021.
- Fernández-Parra, R.; Pey, P.; Zilberstein, L. & Malve, M. Use of computational fluid dynamics to compare upper airway pressures and airflow resistance in brachycephalic, mesocephalic, and dolichocephalic dogs. *Vet. J.*, 253:105392, 2019.
- Gianella, P.; Caccamo, R.; Bellino, C.; Bottero, E.; Fietta, F.; Roncone, S.; Ostanello, F.; Pietra, M. & Buracco, P. Evaluation of metabolic profile and C-reactive protein concentrations in brachycephalic dogs with upper airway obstructive syndrome. *J. Vet. Intern. Med.* 33(5):2183-92, 2019.
- Hedlund, C. Larynx: Brachycephalic Syndrome. In: Bojrab, M. J.; Waldron, D. R. & Toombs, J. P. (Eds.). *Current Techniques in Small Animal Surgery*. 5^a ed. Jackson (WY), Tenton NewMedia, 2014. pp.383-8.
- Hughes, J.; Kaye, B.; Beswick, A. & Ter Haar, G. Complications following laryngeal sacculotomy in brachycephalic dogs. *J. Small Anim. Pract.*, 59(1):16-21, 2017.
- Krainer, D. & Dupré, G. Brachycephalic obstructive airway syndrome. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.*, 52(3):749-80, 2022.
- Liu, N.; Troconis, E.; Kalmar, L.; Price, D.; Wright, H.; Adams, V.; Sargan, D. & Ladlow, J. Conformational risk factors of brachycephalic obstructive airway syndrome (BOAS) in pugs, French bulldogs, and bulldogs. *Plos One*, 12(8):e0181928, 2017.
- Meola, S. D. Brachycephalic airway syndrome. *Top. Companion Anim. Med.*, 28(3):91-6, 2013.
- Nguyen, D.; Nguyen, L.; Kenji, T.; Kaio, I. & Kazuhide, I. In-silico decongested trial effects on the impaired breathing function of a bulldog suffering from severe brachycephalic obstructive airway syndrome. *Comput. Methods Programs Biomed.*, 228:107243, 2023.
- Oechtering, G.; Pohl, S.; Schlueter, C. & Schuenemann, R. A novel approach to brachycephalic syndrome. 2. Laser-Assisted Turbinectomy (LATE). *Vet. Surg.*, 45(2):173-81, 2016b.
- Oechtering, G.; Pohl, S.; Schlueter, C.; Lippert, J.; Alef, M.; Kiefer, I.; Ludewig, E. & Schuenemann, R. A novel approach to brachycephalic syndrome. 1. Evaluation of anatomical intranasal airway obstruction. *Vet. Surg.*, 45(2):165-72, 2016a.
- Packer, R.; Hendricks, A.; Tivers, M. & Burn, C. Impact of facial conformation on canine health: Brachycephalic obstructive airway syndrome. *PLoS One*, 10(10):e0137496, 2015.
- Page, M. J.; McKenzie, J. E.; Bossuyt, P. M.; Boutron, I.; Hoffmann, T. C.; Mulrow, C. D.; Shamseer, L.; Tetzlaff, J. M.; Akl, E. A.; Brennan, S. E.; *et al.* The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *Int. J. Surg.*, 88:105906, 2021.
- Phillips, H. Updates in upper respiratory surgery. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.*, 52(2):339-68, 2022.
- Pichetto, M.; Arrighi, S.; Roccabianca, P. & Romussi, S. The anatomy of the dog soft palate. II. Histological evaluation of the caudal soft palate in brachycephalic breeds with grade I brachycephalic airway obstructive syndrome. *Anat. Rec. (Hoboken)*, 294(7):1267-72, 2011.
- Pratschke, K. Current thinking about brachycephalic syndrome: more than just airways. *Companion Anim.*, 19(2):70-8, 2014.
- Riecks, T.; Birchard, S. & Stephens, J. Surgical correction of brachycephalic syndrome in dogs: 62 cases (1991-2004). *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 230(9):1324-8, 2007.

- Schuenemann, R.; Pohl, S. & Oechtering, G. A novel approach to brachycephalic syndrome. 3. Isolated laser-assisted turbinectomy of caudal aberrant turbinates (CAT LATE). *Vet. Surg.*, 46(1):32-8, 2017.
- Selba, M. C.; Bryson, E. R.; Rosenberg, C. L.; Gan Heng, H. & DeLeon, V. B. Selective breeding in domestic dogs: How selecting for a short face impacted canine neuroanatomy. *Anat. Rec. (Hoboken)*, 304(1):101-15, 2020.
- Selba, M.; Oechtering, G.; Gan Heng, H. & De Leon, V. The impact of selection for facial reduction in dogs: geometric morphometric analysis of canine cranial shape. *Anat. Rec. (Hoboken)*, 303(2):330-46, 2019.
- Singh, B. *Dyce, Sack and Wensing's Textbook of Veterinary Anatomy*. 5ª ed. St. Louis, Elsevier, 2018.
- Thunyodom S.; Kalpravidh, M.; Kalpravidh, C.; Banlunara, W. & Brikshavana, P. Efficacy of ultrasonic dissection device in staphylectomy surgery in brachycephalic airway obstructive syndrome (BAOS) dogs. *Thai. J. Vet. Med.*, 49(2):113-20, 2019.

Dirección para correspondencia:

Dr. Ricardo Olivares P-M
Depto. Patología Animal
FAVET-UCH
Universidad de Chile
Santiago
CHILE

E-mail: rolivare@uchile.cl