



REMEVET


Animales no convencionales


FAUNA 


Remevet
ISSN: 2448-8968
3ª Edición/Oct-Dic 2025



ARTÍCULO
**ENFERMEDAD DENTARIA Y TRATAMIENTOS
ESPECIFICOS EN PRIMATES NO-HUMANOS**

 remevet1
324,113 seguidores

 @remevet
6,645 seguidores

 remevet.mx
116,098 seguidores

remevet.com/fauna

PORTADA FAUNA / ANIMALES NO CONVENCIONALES 3ª EDICIÓN



DIRECCIÓN EDITORIAL
MVZ. Cert. Luis Fernando Martínez Cornejo
lfmartinez@remevet.com

RELACIONES PÚBLICAS Y PUBLICIDAD
fauna@remevet.com
contacto@remevet.com

CONSEJO EDITORIAL
MVZ Daniel Gomez
MVZ Ana María Villada Rosales

ARTE & DISEÑO
L.D.P. Karla A. Pacheco Villada
k.pacheco@remevet.com

SUSCRIPCIONES, OPINIONES Y SUGERENCIAS
contacto@remevet.com
Tel. + 52 (55) 5689-9624

REMEVET FAUNA, 3era edición Oct-Diciembre 2025, es una publicación editada por REMEVET, S. DE R.L. DE C.V. Calle América No. 103, Col. Parque San Andrés, Coyoacán, Ciudad de México C.P. 04040. Tel. +52(55)5689-9624, www.remevet.com, contacto@remevet.com/fauna
Editores responsable:
MVZ Daniel Gomez

Director comercial Remevet:
MVZ. Luis Fernando Martínez Cornejo.

Reservas de Derechos al Uso Exclusivo
No. 04-2017-012011502600-102, ISSN: 2448-8968.

REMEVET es una publicación independiente, creada para la educación continua de los Médicos Veterinarios especialistas en cada área: pequeñas especies, fauna y equinos e interesados en el área. Opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de publicación.
Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de REMEVET.



ÍNDICE

3

HAEMONCHUS SPP. EN VENADOS COLA BLANCA (ODOCOILEUS VIRGINIANUS YUCATANENSIS) DEL SURESTE DE MÉXICO

Dr. Roger Iván Rodríguez-Vivas
M e C. Leonardo Guillermo-Cordero
Dra. Gabriela Janett Flota-Burgos
Dra. Iris del Carmen Trinidad-Martínez

9

ENFERMEDAD DENTARIA Y TRATAMIENTOS ESPECIFICOS EN PRIMATES NO-HUMANOS

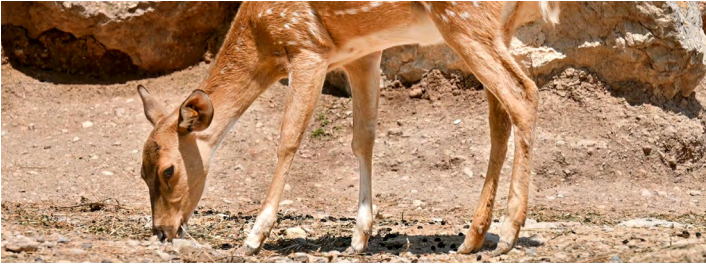
Julio A. Mercado MVZ MPVM

12

¿QUÉ ANTECEDENTES EXISTEN SOBRE LA TERAPIA HIPERBÁRICA EN ANIMALES DE COMPAÑÍA NO CONVENCIONALES (ACNC)?

MVZ EMCV (FS) Montiel Flores Roberto
Joaquín
MVZ CHT-V Escalante de Icaza Julio





HAEMONCHUS SPP. EN VENADOS COLA BLANCA (*ODOCOILEUS VIRGINIANUS YUCATANENSIS*) DEL SURESTE DE MÉXICO

Autores

DR. ROGER IVÁN RODRÍGUEZ-VIVAS*
M. EN C. LEONARDO GUILLERMO-CORDERO
DRA. GABRIELA JANETT FLOTA-BURGOS
DRA. IRIS DEL CARMEN TRINIDAD-MARTÍNEZ

Departamento de Salud Animal y Medicina Preventiva, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México.

* Autor de correspondencia: rvivas@correo.uady.mx

PALABRAS CLAVE:

-Haemonchus
-Venado cola blanca
-Histopatológico
-Cautiverio

RESUMEN

Se presenta el caso clínico de cervatillos de venado cola blanca (VCB) (*Odocoileus virginianus yucatanensis*) parasitados con nematodos del orden strongylida que mostraron baja condición corporal, anemia, diarrea, bajo hematocrito y mucosas pálidas. Los cervatillos provinieron de una unidad de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMCVS) donde conviven con ovinos y caprinos. Se realiza el estudio coprológico de 3 cervatillos con signos clínicos gastroentéricos y 7 sin signos aparentes mediante la técnica de McMaster, obteniéndose una alta tasa de eliminación de huevos del orden strongylida (5,213 vs. 761 huevos por gramo de heces). Se realizan cultivos de larvas L₃ y la identificación de adultos fue confirmada como *Haemonchus* spp. Se realiza la necropsia de un cervatillo con signos clínicos donde se observan mucosas pálidas, secas y cianóticas, ojos hundidos, pérdida de elasticidad de la piel, edema subcutáneo severo difuso, ascitis e hidrotórax. Se realiza el estudio histopatológico en tejidos (pulmón, hígado, riñón y abomaso) y los hallazgos más relevantes en el abomaso son: mucosa ulcerada, con un infiltrado inflamatorio moderado difuso (linfocitos, células plasmáticas y eosinófilos), así como hiperplasia moderada difusa de las glándulas de la submucosa. Se discute la posible transmisión de nematodos entre ovinos, caprinos y VCB, así como la necesidad de establecer medidas de prevención y control en la UMCVS.

INTRODUCCIÓN

Los nematodos gastrointestinales producen en los rumiantes domésticos daños a su salud y reducen su potencial productivo (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2018). Sin embargo, existe poca información sobre los daños que producen los nematodos a los animales silvestres. En los últimos años, la convivencia de animales domésticos y silvestres en Unidades de manejo para la Conservación de la Vida Silvestre puede dar lugar a la transmisión cruzada de parásitos entre diferentes especies de rumiantes (Cossío-Bayúgar *et al.*, 2015).

Haemonchus spp. es un nematodo patógeno que parasita el abomaso de los rumiantes. Se caracteriza por ser hematófago y producir anemia que se manifiesta con mucosas pálidas principalmente en la conjuntiva de los ojos. Los animales afectados gravemente cursan además con hipoproteinemia, que conduce a la formación de edema (submandibular y región ventral). En las infecciones agudas los rumiantes pueden presentar muerte súbita, mientras que en las infecciones crónicas se manifiestan con pérdidas en la ganancia de peso (Besier *et al.*, 2016a; Bowman, 2021).

Las parasitosis causadas por *Haemonchus* spp. han sido reportadas en rumiantes silvestres de la familia Cervidae como el corzo (*Capreolus capreolus*), corzuela parda (*Mazama gouazoubira*), gamo (*Dama dama*), venado de las pampas (*Ozotoceros bezoarticus*), venado mulo (*Odocoileus hemionus*) y venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) (Davidson *et al.*, 1980; Hoberg *et al.*, 2001; Lux Hoppe *et al.*, 2010;



Hernández y González, 2012; Laca Megyesi *et al.*, 2019). En estos rumiantes, *Haemonchus spp.* ocasiona un cuadro similar al descrito en rumiantes domésticos, principalmente en animales jóvenes. La anemia y el síndrome de desnutrición que ocasiona la haemonchosis se han descrito como factores asociados a la mortalidad en cervatillos menores de 1 año (Davidson *et al.*, 1980; Nettles *et al.*, 2002).

Además de la repercusión en su salud y conservación, los rumiantes silvestres parasitados representan una potencial amenaza para la propagación de nematodos resistentes a los antihelmínticos (Laca Megyesi *et al.*, 2020). Por tanto, es importante identificar los parásitos que los afectan, el daño que ocasionan y las posibles repercusiones sobre animales silvestres y animales domésticos.

El objetivo de presente estudio es describir el caso clínico de parasitosis por *Haemonchus spp.* en venados cola blanca provenientes de una unidad de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMCVS) en Yucatán, México.

PRESENTACIÓN DE LOS CASOS CLÍNICOS

Se recibe en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán (FMVZ-UADY) el caso de tres venados cola blanca (*Odocoileus virginianus yucatanensis*, VCB) de 2 a 3 meses de edad con signos digestivos. Los animales pertenecían a una UMCVS ubicada en Tixkokob, Yucatán (21°00'07" N, 89°23'41" O). Se acude a la UMCVS para realizar la inspección física de los animales y se tomaron muestras para realizar el diagnóstico. Uno de los tres VCB muere y fue trasladado a la FMVZ-UADY para realizar el estudio de necropsia.

SITIO DE ESTUDIO

El estudio se realiza en una UMCVS de producción de VCB de ciclo completo, ubicada en el municipio de Tixkokob, a 32 km al este sureste de Mérida, capital del estado de Yucatán, México. La unidad cuenta con una extensión de 32 ha, de las cuales 20 ha están destinadas al pastoreo en praderas de zacate estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), donde además de pastorear los venados también los hacen ovinos y caprinos.

El área donde se encuentran los venados está formada por 13 corrales divididos con malla estilo borreguera, con una altura de 3 m, sus pisos son de tierra con una pequeña porción de zacate estrella africana, y cuenta con árboles en el interior de los corrales que le proporciona un área sombreada. Los corrales se dividen en tres áreas: destete, crecimiento y maternidad, dichas áreas están separadas físicamente por muros y puertas. La unidad cuenta con manga y prensa para el manejo de los animales, además de comederos y bebederos de plástico.

POBLACIÓN ANIMAL

La UMCVS cuenta con 101 VCB (30 destetes, 15 en crecimiento, 56 pie de cría). Adicionalmente cuenta con ovinos y caprinos, que tienen su estancia en corrales separados, aunque existen ciertos potreros que comparten en diferentes momentos y los mismos trabajadores atienden a todos los animales de la UMCVS.

Los tres VCB que presentaron problemas de salud pertenecen al grupo de destetes (2-6 meses de edad) y están alojados en un mismo corral junto con otros 7 VCB.

MANEJO ALIMENTICIO

La alimentación de los VCB consiste en pastoreo de zacate estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) y plantas nativas de la región (*p. ej.*, *Leucaena leucocephala*), así como en el acarreo de hojas del árbol de ramón (*Brosimum alicastrum*) en sus comederos. Adicionalmente reciben un suplemento alimenticio a base de maíz quebrado y sorgo, así como alimento comercial, principalmente en la época de escasez de pasto (febrero-junio).

MANEJO PROFILÁCTICO Y DESPARASITACIÓN

Todos los VCB reciben una vez al año la vacuna Bovact 8® (*Clostridium chauvoei*, *C. septicum*, *C. novyi*, *C. sordelli*, *C. perfringens*, *Pasteurella multocida*) A y D y *Mannheimia haemolytica*, laboratorio MSD Salud Animal, México). La desparasitación antihelmíntica se realiza a los cervatillos de 2 a 3 meses de edad, mediante la aplicación de ivermectina al 1% a una dosis de 200 mcg/kg peso vivo, vía subcutánea. Los demás animales solo son desparasitados con el mismo endectocida (misma dosis y vía de administración) cuando los animales presentan signos clínicos digestivos como diarrea, heces pastosas, colas manchadas con heces, abdomen dilatado, pérdida de peso y anorexia. El tratamiento es aplicado por un técnico y solo en casos especiales se recurre a la asesoría de un veterinario. Se reporta que durante los últimos cinco años solamente se ha empleado este principio activo para desparasitar a los animales.

TOMA DE MUESTRAS

Análisis coprológico. Se tomaron muestras de heces de los 10 VCB del corral del área de destete que presenta problemas de salud. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio de la Parasitología de la FMVZ-UADY y se analizaron mediante la prueba de McMaster para estimar el número de huevos por gramo de excremento (h/gh) (Rodríguez-Vivas y Cob-Galera, 2005). Adicionalmente se realiza un coprocultivo en las muestras positivas con huevos del orden strongylida para identificar los géneros involucrados (Van Wyk *et al.*, 2013).



Hemograma. Se tomaron muestras de sangre a los tres VCB que presentaban signología digestiva para conocer el número de eritrocitos/ μl y % de hematocrito. Las muestras se tomaron de la vena yugular, con ayuda de una aguja y tubos vacutainer con ácido etilendiaminotetraacético. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio de Análisis Clínicos de la FMVZ-UADY para su procesamiento.

Necropsia. El VCB que fue enviado a la FMVZ-UADY fue sometido al proceso de necropsia. Para el estudio histopatológico se tomaron muestras de 2 cm^3 del hígado, riñón, pulmones y abomaso, que fueron colocadas en frasco de plástico de boca ancha con formalina amortiguada al 10% y buferada a un pH 7.2, manteniendo la relación muestra fijador de 1:10. Se identifica el frasco y se guarda por 24 h para su fijación. La muestra fue procesada mediante la técnica de inclusión en parafina y tinción con Hematoxilina-Eosina. Finalmente se procede a la revisión de la muestra con ayuda de un microscopio óptico (Alzamora Filho *et al.*, 2015; Saminathan *et al.*, 2015).

Identificación de nematodos. Los nematodos recuperados del abomaso durante la necropsia fueron transferidos a frascos con etanol al 95% para su conservación y traslado al laboratorio de Parasitología de la FMVZ-UADY. Los ejemplares fueron medidos y observados con ayuda de un estereoscopio para su identificación taxonómica de acuerdo con su morfología (Rojas *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2015).

RESULTADOS

Inspección física de los VCB. En la inspección física de los 10 VCB del corral del área de destete se observa que tres cervatillos (2-3 meses de edad) se encontraban postrados, con las colas manchadas de heces, disnea, mucosas palpebral y conjuntival pálidas, con los ojos moderadamente hundidos y tiempo de llenado capilar de 3 a 4 segundos. La condición corporal de los tres cervatillos postrados fue de 1, mientras que los siete animales restantes no presentaban signos clínicos digestivos y su condición corporal fue de 3 (escala de 1 a 5).

Análisis coprológico. En los siete cervatillos del área de destete que aún no presentaban signos clínicos de parasitosis gastrointestinal se observa un conteo en promedio de 761 h/gh (rango de 400 a 2,500 h/gh) de huevos pertenecientes al orden strongylida, mientras que los tres VCB con signos clínicos gastrointestinal eliminaron en promedio 5,213.4 h/gh (rango de 2,400 a 7,500 h/gh) del orden strongylida.

Las larvas L_3 de los coprocultivos fueron identificadas con *Haemonchus* spp. debido a sus características morfológicas: cabeza redondeada en forma de bala, con una longitud total de 670 a 722 μm , con 16 células intestinales, cola clasificada como mediana, la punta de la cola se observa con forma cónica, mientras que la vaina se va volviendo más delgada

hasta finalizar en una punta fina y presenta una torcedura inmediatamente en el sitio donde termina la cola (Figura 1).

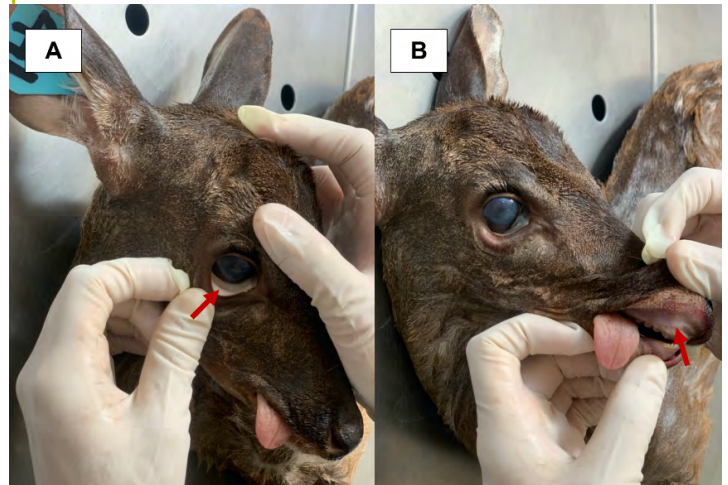
Figura 1. Larvas L_3 de *Haemonchus* spp. A) Larvas recuperadas de los coprocultivos. B) Extremo anterior. C) Extremo posterior.



Hemograma. Los siete cervatillos del área de destete que aún no presentaban signos clínicos de parasitosis gastrointestinal tuvieron en el hemograma un promedio de 4.55 eritrocitos/ μl (rango de 2.11 a 5.04 eritrocitos/ μl) y hematocrito de 34 % (rango de 31 a 38%), mientras que los tres cervatillos que mostraron signos clínicos gastrointestinales tuvieron en promedio 2.75 eritrocitos/ μl (rango de 2.43 a 3.21 eritrocitos/ μl) y hematocrito de 24% (rango de 19 a 27%).

Necropsia. En el VCB que se realiza la necropsia se observa mucosas conjuntival y oral severamente pálidas (Figura 2), ojos hundidos, pérdida de elasticidad de la piel, mucosas secas y cianóticas, estimándose una deshidratación del 10%. El animal presenta edema subcutáneo severo difuso, con disminución del tamaño de todos los linfonodos superficiales. En la cavidad abdominal y torácica se encuentra ascitis e hidrotórax severos difusos, respectivamente (Figura 3A). Los pulmones se

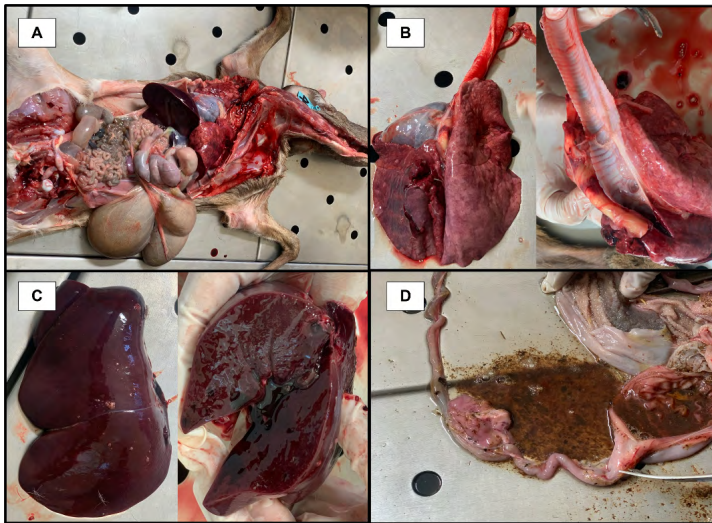
Figura 2. Paciente cervatillo de venado cola blanca, en donde se observa las mucosas conjuntivales (A) y oral (B) severamente pálidas.





presentan congestionados, donde, al corte de las vías aéreas se identifica gran cantidad de edema (Figura 3B). En el corazón se observa hidropericardio severo, con atrofia serosa de la grasa del epicardio. En el sistema digestivo, el hígado (Figura 3C) y el páncreas se encuentran con congestión moderada difusa. En el abomaso se observa la mucosa hiperémica con múltiples hemorragias (petequias) y exudado catarral moderado, con la presencia de nematodos (Figura 3D). Los riñones y el bazo se aprecian congestionados, con la vejiga urinaria totalmente vacía.

Figura 3. Hallazgos en la necropsia: (A) Incisión primaria, se observa congestión de hígado y pulmones y distensión de los pre-estómagos. (B) Congestión pulmonar y edema en vías aéreas. (C) Congestión hepática severa difusa. (D) Contenido sangui-nolento en abomaso y mucosa hiperémica con múltiples petequias hemorrágicas.



En la histopatología, se reportan los siguientes hallazgos (Figura 4):

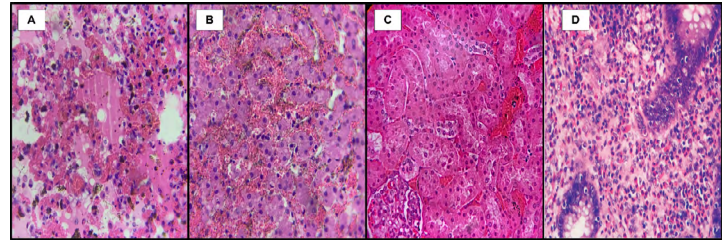
Pulmón: Congestión y edema severos difusos con abundante material proteínico eosinofílico homogéneo en el lumen alveolar y en las vías respiratorias.

Hígado: Disociación de los cordones hepáticos, con dilatación de las sinusoides, así como congestión hepática caracterizada por la acumulación de gran cantidad de eritrocitos. Asimismo, se observa lipidosis hepática a gota fina moderada difusa en donde se aprecia en el citoplasma de los hepatocitos múltiples vacuolas lipídicas pequeñas.

Riñón: Congestión renal severa difusa donde se observa dilatación severa de los vasos sanguíneos del espacio intersticial y la acumulación de gran cantidad de eritrocitos.

Abomaso: Mucosa ulcerada, con un infiltrado inflamatorio moderado difuso formado por linfocitos, células plasmáticas y eosinófilos. También se observa hiperplasia moderada difusa de las glándulas de la submucosa.

Figura 4. Hallazgos en la histopatología: (A) Edema y congestión pulmonar severo difuso (B) Congestión hepática severa difusa. (C) Congestión renal moderada difusa. (D) Abomasitis linfoplasmocítica y eosinofílica moderada difusa con hiperplasia de las glándulas de la mucosa. (40x, tinción Hematoxilina-Eosina).



Identificación de los nematodos recuperados. Los nematodos adultos fueron identificados como *Haemonchus spp.* De forma macroscópica los ejemplares se observaron de color rojo brillante. Los machos midieron entre 12 y 19 mm de longitud, mientras que las hembras midieron entre 15 y 26 mm de longitud. En el extremo anterior se observa una cápsula bucal pequeña que contiene una lanceta y la presencia de papilas cervicales. En el extremo posterior de las hembras se observa que la vulva se presenta en forma de botón (50%) y con forma lisa (50%). Los machos, en el extremo posterior, presentan bolsa copulatriz con lóbulos laterales sobresalientes y un rayo dorsal asimétrico, se observa el gobernáculo y las espículas con terminación en forma de lengüeta (Figura 5).

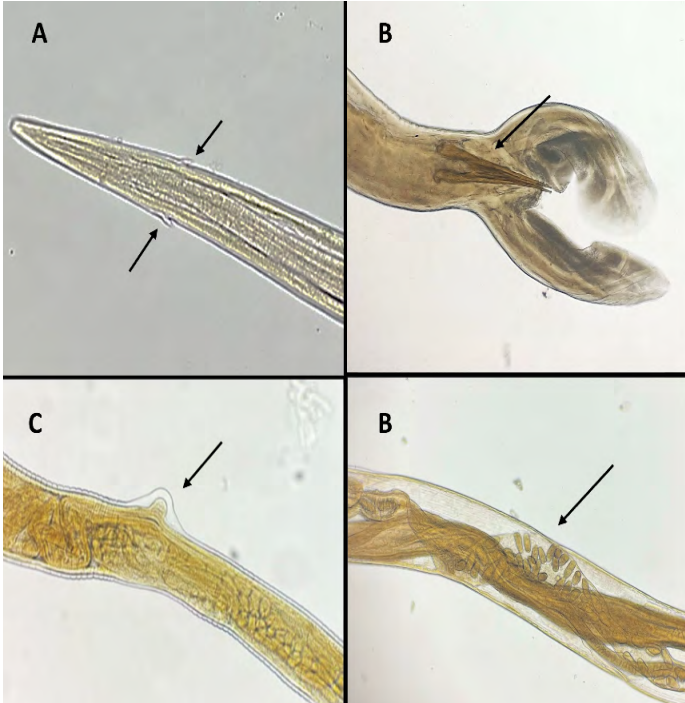
DISCUSIÓN

Las infecciones por *Haemonchus spp.* son una de las causas más importantes de los problemas de salud y la baja productividad de rumiantes criados en zonas tropicales y subtropicales (Silva *et al.*, 2015). En los sistemas productivos en donde se da la coexistencia de rumiantes domésticos y silvestres, con acceso a áreas de pastoreo en común, se considera que la población de *Haemonchus spp.* puede encontrar condiciones adecuadas para desarrollarse en ambos grupos de hospederos, e incluso ocasionar problemas de salud (Rojas *et al.*, 2012).

McGhee *et al.* (1981) estudiaron la transmisión cruzada de *H. contortus* en bovinos, ovejas y VCB, observando que los corderos y los terneros infectados con *H. contortus* provenientes de ciervos mostraban altos conteos de huevos eliminados en las heces, además se observó que cuando se infectaban ciervos con *H. contortus* de origen bovino, éstos mostraban valores de eliminación de huevos en heces similares a los de ciervos infectados con el nematodo proveniente de venados. Asimismo, se observó que los parásitos adultos recuperados de los hospederos evaluados eran morfológicamente similares, concluyendo que para conocer la especie es necesario recurrir a pruebas moleculares, situación similar a lo ocurrido en el presente estudio donde no fue posible



Figura 5. Características morfológicas de los ejemplares de *Haemonchus* spp. A) Extremo anterior con papilas cervicales; B) Extremo posterior del macho, se observa la bolsa copulatrix y las espículas; C) Extremo posterior de la hembra con vulva de botón y D) con vulva lisa.



definir la especie del género *Haemonchus* encontrado en los VCB. La identificación adecuada de las diversas especies es relevante para el conocimiento de la epidemiología de la haemonchosis en rumiantes domésticos y silvestres, así como para el establecimiento de estrategias sostenibles de control parasitario, sobre todo en aquellas especies en donde se presentan problemas de resistencia antihelmíntica (Amarante, 2011). Zaralenga *et al.* (2016) mencionan que la identificación precisa de especies de *Haemonchus* spp. permite comprender la circulación, distribución geográfica y la epidemiología de las poblaciones de *Haemonchus* spp. en la intersección de los ecosistemas antrópicos y los silvestres. Además, la identificación de especies puede mostrar los cambios en los patrones de distribución geográfica y la capacidad de *Haemonchus* spp. de parasitar rumiantes domésticos y silvestres, así como su influencia en la persistencia, diseminación y el intercambio genético entre poblaciones resistentes a los antihelmínticos.

Barone *et al.* (2020) encontraron una prevalencia de *Hemonchus* spp. del 26% en VCB de vida libre de Estados Unidos concluyendo que los rumiantes silvestres son hospederos competentes para nematodos que generalmente infectan bovinos, ovinos y caprinos, como es el caso de *Haemonchus* spp. De igual forma, se reconoce la posibilidad de que los rumiantes silvestres actúen como reservorios en la translocación de *Haemonchus* spp., incluidos aquellos que

portan mutaciones de resistencia antihelmíntica (Laca Megyesi *et al.*, 2020).

En México, Montes-Pérez *et al.* (1998) encontraron una frecuencia media anual de 15.3% en VCB positivos de huevos del orden strongylida y al realizar coprocultivos, se recuperaron larvas de *Haemonchus* spp. (98.2%). Salmorán-Gómez *et al.* (2019) estudiaron la abundancia de endoparásitos en VCB en condiciones de cautiverio, identificaron a los nematodos del orden strongylida como el segundo endoparásito más abundante; sin embargo, en ese estudio no fue posible identificar los géneros y las especies involucradas.

En UMCVS donde conviven rumiantes domésticos y silvestres el potencial de intercambio de parásitos es posible, ya que comparten las mismas fuentes de infección como ciertas áreas de pastizales donde se encuentran larvas infectantes que son consumidas al momento de alimentarse. El género *Haemonchus* es un nematodo prolífico (una hembra puede poner hasta 10,000 huevos/día), que se adapta a diferentes condiciones climáticas, en especial a los trópicos y tiene un gran potencial para infectar diferentes especies rumiantes (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2018), como lo ocurrido en el presente estudio.

La baja condición corporal observada en los cervatillos y la signología de la haemochosis clínica (por ej., diarrea, anemia, bajo hematocrito y mucosas pálidas) se puede asociar a la hematofagia que produce *Haemonchus* spp. Nettles *et al.* (2002) mencionan que *H. contortus* produce en cervatillos el síndrome de desnutrición y favorece la mortalidad en animales jóvenes (≤ 1 año de edad). Los hallazgos encontrados en la necropsia del cervatillo y los hallazgos en el estudio histopatológico coinciden con lo reportado por Saminathan *et al.* (2015) quienes describieron daños similares en órganos y tejidos causados por *Haemonchus* spp. en ovinos, tales tejidos corporales pálidos, sangre diluida, ascitis, pelo hirsuto y edema submandibular.

La fisiopatología y los signos clínicos que ocasiona la haemonchosis a los rumiantes están asociados principalmente a la anemia que se desarrolla como consecuencia de la actividad hematofaga de *Haemonchus* spp. La actividad hematofaga comienza con las larvas L₄ y se intensifica con el establecimiento de los adultos en el abomaso, donde se ha estimado que cada uno puede ingerir entre 30 y 50 μ l por día. La severidad del cuadro clínico está relacionada con la cantidad de nematodos adultos en abomaso, ya que existe una fuerte correlación entre la pérdida de sangre y la cantidad de adultos. La hipoproteïnemia, que también resulta de la alimentación hematofaga del parásito, da lugar a la presentación de ascitis y edema submandibular. La sangre presenta un aspecto acuoso y no logra coagularse, mientras que la mucosa del abomaso suele encontrarse edematosa y con lesiones debidas a la fijación de los nematodos. La diarrea no es frecuente, pero si está presente



provoca deshidratación lo que pudiera conducir a un choque hipovolémico y muerte del animal (Saminathan *et al.*, 2015; Besier *et al.*, 2016b; Arsenopoulos *et al.*, 2021).

El conocimiento de los nematodos que afectan a los rumiantes domésticos y de vida silvestre, principalmente en las UMCVS donde comparten las mismas fuentes de contagio, es necesario para poder establecer medidas preventivas que permitan expresar su potencial productivo, mejorar su bienestar animal y evitar las pérdidas derivadas de la muerte de los animales.

CONCLUSIONES

Se presenta el caso clínico de cervatillos parasitados con nematodos del orden strongylida que mostraron baja condición corporal, anemia, diarrea, bajo hematocrito y mucosas pálidas. Las larvas y los adultos que afectaron a los cervatillos se identificaron como *Haemonchus* spp. En la necropsia se observan mucosas pálidas, ojos hundidos, pérdida de elasticidad de la piel, mucosas secas y cianóticas, edema subcutáneo severo difuso, ascitis e hidrotórax. Se discute la posible transmisión del nematodo entre ovinos, caprinos y VCB, así como la necesidad de establecer medidas de prevención y control en la UMCVS del sureste de México.

BIBLIOGRAFIA

- Alzamora Filho, F., Silva, F.L., Brasileiro, F.C.S., Guedes, P.E.B., Michel, A.F.M. 2016. Aspectos clínicos e patológicos da raiva em ovino - Relato de caso. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária*. 38(3): 222-226.
- Amarante, A.F.T. 2011. Why is it important to correctly identify *Haemonchus* species? *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*. 20(4): 263-268.
- Arsenopoulos, K.V., Fthenakis, G.C., Katsarou, E.I., Papadopoulos, E. 2021. Haemonchosis: A challenging parasitic infection of sheep and goats. *Animals*. 11(2): 363.
- Barone, C.D., Wit, J., Hoberg, E.P., Gilleard, J.S., Zarlenga, D.S. 2020. Wild ruminants as reservoirs of domestic livestock gastrointestinal nematodes. *Veterinary Parasitology*. 279: 109041.
- Besier, R.B., Kahn, L.P., Sargison, N.D., Van Wyk, J.A. 2016. Diagnosis, treatment and management of *Haemonchus contortus* in small ruminants. In: Gasser, R.B., Von Samson-Himmelsterna. *Haemonchus contortus* and Haemonchosis – Past, Present and Future Trends.
- Besier, R.B., Kahn, L.P., Sargison, N.D., Van Wyk, J.A. 2016. The pathophysiology, ecology and epidemiology of *Haemonchus contortus* infection in small ruminants. In: Gasser, R.B., Von Samson-Himmelsterna. *Haemonchus contortus* and Haemonchosis – Past, Present and Future Trends.
- Bowman, D.D. 2021. *Georgis' Parasitology for Veterinarians*. Ed. Saunders.
- Cossío-Bayúgar, A., Romero, E., Gallina, S., Suzán, G., Ibáñez-Bernal, S. 2015. Variation of gastrointestinal parasites in mule deer and cattle in Mapimí Biosphere Reserve, Mexico. *The Southwestern Naturalist*. 60(2-3): 180-185.
- Davidson, W.R., McGhee, M.B., Nettles, V.F., Chappel, C. 1980. Haemonchosis in white-tailed deer in the southeastern United States. *Journal of Wildlife Diseases*. 16(4): 499-508.
- Hernández, Z., González, S. 2012. Parasitological survey of the Uruguayan populations of wild Pampas deer (*Ozotoceros bezoarticus* L. 1758). *Animal Production Science*. 52(8): 781-785.
- Hoberg, E.P., Kocan, A.A., Rickard, L.G. 2001. Gastrointestinal strongyles in wild ruminants. In: Samuel, W.M., Pybus, M.J., Kocan, A.A. *Parasitic diseases of wild mammals*. Iowa State University Press, Ames, IA.
- Laca Megyesi, S., Königová, A., Babják, M., Molnár, L., Rajský, M., Szestáková, E., Major, P., Soroka, J., Urda Dolinská, M., Komáromyová, M., Várady, M. 2019. Wild ruminants as a potential risk factor for transmission of drug resistance in the abomasal nematode *Haemonchus contortus*. *European Journal of Wildlife Research*. 66(9): 1-6.
- Lux Hoppe, E.G., Tebaldi, J.H., Nascimento, A.A. 2010. Helminthological screening of free-ranging grey brocket deer *Mazama gouazoubira* Fisher, 1817 (Cervidae: Odocoileini) from Brazilian Pantanal wetlands, with considerations on *Pygarginema verrucosa* (Molin, 1860) Kadenatzii, 1948 (Spirocercidae: Ascaropsinae). *Brazilian Journal of Biology*. 70(2): 417-423.
- McGhee, M.B., Nettles, V.F., Rollor III, E.A., Prestwood, A.K., Davidson, W.R. 1981. Studies on cross-transmission and pathogenicity of *Haemonchus contortus* in white-tailed deer, domestic cattle and sheep. *Journal of wildlife diseases*, 17(3): 353-364.
- Montes-Perez, R.C., Rodríguez-Vivas, R.I., Torres-Acosta, J.F.J., Ek-Pech, L.G. 1998. Seguimiento anual de la parasitosis gastrointestinal de venados cola blanca *Odocoileus virginianus* (Artiodactyla: Cervidae) en cautiverio en Yucatán, México. *Revista de Biología Tropical*. 46(3): 821-827.
- Nettles, V.F., Quist, C.F., Lopez, R.R., Wilmers, T.J., Frank, P., Roberts, W., Chitwood, S., Davidson, W.R. Morbidity and mortality of factors in Key Deer (*Odocoileus virginianus clavium*). *Journal of Wildlife Disease*. 38(4): 685-692.
- Rodríguez-Vivas, R.I., Cob-Galera, L. 2005. Técnicas diagnósticas en parasitología veterinaria. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Rodríguez Vivas, R.I., Torres Acosta, J.F.J., Cruz Vázquez, C., Almázán García, C., Alcalá Canto, T., Alonso Díaz, M.A., Chan Pérez J.I., *et al.* 2018. Capítulo VII. Epidemiología y control de garrapatas, moscas y nematodos gastrointestinales que afectan a los bovinos en México. En: Estado del Arte Sobre Investigación e Innovación Tecnológica en Ganadería Bovina Tropical. Red de Investigación e Innovación Tecnológica para la Ganadería Bovina Tropical (REDGATRO). 2ª edición. INIFAP, UNAM, CONACYT. pp. 255-308.
- Rojas, N., La O, M., Arece, J., Carrión, M., Pérez, K., San Martín, C., Valerino, P., Ramírez, W. 2012. Identificación y caracterización de especies de *Haemonchus* en caprinos del Valle de Cauto en Granma. *Revista electrónica de veterinaria*. 13(2): 1-10.
- Salmorán-Gómez, C., Serna-Lagunes, R., Mora-Collado, N., Romero-Salas, D., Ávila-Nájera, D.M., Zetina-Córdoba, P. 2019. Endoparasites in captive *Odocoileus virginianus* and *Mazama temama* in Veracruz, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 10(4):986-999.
- Saminathan, M., Gopalakrishnan, A., Latchumikathan, A., Milton, A.A.P., Aravind, M., Dhama, K., Singh, R. 2015. Histopathological and parasitological study of blood-sucking *Haemonchus contortus* infection in sheep. *Advances in Animal and Veterinary Science*. 3(2): 99-108.
- Silva, M.R.L., Amarante, M.R.V., Bresciani, K.D.S., Amarante, A.F.T. 2015. Host-specificity and morphometrics of female *Haemonchus contortus*, *H. placei* and *H. similis* (Nematoda: Trichostrongylidae) in cattle and sheep from shared pastures in Sao Paulo State, Brazil. *Journal of Helminthology*. 89: 302-306.
- Van Wyk, J.A., Mayhew, E. 2013. Morphological identification of parasitic nematode infective larvae of small ruminants and cattle: A practical lab guide. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*. 80(1): 1-14.
- Zarlenga, D.S., Hoberg, E.P., Tuo, W. 2016. The identification of *Haemonchus* species and diagnosis of Haemonchosis. In: Gasser, R.B., Von Samson-Himmelsterna. *Haemonchus contortus* and Haemonchosis – Past, Present and Future Trends.



ENFERMEDAD DENTARIA Y TRATAMIENTOS ESPECIFICOS EN PRIMATES NO-HUMANOS

Autores

JULIO A. MERCADO MVZ MPVM

1. Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, Universidad Autónoma de Baja California, Fracc. Campestre s/n. Km 3.5 Carretera a Mexicali-San Felipe, Mexicali, Baja California.

PALABRAS CLAVE:

- Dentistry
- Periodontal
- Mammal
- Primate
- Captive

RESUMEN

La salud de la cavidad oral de los primates bajo cuidado humano es muy importante. La enfermedad bucal de las piezas dentarias se ha creído que es exclusiva de las condiciones de cautiverio en diversas especies de mamíferos, sin embargo, reportes de poblaciones animales en estado silvestre demuestran que estos problemas también se presentan de manera natural en la vida silvestre. El impacto de la salud y la longevidad están directamente asociadas a la salud bucal. Esta revisión provee de información referente a los problemas dentales reportados en los primates tanto en condiciones de cautiverio como en estado silvestre de manera taxonómica. La ausencia de información de la condición dental de las especies de primates en México, tanto bajo condiciones de cuidado humano, así como silvestres genera un hueco informativo importante para poder tomar las medidas necesarias para su tratamiento y prevención aunando un déficit del bienestar impactando en su conservación *in situ* y *ex situ*.

INTRODUCCIÓN

“La salud empieza por la boca”, este es un dicho conocido que nos demuestra la importancia del cuidado de la cavidad oral. Para fortalecer las medidas de bienestar animal la atención dentaria es vital. Los primates no son una excepción, y más cuando las especies bajo cuidado humano incrementan su longevidad repercutiendo directamente en la salud de las piezas dentarias (Steenkamp, 2022). En el orden Primates existen, 15

familias, 77 géneros y 280 especies aproximadamente (Nowak, 1999). La anatomía dental de los primates, aunque puede seguir un patrón común entre especies, las piezas dentarias presentan variaciones marcadas que distinguen las diferencias de dieta, el acicalado, la masticación y el comportamiento social (Wiggs, 2003). El médico veterinario debe de estar capacitado para prevenir y tratar los padecimientos de las especies de primates basadas en sus necesidades. Se reconoce que, en circunstancias bajo condiciones de cuidado humano, los problemas dentarios en primates son altamente prevalentes (Kapoor, 2016; Lowenstine *et al* 2016). Pero, erróneamente se cree que los problemas dentarios solo ocurren en condiciones de cautiverio (*ex situ*) (Steenkamp, 2022). Estudios en estado libre (*in situ*) demuestran que estos problemas también se observan en individuos silvestres. Y sobre todo estudios antropológicos de los primates demuestran que estos problemas son más antiguos de lo que pensamos. Dos libros han sido importantes en el conocimiento de la nomenclatura dental normal de los primates y algunas enfermedades (Miles, 1990 y Swindler, 2002), sin embargo, ambas obras ya han rebasado los 20 años de antigüedad, sin dejar de ser importantes como libros de referencia. El libro más reciente de medicina dentaria “Zoo and Wild Animal Dentistry” (Emily, 2021), es una fuente actualizada importante para el inicio del conocimiento en esta área, donde se explican técnicas comunes para el tratamiento de padecimientos dentales, sin embargo, hay ausencia de presentación de problemas dentales específicos basados en grupos taxonómicos y sobre los tratamientos sugeridos.



OBJETIVO

A través de la búsqueda bibliográfica se busca presentar información específica de los padecimientos dentales que se han reportado en primates. Para permitir al practicante de la medicina veterinaria oral contar con información que ayude a generar diagnósticos específicos por especie y establecer terapias adecuadas, abordándolos desde una perspectiva taxonómica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda de artículos científicos en un servidor de datos: Google académico (Scholar), bajo la búsqueda de las palabras: “primate”, “dental”, “disease”. Aquellos artículos que no correspondían a problemas dentales primarios, como fracturas mandibulares o neoplasias fueron excluidos. Se busco que en su mayoría los artículos representaran fechas del año 2000 hasta la actualidad, pero se incluyen algunos de fechas anteriores por su importancia a algún grupo taxonómico. También se realizó una búsqueda de las memorias de los congresos de la American Association of Zoo Veterinarians en su página web (www.aazv.org).

RESULTADOS

Generalidades

Los humanos y los primates compartimos bastantes similitudes en las características de los dientes y sus padecimientos. Por lo general los dientes son del tipo heterodontes - braquiodontes, donde hay distintas formas y tamaños y presentan una corona cubierta de esmalte, raíces cubiertas de cemento, donde la mayor parte del diente está compuesta de dentina, finalmente los dientes están sujetos en el alvéolo por un ligamento periodontal (Wiggs, 2003). Varias literaturas presentan la formula dentaria general de primates (Emily, 2021; Swindler, 2002; Miles, 1990). También existen marcadas diferencias dentales, como los incisivos en forma de peine de los lémures que les permite el acicalamiento, e incisivos desplazados a caudal semejando colmillos, los incisivos en forma de cincel de los Callithrichidos para levantar la corteza de árboles y alimentarse de su savia, así como los incisivos del aye- aye (*Daubentonia madagascariensis*) diseñados para buscar larvas de insectos en la madera, y los grandes colmillos de los babuinos para mantener a raya a los competidores y depredadores, por mencionar algunos (Miles, 1990 y Swindler, 2002).

El examen dental se debe de realizar al mismo tiempo que se llevan a cabo los exámenes anuales y bajo anestesia (Fig. 1). Se debe de estar preparado para poder diagnosticar y comenzar a tratar estos padecimientos (Johnson-Delaney, 2008). Las terapias convencionales como profilaxis dental, reducción de corona dental, tratamiento de gingivitis, hiperplasia gingival, extracción dental y endodoncia son descritas de forma general

por Wiggs, 2003; Johnson-Delaney, 2008 y Emily, 2021. Sin embargo, las técnicas desarrolladas para humanos y pequeñas especies pueden aplicarse a estas especies también. Cabe mencionar que cuando se trabaja en la cavidad oral de los primates es de vital importancia utilizar todas las medidas de aislamiento necesarias para evitar el riesgo de transmisión de enfermedades de carácter zoonótico, algunas que pueden llegar a ser fatales como el *Herpesvirus simiae* tipo B o la tuberculosis (Johnson-Delaney, 2008).

Fig. 1 Examinación dental de Gorila de tierras bajas (Gorilla, gorilla gorilla), durante la examinación anual bajo cuidado humano, cumpliendo con normas de higiene y protección.



A continuación, presentamos la literatura reportada en grupos taxonómicos:

Prosimios

Kruse, *et al.* (2024) reportan en loris lento pigmeo (*Nycticebus pygmaeus*), que un 71.2% manifestaron enfermedad dental, con prevalencias de 44.2% en machos y 46.5% en hembras, sin diferencias significativas entre sexos. La edad promedio



de aparición de la enfermedad dental fue de 7.6 años para machos y 9 años en las hembras. Una cantidad significativa de loris con enfermedad dental (28.6%) no manifestaron signos clínicos premonitorios y la enfermedad dental se encontró incidentalmente en el examen físico (carácter subclínico). En el examen dental, el 71.4% tenían evidencia de por lo menos gingivitis. Siendo los dientes molares los que fueron más extraídos. Un factor predisponente fueron los componentes de la dieta, en particular en lugares donde ofrecieron miel arábiga se presentaron menos problemas, pero el efecto profiláctico de esta requiere ser aun evaluado.

En lémures de cola anillada (*Lemur catta*) en estado libre, se observó la pérdida individual de dientes, la cual varió de 0% a 81%. Al comparar en un modelo de regresión, se identificó que dos de los 10 nutrientes y parámetros de salud evaluados (nitrógeno ureico en sangre y relación BUN/creatinina) mostraron una correlación significativa con el aumento de la pérdida de dientes. También, tres de las diez variables medidas (K, Hct, Hb) mostraron una correlación significativa con el aumento del desgaste dental post-canino. De las cinco variables (BUN, BUN:Creatinina, K, Hct, Hb) que muestran una correlación con el deterioro dental, solo K mostró una relación tanto con el aumento del deterioro dental como con la edad. Por lo tanto, la edad, el desgaste dental y la pérdida de dientes no están fuertemente correlacionados con las medidas de salud alteradas (BUN, BUN:Creatinina, Hct y Hb) (Cuozzo, 2014).

En un estudio de prosimios y cercopitecos, un tratamiento dental profiláctico con la adición de hexametáfosfato de sodio 0.6% (HMP) en la dieta demostró reducir el cálculo en lémur cola anillada (*L. catta*), lémur de collar (*Eulemur fulvus collaris*) y papiones (*Papio cynocephalus*). El alimento en forma de croqueta fue cubierto por HMP y ofrecido a estas especies. El cálculo se redujo en 51% (48-62%) (Willis, 1999).

Primates del Nuevo Mundo

Los primates grandes del Nuevo Mundo se distribuyen en tres familias: Cebidae, Atelidae y Pitheciidae, y los primates menores en Callithricidae. En primates del nuevo mundo como el mono ardilla (*Saimiri boliviensis*) y la marmoseta común (*Callithrix penicillata*) evaluados en un zoológico, se encontró que la enfermedad periodontal reportada fue baja, aunque ligera gingivitis si fue observada en la mayoría de los casos. Sin embargo, fue más común en mono ardilla encontrar atrición dental y caries en animales de edad avanzada. Se cree que esto fue debido a la dieta y características de la saliva. En marmosetas se observó enfermedad periodontal grado I en un 19.4% y enfermedad periodontal grado II en un 55.6%, grado III 16.6% y grado IV 27.8% (Zagar, 2021).

Los miembros del género *Callithrix* y *Saguinus*, son principalmente consumidores de savias y de insectos. Mientras que el resto de Cebidae son omnívoros (frutos, hojas, insectos,

vertebrados menores). Un estudio de cráneos de *Callithrix jacchus*, *C. penicillata*, *Sapajus nigritus*, *Alouatta caraya* y *A. guariba*, encontró problemas como: pérdida dentaria, exposición pulpar, resorción de hueso alveolar, descoloración, y persistencia de dientes deciduos. La especie con mayores problemas fue *Alouatta guariba clamitans*. (Przydzimirski, 2022).

En *Alouatta guariba clamitans* mantenidos en cautiverio presentaron una alta tasa de problemas dentales. El 94 % presentó algún tipo de trastorno dental. Las lesiones observadas fueron cálculo dental (88 %), desgaste dental (81 %), ausencia de piezas dentales (38 %), gingivitis (19 %), recesión gingival (6 %), fractura dental (19 %), exposición pulpar (19 %) y tinción dental (25 %) (Dias Neto, 2016).

La salud bucal de marmosetas (*Callithrix spp.*) fue evaluada, utilizando tejidos cadavéricos en tres cohortes diferentes: jóvenes (≤ 6 años), de mediana edad y mayores (> 10 años) y también se evaluó la comunidad bacteriana gingival mediante análisis de la región variable V3-V4 del gen 16S rRNA. El cohorte de mayor edad tuvo un número significativamente mayor de caries dentales, mayor desgaste/erosión dental y puntuaciones de profundidad de bolsa periodontal más profundas. Los análisis del microbioma oral mostraron que los tíos de mayor edad tenían una abundancia significativamente mayor de *Escherichia-Shigella* y *Propionibacterium*, y una abundancia menor de *Agrobacterium/Rhizobium* a nivel de género. La diversidad alfa del microbioma entre los tres grupos no mostró diferencias significativas. El análisis discriminante lineal del tamaño del efecto (LEFSe) identificó una mayor abundancia de *Escherichia-Shigella* como posible biomarcador patogénico en animales mayores. Estos hallazgos confirman que los cambios en el microbioma oral se asocian con un deterioro de la salud bucal en las marmosetas mayores (Abdul-Azees, 2024).

En monos capuchinos (*Sapajus apella*) mantenidos bajo cuidado humano, se encontró que las afecciones más prevalentes fueron las fracturas dentales, fracturas de esmalte, y siendo la más común la enfermedad periodontal. También se analizó la microbiota y se encontraron especies de *Staphylococcus* y *Streptococcus* aunque no se observó una asociación entre estos y las afecciones orales (Pires *et al.*, 2024).

Se reporta una endodoncia en un mono de Goeldi (*Callimico goeldii*). Donde se observó una fractura dental con exposición pulpar en el canino superior derecho. Se recomiendan productos pediátricos para el tratamiento endodóntico de este diente, los pasos utilizados fueron: radiografía periapical, acceso al conducto radicular con lima endodóntica n.º 6, instrumentación de la cavidad pulpar con lima endodóntica n.º 6 a n.º 15 (10 mm de longitud del conducto radicular), irrigación de la cavidad pulpar con aguja de insulina (29G), secado de la cavidad pulpar, obturación de la cavidad pulpar sin léntulo y con gutapercha n.º 15 y restauración del acceso a la cavidad pulpar, seguida de radiografía (Gioso *et al.*,



2009). Sirithammawilai *et al.* (2015) también reportan una restauración dental de un diente en una marmoseta común (*Callithrix jacchus*) y enfatizan en que, realizar procedimientos en primates de tamaño pequeño ofrecen un reto grande a los veterinarios.

El *Saimiri sciureus* se ha utilizado como modelo en el estudio de patógenos periodontales como son Porfirromónadas y Prevotelas pigmentadas de negro. Bacterias como *Actinobacillus actinomycetemcomitans* (3.9%); *Fusobacterium* (0.8 a 3.6%), *Actinomyces* (2.3 a 11%) y cocos grampositivos (1.4 a 21.4%) se encontraron del microbiota cultivable predominante, la cual revelo la presencia de numerosas especies bacterianas comunes en el surco gingival humano. Los cocos grampositivos y gramnegativos predominaron en las zonas no inflamadas, y las proporciones de *Neisseria sp.* fueron sorprendentemente altas en relación con sus niveles en humanos (Beem *et al.* 1991). El número de bacterias en zonas inflamadas fue hasta seis veces mayor que en sitios no inflamados.

Fig 2. Fracturas de colmillos y ausencia de incisivos en un *Saimiri sciureus* de edad avanzada.



Para facilitar la analgesia en procedimientos dentales, se ha identificado la ubicación exacta de los agujeros infraorbitario, mentoniano y mandibular, para el bloqueo anestésico de procedimientos odontológicos en *Saimiri collinsi* (Fig. 2). El foramen infraorbitario se localizó en el hueso maxilar, con uno a cada lado. El foramen mentoniano se localizó en el diastema entre el canino y el incisivo lateral. El foramen mandibular se localizó medialmente en la rama mandibular, cerca de la incisión mandibular. Se recomienda el uso de agujas 30 G y 21 mm (Branco *et al.*, 2024). Para una descripción detallada de los bloqueos nerviosos mandibulares y dentales

en diversas especies como: colobo amarillo de Angola (*Colobus angolensis*), Macaco crestado de Célebes (*Macaca nigra*), mono de L'Hoest (*Allochrocebus lhoesti*), babuino (*Papio cynocephalus*), capuchino de vientre beige (*Sapajus xanthosternos*), Lémur rufo negro y blanco (*Varecia variegata*), lémur coronado (*Eulemur coronatus*) y lémur de cola anillada (*Lemur catta*), se recomienda leer y ver imágenes de Bold *et al.*, 2023.

Un caso de (*Leontopithecus rosalia*) con absceso inicial en la cavidad oral progresó a la mejilla (fistula periorbital) (Fig. 3.0 y 3.1) El tratamiento con amoxicilina/ácido clavulánico, enrofloxacino y sulfametoxazol/trimetoprima resultó en la resolución temporal del absceso, existiendo recurrencia. Los cultivos del absceso reportaron *Escherichia coli*, *Enterobacter cloacae*, *Staphylococcus hemolítico* y *Serratia marcescens*. Se colocó quirúrgicamente ceftazidima mezclada con un gel polimérico termorreversible en la herida para administrar antibióticos locales a largo plazo (poloxámero 407 es un copolímero compuesto de óxido de etileno y óxido de propileno).

Fig 3. Absceso periocular causado por absceso apical molar maxilar (vista facial), cuadro clásico de presentación, en *Saimiri sciureus*.

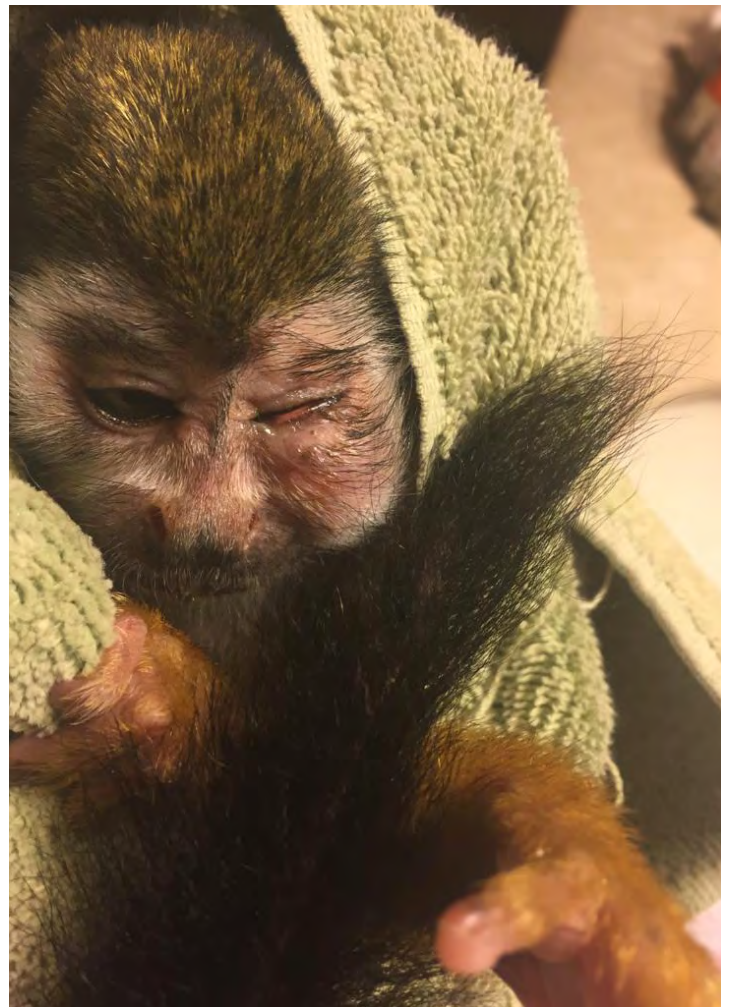




Fig 3.1. Absceso apical molar con fistula maxilar periorbital (vista bucal), perdida dentaria, gingivitis grado IV en *Saimiri sciureus* .



Esto proporcionó la resolución completa de la infección sin necesidad de procedimientos quirúrgicos adicionales. También se ha utilizado las combinaciones de cemento óseo de polimetilmetacrilato (PMMA) para administrar terapia antibiótica local. Un estudio ha demostrado que la liberación de antimicrobianos de las microesferas de PMMA es máxima durante las primeras 24 horas, pero la liberación continúa hasta 30 días después de la implantación. Las microesferas de PMMA han mostrado buenos resultados clínicos, pero deben retirarse mediante una segunda intervención quirúrgica. (McBride, 2010)

Primates del Viejo Mundo

Cercopitecos y Antropoides (grandes simios)

Ebersole, *et al.* (2023) reporta que en macacos (*Macaca rhesus*) se sugiere que la microbiota asociada a riesgo de enfermedad periodontal pudiese estar asociada a líneas familiares genéticas. Aun así, en *Macaca mulatta* se ha observado que los componentes bacterianos predisponentes a enfermedad periodontal son similares a aquellos encontrados en humanos, incluyendo el microorganismo *Porphyromonas gingivalis*, lo cual indica que los antibióticos de uso humano se pueden utilizar en primates para tratar estos problemas (Colombo, 2017). Las especies asociadas con la salud incluyeron numerosas especies de *Streptococcus*, *Lactobacillus* y *Gemella*. Entre los posibles patógenos periodontales se encontraron *Porphyromonas gingivalis*, *Tannerella forsythia*, *Filifactor alocis*, *Parvimonas micra*, varios filotipos de *Treponema*, *Fusobacterium spp.*, *Dialister invisus*, un filotipo de *Desulfobulbus*, y *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*. También se encontraron especies asociadas con la caries, como *Streptococcus mutans* y *Scardovia wiggisiae* (Colombo, 2017).

En monos Cercopitecos africanos se ha encontrado una asociación con la dureza mandibular y la dureza de la fibra en la dieta (Tyrun, 2015). *Procolobus badius*, *Colobus polykomos* y *Cercocebus atys* son tres especies de primates de África occidental conocidas por sus comportamientos alimentarios distintivos. Los objetivos de ese estudio fueron: (1) evaluar si existe variación intrataxónica en el contenido mineral óseo entre las regiones anterior y posterior de la mandíbula y (2) determinar si las diferencias interespecíficas son interpretables a través de la alimentación y las idiosincrasias dietéticas. Se determina que se puede desarrollar un hueso mandibular materialmente más rígido en *C. atys* en respuesta a la generación de altas fuerzas de mordida durante la alimentación con objetos duros (Tyrun 2015). En una colonia de macacos cangrejeros (*Macaca fascicularis*) 13% solo requirieron limpieza dental por problemas simples dentales como sarro, calculo y gingivitis. Pero un 32% registraron enfermedad periodontal grado II o mayor. Las fracturas fueron muy comunes, encontrándose en un 64% de individuos. Los alimentos altamente azucarados son predisponentes de caries en estos primates. Las caries fueron observadas en un 38% de individuos, principalmente en la superficie oclusal (Roux, 2017).

En el Zoológico de San Diego, se ha utilizado el tratamiento de dosis bajas de manera pulsátil de doxiciclina oral (0.3 mg/kg) PO dos veces al día x 90 días, este tratamiento se suspende durante 90 días y se repite durante otros 90 días, intermitentemente. Esto, para el tratamiento de gingivitis crónica en varias especies de primates incluyendo: Guenón de pantano de Allen (*Cercopithecus nigroviridis*), Loris perezoso de Bengala (*Nycticebus coucang bengalensis*), Mono colobo (*Colobus polkomas kikuyuensis*), Macaco cangrejero (*Macaca fascicularis*), Drill continental (*Mandrillus leucophaeus*), Mangabey de vientre dorado (*Cercocebus galeritus*) y Orangután de Sumatra (*Pongo pygmaeus abeli*) (Bicknese, 2002). Este protocolo de tratamiento parece ser muy bien tolerado incluso en monos colobos, especie a menudo difícil de medicar debido a su dieta folívora y su estómago saculado. Scott *et al.* (2012) al evaluar el micro desgaste de superficies masticatorias en varias especies de cercopitecos y grandes simios de África y Asia, determina el valor importante que juega la diversidad de la dieta en estos. Las especies que consumen alimentos más duros, como las hojas, tienden a presentar altos niveles de anisotropía y baja complejidad de textura. (Fig. 4) Lo contrario se observó en las especies que incluían alimentos duros y quebradizos en sus dietas. Esto mismo lo observo Ryan *et al.* (1981) en *Papio hamadryas*, *Pan troglodytes* y *Gorilla gorilla gorilla*. Donde cada especie exhibe un conjunto diferente de tipos de microdesgaste. Los chimpancés presentan extensas picaduras, finas estrías de desgaste mesiodistalmente orientadas y pequeñas áreas de pulido, características de microdesgaste que probablemente estén relacionadas con el descascarillado de pieles duras de frutas y el ocasional desprendimiento de hojas. Los gorilas muestran grandes áreas de pulido, pequeñas picaduras



y estrías de desgaste labiolingualmente orientadas, una combinación de características que podría estar asociada con el desprendimiento de hojas. Los babuinos muestran un daño extenso en los bordes que incluye grupos de grandes picaduras y microlascas; este conjunto de tipos de microdesgaste podría estar relacionado con la masticación inicial de semillas, raíces y rizomas cargados de grava. El microdesgaste encontrado en el complejo canino/premolar de los tres grupos corresponde a la perforación-aplastamiento y al rebanado de alimentos.

Un estudio en gorilas silvestres encontró que los gorilas occidentales de las tierras bajas (*Gorilla gorilla gorilla*) presentan el mayor desgaste y la mayor cantidad de molares con desgaste subóptimo. Las tasas más altas de desgaste se observan en *Pan paniscus* *Pan t. troglodytes*, y las más bajas en *P.t. schweinfurthii* y *G. g. graueri*. Entre los gorilas, *G. b. beringei* presenta las tasas más altas, pero un desgaste bajo. Los coeficientes entre el desgaste y la enfermedad dental fueron bajos, pero significativos al combinar todos los dientes. Los dientes de gorila son duraderos y el desgaste no provoca senescencia mecánica en esta muestra (Elgart, 2010).

Fig. 4. Tinción de molares y desgaste de superficies oclusales de incisivos en Gorila de tierras bajas (*G. g. gorilla*).



Una reducción del efecto inflamatorio por periodontitis ocurre cuando la dieta tiene restricción por calorías de manera crónica, disminuyendo los efectos inflamatorios y agudos causados por la microbiota (Branch-Mays, 2008). Un estudio reveló que los grandes simios tienen una mayor diversidad bacteriana en su cavidad oral y menor presencia de caries en comparación con humanos, donde la biodiversidad microbiana es menor, pero más prevalente en bacterias cariogénicas. Se cree que la dieta alta en carbohidratos es un factor asociado, así como los hábitos higiénicos del humano son predisponentes (Boehlke, 2020; Emilson, 1984). Sin embargo, las caries son muy comunes en cautiverio, pero, se reportan en animales

en estado libre e incluso primates extintos (Towle, 2021). Estas son lesiones generadas por los ácidos cariogénicos de las bacterias al metabolizar azúcares y almidones, desmineralizan las estructuras duras de los dientes. Bacterias asociadas como *Streptococcus sobrinus* y *S. mutans* se han reportado, donde la nutrición con alimentos muy azucarados está muy asociada a esta patología, y se ha observado que el consumo de alimentos duros y fibrosos representan una menor prevalencia. También, factores genéticos y de desgaste como hipoplasia del esmalte y enfermedad periodontal juegan un papel importante (Wiggs, 2003; Johnson, 2008; Towle, 2021).

A pesar de que en otras especies la enfermedad dental está asociada a problemas cardíacos, Raindi, *et al.* (2022) en un estudio prospectivo en chimpancés (*P. troglodytes*) no encontró asociación con enfermedad periodontal, ni respuesta neutrofílica y enfermedad cardíaca. En un grupo de chimpancés, las fracturas crónicas de incisivos y caninos con lesiones periapicales fueron las anomalías más comunes. Una fístula facial se encontró un fragmento de raíz canina lo que requirió la extracción del hueso alveolar lateral para acceder. Se extrajeron los incisivos y caninos afectados y se realizaron colgajos gingivales. Cefitiofur y acetaminofén fueron utilizados para tratar a algunos de estos primates con problemas dentales (Borkowzki, 2004).

En gorilas de montaña (*Gorilla beringei beringei*) en estado libre el hallazgo más frecuente fue la pigmentación de los dientes (20%) atrición de la encía, la enfermedad periodontal (regresión o infección) fueron menos frecuentes (7.3%). El individuo más joven (5.5 años) que presentó regresión gingival bilateral, necrosis e impactación gingival entre el premolar 2 y el molar 1. La periodontitis fue grave solo en una hembra geriátrica y se asoció con osteomielitis mandibular y endocarditis valvular cardíaca (Muhangui *et al.*, 2021).

Existe un marcado dimorfismo de tamaño dental en gorilas, pero este no es significativo entre los sexos dentro de las subespecies. Las diferencias en la morfología dental, incluyendo las proporciones de las cúspides, entre el *G. g. gorilla* occidental y el *G. g. beringei* oriental son considerables. Aunque más similar al *G. g. beringei* que al *G. g. gorilla* occidental. *G. g. graueri* también presenta características morfológicas distintivas (Uchida, 1998). Una valoración de subespecies de gorilas: gorila de Grauer (*Gorilla beringei graueri*), gorilas occidentales de tierras bajas (*Gorilla gorilla gorilla*), demuestran un macrodesgaste que indica una mayor ingesta de fruta en su dieta, mientras que el macrodesgaste del gorila de montaña se asocia con el consumo de alimentos más folívoros. También se observó que el consumo de alimentos herbáceos generalmente se asocia con un aumento del desgaste de la dentina y el esmalte. Por lo tanto, el impacto del hábitat y el acceso a alimentos tiene un efecto directo en el desgaste dental (Harty *et al.*, 2022).

Las caries y la enfermedad periodontal ya ha sido reportada en gorilas en cautiverio anteriormente (Glick, 1979). En un grupo de gorilas del Zoológico de Milwaukee se observó enfermedad



periodontal y abscesos apicales con riesgo de septicemia, los cuales requirieron la extracción dentaria y tratamiento endodóntico, se enfatizó la necesidad de prevenir y examinar periódicamente a esta especie (Scheels, 1989). Se ha observado una periodontitis localizada similar a la periodontitis juvenil en un gorila macho de tierras bajas bajo cuidado humano, donde la bacteria implicada, *Actinobacillus actinomycetemcomitans*, se ha documentado como agente etiológico causante de defectos óseos verticales profundos en humanos (Braswell, 1989). En gorilas se ha reportado la extracción quirúrgica de dientes molares de manera exitosa, siguiendo las técnicas convencionales de extracción (Huff III, 2010). McManamon, (1989) reporta en un gorila, pérdida ósea grave aislada asociada a los primeros molares maxilares. El cultivo anaeróbico microbiológico y las pruebas serológicas indicaron la presencia de un alto nivel de *Actinobacillus actinomycetemcomitans* (A.a.). Esta microbacteria se ha asociado con una enfermedad humana, la periodontitis juvenil, que causa defectos óseos aislados similares. Radiográficamente, la lesión parece presentar pérdida ósea vertical. Este patrón difiere de la pérdida ósea horizontal observado en la periodontitis generalizada típica. El animal fue tratado mediante raspado subgingival y alisado radicular.

En un orangután la pérdida de peso asociada a una caries lateral de un colmillo se resolvió con limpieza y trabajo restaurativo, sin necesidad de endodoncia (Purmal, 2009). Así también, en un grupo de orangutanes bajo cuidado humano, la enfermedad periodontal fue estudiada. El porcentaje de superficies dentales con placa supragingival fue del 74% en animales con pérdida de inserción y del 41% en animales sin pérdida de inserción. El porcentaje de bolsas gingivales que sangraron al sondaje superficial fue del 36% y del 21%, respectivamente. Los recuentos diferenciales en campo oscuro fueron: 50% cocos, 5% bacilos móviles, 17% espiroquetas y 28% otros, en individuos sin pérdida de inserción.

En los individuos con pérdida de inserción, los recuentos en campo oscuro fueron: 21% cocos, 16% bacilos móviles, 23% espiroquetas y 40% otros. Se aislaron: *A. actinomycetemcomitans*, *B. intermedius*, *E. corrodens*, *Wolinella* y *Capnocytophaga* tanto de sitios sanos como enfermos. Todos los animales mostraron un título elevado de anticuerpos de antileucotoxina para *A. actinomycetemcomitantes* (Calle, 1989; Stellet 1989). Un estudio en múltiples especies de primates demostró un 3.3% de caries en dientes anteriores y posteriores. Con prevalencias por especie que alcanzaban 7%. Prevalencias de cavidades interproximales de dientes anteriores fue de 9.8% para chimpancés (*Pan troglodytes*), 2.6% para gorilas (*Gorilla gorilla*), 22.4% en mono Dent (*Cercopithecus denti*), 19.5% langur bandado de Raffles (*Presbytis femorale*), y 18.3% en mono azul (*Cercopithecus mitis*). Estas lesiones fueron las más prevalentes con un 87.9%, y con mayor presencia en hembras que machos de chimpancés. Las caries posteriores fueron raras (0-3.4%), la enfermedad periodontal asociada fue mínima (Towle, 2021).

La enfermedad periodontal con resorción ósea alveolar, pero sin lesiones de caries se observó al evaluar cráneos de museos

de las especies *Gorilla gorilla*, *Pan troglodytes* y *Pongo spp.* (Albrecht *et al.*, 2024). Se encontraron defectos en el tejido duro dental oclusal en todos los cráneos, considerable tinción externa. En todas las especies, los incisivos y caninos mostraron la mayor pérdida de tejido, seguidos de los molares. Algunos individuos presentaron defectos osteolíticos apicales junto con una pérdida grave de tejido duro dental con afectación pulpar o tras un traumatismo dental. Esto demuestra que la enfermedad periodontal también se presenta en estado libre a pesar de llevar una dieta fibrosa. Así, como un estudio de cráneos de gorila de montaña encontró desgaste molar, pero no se observaron caries. Enfermedad periodontal y abscesos apicales, así como trauma fueron hallazgos más prevalentes (Lovell, 1990). La hipoplasia dentaria se ha reportado en gorilas y chimpancés, se cree que la presencia de esto está asociado a eventos estresantes como lo son las épocas de lluvia. Una marcada regularidad de surcos hipoplásicos con un intervalo de aproximadamente el 11.4 % de la altura de la corona canina se observó (Skinner, 1986). La edad avanzada en gorilas se reporta atrición de las piezas molares, en machos y hembras sin diferencia significativa (Nichols, 2002).

DISCUSIÓN

A pesar de las diferencias existentes en la dentadura entre especies, y el bajo número de reportes de caso y estudios en general, se puede considerar que no existe predilección por el sexo para la presentación de estas patologías. Que un factor muy importante lo juega la dieta, en particular el efecto benéfico que ofrece el acceso a alimentos fibrosos y el efecto negativo marcado que provoca el acceso a alimentos altamente azucarados en las dietas bajo cuidado humano. Estas dietas azucaradas incrementan el riesgo de caries en los primates de todos los grupos, además de la enfermedad periodontal y la posible relación genética familiar. También se comienza a valorar el conocimiento del microbioma oral como un factor que puede ser determinante para la presentación de los padecimientos dentales en primates. Y eventualmente para la elección de antimicrobianos que puedan coadyuvar los tratamientos. Una observación muy clara es la ausencia de casos de reporte y estudios de las especies de primates mexicanos y de Latinoamérica. Esto es contraproducente para el tratamiento y prevención en estas especies, lo cual eventualmente repercute en el bienestar y la conservación de estas. Finalmente concluimos que aún falta información que puede ir sumando al beneficio de la salud de los primates por lo cual invitamos a los médicos veterinarios y biólogos, dedicados a esta área a desarrollar más información en el futuro.

REFERENCIAS

- Abdul-Azees P.A. *et al.* (2024). Changes in oral health during aging in a novel non-human primate model. *GeroScience* 46, 1909–1926 <https://doi.org/10.1007/s11357-023-00939-7>
- Albrecht A., *et al.* (2024). Dental findings in wild great apes from macerated



- skull analysis. *American Journal of Primatology*, 86, e23581. <https://doi.org/10.1002/ajp.23581>
- Beem J. E., et al. (1991). Subgingival microbiota in squirrel monkeys with naturally occurring periodontal diseases. *Infection and Immunity*, 59 (11): 4034-4041.
- Bergenholtz G. et al. 2006. Observations on healing following endodontic surgery in nonhuman primates (*Macaca fascicularis*): effects of RHBMP-2. Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology & endodontology. 101(1):116-125.
- Bicknese E.J., Fagan, D.A. (2002). Low-dose doxycycline treatment to control periodontal disease in multiple primate species—a Preliminary Report. Proceedings of the American Association of Zoo Veterinarians. Oct. 5 - 10, Milwaukee: 4-7.
- Boehlke C. et al. (2020). Caries and periodontitis-associated bacteria are more abundant in human saliva compared to other great apes. *Archives of Oral Biology*. 111, 104648. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2020.104648>
- Bold, J., et al. (2023). Topography of cranial foramina and anaesthesia techniques of cranial nerves in selected species of primates (Cebidae, Cercopithecidae, Lemuridae) – part I – osteology. *BMC Vet Res* 19, 122. <https://doi.org/10.1186/s12917-023-03680-7>
- Borkowski R., et al. (2004). Health assessment, medical and dental interventions for a group of 33 chimpanzees (*Pan troglodytes*). Proceedings AAWV, AAWV, WDA joint conference, 205-210.
- Branco, É., et al. (2024). Topography landmarks of the infraorbital, mandibular and mental foramina of *Saimiri collinsi* (Osgood, 1916) for anesthetic access and blocks. *Veterinary Research Communications*, 48(5), 3293–3299. <https://doi.org/10.1007/s11259-024-10447-4>
- Branch-Mays G.L., et al. (2008). The effects of a calorie-reduced diet on periodontal inflammation and disease in a non-human primate model. *Journal of Periodontology*. 79:1184-1191.
- Braswell L., Rita McManamon R. (1989). Oral pathology in non-human primates a clinical view. Proceedings of the American Association of Zoo Veterinarians: Oct. 14 - 19, Greensboro, NC. 59-67.
- Calle P., et I. Norman Stoller, Kerry Ela and Jorgen Slots. (1989). Periodontal disease in a population of captive orangutans. Proceedings of the American Association of Zoo Veterinarians. Oct. 14 - 19, Greensboro, NC., 39-52.
- Colombo A. P. V., et al. (2017). Clinical and microbiological parameters of naturally occurring periodontitis in the non-human primate *Macaca mulatta*. *Journal of Oral Microbiology*. 9: 1403843. <https://DOI.ORG/10.1080/2002297.2017.1403843>
- Cuozzo, Frank P. et al. (2014). The impact of dental impairment on health and nutrition in a wild primate population. *Bulletin of the International Association for Paleodontology*, Vol 8, Issue 1, p33.
- Dias Neto, R.D.N. et al. (2016). Dental disorders in brown howler monkeys (*Alouatta guariba clamitans*) maintained in captivity. *J Med Primatol*, 45: 79-84. <https://doi.org/10.1111/jmp.12208>
- Ebersole J L. et al. (2023) Differential oral microbiome in nonhuman primates from periodontitis-susceptible and periodontitis-resistant matriline. *Molecular Oral Microbiology* 38(2):93-114.-122.
- Elgart A.A. (2010). Dental Wear, Wear Rate, and Dental Disease in the African Apes. *American Journal of Primatology*, 72:481–491.
- Emilson C.G., et al. (1984). Carbohydrate composition of dental plaque from primates with irradiation caries. *Journal of Oral Pathology*, 13: 213-220.
- Emily P. P., and Eisner E.R. (2021). *Primate Dentistry: Zoo and Wild Animal Dentistry*. John Wiley & Sons, Inc. pp. 79-86. DOI:10.1002/9781119545804
- Gioso M.A., et al. (2009) Endodontic Treatment of Canine Tooth of Goeldi's Marmoset (*Callimico goeldii*). World Small Animal Veterinary Association World Congress Proceedings, University of São Paulo, Brazil. URL: <https://www.vin.com/doc/?id=4252894>
- Glick C., et al., (1979). Dental caries, periodontal abscesses, and extensive cranial osteitis in a captive lowland gorilla (*Gorilla gorilla gorilla*). *J. Zoo An. Med.* 10: 94-97.
- Harty, T. et al. Dental macrowear reveals ecological diversity of *Gorilla* spp.. *Sci Rep* 12, 9203 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-12488-8>
- Huff J.R. - III. (2010). Surgical extractions for periodontal disease in a Western lowland gorilla. *Journal of Veterinary Dentistry*. 27(1):24-32.
- Johnson-Delaney C. A. (2008). Nonhuman Primate Dental Care. *Journal of Exotic Pet Medicine*, 17(2):138–143.
- Kapoor V., et al. (2016). Oral health correlates of captivity. *Research in Veterinary Science*. 107: 213 - 219.
- Levy BM. The Nonhuman Primate as an Analogue for the Study of Periodontal Disease. *Journal of Dental Research*. 1971;50(2):246-253. doi:10.1177/00220345710500021501
- Lovell N.C. (1990). Skeletal and Dental Pathology of Free-Ranging Mountain Gorillas. *American Journal of Physical Anthropology* 81:399-412.
- Lowenstine L. J. et al. (2016). Comparative Pathology of Aging Great Apes: Bonobos, Chimpanzees, Gorillas, and Orangutans. *Veterinary Pathology*. Vol. 53(2) 250-276.
- McBride M., and Cullion C. (2010). Successful treatment of chronic facial abscess using a prolonged release antibiotic copolymer in a golden lion tamarin (*Leontopithecus rosalia*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 41(2): 316–319.
- McManamon R., et al. (1989). Localized periodontitis in an adult male lowland gorilla. *Proceedings of the American Association of Zoo Veterinarians*. Oct. 14 - 19, Greensboro, NC.
- Miles, A. E. W., & Grigson, C. (Eds.). (1990). *Colyer's Variations and Diseases of the Teeth of Animals*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Muhangi D., et al. (2021). Pathological lesions of the digestive tract in free-ranging mountain gorillas (*Gorilla beringei beringei*) *Am J Primatol.*; e23290. <https://doi.org/10.1002/ajp.23290>
- Nichols K.A., and Zihlman A. L. (2002). Skeletal and Dental Evidence of Aging in Captive Western Lowland Gorillas: A Preliminary Report Erwin JM, Hof PR (eds): Aging in Nonhuman Primates. *Interdisciplinary Top Gerontol. Basel, Karger*. 31: 22–31.
- Nowak, R. M. (1999). *Walker's primates of the world*. Baltimore: Johns Hopkins University Press
- Pires SF, et al. (2024). Evaluation of the main disorders and microbiota of the oral cavity of capuchin monkeys (*Sapajus apella*) under human care. *J Med Primatol.*; 53:e12703. doi:10.1111/jmp.12703
- Przydzimirski AC, et al. (2022) Prevalence and description of dental disorders in skulls of free-living wild primates from Paraná State, Brazil. *J Med Primatol.*; 51: 3–19. <https://doi.org/10.1111/jmp.12548>
- Purmal K. and Phrabhakaran N. (2009). Restorative dental treatment of a canine tooth in a Bornean orangutan. *Journal of Veterinary Dentistry*. 26(1):36-9. DOI: 10.1177/089875640902600109.
- Raindi D., et al. (2022). Periodontal health, neutrophil activity, and cardiovascular health in captive chimpanzees. *Archives of Oral Biology*. 134, 134:105342. DOI: 10.1016/j.ARCHORALBIO.2021.105342.
- Roux P., et al. (2017). Diagnoses and treatment of dental disorders in a research colony of *Macaca fascicularis*: a case series. *Journal of Veterinary Dentistry*. 34(3): 179-189.
- Ryan A.S. (1981). Anterior Dental Microwear and Its Relationship to Diet and Feeding Behavior in Three African Primates (*Pan troglodytes troglodytes*, *Gorilla gorilla gorilla* and *Papio hamadryas*). *PRIMATES*, 22(4): 533-550.
- Scheels J.L. (1989). Gorilla Dental Case Reports 1982 through 1988 Milwaukee County Zoo Observations and Lessons Learned. *Proceedings of the American Association of Zoo Veterinarians*. Oct. 14 - 19, Greensboro, NC: 39-52.
- Scott R. S., et al. (2012). Dental Microwear Texture and Anthropoid Diets. *American Journal of Physical Anthropology*, 147:551-579.
- Sirithammawilai P., et al. (2015) Restoration and Canine Teeth Cutting in Common Marmoset. *World Small Animal Veterinary Association World Congress Proceedings*. <https://www.vin.com/doc/?id=7259045>
- Skinner M.F. (1986). Enamel Hypoplasia in Sympatric Chimpanzee and Gorilla. *Human Evolution*. 1 (4): 289-312.
- Steenkamp G., et al. (2022). Editorial: Veterinary dentistry and oromaxillofacial surgery in wild and exotic animals. *Frontiers in Veterinary Science*. 9:871939. DOI: 10.3389/FVETS.2022.871939
- Stoller Norman H., et al. (1989) Periodontal disease in the orangutan (*Pongo pygmaeus*) *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 20(4): 454-460.
- Swindler, D. R. (2002). *Primate Dentition: An Introduction to the Teeth of Non-human Primates*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Towle I., et al. (2022). Dental caries in wild primates: Interproximal cavities on anterior teeth. *Am J Primatol*, 84, e23349. <https://doi.org/10.1002/ajp.23349>
- Tyrun J. R., et al. (2015). Mandibular bone mineral density variation in three West African cercopithecoid monkey species: associations with diet and feeding behavior. *Archives of Oral Biology*. 60(12):1714-1720.
- Uchida A. (1998). Variation in tooth morphology of *Gorilla gorilla*. *Journal of Human Evolution*; 34, 55–70.
- Wiggs R. B., and Hall B. (2003) Nonhuman primate dentistry. *Vet Clin Exot Anim*, 6: 661–687.
- Willis G. P., et al. (1999). Preventing dental calculus formation in lemurs (*Lemur catta*, *Eulemur fulvus collaris*) and baboons (*Papio cynocephalus*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 30(3): 377-382.
- Ziga Zagar, et al. (2021). Oral and dental examinations findings in 15 zoo Bolivian squirrel monkeys (*Saimiri boliviensis*) and black-tufted marmosets (*Callithrix penicillata*). *Journal of Veterinary Dentistry*. 38(2): 67-74.



¿QUÉ ANTECEDENTES EXISTEN SOBRE LA TERAPIA HIPERBÁRICA EN ANIMALES DE COMPAÑÍA NO CONVENCIONALES (ACNC)?

Autores

MVZEMCV (FS) MONTIEL FLORES ROBERTO JOAQUÍN^{1,2}

MVZ CHT-V ESCALANTE DE ICAZA JULIO¹

1 Hospital y Medicina Hiperbárica Veterinaria (HIPERVET),
medicansur98@hotmail.com

2 VETbioDiverso, mvzrobertojoaquinmontiel@gmail.com

PALABRAS CLAVE:

- Terapia con oxígeno hiperbárico
- Medicina hiperbárica veterinaria
- Animales de compañía no convencionales

RESUMEN

La Medicina Hiperbárica (MH) ha ganado popularidad tanto en la medicina humana como en la veterinaria. La terapia con oxígeno hiperbárico (TOHB) implica la administración de oxígeno puro a presiones superiores a las normales, lo que resulta en una mejora de los niveles de oxígeno en sangre y tejidos. Este proceso estimula la reparación celular, combate infecciones y optimiza la circulación mediante efectos antimicrobianos, inmunomoduladores y angiogénicos.

En animales de laboratorio, como ratas, ratones, conejos y cobayos, se cuenta con un mayor número de publicaciones experimentales, lo que ha aportado datos importantes para el estudio y aplicación en especies no convencionales.

La evidencia sobre el uso de TOHB en aves es limitada. En reptiles, su aplicación se ha concentrado principalmente en tortugas marinas, donde TOHB ha demostrado ser útil en el tratamiento de afecciones como barotrauma y enfermedad por descompresión.

Este documento tiene como objetivo presentar de forma concisa tres ejemplos de casos clínicos en los que se ha aplicado esta terapia, informar sobre el estado actual del uso de TOHB en estas especies y explorar sus posibles utilidades clínicas.

INTRODUCCIÓN

La medicina hiperbárica (MH) es relativamente antigua y su uso ha aumentando en medicina humana y veterinaria (Edwards, 2010a).

La terapia con oxígeno hiperbárico (TOHB) consiste en ofrecer oxígeno puro a una presión mayor a la normal (entre 2 y 3 atmósferas), lo que incrementa significativamente los niveles de oxígeno en sangre y tejidos. Esto ayuda a mejorar la reparación celular, combatir infecciones y favorecer la circulación, gracias a sus efectos antimicrobianos, inmunomoduladores y angiogénicos (Ortega *et al.*, 2021).

Bajo este fundamento, la TOHB es especialmente benéfica en lesiones o enfermedades donde la capacidad de transporte de oxígeno se ve reducida y la demanda celular es elevada (Edwards, 2010a; García-Covarrubias & Cuauhtémoc Sánchez-Rodríguez, 2000).

La MH tiene diversas aplicaciones en situaciones de emergencia como intoxicación por monóxido de carbono, envenenamiento por mordeduras de arañas y serpientes, síndrome compartimental, lesiones del sistema nervioso central y en la cicatrización tardía de heridas (Edwards, 2010a).



Su uso en investigación clínica en veterinaria es menos extenso en comparación con la medicina humana, debido a que no existen estudios prospectivos, aleatorizados y controlados específicos sobre las indicaciones del uso de la terapia de oxígeno hiperbárico (TOHB) en medicina veterinaria (Edwards, 2010b; Lyman, 2008).

Las investigaciones de la TOHB en pacientes veterinarios a menudo se basan en indicaciones aceptadas en humanos (Edwards, 2010b; Lyman, 2008).

En pequeñas especies, su aplicación se ha reportado en casos con lesiones cerebrales y de la médula espinal, posoperatorios con hernia discal intervertebral, pancreatitis, peritonitis, piotórax, deterioro neurológico, inflamación grave de tejidos blandos, embolización aórtica, lesiones miocárdicas postraumáticas y por reperfusión, en el tratamiento de colgajos de piel, manejo de heridas complicadas, osteomielitis refractaria, infecciones por clostridios, isquemias traumáticas agudas (Edwards, 2010b; Lyman, 2008).

Por otro lado, la TOHB también se ha reportado en equinos (Edwards, 2010b; Lyman, 2008), animales de laboratorio (Edwards, 2010a), tortugas marinas (García Párraga D *et al.*, 2015; D. García-Párraga *et al.*, 2014; Daniel García-Párraga & Crespo-Picazo, 2018; Portugues *et al.*, 2018) y en un limitado número de especies no convencionales (Montalbano *et al.*, 2021).

Actualmente, la medicina en animales de compañía no convencionales (ACNC) ha experimentado un crecimiento significativo. Sin embargo, la información publicada sobre la utilización de la terapia con oxígeno hiperbárico (TOHB) en estos pacientes sigue siendo limitada. En este contexto, los objetivos de este texto son presentar de manera breve algunos ejemplos de tres casos clínicos en los que se ha empleado esta terapia; actualizar sobre el estado actual del uso de la TOHB en estas especies y explorar cuales son las posibles utilidades clínicas.

CASOS CLÍNICOS

Caso 1

Se recibe una tortuga de orejas rojas (*Trachemys scripta*), hembra de 20 años de edad con dos lesiones MTS por mordedura por congénere. Este acudió con una herida de 1 cm de largo x 0.5 cm de ancho en MTD y otra lesión de 2.5 cm de largo x 1 cm de ancho (Imagen 1).

El paciente ingresó a cámara hiperbárica con un tratamiento de 2 atmósferas (ATM) durante 45 minutos, realizando un total de cinco sesiones, una vez por semana (Imagen 2). Durante cada tratamiento no se observó ninguna alteración evidente en el paciente.

Imagen 1. Heridas día uno.



El paciente se mantuvo en una incubadora a una temperatura de 26°C con una humedad relativa del 70%. No se administró terapia antibiótica, ya que el TOHB tiene un efecto inmunomodulador contra posibles infecciones, por lo cual solo se aplicó como analgésico meloxicam a 0.2 mg/kg IM cada 48 horas, en un total de 10 dosis.

Imagen 2: Herida al término de las cinco sesiones de TOHB



Al finalizar la quinta sesión de TOHB, las heridas habían cicatrizado aproximadamente en un 50% en MTI y en un 80% en MTD. Posteriormente, el cierre de la herida por segunda intención se terminó con sulfadiazina de plata crema 1% cada 48 h x 15 días.

Caso 2

Se hospitalizó un camaleón de velo (*Chamaeleo calyptratus*), macho de 5 años. Éste presentaba enfermedad metabólica ósea, una fistula por absceso oronasal y estomatitis (Imagen 2). Durante el tratamiento, se mantuvo en una incubadora con una humedad relativa del 70% y una temperatura ambiental de 30°C. Se realizaron lavados diarios con solución salina durante una semana y se administró ceftazidima a 22 mg/kg



IM cada 72 horas por cuatro dosis, además de meloxicam a 0.2 mg/kg cada 48 horas por tres dosis y gluconato de calcio 100 mg / kg cada 72 h por 3 dosis.

Además, se realizó una sesión de TOHB, siguiendo el mismo protocolo del caso 1 (Imagen 4).

Este paciente respondió adecuadamente al tratamiento, ya que el absceso oronasal y la estomatitis no reincidieron. En general, el tratamiento farmacológico, las condiciones de la incubadora y los lavados con solución fisiológica en conjunto permitieron que este paciente mejorara, y no necesariamente fue el efecto de una sesión TOHB. Ya que habría sido beneficioso realizar más sesiones de TOHB. Sin embargo, es importante destacar que no se observaron cambios aparentes durante la presurización ni en la despresurización, lo cual es un valioso antecedente para esta especie en futuros casos sometidos a este tipo de tratamiento.

Imagen 3: Camaleón de velo con absceso oronasal



Caso 3

Se ingresó un ejemplar de Chinchilla (*Chinchilla lanigera*) hembra de 5 años de edad, con historia clínica de isquemia por efecto torniquete en la punta de los dedos de los miembros pélvicos (MPS). El paciente presentaba edema en todos los dedos y en los respectivos cojinetes de los MPS, además de lesiones por posible automutilación de aproximadamente 5 mm en cada dedo (Imagen 5). Se inició tratamiento con meloxicam (1 mg/kg PO SID x 5 días) y enrofloxacin (5 mg/kg PO BID x 7 días). Además, se realizó TOHB de 60 minutos a 2 ATM SID, durante cinco sesiones.

El paciente presentó una evolución favorable, ya que a partir de la cuarta sesión se observó una disminución del edema, las heridas en los cojinetes comenzaron a cicatrizar y se produjo hiperpigmentación de la piel en esta zona. Además, se conservó la integridad de sus dedos (Imagen 6).

Imagen 4: Camaleón de velo en el interior de la cámara hiperbárica

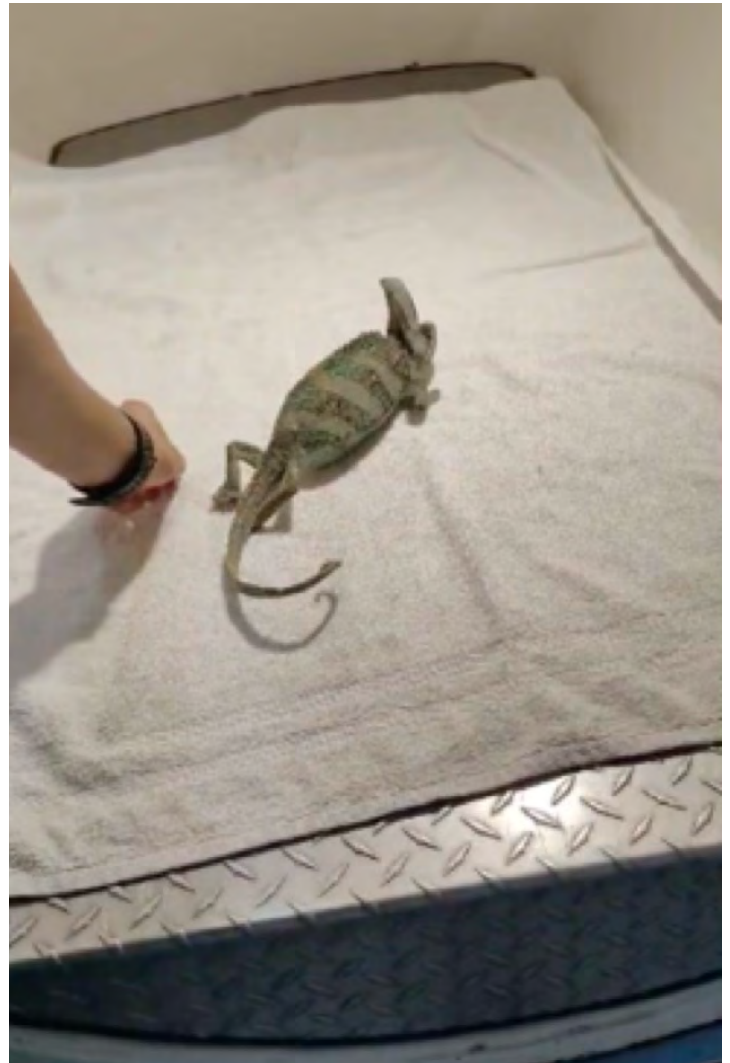


Imagen 5: Lesiones en cojinetes de los dedos de miembro pélvico izquierdo (MPI), día 1





Imagen 6: Evolución de lesiones en cojinetes de los dedos de MPS (día 4)



DISCUSIÓN

La TOHB en la medicina veterinaria todavía está en etapa inicial y en la actualidad se dispone de poca investigación clínica prospectiva. Conocer la fisiología y los mecanismos de acción de la TOHB será fundamental para orientar la selección de casos y la investigación clínica en esta técnica, así como a establecer usos veterinarios indicados, así como protocolos de tratamiento estandarizados (Edwards, 2010b).

PEQUEÑOS MAMÍFEROS

Montalbano y *et al.* en el 2021 realizaron un estudio retrospectivo, donde se realizaron 2792 sesiones de TOHB, de las cuales reportaron 9 especies silvestres y una doméstica (1.7%). Entre los mamíferos reportados, se incluyó un mono capuchino, una zarigüeya, un murciélago, una ardilla gris, un zorrillo, y una cabra, con un promedio de 3.6 ± 2.6 sesiones por paciente. La principal razón para emplear la TOHB en estos pacientes fue para tratar heridas externas o abscesos ($n = 7$, 70%), y en un caso se administró por mielopatía, perforación gastrointestinal, neumonía y miositis simultáneamente. Durante el estudio, no se reportaron incidentes adversos y, aunque el número de pacientes fue pequeño para estandarizar un protocolo para el manejo de heridas, el reporte fue subjetivo y requiere una descripción más detallada para otorgarle objetividad.

Sin embargo, el hecho de que este tipo de tratamiento haya sido probado en el manejo de heridas en diferentes especies como se mencionó previamente, indica que puede ser una buena opción para nuestros pacientes no convencionales.

En cuanto a los animales de laboratorio, existen varias publicaciones sobre su uso en ratas, ratones, conejos y cuyos, lo cual puede ser un referente importante para estas especies mantenidas como ACNC.

Los conejos han sido un modelo interesante para el estudio de la TOHB, donde se han encontrado diferentes efectos clínicos como por ejemplo en lesiones por quemaduras de segundo grado infectadas (Oley *et al.*, 2022), expansión tisular rápida (Ju *et al.*, 2012), tratamiento de cicatrices hipertóxicas (Ince *et al.*, 2020), injertos auriculares (McClane *et al.*, 2000), en la prevención del daño por isquemia / reperfusión (Ricchio *et al.*, 2007), codyubante en la oseo-síntesis (Chen *et al.*, 2002; Ricchio *et al.*, 2007), tendinopatía (Hsu *et al.*, 2004; Leite *et al.*, 2024), hemorragia subaracnoidea, lesiones vesicales (Tinay *et al.*, 2020) y como tratamiento para la osteomielitis estafilocócica (Mader *et al.*, 1980).

Esta información resulta relevante para el tercer caso mencionado previamente, ya que Ricchio *et al.* en el 2007 reportaron efectos positivos en la prevención del daño por isquemia / reperfusión en músculo esquelético, ya que tiene un efecto antiinflamatorio, genera vasoconstricción sin hipoxia, útil para el control del edema, promueve la angiogénesis, promueve un efecto antioxidante y antimicrobiano, etc. Esto corresponde con los efectos observados en el paciente.

En investigaciones con roedores, como ratas, se ha documentado un efecto favorable del tratamiento en varias patologías. Entre ellas se encuentran la cicatrización de colgajos (Quirinia & Viidik, 1995; Selçuk *et al.*, 2012; Tsai *et al.*, 2014), quemaduras (Selçuk *et al.*, 2013), casos de septicemia (Bærnthsen *et al.*, 2017), reducción de lesiones pulmonares (Li *et al.*, 2011; Tsai *et al.*, 2014), lesión testicular por isquemia / reperfusión (Y. Zhang *et al.*, 2013), traumatismo craneoencefálico (Lin *et al.*, 2012), efectos neuroprotectores (J. Sun *et al.*, 2018; Wu *et al.*, 2018), reparación hepática (Mizuguchi *et al.*, 2005), disfunción renal (Ramalho *et al.*, 2012), lesión medular aguda (Y. Sun *et al.*, 2017) y osteosíntesis en pacientes diabéticos (Pad *et al.*, 2012).

Por último, en ratones, se ha reportado el uso de esta terapia en el control del adenocarcinoma mamario (Huang *et al.*, 2003), metastasis hepática de carcinoma sebáceo (Daruwalla & Christophi, 2006), enfermedades autoinmunes (Saito *et al.*, 1991), heridas por carcinoma sebáceo (Sheikh *et al.*, 2005), depresión por estrés crónico (B. Zhang *et al.*, 2023), disfunción renal en pacientes diabéticos (Verma *et al.*, 2015), aceleración de la cicatrización de heridas en pacientes diabéticos (Nguyen *et al.*, 2020), aumento de la eficacia de ciprofloxacina contra heridas crónicas infectadas por *Pseudomonas aeruginosa* (Laulund *et al.*, 2023), retraso en la aparición de la enfermedad de la neurona motora (Dave *et al.*, 2003) y efecto neuroprotector en lesiones cerebrales traumáticas (Baratz-Goldstein *et al.*, 2017).

Toda esta información es significativa, ya que este tipo de patologías puede presentarse en especies no convencionales.



Sin embargo, tras la lectura de estas publicaciones, resulta complicado describir de forma general el mecanismo de acción del TOHB para cada una de las patologías mencionadas, dado que está relacionado con el efecto del oxígeno en distintas rutas metabólicas a nivel celular y como esto repercute en la fisiopatología de la enfermedad. Además, se presentan diferencias en el mecanismo de acción según la patología y su cronicidad.

En cuanto al manejo de las heridas, lo reportado anteriormente en mamíferos de laboratorio, junto con la información existente en perros y gatos (Gouveia *et al.*, 2021), resulta útil para complementar la respuesta de la TOHB en el manejo de heridas y la prevención o control de infecciones de los casos 1, 2 y 3, correspondientes a la tortuga, el camaleón y la chinchilla.

REPTILES Y AVES

En el caso de las aves, la evidencia que respalda el uso de esta terapia es limitada, ya que los reportes son escasos y, en su mayoría, provienen de comunicaciones personales con uno de los autores de este texto. No obstante, Montalbano y *et al.* en el 2021 mencionan su aplicación en el manejo de heridas en dos guacamayos, sin reportar efectos adversos durante la TOHB.

Por otra parte, resulta fundamental investigar si hay un efecto distinto de la TOHB relacionado a su sistema respiratorio o en los procesos de reparación celular. Lo que se propone como un futuro tema de investigación.

En reptiles Montalbano y *et al.* en el 2021, documentan su aplicación en el tratamiento de heridas en una iguana y no reportaron efectos adversos durante la TOHB. Esto sugiere que la terapia puede ser una opción útil como complemento en el tratamiento de heridas en reptiles, lo cual se relaciona con los casos uno y dos previamente mencionados.

A diferencia de las aves, en reptiles existe una mayor cantidad de informes, especialmente en tortugas marinas como *Caretta* (D. García-Párraga *et al.*, 2014; Peña Pascucci *et al.*, 2024). Se ha observado que la terapia con oxígeno hiperbárico (TOHB) tiene efectos positivos en el tratamiento de barotrauma, embolia gaseosa y enfermedad por descompresión, condiciones relacionadas con traumatismos por impacto de lancha o arrastre con redes (Daniel García-Párraga & Crespo-Picazo, 2018). En estos casos, las sesiones de TOHB suelen extenderse por más de 4 h (D. García-Párraga *et al.*, 2014), llegando hasta 14 h (Portugues *et al.*, 2018), y se ha notado un mejor pronóstico cuanto más temprana es su aplicación. Ya que la dosis, duración y frecuencia del tratamiento están determinados según la cronicidad de la enfermedad y grado de severidad (D. García-Párraga *et al.*, 2014; Peña Pascucci *et al.*, 2024).

También se ha reportado su uso en lesiones osteolíticas en una tortuga boba (*Caretta caretta*) (Peña Pascucci *et al.*, 2024), sin que se hayan documentado efectos adversos relacionados

con la TOHB en estos casos. Esto sugiere que la terapia puede ser segura y potencialmente beneficiosa para otros reptiles, tal como se observó en los casos uno y dos mencionados anteriormente.

EFECTOS ADVERSOS

En medicina humana, el neumotórax es la única contraindicación absoluta para la TOHB. Entre las contraindicaciones relativas se encuentran el enfisema, lesiones pulmonares asintomáticas, antecedentes de cirugía torácica o de oído, fiebre elevada no controlada, embarazo, claustrofobia e infecciones de las vías respiratorias superiores (Edwards, 2010b).

Las complicaciones relacionadas con la TOHB dependen de los efectos tóxicos del oxígeno e incluyen miopía y cataratas, barotrauma, enfermedad por descompresión, estrés oxidativo por peroxidación lipídica, convulsiones inducidas por oxígeno y toxicidad pulmonar (Edwards, 2010b).

La mayoría de los efectos adversos y complicaciones reportados en medicina humana y veterinaria suelen asociarse a un uso inadecuado del tratamiento, y estos se pueden prevenir siguiendo protocolos adecuados y realizando capacitaciones específicas (Edwards, 2010b) (Lyman & Acvim, 2015). Por ello, es imprescindible que este tratamiento sea administrado por profesionales médicos capacitados y con experiencia.

En la medicina veterinaria, el evento adverso más frecuente en perros es la toxicidad por oxígeno en el sistema nervioso central (SNC), que se manifestó como convulsiones focales o generalizadas en 19 perros. Este episodio ocurrió de forma transitoria y sin dejar secuelas posteriormente, representando aproximadamente el 0.7 % de las sesiones de tratamiento. Los factores de riesgo identificados fueron la edad avanzada y el sexo (Montalbano *et al.*, 2021).

Al realizar este texto de revisión, no se encontraron efectos adversos registrados en aves y reptiles. Sin embargo, es importante incluir las posibles contraindicaciones y complicaciones conocidas en otras especies, para así promover un uso seguro y responsable de la terapia con oxígeno hiperbárico en estos animales.

Por ello, es pertinente incentivar futuros estudios clínicos prospectivos, aleatorizados y controlados, en los que se puedan evaluar indicaciones y resultados clínicos específicos (Montalbano *et al.*, 2021) para cada una de las especies no convencionales que manejamos en nuestra práctica clínica diaria.

Finalmente, resulta importante promover la difusión y publicación de reportes de casos clínicos relacionados con el TOHB para contribuir a la ampliación del conocimiento y la comprensión sobre la aplicación de esta terapia en ACNC.



CONCLUSIONES

La medicina hiperbárica se presenta como una opción prometedora para el tratamiento de diversas afecciones en animales de compañía no convencionales, particularmente en el tratamiento de heridas y ciertas emergencias.

Aunque hay pocas publicaciones en aves y reptiles, hay mayor información en pequeños mamíferos de laboratorio, equinos, pequeñas especies y humanos. Esto proporciona información útil para futuros tratamientos en pacientes no convencionales.

La terapia de oxígeno hiperbárico no es un sustituto de los tratamientos convencionales, sino un valioso coadyuvante que acelera y optimiza la evolución del paciente.

Aunque la descripción de los casos clínicos (1, 2 y 3) no es extensa, proporciona información útil como antecedente de su uso para futuros tratamientos en animales no convencionales.

Se necesita más investigación clínica prospectiva para establecer indicaciones específicas, protocolos de tratamiento y pautas de seguridad para diferentes especies. Asimismo, es importante fomentar la publicación de casos clínicos que utilicen la terapia de oxígeno hiperbárico para ampliar el conocimiento y la comprensión del uso de esta terapia en especies no convencionales.

BIBLIOGRAFÍA

- Bærnthsén, N. F., Hansen, M. B., Wahl, A. M., Simonsen, U. & Hyldegaard, O. (2017). Treatment with 24 h-delayed normo- and hyperbaric oxygenation in severe sepsis induced by cecal ligation and puncture in rats. *Journal of Inflammation (United Kingdom)*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s12950-017-0173-4>
- Baratz-Goldstein, R., Toussia-Cohen, S., Elpaz, A., Rubovitch, V. & Pick, C. G. (2017). Immediate and delayed hyperbaric oxygen therapy as a neuroprotective treatment for traumatic brain injury in mice. *Molecular and Cellular Neuroscience*, 83, 74–82. <https://doi.org/10.1016/j.mcn.2017.06.004>
- Chen, W.-J., Lai, P.-L., Chang, C.-H., Lee, M. S., Chen, C.-H. & Tai, C.-L. (2002). The Effect of Hyperbaric Oxygen Therapy on Spinal Fusion: Using the Model of Posterolateral Intertransverse Fusion in Rabbits. *The Journal of TRAUMA Injury, Infection, and Critical Care*, 52(2), 333–338. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e3181f5b073>
- Daruwalla, J. & Christophi, C. (2006). The effect of hyperbaric oxygen therapy on tumour growth in a mouse model of colorectal cancer liver metastases. *European Journal of Cancer*, 42(18), 3304–3311. <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2006.08.004>
- Dave, K. R., Prado, R., Busto, R., Raval, A. P., Bradley, W. G., Torbati, D. & Perez-Pinzón, M. A. (2003). Hyperbaric oxygen therapy protects against mitochondrial dysfunction and delays onset of motor neuron disease in Wobbler mice. *Neuroscience*, 120(1), 113–120. [https://doi.org/10.1016/S0306-4522\(03\)00244-6](https://doi.org/10.1016/S0306-4522(03)00244-6)
- Edwards, M. L. (2010a). Hyperbaric oxygen therapy. Part 1: History and principles. In *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care* (Vol. 20, Issue 3, pp. 284–288). <https://doi.org/10.1111/j.1476-4431.2010.00535.x>
- Edwards, M. L. (2010b). Hyperbaric oxygen therapy. Part 2: Application in disease. In *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care* (Vol. 20, Issue 3, pp. 289–297). https://doi.org/10.1111/j.1476-4431.2010.00535_1.x
- García Párraga D, Crespo Picazo JI, Alberich A, Martí Bonmati L, Cervera V & Fernández A. (2015). Decompression sickness in sea turtles: key diagnostic and therapeutic aspects and new prognostic considerations. *Proc Int Conf Dis Zoo Wild Anim*, 83.
- García-Covarrubias, L. & Cuahtémoc Sánchez-Rodríguez, E. (2000). Terapia con oxigenación hiperbárica, conceptos básicos. *Gac Méd Méx*, 136(1), 45–56.
- García-Párraga, D., Crespo-Picazo, J. L., De Quirós, Y. B., Cervera, V., Martí-Bonmati, L., Díaz-Delgado, J., Arbelo, M., Moore, M. J., Jepson, P. D. & Fernández, A. (2014). Decompression sickness ('the bends') in sea turtles. *Diseases of Aquatic Organisms*, 111(3), 191–205. <https://doi.org/10.3354/dao02790>
- García-Párraga, Daniel & Crespo-Picazo, J. L. (2018). Decompression Medicine in Aquatic Species (Fish and Sea Turtle Focus). In *Miller - Fowler's Zoo and Wild Animal Medicine Current Therapy: Volume 9* (Vol. 9, pp. 345–355). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-55228-8.00050-3>
- Gouveia, D., Bimbarra, S., Carvalho, C., Cardoso, A., Gamboa, Ó., Teixeira, R., Ferreira, A. & Martins, A. (2021). Effects of hyperbaric oxygen therapy on wound healing in veterinary medicine: A pilot study. *Open Veterinary Journal*, 11(4), 544–554. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2021.v11.i4.4>
- Hsu, R. W. W., Hsu, W. H., Tai, C. L. & Lee, K. F. (2004). Effect of hyperbaric oxygen therapy on patellar tendinopathy in a rabbit model. *Journal of Trauma - Injury, Infection and Critical Care*, 57(5), 1060–1064. <https://doi.org/10.1097/01.TA.0000149247.63934.12>
- Huang, Z., Chen, Q., Shakil, A., Chen, H., Beckers, J., Shapiro, H. & Hetzel, F. W. (2003). Hyperoxygenation Enhances the Tumor Cell Killing of Photofrin-mediated Photodynamic Therapy. *Photochemistry and Photobiology*, 78(5), 496–502. [https://doi.org/https://doi.org/10.1562/0031-8655\(2003\)0780496HETTCK2.0.CO2](https://doi.org/https://doi.org/10.1562/0031-8655(2003)0780496HETTCK2.0.CO2)
- Ince, B., Ismayilzade, M., Arslan, A., Oltulu, P., Baycar, Z. & Dadaci, M. (2020). Evaluation of the effect of hyperbaric oxygen therapy on hypertrophic scar formation in a rabbit ear model: An experimental study. *Dermatologic Therapy*, 33(6). <https://doi.org/10.1111/dth.14146>
- Ju, Z., Wei, J., Guan, H., Zhang, J., Liu, Y. & Feng, X. (2012). Effects of hyperbaric oxygen therapy on rapid tissue expansion in rabbits. *Journal of Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery*, 65(9), 1252–1258. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2012.03.028>
- Laulund, A. S., Schwartz, F. A., Christophersen, L., Kolpen, M., Østrup Jensen, P., Calum, H., Høiby, N., Thomsen, K. & Moser, C. (2023). Hyperbaric oxygen therapy augments ciprofloxacin effect against *Pseudomonas aeruginosa* biofilm infected chronic wounds in a mouse model. *Biofilm*, 5. <https://doi.org/10.1016/j.biofilm.2022.100100>
- Leite, C. B. G., Leite, M. S., Varone, B. B., Santos, G. B. dos, Silva, M. dos S., Pereira, C. A. M., Lattermann, C. & Demange, M. K. (2024). Hyperbaric oxygen therapy enhances graft healing and mechanical properties after anterior cruciate ligament reconstruction: An experimental study in rabbits. *Journal of Orthopaedic Research*, 42(6), 1210–1222. <https://doi.org/10.1002/jor.25787>
- Li, Z., Gao, C., Wang, Y., Liu, F., Ma, L., Deng, C., Niu, K. C., Lin, M. T. & Wang, C. (2011). Reducing pulmonary injury by hyperbaric oxygen preconditioning during simulated high altitude exposure in rats. *Journal of Trauma - Injury, Infection and Critical Care*, 71(3), 673–679. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e3181f5b073>
- Lin, K. C., Niu, K. C., Tsai, K. J., Kuo, J. R., Wang, L. C., Chio, C. C. & Chang, C. P. (2012). Attenuating inflammation but stimulating both angiogenesis and neurogenesis using hyperbaric oxygen in rats with traumatic brain injury. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 72(3), 650–659. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e31823c575f>
- Lyman, R. (2008). Hyperbaric oxygen therapy in veterinary medicine. *Small Animal - Miscellaneous*, 711–715. <https://cabidigitalibrary.org>
- Lyman, R. & Acvim, D. (2015). Hyperbaric oxygen therapy in veterinary medicine—Challenges in safety, training and usage: An editorial perspective. *Veterinary Medicine — Perspective*, 42(1), 7–8.
- Mader, J. T., Brown, G. L., Guckian, J. C., Wells, C. H. & Reinartz, J. A. (1980). A Mechanism for the Amelioration by Hyperbaric Oxygen of Experimental Staphylococcal Osteomyelitis in Rabbits. *The Journal of Infectious Diseases*, 142(6), 915–922. [https://doi.org/0022-1899/80/4206-0017\\$00.81](https://doi.org/0022-1899/80/4206-0017$00.81)
- McClane, S., Renner, G., Bell, P. L., Early, E. K. & Shaw, B. (2000). Pilot study to evaluate the efficacy of hyperbaric oxygen therapy in improving the survival of reattached auricular composite grafts in the New Zealand White rabbit. *Otolaryngology - Head and Neck Surgery*, 123(5), 539–542. <https://doi.org/10.1067/mhn.2000.109473>
- Mizuguchi, T., Oshima, H., Imaizumi, H., Kohara, H., Kawamoto, M., Nobuoka, T., Kawasaki, H., Harada, K., Masuda, Y., Kikkawa, Y., Mitaka, T., Asai, Y. & Hirata, K. (2005). Hyperbaric oxygen stimulates cell proliferation and normalizes multidrug resistance protein-2 protein localization in primary rat hepatocytes. *Wound Repair and Regeneration*, 13(6), 551–557. <https://doi.org/10.1111/j.1524-475X.2005.00077.x>



- Montalbano, C., Kiorpes, C., Elam, L., Miscioscia, E. & Shmalberg, J. (2021). Common Uses and Adverse Effects of Hyperbaric Oxygen Therapy in a Cohort of Small Animal Patients: A Retrospective Analysis of 2,792 Treatment Sessions. *Frontiers in Veterinary Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.764002>
- Nguyen, T. T., Jones, J. I., Wolter, W. R., Pérez, R. L., Schroeder, V. A., Champion, M. M., Heseck, D., Lee, M., Suckow, M. A., Mobashery, S. & Chang, M. (2020). Hyperbaric oxygen therapy accelerates wound healing in diabetic mice by decreasing active matrix metalloproteinase-9. *Wound Repair and Regeneration*, 28(2), 194–201. <https://doi.org/10.1111/wrr.12782>
- Oley, M. H., Oley, M. C., Wewengkang, L. A. J. W., Kepel, B. J., Langi, F. L. F. G., Setiadi, T., Aling, D. M. R., Gunawan, D. F., Tulong, M. T. & Faruk, M. (2022). Bactericidal effect of hyperbaric oxygen therapy in burn injuries. *Annals of Medicine and Surgery*, 74. <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2022.103314>
- Ortega, M. A., Fraile-Martínez, O., García-Montero, C., Callejón-Peláez, E., Sáez, M. A., Álvarez-Mon, M. A., García-Honduvilla, N., Monserrat, J., Álvarez-Mon, M., Bujan, J. & Canals, M. L. (2021). A general overview on the hyperbaric oxygen therapy: Applications, mechanisms and translational opportunities. In *Medicina (Lithuania)* (Vol. 57, Issue 9). MDPI. <https://doi.org/10.3390/medicina57090864>
- Pad, O., Amsd, O., Gab, S., Santos, dos J., Antô nio Dutra Oliveira, P., Maria Soares Dutra Oliveira, A., Buosi Pablos, A., Oliveira Costa, F., Aparecida Borges Silva, G., Nunes dos Santos, J. & Ramos Cury, P. (2012). Influence of hyperbaric oxygen therapy on peri-implant bone healing in rats with alloxan-induced diabetes. *J Clin Periodontol*. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2012.01922.x>
- Peña Pascucci, I., Pernas Mozas, S. & Garrido Sánchez, L. (2024). Osteolytic Lesions in a Sub-Adult Loggerhead Sea Turtle (*Caretta caretta*): A Case Report. *Animals*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/ani14091317>
- Portugues, C., Crespo-Picazo, J. L., García-Párraga, D., Altimiras, J., Lorenzo, T., Borque-Espinosa, A. & Fahlman, A. (2018). Impact of gas emboli and hyperbaric treatment on respiratory function of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*). *Conservation Physiology*, 6(1). <https://doi.org/10.1093/conphys/cox074>
- Quirinia, A. & Viidik, A. (1995). The effect of hyperbaric oxygen on different phases of healing of ischaemic flap wounds and incisional wounds in skin. *British Journal of Plastic Surgery*, 48. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0007-1226\(95\)90049-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0007-1226(95)90049-7)
- Ramalho, R. J., de Oliveira, P. S., Cavaglieri, R. C., Silva, C., Medeiros, P. R., Filho, D. M., Poli-de-Figueiredo, L. F. & Noronha, I. L. (2012). Hyperbaric oxygen therapy induces kidney protection in an ischemia/reperfusion model in rats. *Transplantation Proceedings*, 44(8), 2333–2336. <https://doi.org/10.1016/j.transproceed.2012.07.020>
- Riccio, M., Pangrazi, P. P., Campodonico, A., Scalise, A., Marchesini, A., Talevi, D., Carboni, A., Bertani, C., Bertani, A. & Mazzanti, L. (2007). Combined use of WEB2170 and HBO therapy can reduce ischemia and reperfusion injury to the skeletal muscle in a rabbit model. *Microsurgery*, 27(1), 43–47. <https://doi.org/10.1002/micr.20305>
- Saito, K. Y., Eto, O. S. & Yamashita, U. (1991). Suppressive effect of hyperbaric oxygenation on immune responses of normal and autoimmune mice. *Clin. Exp. Immunot.*, 86, 322–327. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2249.1991.tb05817.x>
- Selçuk, C. T., Kuvat, S. V., Bozkurt, M., Yaşar, Z., Gülsün, N., Ilgezdi, S., Ula, M. & Özalp, B. (2012). The effect of hyperbaric oxygen therapy on the survival of random pattern skin flaps in nicotine-treated rats. *Journal of Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery*, 65(4), 489–493. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2011.11.015>
- Selçuk, C. T., Özalp, B., Durgun, M., Tekin, A., Akkoç, M. F., Alabalik, U. & Ilgezdi, S. (2013). The effect of hyperbaric oxygen treatment on the healing of burn wounds in nicotine-treated and nonnicotine-treated rats. *Journal of Burn Care and Research*, 34(4). <https://doi.org/10.1097/BCR.0b013e318270092e>
- Sheikh, A. Y., Rollins, M. D., Hopf, H. W. & Hunt, T. K. (2005). Hyperoxia improves microvascular perfusion in a murine wound model. *Wound Repair and Regeneration*, 3(13), 303–308. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1067-1927.2005.130313.x>
- Sun, J., Zou, Y., Xiu, G. H., Lin, B. & Liu, S. (2018). Neuroprotective effects of hyperbaric oxygen therapy in combination with Schwann cell transplantation in hippocampal fimbria transected rats. *Ibrain*, 4(3), 28–38. <https://doi.org/10.1002/j.2769-2795.2018.tb00026.x>
- Sun, Y., Liu, D., Wang, Q., Su, P. & Tang, Q. (2017). Hyperbaric oxygen treatment of spinal cord injury in rat model. *BMC Neurology*, 17(1), 1–6. <https://doi.org/10.1186/s12883-017-0909-z>
- Tinay, I., Celik, O., Sekerci, C. A., Cadirci, S., Cevik, O., Oroglu, B., Sener, G. & Tarcan, T. (2020). Hyperbaric oxygen therapy prevents subarachnoid hemorrhage-induced apoptosis and impaired contractility of the rabbit bladder. *Neurourology and Urodynamics*, 39(5), 1276–1282. <https://doi.org/10.1002/nau.24418>
- Tsai, M. C., Lin, H. J., Lin, M. T., Niu, K. C., Chang, C. P. & Tsao, T. C. Y. (2014). High-altitude pulmonary edema can be prevented by heat shock protein 70-mediated hyperbaric oxygen preconditioning. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 77(4), 585–591. <https://doi.org/10.1097/TA.0000000000000408>
- Verma, R., Chopra, A., Giardina, C., Sabbiseti, V., Smyth, J. A., Hightower, L. E. & Perdrizet, G. A. (2015). Hyperbaric oxygen therapy (HBOT) suppresses biomarkers of cell stress and kidney injury in diabetic mice. *Cell Stress and Chaperones*, 20(3), 495–505. <https://doi.org/10.1007/s12192-015-0574-3>
- Wu, H. H., Ko, C. N., Lin, C. H., Lin, H. J., Chang, C. P. & Wang, C. T. (2018). HSP-70-mediated hyperbaric oxygen reduces brain and pulmonary edema and cognitive deficits in rats in a simulated high-altitude exposure. *BioMed Research International*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/4608150>
- Zhang, B., Dong, W., Ma, Z., Duan, S., Han, R., Lv, Z., Liu, X. & Mao, Y. (2023). Hyperbaric oxygen improves depression-like behaviors in chronic stress model mice by remodeling gut microbiota and regulating host metabolism. *CNS Neuroscience and Therapeutics*, 29(1), 239–255. <https://doi.org/10.1111/cns.13999>
- Zhang, Y., Lv, Y., Liu, Y. J., Yang, C., Hu, H. J., Meng, X. E., Li, M. X. & Pan, S. Y. (2013). Hyperbaric oxygen therapy in rats attenuates ischemia-reperfusion testicular injury through blockade of oxidative stress, suppression of inflammation, and reduction of nitric oxide formation. *Urology*, 82(2), 489.e9–489.e15. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2013.04.016>