

Uso del láser de CO₂ en cirugía veterinaria: Aplicación en cinco casos clínicos

En veterinaria el láser presenta aplicaciones tanto en el campo quirúrgico como médico. Aunque existe un gran variedad de tipos de láser, el láser de CO₂ fue uno de los primeros en ser utilizado y su uso se encuentra muy extendido en medicina veterinaria. En este artículo se describen 5 casos clínicos en los que se hace uso del láser de CO₂ durante el tratamiento quirúrgico de diferentes patologías.

Palabras clave: Láser de CO₂, carcinoma de células de transición, maxilectomía, estenosis laríngea, perro.
Clin. Vet. Peq. Anim., 28 (4): 223-232, 2008

M^a P. Lafuente
DVM, PhD.

Veterinary Teaching
Hospital
Washington State
University
Grimes Way, 99164,
Pullman, WA
(USA)

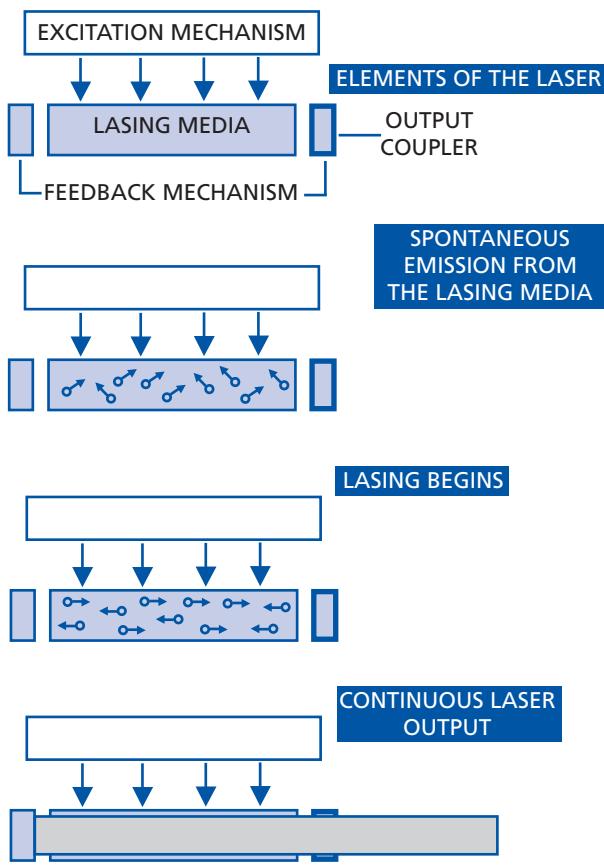
Introducción

El término láser hace referencia a su definición como amplificación de la luz por una emisión estimulada de radiación ("Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation", L.A.S.E.R.). El láser se basa en la teoría de Bohr, de acuerdo a la cual la estimulación de átomos provoca el movimiento de electrones a un nivel energético superior¹. Cuando la estimulación se detiene, esos electrones tienden a volver al nivel energético en el que eran estables, desprendiendo energía en forma de fotones. En 1917 Einstein propuso el concepto de emisión de luz estimulada y, tras varios intentos, finalmente Theodore Maiman desarrolló el primer láser operativo, un láser pulsado de rubí¹.

El haz de láser es formado en una cámara que contiene un material específico como medio. Dicho material confiere el nombre a dicho láser: CO₂, rubí, neodymium:yttrium aluminum garnet (Nd:YAG), etc. Las moléculas de este material son excitadas por medio de energía eléctrica o luminosa. El material excitado se encuentra en un estado inestable, de forma que tiende a volver a un estado más estable, desprendiendo fotones en dicho proceso. Estos fotones son reflejados en los espejos situados en los extremos de la cámara, organizándose en forma de haz y al mismo tiempo excitando nuevas moléculas, amplificando así el nivel energético (Fig. 1). Los fotones desprendidos se desplazan con una misma longitud de onda, dependiendo del material que los originó. El haz de láser es liberado en un extremo de la cámara, transportado y modificado a través de un sistema de espejos o de fibra óptica, dependiendo del tipo de láser, hasta el sistema de aplicación^{2,3} (Fig. 2, a y b). Cuando el rayo láser interacciona con los tejidos puede ser absorbido, reflejado, transmitido o dispersado. El proceso de absorción del haz de luz por el tejido es clave para obtener una interacción efectiva y el efecto deseado. De acuerdo a su longitud de onda, el láser tendrá máximo efecto en los tejidos según su contenido en agua, hemoglobina o melanina^{2,3}. Rayos con longitud de onda infrarroja, entre 1000 y 12000nm, (ej: CO₂) son absorbidos por agua, de forma que tendrán su máximo efecto sobre tejidos con alto contenido en agua, como la piel o tejidos blandos. Rayos con longitud de onda en el espectro de luz visual, 400-900nm, (ej: ND:YAG) son absorbidos por tejidos ricos en melanina o hemoglobina, hecho que los convierte en buenos candidatos para el tratamiento de manchas, tatuajes o depilación. Rayos en el espectro de la luz ultravioleta, menos de 400nm, (ej: laser excimer) son adecuados para uso en córnea o hueso^{2,4} (Fig. 3).

El mecanismo por el que el rayo láser produce su efecto en el tejido puede ser fototermal, fotoablativo, fotomecánico o fotoquímico, dependiendo del tipo de energía



Figura 1. Mecanismo de formación del rayo láser de CO₂.

en el que el haz de fotones es transformado al entrar en contacto con el tejido^{2,5}. Los tipos más comunes de láser actúan transformando la energía luminosa en térmica, produciendo la evaporación del agua intracelular. Durante la aplicación del haz de fotones sobre el tejido, se forma una zona central, en el que la temperatura supera los 100°C, y donde se produce la evaporación del contenido acuoso. Periféricamente, la temperatura alcanzada es menor, dando lugar a una zona de necrosis (60-100°C) y una de daño termal (<60°C). Cuando la absorción del láser es óptima (láser adecuado para ese tipo de tejido), los fotones actúan en una zona contenida con gran aumento de temperatura, minimizando el daño termal periférico. Si por el contrario, el láser no es bien absorbido, los fotones se dispersan en un área mayor dando lugar a una zona de evaporación más pequeña, pero a un mayor área de daño termal periférico^{2,3}. A medida que el rayo láser viaja a través del tejido y éste absorbe la energía, se produce una disminución exponencial de la energía, hecho que se denomina atenuación⁵.

Uno de los conceptos más importantes, para obtener una aplicación adecuada del láser, es el "tiempo de relajación



Figura 2a y b. Fuente y brazo de transmisión del rayo láser, y fuente de succión de gases (a); Punta de aplicación del rayo láser (b).

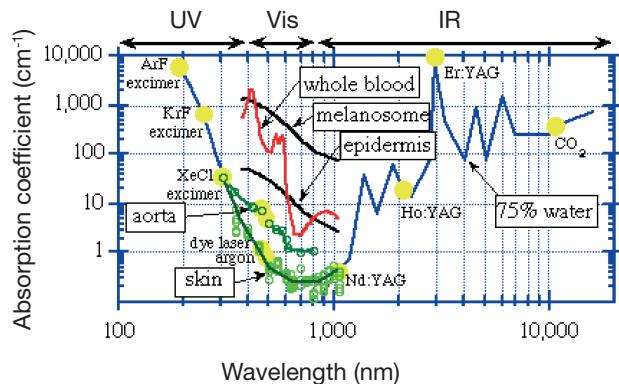


Figura 3. Gráfica que muestra el coeficiente de absorción de tres elementos orgánicos dependiendo de la longitud de onda del rayo láser. La línea azul corresponde al agua, la negra a la melanina, y la roja a la hemoglobina. La absorción del rayo láser por parte de estos elementos depende de la longitud de onda del láser utilizado. A mayor absorción mayor efectividad y menor daño periférico. Dependiendo del contenido de los tejidos en estos tres componentes, y por lo tanto de la absorción de los rayos láser, los diferentes tejidos se benefician del uso de diferentes tipos de láser. i.e. El láser de CO₂ presenta una alto coeficiente de absorción por parte del agua, por lo tanto su uso sería idóneo en tejidos con alto contenido en agua, como la piel.

termal”⁵. Este se define como el tiempo que necesita el tejido al que se ha aplicado el láser para disminuir su temperatura máxima (durante irradiación) en un 50%, por medio de la transferencia de energía térmica a los tejidos que lo rodean. Este tiempo depende del volumen de tejido calentado y de su conductividad. El tiempo es muy corto cuando se utiliza el láser de CO₂, aproximadamente 325μs, y es crítico para evitar efectos indeseados en los tejidos circundantes⁵. De esta forma, si se utiliza el láser de forma pulsada, con un tiempo entre pulsaciones de al menos el tiempo de relajación térmica, se puede obtener una evaporación máxima con una mínima conducción térmica a los tejidos circundantes. La aplicación del rayo láser en modo “superpulsado”, caracterizado por la aplicación repetitiva de altos niveles de energía láser con tiempos de reposo entre ellos, es el modo ideal de aplicación del láser. Otros modos de aplicación del rayo láser es el modo continuo y el modo pulsado^{2,3}.

Un aspecto esencial durante el uso de rayos láser es la seguridad. El láser presenta numerosas aplicaciones pero, al mismo tiempo, es fuente de posibles efectos indeseables tanto para el cirujano como para el paciente. Es necesario seguir unas determinadas medidas de seguridad para garantizar un uso adecuado y seguro del láser. Se han descrito lesiones oculares, tales como formación de cataratas o lesiones de retina, cutáneas como quemaduras, y respiratorias por inhalación del humo derivado de la interacción del rayo láser con los tejidos⁶. El modo más simple de evitar estos peligros es previniendo el contacto del haz de fotones con los ojos o piel del cirujano y paciente. El uso de gafas protectoras de una longitud de onda específica, o la cobertura de los ojos del paciente (Fig. 4), son importantes medidas a tomar para evitar la aplicación accidental del láser. Con objeto de evitar efectos respiratorios tóxicos por inhalación de humos, es imprescindible poseer un sistema de extracción de humo y aplicarlo cerca del campo quirúrgico. Puesto que el contacto del rayo láser con el oxígeno puede derivar en combustión, es esencial, cuando el láser va a ser utilizado en la cavidad



Figura 4. Protección ocular del paciente.

oral, tomar precauciones. El uso de gasas humedecidas alrededor del tubo endotraqueal, tubos endotraqueales específicos para láser y la aplicación cuidadosa del rayo, son medidas importantes para evitar situaciones peligrosas en el quirófano⁶.

El láser presenta numerosas aplicaciones, tanto en el campo médico como en la vida cotidiana. Dentro de la medicina, distintos tipos de rayos poseen otros distintos posibles usos tanto quirúrgicos como no quirúrgicos. Diagnóstico y tratamiento de procesos cancerosos, litotripsia, cirugía ocular y bioestimulación son algunas de sus aplicaciones⁷⁻¹³. En medicina veterinaria, la litotripsia y la cirugía cutánea son los campos más comunes en los que se utiliza la tecnología láser^{11,14-16}. El uso del láser en cirugía veterinaria presenta ventajas y desventajas para el cirujano. Disminución del tiempo quirúrgico, hemostasia adecuada, así como reducción del dolor o inflamación de los tejidos intervenidos son importantes ventajas ofrecidas por la técnica láser^{3,17-19}. Sin embargo, el uso del láser requiere de una inversión económica en equipamiento, formación del personal quirúrgico así como de una curva de aprendizaje^{3,17,19,20}. Debido a las ventajas que ofrece, la aplicación del láser en cirugía veterinaria se encuentra en un momento de expansión. De entre todos los tipos de láser que existen en el mercado, el de CO₂ es el más utilizado. A diferencia del láser ND:YAG, cuyo haz de fotones puede ser transportado a través de un cable de fibra óptica y por lo tanto ser utilizado cistoscópica o laparoscópicamente²¹⁻²⁵, el láser de CO₂ se transmite a través de un cable con sistema de espejos, y por lo tanto su uso está limitado a cirugía abierta^{7,16}. Sin embargo, en la actualidad se están desarrollando nuevos sistemas de transporte flexible que permitan aplicar el láser de CO₂ a través de endoscopios rígidos y flexibles^{26,27}.

Aunque el uso del láser de CO₂ requiere de un aprendizaje previo, éste es rápido y sencillo, permitiendo al cirujano sentirse cómodo tras sólo una o dos utilizaciones. Los principales puntos a tener en cuenta durante la aplicación del láser de CO₂ son la seguridad y minimizar el daño térmico periférico. Tal y como se ha mencionado anteriormente, la protección del cirujano y del paciente, así como el uso del láser en modo superpulsado y retirada frecuente de la escara son factores decisivos para obtener el resultado deseado.

A continuación se presentan varios casos clínicos en los que se ha aplicado el láser de CO₂ durante cirugía.

Caso 1

Macho castrado, de 8 años de edad y de raza Sheltie. El perro presentaba un posible carcinoma de células de transición, próximo al trígono vesical, que le causaba hematuria, disuria y frecuentes infecciones del tracto urinario. La analítica sanguínea y radiografías torácicas realizadas fueron normales, mientras que el uranálisis demostró hematuria, proteinuria, piuria e isostenuria. La citología de la masa realizada mediante cateterización traumática era

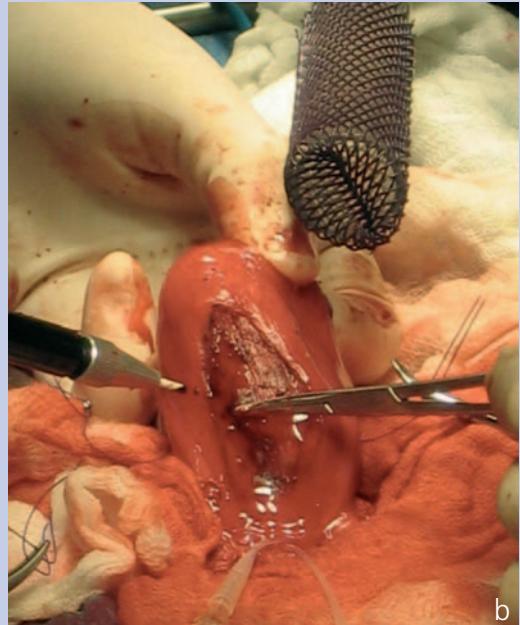
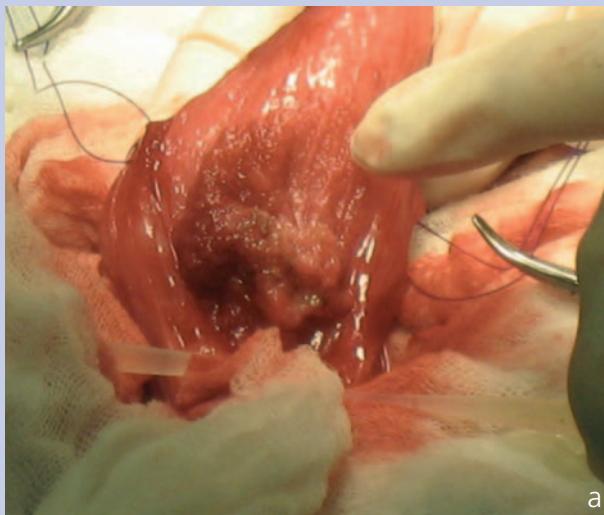


Figura 5a y b. Cistotomía y eversión de la pared vesical que muestra la localización de la masa neoplásica cercana al trigono vesical. Los uréteres han sido cateterizados (a); Disecado del carcinoma de células de transición por medio del láser de CO₂ (b).

compatible con carcinoma. Se trataba de un tumor muy agresivo y con alta tasa de metástasis pero, dada su localización, su extirpación quirúrgica era cuestionable. Tras valorar las posibles opciones, se decidió proceder a su ablación mediante láser de CO₂ seguido de tratamiento quimioterápico.

Tras inducir la anestesia general y preparar asépticamente el abdomen ventral, se realizó una laparotomía exploratoria. 30 minutos antes del comienzo de la cirugía, y cada 90 minutos a lo largo del procedimiento quirúrgico, se administró cefazolina (22mg/Kg) de forma intravenosa. La vejiga urinaria fue aislada del resto de la cavidad abdominal y, tras realizar una cistotomía, se observó una masa cercana al trigono y de aspecto marronáceo, pedunculada y friable. Afortunadamente los orificios ureterales no se encontraban afectados y fueron cateterizados (Fig. 5a). La vejiga fue evertida para facilitar la manipulación de los tejidos, y se procedió a la ablación de la masa. Con el láser en modo superpulsado se comenzó a disecar la masa de la mucosa, teniendo precaución de no perforar la pared vesical. Mucosa, submucosa y parte de muscular fueron elevados junto con la masa (Fig. 5b). Como se ha descrito anteriormente, la escara era eliminada frecuentemente y pequeños vasos sanguíneos cauterizados con el haz de láser. La masa extirpada fue enviada a histopatología para confirmar el diagnóstico. Se introdujo de forma retrógrada un catéter urinario Foley en la vejiga, y la pared fue cerrada con dos suturas continuas de inversión. La cavidad abdominal fue irrigada y suturada de forma rutinaria.

Este paciente se recuperó en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), recibiendo fluidos intravenosos, opiáceos y antibioterapia. Tras la retirada del catéter urinario 24 horas después de la cirugía, el animal mostró ligera hematuria y polaquiuria, hechos que se esperaban tras este tipo de ci-

rugía. El paciente fue dado de alta 24 horas después con amoxicilina-clavulánico (13mg/Kg PO BID 10 días), tramadol (2mg/kg PO TID 5 días), ranitidina (1mg/Kg PO SID) y piroxicam (0.3mg/Kg PO SID). El resultado de histopatología confirmó que se trataba de un carcinoma de células de transición. Tres semanas después de la cirugía, y tras comprobar que el animal no presentaba signos de disuria ni hematuria, se comenzó el tratamiento de quimioterapia basado en la administración de 4 dosis de Mitoxantrone (5 mg/m² IV diluido), siendo cada administración separada 3 semanas.

Caso 2

Una perra de raza mixta, castrada, de 16 años de edad, se presentó en el hospital con historia de una masa oral caudal al segundo molar superior derecho. La biopsia realizada confirmó que se trataba de un melanoma amelanótico. Se trataba de un tumor agresivo y con alta probabilidad de metástasis, de forma que se realizaron analítica sanguínea completa y radiografías de tórax, cuyos resultados fueron normales. Con el paciente bajo anestesia general, se realizó una resonancia magnética para valorar la extensión de dicha masa (Fig. 6). No se observó invasión en las estructuras óseas circundantes ni en los ganglios linfáticos regionales, así que se procedió a la realización de la cirugía, una maxilectomía parcial caudal.

Con el paciente anestesiado y en decúbito lateral izquierdo, se preparó la cavidad oral y se introdujeron gasas humedecidas en la faringe. Con objeto de tener acceso a la parte caudal del maxilar, se realizó un queiloplastia mediante láser de CO₂. Se determinó el área a reseccionar de al menos 1 cm desde el borde del tumor en la mucosa



Figura 6. Resonancia magnética (secuencia T1, post-administración de gadolinium, corte axial) que muestra la localización y absorción de contraste de la masa en el maxilar caudal derecho (flecha).

oral, paladar y maxilar, y se procedió a la incisión en dichas estructuras con el láser de CO₂ en modo superpulsado (Fig. 7a). Posteriormente la cirugía procedió de forma rutinaria, con la elevación de los tejidos con un elevador de periostio y realización de la maxilectomía (con una sierra oscilante) entre el primer y segundo molar superior (Fig. 7b). Con objeto de cubrir el área reseccionada, se realizó un flap buco-mucoso que se suturó al paladar en 2 capas (Fig. 7c). La queiloplastia fue suturada en tres capas, con material reabsorbible en la mucosa oral y submucosa, y no reabsorbible en la piel (Fig. 7d).

El animal se recuperó en la UCI con órdenes de ayuno durante las primeras 24 horas postoperatorias, infusión constante de fentanilo (3µg/Kg/hr IV) y aplicación local de paños fríos. El paciente se recuperó sin complicaciones y fue dado de alta, 48 horas después de la cirugía, con analgésicos orales (Tramadol: 4mg/Kg PO TID) y dieta blanda durante 4 semanas. También se comenzó un tratamiento sistémico basado en la administración de 4 dosis de vacuna para melanoma en semanas alternas, y recordatorio 6 y 12 meses después. Cinco meses después de la cirugía, el paciente presentaba una correcta evolución, sin problemas en la masticación o recurrencia del tumor.

Caso 3

Una perra Samoyedo, castrada, de 10 años de edad, fue atendida en el servicio de cirugía por intolerancia al ejercicio y estridor desarrollados tras una cirugía realizada para atenuar el ladrido 6 meses antes. La exploración física fue normal, a excepción del estridor. Se realizaron analítica sanguínea y radiografías de tórax y cuello, en los cuales no se observaron anomalías.

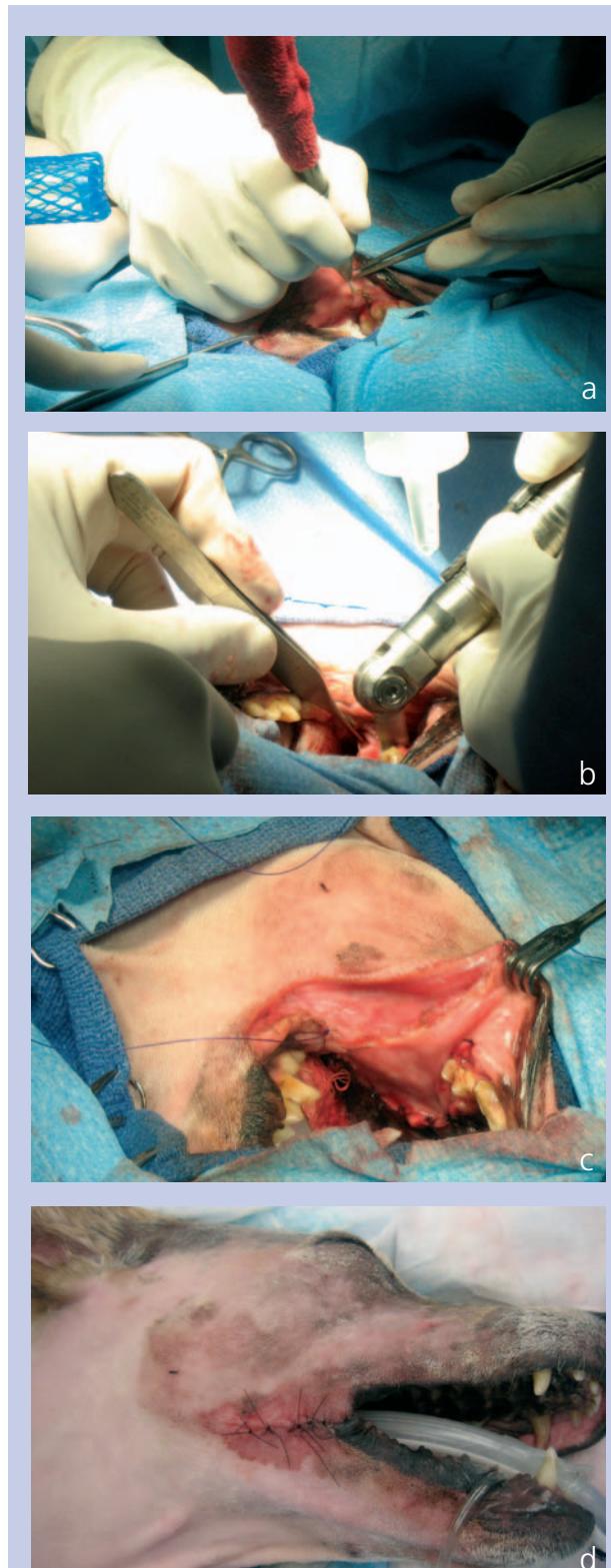
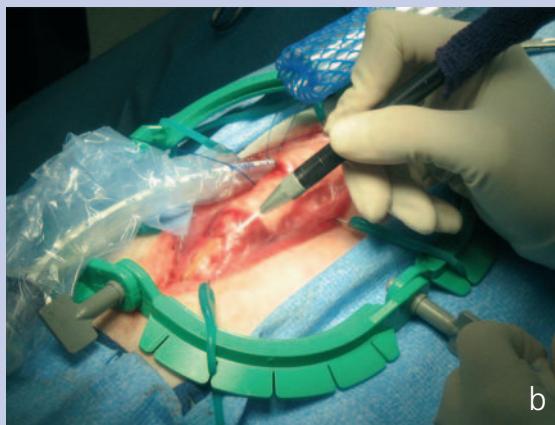


Figura 7. Incisión de la mucosa oral alrededor de la masa mediante láser de CO₂ (a); realización de la maxilectomía mediante sierra oscilante (b); cobertura de la maxilectomía por medio de un flap buco-mucoso (c), y aspecto final tras la sutura de la queiloplastia realizada (d).



a



b

Figura 8a y b. Estenosis laríngea debido a la presencia de tejido fibroso en el aspecto ventral de la apertura laríngea (a); realización de la laringotomía ventral mediante la incisión entre los cartílagos tiroideos con el láser de CO₂ (b).

Tras la inducción anestésica, se realizó una exploración laríngea que mostró la presencia de tejido fibroso en la parte ventral de la *rima glottidis*, conectando ambos cartílagos aritenoides y reduciendo la apertura laríngea un 70% (Fig. 8a). Con objeto de poder introducir un tubo endotraqueal de tamaño adecuado para la ventilación, se incidió dicho tejido con un bisturí y se intubó al paciente. Tras preparar el aspecto ventral del cuello de forma aséptica, y posicionado en decúbito dorsal, se procedió al abordaje ventral a la laringe. Se realizó una traqueotomía temporal y, con el cartílago tiroideo expuesto, se continuó con la laringotomía ventral mediante la incisión entre ambos cartílagos tiroideos con el láser de CO₂ en modo superpulsado (Fig. 8b). Una vez expuesta la cavidad laríngea, se procedió a la ablación del tejido fibroso anormal, con el láser, hasta la exposición del cartílago aritenoides (Fig. 9a). Para prevenir la formación de nuevo tejido fibroso y fusión de ambos cartílagos, se realizaron flaps de mucosa laríngea bilaterales a partir de los sacos laríngeos (Fig. 9b). Estos flaps fueron suturados a la mucosa laríngea y se aplicó Mitomicina C para disminuir el riesgo de formación de tejido de granulación. Previa y posteriormente al cierre de la la-



a



b

Figura 9a y b. Ablación del tejido fibroso intra-laríngeo con el láser de CO₂ (a); cobertura de las zonas de cartílago aritenoides expuesto mediante un flap de mucosa del saco laríngeo (b).

ringotomía, se realizó una laringoscopia para determinar si la apertura laríngea era adecuada. La laringe fue suturada en 2 capas con material reabsorbible, y el abordaje ventral al cuello de forma rutinaria.

El animal se recuperó satisfactoriamente en la unidad de cuidados intensivos con analgesia, fluidos y ayuno durante 24 horas. El tubo de traqueostomía fue retirado 24 horas después de la cirugía, y se comenzó la alimentación oral con dieta blanda. El paciente fue dado de alta 72 horas después de la cirugía con instrucciones de dieta blanda durante 2 semanas, analgesia oral (Tramadol: 4mg/Kg PO TID) y antiinflamatorios esteroideos durante una semana. Dos meses tras la cirugía, el paciente presentaba una función respiratoria satisfactoria.

Caso 4

Un Boston Terrier macho, castrado, de 4 años de edad, se presentó en el servicio de cirugía de tejidos blandos con historia de disnea que había empeorado durante los últimos 6 meses. El examen físico fue normal excepto por es-

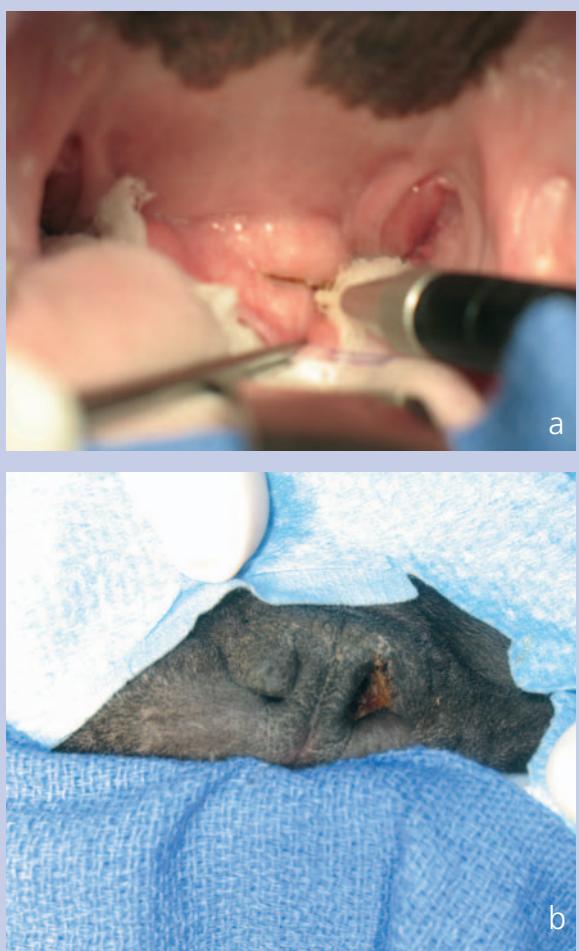


Figura 10a y b. Resección del paladar elongado (a) y ala nasal (b) mediante láser de CO₂.

tertores durante inspiración y estenosis de los orificios nasales. Las radiografías torácicas y cervicales no mostraron ninguna alteración. El perro fue anestesiado, y se realizó un examen laríngeo, que demostró elongación del paladar blando, sin eversión de los sacos laríngeos. La función laríngea era normal. El paciente fue intubado y bajo anestesia gaseosa se procedió a la resección del exceso de paladar blando y de las alas nasales con láser de CO₂.

Con el paciente en decúbito esternal, el maxilar fue suspendido con objeto de mantener abierta la cavidad oral. La orofaringe y tubo endotraqueal fueron cubiertos con gasas húmedas y, tras movilizar cranealmente el extremo caudal del paladar mediante suturas de tracción, se determinó el exceso de paladar blando a reseccionar. Con el láser en modo superpulsado, se procedió a la incisión del paladar siguiendo una línea transversal que une el extremo caudal de ambas tonsilas (Fig.10a). Especialmente en cirugía laríngea, es esencial limpiar la escara frecuentemente para minimizar el daño termal periférico y con ello la inflamación de los tejidos. No se requirió ninguna sutura tras la resección con láser. Tras comprobar que la longitud del paladar era ade-

cuada y de que no existían vasos sangrantes, se procedió a la incisión vertical de las alas nasales con el láser de CO₂. De forma similar a la técnica de resección en cuña vertical descrita en la literatura²⁸, se determinó la cantidad de pliegue alar que era necesario eliminar para aumentar de forma significativa el orificio nasal, y se realizó una incisión vertical con el láser en el borde medial de cada orificio (Fig. 10b). El tejido alar medial a dicha incisión fue eliminado y se introdujo la punta de un catéter o pinza mosquito para comprobar que se había aumentado el pasaje nasal. No fue necesario realizar ninguna sutura.

El paciente se recuperó en la UCI con instrucciones de monitorización respiratoria, administración de antiinflamatorios no esteroideos (Meloxicam: 0.1 mg/Kg PO SID 5 días) y acepromazina (0.01 mg/Kg IV) si era necesario. La recuperación anestésica fue adecuada, y el animal fue dado de alta a las 24 horas con instrucciones de dieta blanda durante 1 semana y limitación del ejercicio durante 2 semanas. La evolución del paciente fue adecuada sin recurrencia de la sintomatología presentada preoperatoriamente.

Caso 5

Una perra castrada, de 1 año de edad, fue atendida en el servicio de reproducción por vaginitis e infección del tracto urinario crónicas, diagnosticadas mediante citología vaginal y cultivo urinario, respectivamente. La perra fue tratada en varias ocasiones con amoxicilina-clavulánico y cefalosporinas, sin mejora de los síntomas de vaginitis. Durante el examen físico, el animal presentaba sensibilidad a la palpación de la zona vaginal. Bajo anestesia general, se realizó una vaginoscopia y palpación vaginal, que demostraron una estenosis vestíbulo-vaginal, causa probable de acumulación de orina. El paciente fue anestesiado y, tras preparar el área quirúrgica de forma aséptica, fue posicionado en decúbito esternal con las extremidades posteriores suspendidas en el extremo de la mesa quirúrgica. Con el láser de CO₂ en modo superpulsado se procedió a la realización de la episiotomía para tener acceso al área estenótica (Figura 11a). La estenosis vaginal fue identificada fácilmente ya que apenas podían introducirse bastoncillos estériles. Se introdujo un catéter urinario en la uretra para obtener una mejor localización de dicha estructura y evitar daños yatrogénicos y se delimitó el área de estenosis a reseccionar. El tejido vaginal fue elevado de la uretra mediante fórceps Babcock y reseccionado mediante láser de CO₂ (Figura 11b). Los márgenes craneales y caudales se suturaron con material reabsorbible y puntos simples en dos capas. Debido a la presencia de una ligera vulva de recesión, se realizó una episiotomía mediante la incisión de 2 cm de piel en forma semicircular en la base de la episiotomía (Figura 11c). La episiotomía fue suturada de forma rutinaria en tres capas (Figura 11d).

El paciente se recuperó en la unidad de cuidados intensivos, el catéter urinario fue retirado tras 18 horas y la perra fue dada de alta 48 horas después de la cirugía. Como

analgesia postoperatoria se colocó un parche transdérmico de fentanilo y se administró un antiinflamatorio no esteroideo (Rimadyl: 4.4 mg/Kg PO cada 24 horas durante 5 días). Diez meses después de la cirugía, la perra presentaba una buena evolución con mejoría de la sintomatología clínica.

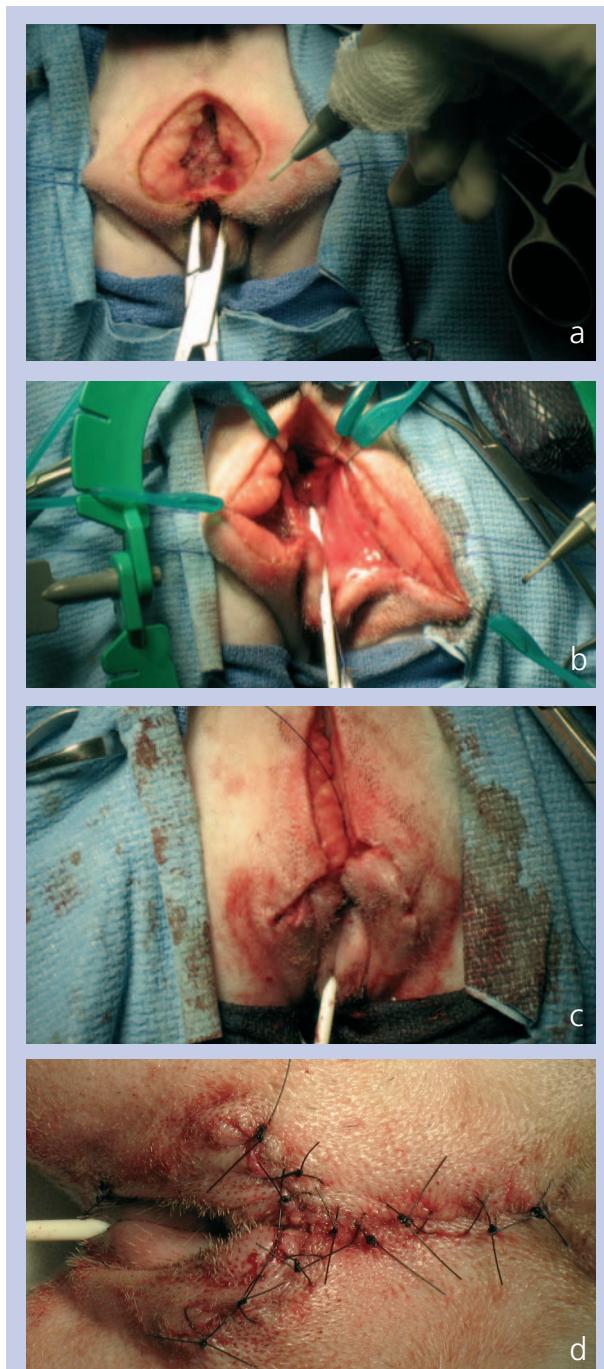


Figura 11. Realización de una episiotomía con el láser de CO₂ (a), introducción de una catéter urinario para proceder a la resección de la estenosis vaginal con el láser de CO₂ (b), aspecto tras la realización de la episiotomía para el tratamiento de una vulva de recesión concomitante (c), y sutura de la episiotomía y episiotomía (d).

Discusion

El uso del láser de CO₂ ofrece numerosos beneficios para el cirujano, convirtiéndolo en un excelente equipo a tener en cuenta en cirugía veterinaria. Hemostasia adecuada, rapidez y disminución del dolor e inflamación postoperatorios son algunas de las ventajas que presenta el uso de esta técnica^{3,17-19,29}. Aunque requiere de una inversión económica, el aprendizaje es rápido y permite obtener el máximo partido al láser en un breve periodo de tiempo^{3,17,19,20}.

Tal como se ha presentado anteriormente, el láser de CO₂ permite la resección de tejidos de forma rápida, eficaz y libre de sangrado. Aunque aquí se han presentado pacientes en los que el láser se aplicó en maxilectomía, resección del paladar elongado o laringotomía, puede utilizarse en aquellas situaciones en las que se desea una mejor hemostasia. De esta forma, el láser de CO₂ puede aplicarse durante episiotomías, cirugía perineal, realización de amputaciones, resección de masas cutáneas o cirugías orales^{14,30,31}. Es necesario tener en cuenta que el uso del láser durante la resección de neoplasias crea un área de daño termal en la periferia del tejido extirpado que puede interferir con la interpretación de los márgenes de dicha biopsia. Sin embargo, el daño termal producido por el láser es únicamente de unos 0.2mm³² de forma que resulta difícil establecer que este daño tisular pueda alterar la implicación clínica de la lectura de dichos márgenes.

El paciente del caso número 1 presentaba un carcinoma de células de transición próximo al trígono vesical, lo que dificultaba su extirpación. Se han descrito diversas técnicas quirúrgicas que se basan en la resección completa del tumor y reconstrucción de la pared vesical con diferentes materiales, diversión del flujo urinario o resección con preservación de la serosa y pedículos neurovasculares³³⁻³⁶. Sin embargo estas técnicas no están exentas de complicaciones, tales como pielonefritis, alteraciones ácido-base y de electrolitos, necrosis vesical, obstrucción o incontinencia urinaria³³⁻³⁶. Se ha descrito en la literatura que la ablación de carcinomas vesicales no resecables con láser de CO₂ proporciona una mejora de la sintomatología clínica, pero sin aumentar el tiempo de supervivencia³⁷. Muchos de los pacientes que sufren dicho carcinoma vesical, presentan signos de obstrucción urinaria o hematuria. La resección del tumor mediante láser de CO₂ mejora los síntomas de hematuria, en más de un 90% de los casos, a las 24 horas de la cirugía, y alivia los signos de obstrucción que sin cirugía podría progresar y llevar al paciente a una situación de verdadera urgencia.

El láser de CO₂ presenta una gran utilidad en cirugía oral, ya que mejora la hemostasia en un tejido que, por su alta vascularización, está predispuesto al sangrado abundante¹⁴. Tal y como muestran los casos 2, 3 y 4, el uso del láser durante cirugía oro-laringea es una técnica sencilla pero que, por su cercanía al tubo endotraqueal y por consiguiente a una fuente de oxígeno potencialmente peligrosa, requiere de una aplicación precisa y cuidadosa. Su uso para la resección de paladar elongado no sólo mejora la

hemostasia y visualización del campo quirúrgico, sino que también disminuye el tiempo quirúrgico y la manipulación del paladar³⁸.

En resumen, el uso del láser de CO₂ en cirugía veterinaria presenta numerosas ventajas, tales como mejor hemostasia,

menor dolor y mayor rapidez en la cirugía. Aunque requiere de una inversión en equipamiento, el aprendizaje de su uso es rápido y puede ser rentabilizado en un breve período de tiempo. La aplicación de medidas de seguridad y protección tanto del cirujano como del paciente es un factor esencial durante la aplicación del láser de CO₂ en cirugía veterinaria.

Title

Use of the CO₂ laser in veterinary surgery: Application in five clinical cases

Summary

The CO₂ laser is widely used in veterinary medicine since it provides good hemostasis, improved surgical times, and decreased postoperative pain and inflammation. However, it also requires some economical investment and learning process. The objectives of this manuscript are to review the characteristics and applications of the CO₂ laser, and to present five clinical cases where this technique was utilized during resection of masses, elongated palate and treatment of laryngeal and vaginal stenosis. Transitional cell carcinoma of the vesical trigone was diagnosed in the first patient. The CO₂ laser was used to dissect the mass off the bladder wall, preserving the integrity of the ureteral orifices. The dog recovered quickly and the clinical signs presented preoperatively resolved in 3 weeks. Another dog had a partial caudal maxillectomy performed due to the presence of an amelanotic melanoma. The CO₂ laser was applied during the oral surgery. The patient had an adequate recovery without mastication dysfunction or recurrence of the tumor. Two patients had respiratory surgery performed by means of the CO₂ laser. After resection of the elongated palate in one, and laryngotomy in the other one, both patients recovered uneventfully, showing significant improvement in their respiratory functions. The last dog presented here was diagnosed with vestibulovaginal stricture and recessed vulva, which led to recurrent urinary tract infections (UTI). Resection of the stenosis and episiotomy were performed with the laser. The patient recovered uneventfully and the clinical signs improved. None of the animals had complications related to the use of the CO₂ laser during surgery. The CO₂ laser offers a wide range of advantages and acceptable limitations, which make this technique be of important use during veterinary surgery.

Key words: CO₂ laser, transitional cell carcinoma, maxillectomy, laryngeal stenosis, dog.

Bibliografía

1. Bartels KE: Lasers in veterinary medicine – where have we been, and where are we going? *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 2002; 32(3): 495–515.
2. Peavy GM: Lasers and laser-tissue interaction. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 2002; 32(3): 517–534.
3. Berger N, Eeg PH: Fundamentals of laser-tissue interactions. En "Veterinary laser surgery: A practical guide", Blackwell Publishing, 1st edition, 2006; 29–42.
4. Berger N, Eeg PH: Laser systems, wavelengths, and technology selection. En "Veterinary laser surgery: A practical guide", Blackwell Publishing, 1st edition, 2006; 63–75.
5. Berger N, Eeg PH: Types of laser-tissue interaction related to the rate of heat transfer through soft tissue. En "Veterinary laser surgery: A practical guide", Blackwell Publishing, 1st edition, 2006; 43–61.
6. Fry TR: Laser safety. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 2002; 32(3): 535–547.
7. Moll GR: Mode lasers in small animal veterinary medicine. En "Veterinary laser surgery: A practical guide", Blackwell Publishing, 1st edition, 2006; 111–135.
8. Sullins KE: Diode laser and endoscopic laser surgery. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 2002; 32(3): 639–648.
9. Gilmour MA: Lasers in ophthalmology. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 2002; 32(3): 649–672.
10. Lucroy MD, Bowles MH, Higbee RG, et al.: Photodynamic therapy for prostatic carcinoma in a dog. *J Vet Intern Med* 2003; 17(2): 235–237.
11. Davidson EB, Ritchey JW, Higbee RD, et al.: Laser lithotripsy for treatment of canine uroliths. *Vet Surg* 2004; 33(1): 56–61.
12. Tanabe S, Yamaguchi M, Iijima M, et al.: Fluorescence detection of a new photosensitizer, PAD-S31, in tumour tissues and its use as a photodynamic treatment for skin tumours in dogs and a cat: a preliminary report. *Vet J* 2004; 167(3): 286–293.
13. Ross HM, Smelstoys JA, Davis GJ, et al.: Photodynamic therapy with motexafin lutetium for rectal cancer: A preclinical model in the dog. *J Surg Res* 2006; 135(2): 323–330.
14. Holt TL, Mann FA: Soft tissue application of lasers. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 2002; 32(3), 569–599.
15. Wynn VM, Davidson EB, Higbee RG, et al.: In vitro effects of pulsed Holmium laser energy on canine uroliths and porcine cadaveric urethra. *Lasers Surg Med* 2003; 33(4): 243–246.
16. Dye TL, Teague HD, Ostwald DA, et al.: Evaluation of a technique using the carbon dioxide laser for the treatment of aural hematomas. *J Am Anim Hosp Assoc* 2002; 38(4): 385–390.

- 17.** Mison MB, Bohart GH, Walshaw R, et al.: Use of carbon dioxide laser for onychectomy in cats. *J Am Vet Med Assoc* 2002; 221(5): 651–653.
- 18.** Mison MB, Steficek B, Lavagnino M, et al.: Comparison of the effects of CO₂ surgical laser and conventional surgical techniques on healing and wound tensile strength of skin flaps in the dog. *Vet Surg* 2003; 32(2): 153–160.
- 19.** Holmberg DL, Brisson BA: A prospective comparison of postoperative morbidity associated with the use of scalpel blades and lasers for onychectomy in cats. *Can Vet J* 2006; 47(2): 162–163.
- 20.** Irwin JR: The economics of surgical laser technology in veterinary practice. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 2002; 32(3): 549–567.
- 21.** Elwick KE, Melendez LD, Higbee RG, et al.: Neodymium:Yttrium Aluminum Garnet (Nd:YAG) laser ablation of an obstructive urethral polyp in a dog. *J Am Anim Hosp Assoc* 2002; 39(5): 506–508.
- 22.** Barber NJ, Muir GH: High-power KTP laser prostatectomy: the new challenge to transurethral resection of the prostate. *Curr Opin Urol* 2004; 14(1): 21–25.
- 23.** Britanisky RG, Poppas DP, Shichman SN, et al.: Laparoscopic laser-assisted bladder autoaugmentation. *Urology* 1995; 46(1): 31–35.
- 24.** Moinzadeh A, Gill IS, Rubenstein M, et al.: Potassium-Titanyl-Phosphate laser laparoscopic partial nephrectomy without hilar clamping in the survival calf model. *J Urol* 2005; 174(3): 1110–1114.
- 25.** Van Nimwegen SA, Van Swol CF, Kirpensteijn J: Neodymium:Yttrium Aluminum Garnet surgical laser versus bipolar electrocoagulation for laparoscopic ovariectomy in dogs. *Vet Surg* 2005; 34(4): 353–357.
- 26.** Anandasabapathy S, Maru D, Klumpp S et al.: Evaluation of a new flexible fiber CO₂ laser for gastrointestinal cutting: Notes and mucosectomy in a porcine model. *Endoscopy* 2008; 40(suppl 2): E200–E201.
- 27.** Shurgalin M, Anastassiou C.: A new modality for minimally invasive CO₂ laser surgery: flexible hollow-core photonic bandgap fibers. *Biomed Instrum Technol* 2008; 42(4): 318–325.
- 28.** Monnet E.: Brachycephalic airway syndrome. En "Textbook of small animal surgery", Saunders-Elsevier Science, 3rd edition, 2003; 808–813.
- 29.** Kaviani A, Fateh M, Ataie-Fashtami L, et al.: Comparison of carbon dioxide laser and scalpel for breast lumpectomy: a randomized controlled trial. *Photomed Laser Surg* 2008; 26(3): 257–262.
- 30.** Shelley BA: Use of the carbon dioxide laser for perianal and rectal surgery. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 2002; 32(3): 621–637.
- 31.** Bellows J: Laser use in veterinary dentistry. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 2002; 32(3): 673–692.
- 32.** Silverman EB, Read RW, Boyle CR, et al.: Histologic comparison of canine skin biopsies collected using monopolar electrosurgery, CO₂ laser, radiofrequency radiosurgery, skin biopsy punch, and scalpel. *Vet Surg* 2007; 36(1): 50–56.
- 33.** Stone EA, Withrow SJ, Page RL, et al.: Ureterocolonic anastomosis in ten dogs with transitional cell carcinoma. *Vet Surg* 1988; 17(3): 147–153.
- 34.** Stone EA, Walter MC, Goldschmidt MH, et al.: Ureterocolonic anastomosis in clinically normal dogs. *Am J Vet Res* 1988; 49(7): 1147–1153.
- 35.** Fries CL, Binnington AG, Valli VE, et al.: Enterocystoplasty with cystectomy and subtotal intracapsular prostatectomy in the male dog. *Vet Surg* 1991; 20(2): 104–112.
- 36.** Saulnier-Troff FG, Busoni V, Hamaide A: A technique for resection of invasive tumors involving the trigone area of the bladder in dogs: Preliminary results in two dogs. *Vet Surg* 2008; 37(5): 427–437.
- 37.** Upton ML, Tangner CH, Payton ME: Evaluation of carbon dioxide laser ablation combined with mitoxantrone and piroxicam treatment in dogs with transitional cell carcinoma. *J Am Vet Med Assoc* 2006; 228(4): 549–552.
- 38.** Davidson EB, Davis MS, Campbell GA, et al.: Evaluation of carbon dioxide laser and conventional incisional techniques for resection of soft palates in brachycephalic dogs. *J Am Vet Med Assoc* 2001; 219(6): 776–781.