



Epidemiología de la urolitiasis felina



**Doreen M. Houston DVM, DVSc,
Dipl. ACVIM**

**Medi-Cal Royal Canin Veterinary Diets, Guelph,
Ontario, Canadá**

La Dra. Houston se licenció en la Universidad de Veterinaria de Ontario en 1980, pasó cuatro años en la práctica privada en Thunder Bay, Ontario, y volvió a la universidad para continuar su formación (Internado, Residencia y DVSc en Medicina Interna). En 1991 se convirtió en Board Certified Diplomate del American College of Veterinary Internal Medicine (ACVIM). Doreen se unió a la Western College de Medicina Veterinaria de la Universidad de Saskatchewan en 1990 y fue ascendiendo hasta catedrática en 1995. Durante su ejercicio académico, Doreen recibió numerosos premios. En julio de 1996, Doreen dejó el mundo académico para pasar a formar parte del equipo de Veterinary Medical Diets de Guelph, Ontario. En la actualidad, es Directora de Investigación de Ensayos Clínicos para Medi-Cal Royal Canin Veterinary Diets en Canadá. La doctora Houston es autora de diversos artículos, capítulos de libros y un libro completo de texto.

■ Introducción

Incidencia, prevalencia y tasa de morbilidad proporcional (TMP) son, todos, términos utilizados para describir la frecuencia de la enfermedad (1). **La tasa de incidencia** de urolitiasis se define como el número de casos nuevos de urolitiasis que se producen en la población durante un

intervalo temporal definido (frecuentemente anual). La incidencia de una enfermedad es útil para los epidemiólogos porque sirve para medir el riesgo de enfermedad. La **prevalencia** de urolitiasis se define como el número total de animales de compañía de la población que tiene urolitos en un momento específico. La prevalencia se diferencia de la incidencia en que no aporta información sobre el riesgo. La proporción de casos de urolitiasis con respecto a todos los casos vistos en una clínica o un hospital en un determinado periodo de tiempo es la **tasa de morbilidad proporcional** (TMP).

Por desgracia, a menudo estos términos se utilizan de manera inapropiada o indistintamente y esto puede llevar a confusión si se intenta comparar los datos de un estudio con los de otro. Por otra parte, no todos los países publican datos sobre la urolitiasis y los datos publicados sobre gatos son menos consistentes entre países que los correspondientes para perros, con menos países representados. Por lo tanto, supone un gran esfuerzo conocer la incidencia, prevalencia y TMP reales de la urolitiasis felina a escala mundial.

La enfermedad del tracto urinario inferior felina (ETUIF o FLUTD en inglés) se refiere al grupo heterogéneo de trastornos caracterizados todos ellos por signos clínicos similares incluyendo hematuria (macroscópica y microscópica), disuria, estranguria, polaquiuria, micción inapropiada (periuria o signos de micción dolorosa fuera de la bandeja) y obstrucción uretral parcial o completa (2). Históricamente se ha comunicado una incidencia de FLUTD inferior al 1% en Estados Unidos y en el Reino Unido (3,4). La TMP de FLUTD en Norte América se ha estimado inferior al 8% (5). La cistitis idiopática es con gran diferencia la causa más común de esta enfermedad en todo el mundo para gatos de uno a diez años de edad (1, 2, 6, 7). La urolitiasis es la segunda causa principal de FLUTD

y es responsable de aproximadamente el 13-28% de las consultas al veterinario en gatos con enfermedad del tracto urinario inferior (1, 2, 7).

Tendencias variables en la presentación de urolitos

En los gatos, la mayoría de los urolitos en la vejiga están compuestos de fosfato amónico magnésico (estruvita) u oxalato cálcico. La prevalencia de urolitos de estruvita y de oxalato en gatos ha cambiado en los últimos 20 años (Tabla 1). Los cálculos de estruvita analizados en dos laboratorios principales de Estados Unidos que realizan análisis cuantitativos sobrepasaban con creces a los urolitos de oxalato antes de finales de la década de 1980 (8). Entre 1984 y 2003, la proporción de cálculos de oxalato cálcico remitidos al Centro de Urolitos de la Universidad de Minnesota (*University of Minnesota Urolith Center*) aumentó desde aproximadamente el 3% hasta más de un 40% (9). A mediados de la década de 1990, los casos remitidos de urolitos de estruvita empezaron a disminuir y el oxalato pasó a ser el número uno en Norte América y otras partes del mundo, entre ellas los Países Bajos y Suiza (6-11). Sin embargo, desde 2002 han empezado a aumentar los urolitos de estruvita

y han superado a los de oxalato como número uno en Estados Unidos (Tabla 1, Figura 1). Basándonos en aproximadamente 9221 urolitos felinos analizados en el Centro de Urolitos de Minnesota en 2005, los tipos de minerales más frecuentes fueron, estruvita (48%), oxalato (41%) y urato (4,6%) (9). En Canadá, se presentaron los mismos casos de urolitos de estruvita y de oxalato en 2005 (10). En Hong Kong, Italia y Gran Bretaña, los urolitos de estruvita fueron los más frecuentes del periodo estudiado (1998-2000), seguidos por los de oxalato (11). Las diferencias observadas en las proporciones de urolitos de oxalato cálcico y de estruvita de unos países a otros pueden estar relacionadas con una serie de factores, entre ellos el clima y el estilo de vida (11). En un estudio, los casos de urolitiasis aumentaron después de periodos de inclemencias ambientales en los que los gatos tendían a permanecer en el interior durante periodos prolongados de tiempo (12). La inactividad y la alimentación con alimentos secos o poco húmedos pueden desempeñar también un papel importante (12). Entre los urolitos que se han observado con menos frecuencia se encuentran los de urato amónico, cistina, sílice, xantina, fosfato cálcico, pirofosfato y sangre solidificada seca.

Tabla 1.
Cambios en los tipos de urolitos remitidos (estruvita y oxalato) en Estados Unidos en las dos últimas décadas y en Canadá, desde 1998

Tipo de mineral	1984	1986	1989	1990	1993	1995	1997	1998*	2001	2002	2003	2004	2005
% de Estruvita													
Estados Unidos	88-90	85	70-80	65	54	50	42		34	40	42,5	44,9	48
Canadá								48*	39*	39*	42*	42,7*	45*
% de Oxalato													
Estados Unidos	2,4	3	10,6	19	27	37	46		55	50	47,4	44,3	41
Canadá								45*	54*	52*	48*	49,6*	45*
% de Urato													
Estados Unidos	2		5,6+	6,3+		6,80+	5,60+						4,60+
Canadá								4,3*	2,7*	3,3*	4,2*	3,9*	5,2*

*Datos canadienses [Centro Veterinario Canadiense de Urolitos abierto en febrero de 1998 - Canadian Veterinary Urolith Center]

+ incluye datos de 1984 y 1986. Obsérvese que la estruvita predominaba durante toda la década de 1980 y principios de la década de 1990; el oxalato predominaba durante la última parte la década de 1990 y principios de 2000; la estruvita vuelve a predominar en 2005 [1, 8, 9, 10].

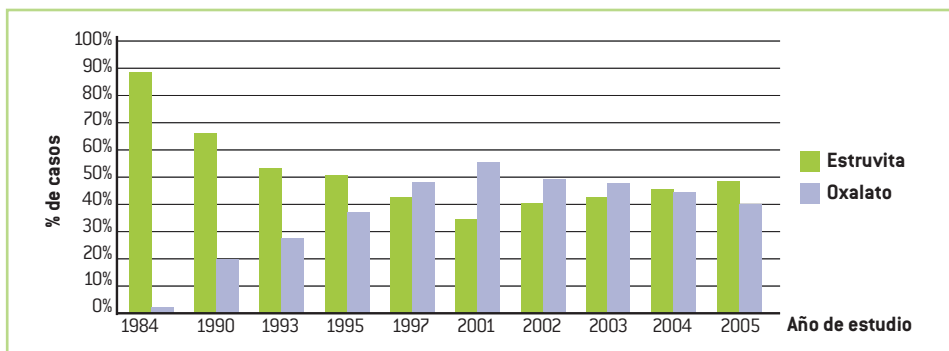


Figura 1.
Cambio del porcentaje de estruvita a oxalato y a estruvita de los urolitos remitidos en los últimos 20 años en los gatos norteamericanos [9].

Tabla 2.

Predisposición por edad, sexo y raza y otros posibles factores de riesgo para urolitos en los gatos

Tipo de urolito	Raza	Edad	Sexo	Otros
Estruvita	Estados Unidos	Estéril: 3 meses-22 años; media 7,2 +/- 3,5 años (1) Infección inducida: cualquier edad (1) Media de 5 años para las hembras y < 2 años para los machos (19)	Hembras ligeramente > machos (10,19) Machos < 2 veces más frecuente que las hembras < 2 años (19) Machos ligeramente > hembras (13) Machos = hembras (11)	<ul style="list-style-type: none"> • Sobrepeso/inactividad • Poca ingesta de agua (1) • Orina alcalina (1) • Modo de vida interior (17)
	Extranjeros de pelo corto, Rag Doll, Chartreux, Oriental de pelo corto, DPC*, Himalaya (6), Himalaya y Persa (8), DPC, DPL** (19) sin predilección de raza (1)			
	Canadá			
	DPC, DPL, DPM***, Himalaya, Persa (10)			
	Gran Bretaña	1-2 años (16)	Machos = hembras	
	DPC, Persa (11)	6,8 +/- 3,7 años (11)		
	Estados Unidos	7 años; 3 meses-22 años (1)	Machos > hembras (1, 6, 10, 13, 16, 17)	<ul style="list-style-type: none"> • Sobrepeso/inactividad • Poca ingesta de agua • Consumo de dietas acidificantes de la orina (17) • Modo de vida interior (17) • Hipercalcemia sérica (18)
	Himalaya, Persa (6,17); Himalaya, Persa, Rag Doll, Pelo corto, Extranjeros de pelo corto, Havana Bown, Scottish Fold, Exótico de pelo corto (6,13); Burmés, Persa e Himalaya (6,17)	Gatos mayores y el principal riesgo a 10-15 años (16)	Machos = hembras (11)	
Canadá	5 y 12 años (17)			
Himalaya, Persa (10)	7-10 años (13)			
Urato	Estados Unidos	5,8 años; 5 meses-15 años (1)	Machos = hembras (1,6)	<ul style="list-style-type: none"> • Poca ingesta de agua • Shunts porto vasculares • Infecciones del tracto urinario
	Ninguna (19,22)			
	Canadá	4,4 +/- 2 años (11)	Machos ligeramente > hembras (10,19)	
Cistina	Estados Unidos	Mediana edad y mayores (2)	Machos ligeramente > hembras (10)	<ul style="list-style-type: none"> • Poca ingesta de agua • Modo de vida interior • Error congénito del metabolismo (23)
	Ninguna (1)			
	Canadá			
Xantina	Estados Unidos		Ninguno	<ul style="list-style-type: none"> • Error congénito del metabolismo (24)
	Ninguna (1)			
Sílice	Estados Unidos		Machos (10)	<ul style="list-style-type: none"> • Poca ingesta de agua
	Ninguna (1)			
Fosfato cálcico (brushita)	Estados Unidos	8 +/- 5 años; 5 meses-19 años (1)	Hembras > machos (1)	<ul style="list-style-type: none"> • Poca ingesta de agua • Hiperparatiroidismo primario (19)
	Ninguna (1)		Machos > hembras (10)	
	Canadá	7,1 +/- 3,6 años (11)		
Pirofosfatos	Canadá		Ninguno (10)	
	Ninguna (10)			
	Europa			
Cálculos de sangre solidificada seca	Estados Unidos		Machos > hembras (8,10)	
	DPC, DPL (8)			

*Doméstico de pelo corto - **Doméstico de pelo largo - ***Doméstico de pelo medio

■ Urolitos felinos

En la **Tabla 2** se muestra de forma resumida, la edad, el sexo y la raza de los gatos con urolitos.

Estruvita

La estruvita es uno de los minerales encontrados con más frecuencia en los urolitos y los tapones uretrales felinos (plugs) (**Figura 2**). Los gatos de raza Himalaya, Persa y el gato doméstico son los más frecuentes y la edad media oscila entre los cinco y los siete años (6, 10, 11). Las razas Rex, Burmés, Abisinio, Azul Ruso, Birmano y Siamés parecen tener un menor riesgo de desarrollar urolitos de estruvita (6, 8, 13).

Al contrario de lo que ocurre en los perros, la mayoría de los urolitos de estruvita en gatos son estériles (1, 6, 13). La infección por microorganismos ureasa positivos es rara en los gatos y se identifica con más frecuencia en los gatos menores de un año, en los gatos mayores y en los gatos con algún problema de salud (uretrostomías perineales, etc.). Los urolitos de estruvita se forman cuando la orina se sobresatura con magnesio, amonio y fósforo y cuando el pH urinario es > 6,5. La sobresaturación de la orina con estos minerales puede producirse cuando se agota el volumen intravascular y se retiene el agua. En un estudio control, se demostró que las dietas con mayor contenido de magnesio, fósforo, calcio, cloruro y fibra, un contenido moderado de proteínas y un contenido bajo de grasas se asociaban con un

mayor riesgo (14). Las dietas que contienen de un 0,15% a un 1,0% de magnesio en base a materia seca se han asociado con la formación de urolitos de estruvita. Sin embargo, el efecto del magnesio depende de la forma del mismo y del pH de la orina (15). El equipo de Buffington demostró que gatos alimentados con un 0,5% de cloruro de magnesio no formaban urolitos de estruvita, mientras que gatos alimentados con un 0,5% de óxido de magnesio formaban urolitos de estruvita. La diferente susceptibilidad en cuanto a la formación de estruvita se debía a que el óxido de magnesio promueve la formación de una orina alcalina, mientras que el cloruro de magnesio promueve la formación de una orina ácida protectora (15).

Oxalato cálcico

Los gatos de raza Himalaya y Persa parecen tener un mayor riesgo de urolitiasis de oxalato (6, 8, 10, 11, 13) (Figuras 3 y 4). Se desconoce la explicación para el aparente aumento de riesgo de tener urolitos de oxalato cálcico de los gatos, pero se ha atribuido al uso generalizado de dietas con contenido restringido de magnesio y acidificantes de la orina para controlar los urolitos de estruvita (6, 13, 14, 16, 17, 18). Una aciduria persistente puede estar asociada con una acidosis metabólica de grado bajo, que promueve la movilización ósea de carbonato y fósforo para actuar como tampones frente a los iones de hidrógeno. La movilización simultánea de calcio junto con la inhibición de la reabsorción tubular renal de calcio, provoca un aumento de la excreción urinaria de calcio (hipercalcemia). El equipo de Leckharoensuk comunicó que los gatos alimentados con dietas formuladas para producir un pH urinario comprendido entre 5,99 y 6,15 tenían tres veces más probabilidad de desarrollar urolitos de oxalato cálcico (13,14). En cinco gatos con hipercalcemia y urolitos de oxalato cálcico, la interrupción de las dietas acidificantes o de los acidificantes urinarios se asoció con una normalización de la concentración sérica de calcio (18). No obstante, muchos gatos reciben dietas acidificantes y, sin embargo, pocos parecen desarrollar hipercalcemia, acidosis metabólica y urolitiasis de oxalato cálcico. Por consiguiente, otros factores como la hiperabsorción gastrointestinal o el aumento de la excreción renal de calcio u oxalato pueden ser importantes en los gatos sensibles. La absorción intestinal de calcio puede producirse debido a un exceso de calcio en el alimento, un exceso de vitamina D o una hipofosfatemia. El aumento de la excreción renal de calcio puede deberse a una disminución de la reabsorción tubular renal (furosemida y corticosteroides) o a un aumento de la movilización del calcio de los depósitos corporales (acidosis, hiperparatiroidismo, hipertiroidismo, exceso de vitamina D) (1,19).



Figura 2. Variabilidad del aspecto de los urolitos de estruvita en gatos. Figura, cortesía de Andrew Moore, CVUC, Guelph, Ontario, Canadá.



Figura 3a. Radiografía lateral que muestra numerosos cálculos radiodensos pequeños en la uretra de un gato macho que se presentó con un FLUTD obstructivo. Radiografía, cortesía del Dr. Brian Crabbe, Port Elgin, Ontario, Canadá.



Figura 3b. Se analizaron los urolitos y se encontró que eran 100% de oxalato cálcico. Figura, cortesía de Andrew Moore, CVUC, Guelph, Ontario, Canadá.



Figura 4. Urolitos felinos de oxalato que muestran su aspecto variable. Lo más frecuente es que el oxalato cálcico dihidrato tenga aspecto especulado como el que aparece en la esquina inferior derecha de la figura; el oxalato cálcico monohidrato suele ser redondo, como el de la esquina inferior izquierda. Figura, cortesía de Andrew Moore, CVUC, Guelph, Ontario, Canadá.

En un estudio control se comunicó que los gatos alimentados con dietas bajas en humedad y en proteínas tenían un riesgo mayor de urolitiasis de oxalato cálcico (14). Se ha comunicado que los gatos que toman dietas ricas en proteínas consumen una mayor cantidad de agua, tienen un mayor volumen de orina y una mayor excreción de fósforo en la orina, mientras que no muestran un aumento de excreción de calcio. El agotamiento del volumen

intravascular y la concentración del volumen de orina aumentan el riesgo de sobresaturación urinaria con calcio y oxalato. Los gatos alimentados con dietas con gran contenido de humedad tienen un tercio de probabilidad de desarrollar urolitos de oxalato cálcico, en comparación con los gatos alimentados con dietas poco húmedas (14). Las dietas muy húmedas se asocian con la producción de mayores volúmenes de orina menos concentrada, en comparación con el consumo de dietas poco húmedas.

La piridoxina (vitamina B₆) aumenta la transaminación del glioxilato, un importante precursor del ácido oxálico, a glicina. Por lo tanto, la carencia de piridoxina incrementa la producción endógena y la posterior excreción de oxalato. Todavía no se ha comunicado una forma de aparición natural de este síndrome. Además, la administración de suplementos de vitamina B₆ no reduce la excreción urinaria de ácido oxálico, en comparación con una dieta que contenga niveles adecuados de dicha vitamina (20).

Tanto la restricción como la suplementación de magnesio en el alimento se han asociado con un aumento del riesgo de urolitiasis de oxalato cálcico en los gatos; por consiguiente, para reducir al mínimo la urolitiasis de oxalato cálcico, las dietas no deben ser severamente restringidas en magnesio ni suplementarse con magnesio (14).

Hace tiempo se sugirió que los suplementos de cloruro sódico aumentaban la excreción urinaria de calcio en los seres humanos. Sin embargo, un reciente estudio epidemiológico realizado por el equipo de Lekcharoensuk no respaldó esta hipótesis; por el contrario, se encontró que el aumento del sodio en el alimento reduce el riesgo de urolitos de oxalato cálcico en los gatos (14).

El riesgo de formación de urolitos de oxalato cálcico aumenta con la edad. El equipo de Smith comunicó que los gatos mayores (edad media 10,63 +/- 1,32 años) producían una orina con valores RSS (sobresaturación relativa) de estruvita significativamente menores (0,721 +/- 0,585 frente a 4,984 +/- 4,028) y valores RSS de oxalato cálcico significativamente más elevados (3,449 +/- 1,619 frente a 0,911 +/- 0,866) que un grupo de gatos más jóvenes (4,06 +/- 1,02 años). Los gatos mayores tenían un pH urinario significativamente menor que los gatos más jóvenes (6,08 + 0, 22 frente a 6,38 + 0, 22, respectivamente). El descenso del pH urinario en los gatos mayores puede explicar en parte el aumento del riesgo de formación de urolitos de oxalato cálcico con la edad (21). El modo de vida interior se ha comunicado como un factor de riesgo para la urolitiasis de oxalato cálcico (7, 12, 17).

Urato amónico

El urato amónico es la tercera causa más común de urolitos comunicada en gatos. Están compuestos de ácido úrico y la sal de amonio monobásica del ácido úrico (urato amónico ácido) (1,8). En comparación con la estruvita y el oxalato, su prevalencia es baja y no ha cambiado de manera significativa en las últimas dos décadas (**Tabla 1**). En Canadá, de 321 urolitos remitidos de urato amónico, 10 procedían de gatos Siameses (3,1%) y nueve de Maus egipcios (2,8%) (10). Los urolitos de urato pueden aparecer en gatos con shunts portosistémicos o cualquier forma de disfunción hepática grave. Esto puede estar asociado con una reducción de la conversión hepática del amoníaco a urea, lo que provoca una hiperamonemia. Los urolitos de urato también pueden producirse en gatos con infecciones de vías urinarias que provocan aumento del amoníaco en la orina, en gatos con acidosis metabólica y orina muy ácida y cuando los gatos son alimentados con dietas ricas en purinas, como el hígado u otras vísceras (22). La patogenia exacta en estos gatos sigue sin conocerse en la mayoría de los casos (8).

Fosfato cálcico

Los urolitos de fosfato cálcico son poco frecuentes en los gatos. Las formas más comunes son la hidroxiapatita y el carbonato-apatita; la brushita (fosfato de hidrógeno cálcico deshidratado) es menos frecuente. Los urolitos de fosfato cálcico puro pueden estar asociados con un hiperparatiroidismo primario, trastornos que predisponen a una hipercalcemia (hipercalcemia, exceso de vitamina D, acidosis sistémica, exceso de calcio en el alimento), trastornos que predisponen a una hiperfosfaturia (exceso de fósforo en la dieta), una reducción del volumen de orina, una orina muy alcalina y, al menos para los nefrolitos, la presencia de coágulos de sangre (1). A menudo se producen como un componente menor con los cálculos de estruvita y de oxalato cálcico.

Cistina

Los urolitos de cistina aparecen en gatos con cistinuria, un error congénito del metabolismo caracterizado por una reabsorción tubular proximal defectuosa de cistina y otros aminoácidos (ornitina, lisina, arginina) (23). No se ha comunicado una predisposición obvia de sexo o raza, pero los gatos Siameses pueden tener mayor riesgo (6,19). La mayoría de los gatos son de edad media y mayores (23).

Sílice

Los urolitos de sílice son infrecuentes. Según las cifras limitadas, no hay predisposición de raza, edad ni sexo, aunque los machos están ligeramente más representados

que las hembras en los urolitos remitidos a Canadá (10). Se desconoce su causa en los gatos.

Xantina

Los urolitos de xantina son raros y pueden deberse a un error congénito del metabolismo de las purinas o a la administración de alopurinol. En la mayoría de los casos, no se observan factores de riesgo identificativos. No existe aparentemente una predisposición de raza, sexo ni edad (24). El riesgo de recurrencia es elevado (al cabo de 3-12 meses) (24).

Pirofosfato magnésico potásico

Se han comunicado casos de urolitos de pirofosfato magnésico potásico en cuatro gatos Persas (25). En Canadá, se han analizado un total de 15 de esos urolitos en el CVUC. La mayoría se produjo en gatos domésticos (66,7%) y dos tercios se identificaron en machos. Cinco ocurrieron en gatos de razas puras (dos Himalayas, dos Persas y un Maine Coon). Hubo otros nueve urolitos con nido de oxalato cálcico (8) o de estruvita (1) rodeado de cálculos o capas de pirofosfato (10). Aunque la etiología no se conoce definitivamente, se cree que está relacio-

nado con alguna disfunción enzimática transitoria o permanente que provoca una sobresaturación de pirofosfato de la orina, lo que conlleva una cristalización del urolito (25).

Cálculos de sangre solidificada seca

Se han comunicado cálculos de sangre solidificada seca en gatos norteamericanos (8). Se desconoce su etiología. Estos cálculos no contienen en general material cristalino y muchos son radiotransparentes.

Urolitos compuestos

Los urolitos compuestos consisten en un nido de un tipo mineral y un cálculo o capa de otro tipo mineral. Se forman porque los factores que promueven la precipitación de un tipo de urolitos sustituyen a los factores previos que promueven la precipitación de otro tipo de mineral. Algunos tipos de minerales también pueden funcionar como nido para la deposición de otro tipo de mineral; por ejemplo, todos los tipos de urolitos predisponen a infecciones de las vías urinarias, lo que puede provocar una precipitación secundaria de estruvita.

BIBLIOGRAFÍA

- Osborne CA, Kruger JM, Lulich JP, et al. Feline lower urinary tract diseases. In: Ettinger SJ, Feldman EC (eds). *Textbook of Veterinary Internal Medicine*, WB Saunders, Philadelphia: 1995; **4**: 1805-1832.
- Kruger JM, Osborne CA, Goyal SM, et al. Clinical evaluation of cats with lower urinary tract disease. *J Am Vet Med Assoc* 1991; **199**: 211-216.
- Lawler DF, Sjolín DW, Collins JE. Incidence rates of feline lower urinary tract disease in the United States. *Feline Pract* 1985; **15**: 13-16.
- Walker AD, Weaver AD, Anderson RS, et al. An epidemiological survey of the feline urological syndrome. *J Small Anim Pract* 1977; **18**: 283-301.
- Bartges JW. Lower urinary tract disease in geriatric cats. Proc 15th ACVIM, Lake Buena Vista, Florida 1997, pp. 322-324.
- Lekcharoensuk C, Osborne CA, Lulich JP. Epidemiologic study of risk factors for lower urinary tract diseases in cats. *J Am Vet Med Assoc* 2001; **218**: 1429-1435.
- Gerber B, Boretti FS, Kley S, et al. Evaluation of clinical signs and causes of lower urinary tract disease in European cats. *J Small Anim Pract* 2005; **46**: 571-577.
- Westropp JL, Cannon AB, Ruby AL. Trends in feline urolithiasis. Proc 24th ACVIM, Louisville, Kentucky 2006, pp. 478-480.
- Forrester SD. Evidence-based nutritional management of feline lower urinary tract disease. Proc 24th ACVIM Louisville, Kentucky ACVIM 2006, pp. 510-512.
- Houston DM, Moore AE, Favrin MG, et al. Feline urethral plugs and bladder uroliths: a review of 5484 submissions 1998-2003. *Can Vet J* 2003; **44**: 974-777 and data on file CVUC, 2006.
- Stevenson AE. The incidence of urolithiasis in cats and dogs and the influence of diet in the formation and prevention of recurrence. PhD thesis, Institute of Urology and Nephrology, University College London, 2001.
- Jones BR, Sanson RL, Morris RS. Elucidating the risk factors of feline lower urinary tract disease. *NZ Vet J* 1997; **45**: 100-108.
- Lekcharoensuk C. Association between patient-related factors and risk of calcium oxalate and magnesium ammonium phosphate urolithiasis in cats. *J Am Vet Med Assoc* 2000; **217**: 520-525.
- Lekcharoensuk C, Osborne CA, Lulich JP, et al. Association between dietary factors and calcium oxalate and magnesium ammonium phosphate urolithiasis in cats. *J Am Vet Med Assoc* 2001; **219**: 1228-1237.
- Buffington CAT, Rogers QR, Morris JG. Effect of diet on struvite activity product in feline urine. *Am J Vet Res* 1990; **151**: 2025-2030.
- Thumachai R, Lulich JP, Osborne CA, et al. Epizootiologic evaluation of urolithiasis in cats: 3948 cases [1982-1992]. *J Am Vet Med Assoc* 1996; **208**: 547-551.
- Kirk CA, Ling GV, Franti CE, et al. Evaluation of factors associated with development of calcium oxalate urolithiasis in cats. *J Am Vet Med Assoc* 1995; **207**: 1429-1434.
- McClain HM, Barsanti JA, Bartges JW. Hypercalcemia and calcium oxalate urolithiasis in cats: a report of 5 cases. *J Am Anim Hosp Assoc* 1999; **35**: 297-301.
- Ling GV, Franti CE, Ruby AL, et al. Epizootiologic evaluation and quantitative analysis of urinary calculi from 150 cats. *J Am Vet Med Assoc* 1990; **196**: 1459-1462.
- Wrigglesworth DJ, Stevenson AE, Smith BHE, et al. Effect of pyridoxine hydrochloride on feline urine pH and urinary relative supersaturation of calcium oxalate [abstract]. *Proc 42nd British Small Animal Veterinary Assoc Conference* 1999, pp. 324.
- Smith BHE, Stevenson AE, Markwell PJ. Dietary sodium promotes increased water intake and urine volume in cats. *J Nutr* 2004; **134**: 2128S-2129S.
- Ling GV, Sorenson JL. CVT Update: Management and Prevention of Urate Urolithiasis. In: Bonagura JD, Kirk RW (eds). *Kirk's Current Veterinary Therapy X11. Small Animal Practice*, WB Saunders Co, Philadelphia 1995, pp. 985-989.
- DiBartola SP, Chew DJ, Horton ML. Cystinuria in a cat. *J Am Vet Med Assoc* 1991; **198**: 102.
- White RN, Tick NT, White HL. Naturally occurring xanthine urolithiasis in a domestic shorthair cat. *J Small Animal Pract* 1997; **38**: 299-301.
- Frank A, Norrestam R, Sjodin A. A new urolith in four cats and a dog: composition and crystal structure. *J Biol Inorg Chem* 2002; **7**: 437-444.