

Maria Eduarda Gonaçalves Tozato

Aulus Cavalieri Carciofi

Implicações do ácido fosfórico como acidificante urinário para a saúde renal, metabolismo ósseo e saturação urinária em gatos

Documento assinado digitalmente
 **MARIA EDUARDA GONCALVES TOZATO**
Data: 02/03/2026 19:57:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do Autor

Documento assinado digitalmente
 **AULUS CAVALIERI CARCIOFI**
Data: 02/03/2026 20:02:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do Orientador

Implicações do ácido fosfórico como acidificante urinário para a saúde renal, metabolismo ósseo e saturação urinária em gatos.

O ácido fosfórico (AF) é amplamente utilizado como acidificante urinário em dietas para gatos, embora dados sobre sua segurança ainda sejam limitados. Fontes altamente biodisponíveis de fósforo inorgânico podem aumentar as concentrações séricas pós-prandiais de fósforo, elevar sua excreção renal e potencialmente impactar a saúde renal por meio da ativação de reguladores hormonais do metabolismo mineral. Este estudo avaliou os efeitos do AF e do cloreto de amônio (Cla) como acidificantes urinários, comparados a uma dieta controle não acidificada (CON) e a uma dieta na qual o fósforo suplementar foi fornecido por farinha de carne e ossos (FCO), totalizando quatro tratamentos experimentais. Oito gatos adultos foram distribuídos em dois quadrados latinos 4×4, com períodos de 31 dias. Foram avaliados o equilíbrio ácido-base sistêmico, o metabolismo mineral (paratormônio [PTH] e FGF-23), marcadores de saúde renal e reabsorção óssea, além de parâmetros urinários e supersaturação relativa (SSR) para estruvita e oxalato de cálcio. As dietas AF e Cla reduziram significativamente o pH urinário ($\approx 6,4$; $P < 0,001$), resultando em menor supersaturação relativa (SSR) para estruvita em comparação a CON e FCO ($P < 0,001$). Gatos alimentados com AF apresentaram aumento da excreção urinária de fósforo e elevação pós-prandial do fósforo sérico ($P < 0,01$). A dieta Cla esteve associada ao aumento da calciúria e da SSR para oxalato de cálcio ($P < 0,05$), indicando possível troca compensatória entre a prevenção de estruvita e o risco de oxalato. Os biomarcadores de saúde renal (creatinina, SDMA, UPC, PTH, FGF-23, microalbumina, CrossLaps), bem como o cálcio sérico total e ionizado, permaneceram dentro dos intervalos fisiológicos. Observou-se aumento discreto, porém estatisticamente significativo, da razão proteína:creatinina urinária nos grupos AF e FCO ($P < 0,05$), sem relevância clínica. A ultrassonografia não evidenciou alterações estruturais renais. Concluiu-se que inclusão de 1,1 g de fósforo solúvel/1000 kcal, na forma de AF promoveu acidificação urinária e redução do risco de estruvita, sem efeitos adversos renais no curto prazo em gatos adultos saudáveis. Contudo, o aumento da excreção urinária de fósforo reforça a necessidade de estudos de longa duração, especialmente em populações com risco de doença renal crônica.

Palavras-chave: saúde renal, felinos, cálculos urinários, urolitíase, acidificação

Introdução

Em dietas comerciais para gatos, os ossos constituem a principal fonte de fósforo (P); contudo, fontes de fosfato solúvel (Ps) são amplamente utilizadas por razões tecnológicas e nutricionais (Kurosad, 2019). A segurança da ingestão de Ps tem sido investigada, especialmente no que diz respeito à saúde renal (Dobenecker et al., 2018; Alexander et al., 2019), discussão relevante diante da crescente prevalência de doença renal em gatos (Brown et al., 2016). Estudos demonstram que o teor total de fósforo nas dietas frequentemente excede as exigências de manutenção dos gatos (Davies et al., 2017; Brunetto et al., 2019), em função de pressões de custo que incentivam o uso de subprodutos de origem animal com material ósseo ou da inclusão de Ps para atender requisitos tecnológicos de formulação. Esse fornecimento excessivo ocorre apesar das evidências dos efeitos deletérios do excesso de fósforo sobre a saúde renal, cardiovascular e esquelética (Laflamme, 1972; Haut et al., 1980; Uribarri & Calvo, 2003; Gutierrez, 2013).

A homeostase do fósforo é regulada por um eixo complexo envolvendo ossos, trato gastrointestinal e rins, mediado principalmente por PTH e FGF-23, que aumentam a excreção renal de fósforo diante de ingestões elevadas (Ferrari et al., 2005; Cavalli et al., 2012; Evenepoel et al., 2016). Evidências recentes indicam que, além da ingestão total, a fonte de fósforo influencia seus efeitos metabólicos, sendo fontes orgânicas menos biodisponíveis e fontes inorgânicas solúveis potencialmente mais prejudiciais (Dobenecker et al., 2018; Alexander et al., 2019).

O ácido fosfórico é um dos aditivos de fósforo mais utilizados em alimentos comerciais para gatos, especialmente como agente acidificante urinário para redução do pH urinário. Entretanto, os estudos sobre os potenciais efeitos adversos do fósforo inorgânico concentram-se majoritariamente em fosfatos de sódio, havendo escassez de dados específicos sobre a segurança do ácido fosfórico (Fettman et al., 1992; Spears et al., 2003; Brigitte et al., 1998; Laflamme, 2020). Diante disso, o presente estudo teve como objetivo comparar o ácido fosfórico e o cloreto de amônio como agentes acidificantes urinários, bem como uma fonte orgânica de fósforo de menor biodisponibilidade (farinha de carne e ossos), avaliando seus efeitos sobre parâmetros urinários, metabolismo mineral e ósseo e saúde renal em gatos adultos saudáveis.

Materiais e Métodos: Oito gatos adultos saudáveis foram avaliados em delineamento experimental em dois quadrados latinos 4×4, com quatro dietas experimentais e períodos de 31 dias. Cada período incluiu 22 dias de adaptação às dietas e às gaiolas metabólicas, seguidos de 7 dias de coleta total de fezes e urina para avaliação do balanço hídrico e do balanço mineral. Amostras de sangue, urina fresca de 24 horas e exames ultrassonográficos renais foram realizados no início e final de cada bloco. Os animais receberam água destilada e alimentação individualizada para manutenção (FEDIAF, 2021).

Uma dieta controle (**CON**) foi formulada para atender às exigências nutricionais de gatos adultos. A partir dessa formulação, foram obtidas três dietas experimentais: **AF**, com 0,80% de ácido fosfórico; **Cla**, com 0,75% de cloreto de amônio; e **FCO**, com inclusão de 6,7% de farinha de carne e ossos, fornecendo fósforo em quantidade comparável à dieta AF, porém a partir de uma fonte orgânica de menor biodisponibilidade. As dietas foram processadas por extrusão e analisadas quanto à composição química, perfil de aminoácidos e fósforo solúvel por métodos padronizados (AOAC, 2010; White et al., 1986; Hagen et al., 1989).

Foram realizadas coletas totais de fezes e urina para determinação da digestibilidade aparente de Ca, P e macronutrientes e balanço hídrico (FEDIAF, 2021). O balanço hídrico considerou a ingestão de água por bebida, por alimento e água metabólica, enquanto a excreção foi determinada pelo volume urinário, umidade fecal e perdas hídricas insensíveis (DiBartola, 2012; Carciofi et al., 2005).

A urina foi coletada quantitativamente por quatro dias para determinação de volume, densidade urinária e pH e análises de minerais cálcio, fósforo, magnésio, ureia, sódio, potássio, cloreto, enxofre, citrato e ácido úrico, por métodos bioquímicos padronizados; o oxalato foi determinado por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). No 5º e 6º dia, a urina foi coletada com ácido sulfúrico para determinação da amônia. A SSR para oxalato de cálcio e estruvita foi calculada pelos softwares EQUIL-93 e SUPERSAT. No penúltimo dia de cada período experimental, amostras de sangue foram coletadas em jejum e seis horas após a refeição para realização de hemogasometria e avaliação das concentrações de cálcio, fósforo, PTH, FGF-23 e CrossLaps. Nos dias 0 e 30, foi realizada a coleta de urina fresca para análise de microalbumina, razão albumina:creatinina urinária e análise semiquantitativa por tira reagente, além da coleta de sangue para determinação da creatinina sérica e da dimetilarginina simétrica, utilizadas como

marcadores da função renal. Cada gato foi considerado a unidade experimental. Os dados foram analisados por modelos lineares mistos ou ANOVA para quadrado latino, com comparação de médias pelo teste de Tukey ($P < 0,05$), no software R.

Resultados: As dietas atenderam às recomendações nutricionais para gatos adultos, apresentando diferenças específicas de acordo com os aditivos utilizados.

Tabela 1. Composição química analisada das dietas finais (%):

Item (%)	Controle	Ácido fosfórico	Farinha de carne e ossos	Cloreto de amônio
Cálcio	1,14	1,17	2,08	1,19
Fósforo	0,95	1,15	1,23	0,96
Cloro	0,80	0,80	0,70	1,40
Fósforo solúvel/1000 kcal	0,61	1,07	0,62	0,60

Todos os gatos mantiveram bom estado clínico, sem alterações no consumo alimentar, peso corporal, digestibilidade dos nutrientes ou características fecais ($P > 0,05$). A dieta FCO resultou em maior excreção fecal e menor absorção aparente de fósforo ($P < 0,001$), enquanto a excreção renal foi maior no grupo AF ($P < 0,001$), sem diferenças na retenção total entre as dietas ($P > 0,05$). A ingestão de cálcio foi maior na dieta FCO ($P < 0,001$), acompanhada por maior excreção fecal, sem diferenças na absorção aparente ou retenção entre os tratamentos ($P > 0,05$). O pH urinário foi significativamente influenciado pela dieta ($P < 0,001$), com menores valores nos grupos AF (6,47) e Cla (6,39) e maior valor no grupo FCO (7,52). O balanço hídrico e a densidade urinária não diferiram entre os tratamentos. A dieta Cla resultou em maior concentração urinária de Ca, enquanto a dieta AF apresentou maior concentração urinária de fósforo ($P < 0,001$). A excreção renal de citrato foi mais elevada no grupo FCO e progressivamente menor nos grupos CON, AF e Cla ($P = 0,007$), enquanto os gatos alimentados com FCO apresentaram as menores concentrações e excreção urinária de oxalato ($P \leq 0,01$). A SSR para oxalato de cálcio foi mais elevada no grupo Cla ($P = 0,001$), enquanto a SSR para estruvita foi significativamente maior no grupo FCO ($P < 0,001$). A microalbuminúria não diferiu entre as dietas ou ao longo do tempo. A razão proteína:creatinina urinária apresentou aumento discreto no dia 30 nos grupos AF e FCO ($P < 0,05$), permanecendo dentro da faixa fisiológica. A creatinina sérica aumentou ao longo do tempo em todos os tratamentos ($P < 0,001$), enquanto a SDMA apresentou leve redução ($P = 0,032$). As concentrações séricas de fósforo aumentaram significativamente no período pós-prandial, especialmente no grupo AF ($P = 0,002$). Não foram observadas alterações no equilíbrio ácido-base, nem em PTH, FGF-23 ou CrossLaps. As avaliações ultrassonográficas não evidenciaram alterações renais clinicamente relevantes; um

único caso de infarto renal foi identificado no grupo AF, sem repercussão funcional. A presença de sedimento urinário foi mais frequente nos gatos com a dieta FCO.

Tabela 2. Concentrações urinárias e SSR em gatos alimentados com dietas experimentais.

Item	Dietas				SEM ¹	Valor P
	Controle	Ácido fosfórico	Farinha de carne e ossos	Cloreto de amônio		
Concentração de cálcio na urina (mg/dL)	2,33 ^b	2,14 ^b	2,64 ^b	3,45 ^a	0,148	<0,001
Concentração de fósforo na urina (mg/dL)	321,00 ^b	584,00 ^a	333,00 ^b	327,00 ^b	25,71	<0,001
Concentração de oxalato na urina (mg/dL)	11,70 ^b	12,90 ^b	9,25 ^a	10,90 ^b	0,472	0,003
Concentração de citrato na urina (mg/dL)	49,20 ^a	30,80 ^b	53,30 ^a	20,80 ^c	5,080	<0,001
SSR para oxalato de cálcio (Equil-93)	1,66 ^b	1,82 ^b	1,33 ^b	2,90 ^a	0,178	0,001
SSR para oxalato de cálcio (Supersat)	1,68 ^b	1,62 ^b	1,58 ^b	2,73 ^a	0,155	0,001
SSR para estruvita (Supersat)	3,34 ^b	1,43 ^b	9,74 ^a	1,06 ^b	0,766	<0,001

¹ SEM = erro padrão da média; ^{a, b, c}; letras diferentes na mesma linha indicam diferença ($P < 0,05$).

Tabela 3. Parâmetros da saúde renal e do metabolismo mineral: comparação antes e após a ingestão alimentar (Dia 0 e 30), ou estados em jejum e alimentado (6 horas).

Efeitos da ingestão alimentar (Dia 0 e 30), ou estados em jejum e alimentado (6 horas).							
Item	Dietas				SEM ¹	Valor P	
	Controle	Ácido fosfórico	Farinha de carne e ossos	Cloreto de amônio		Dieta	T0XT30
Efeito do período experimental (Dia 0 vs Dia 30)							
Creatinina (mg/dL)					0,048	0,868	<0,001
Dia 0	1,29	1,31	1,31	1,34			
Dia 30	1,46	1,44	1,49	1,43			
valor p (<i>Δ</i>)	0,012	0,004	0,011	0,024			
SDMA (µg/dL)						0,593	0,032
Dia 0	13,00	12,25	14,50	12,88	1,148		
Dia 30	12,12	11,50	11,87	12,12			
valor p (<i>Δ</i>)	0,444	0,511	0,025	0,511			
UPC						0,048	<0,001
Dia 0	0,060	0,065	0,056	0,060	0,006		
Dia 30	0,064 ^b	0,082 ^a	0,081 ^a	0,077 ^{ab}			
valor p (<i>Δ</i>)	0,550	0,007	<0,001	0,007			
Efeito do estado alimentar (Tempo 0 vs tempo 6)							
Fósforo (mg/dL)					0,299	0,161	0,003
Tempo 0	4,98	4,84	4,81	5,09			
Tempo 6	5,49	5,94	5,37	5,32			
valor p (<i>Δ</i>)	0,279	0,002	0,09	0,52			
Cálcio iônico (mmol/L)							
Tempo 0	1,33	1,32	1,33	1,37	0,019	0,388	<0,001
Tempo 6	1,21	1,25	1,23	1,22			
valor p (<i>Δ</i>)	<0,001	0,004	<0,001	<0,001			

¹ SEM = erro padrão da média; ^{a, b, c}; letras diferentes na mesma linha indicam diferença ($P < 0,05$).

Discussão

O presente estudo avaliou os efeitos da acidificação urinária por diferentes estratégias dietéticas, comparando uma fonte de fósforo inorgânico altamente solúvel (ácido fosfórico), um acidificante alternativo sem fósforo (cloreto de amônio) e uma fonte orgânica de fósforo de menor biodisponibilidade (FCO) sobre parâmetros urinários, metabolismo mineral e saúde renal em gatos adultos saudáveis. De forma geral, embora as dietas tenham promovido alterações relevantes no perfil urinário e no metabolismo mineral, não foram observados efeitos adversos clinicamente relevantes sobre a função renal no curto prazo.

As dietas apresentaram composição química e digestibilidade adequadas, sem impacto negativo sobre ingestão alimentar, balanço hídrico ou função gastrointestinal. As diferenças observadas nos balanços minerais refletiram principalmente a fonte e a biodisponibilidade do fósforo dietético. A dieta FCO, caracterizada por maior teor de cálcio e maior relação Ca:P, resultou em maior excreção fecal de fósforo e menor absorção aparente, indicando eliminação predominantemente via gastrointestinal. Esse achado é consistente com evidências de que o aumento da relação Ca:P reduz a digestibilidade do fósforo por meio da formação de complexos insolúveis no lúmen intestinal (Mack et al., 2015). Em contraste, a dieta contendo ácido fosfórico promoveu maior absorção de Ps, evidenciada pelo aumento do fósforo sérico no período pós-prandial e pela maior excreção urinária, confirmando sua elevada biodisponibilidade e o consequente aumento da carga renal, conforme descrito previamente em gatos alimentados com fósforo altamente disponível (Dobenecker et al., 2018).

Apesar do aumento pós-prandial do fósforo sérico no grupo AF, as concentrações em jejum, bem como FGF-23, PTH e CrossLaps, permaneceram estáveis, sugerindo que, no curto prazo, essa elevação não foi suficiente para desencadear respostas hormonais compensatórias (Murayama et al., 1998). As alterações observadas nos parâmetros urinários evidenciam um trade-off metabólico associado às estratégias de acidificação. A dieta com cloreto de amônio resultou em maior concentração urinária de cálcio, achado compatível com calciúria induzida por acidificação, previamente descrita em dietas acidogênicas (Bijsmans et al., 2021). Em contraste, embora a ingestão de cálcio tenha sido mais elevada na dieta FCO, a excreção urinária não se elevou, reforçando que o excesso foi compensado por aumento da excreção fecal. A redução da excreção urinária de citrato observada nas dietas mais acidogênicas (AF e Cla) é coerente com o efeito do baixo pH urinário sobre a reabsorção tubular de citrato, o que pode reduzir sua capacidade de complexação do cálcio e favorecer a cristalização por oxalato de cálcio (Bijsmans et al., 2021; Zuckerman & Assimos, 2009). De forma consistente, a supersaturação relativa (SSR) para oxalato de cálcio foi mais elevada no grupo Cla. Por outro lado, os gatos alimentados com a dieta FCO apresentaram menores concentrações e excreção urinária de oxalato, possivelmente relacionadas ao maior aporte intestinal de cálcio, que pode reduzir a absorção de oxalato. No que se refere à estruvita, o pH urinário mostrou-se o principal determinante da SSR. A dieta FCO, associada a pH

urinário mais alcalino, apresentou maiores valores de SSR para estruvita, enquanto as dietas AF e Cla reduziram efetivamente esse risco, apesar das diferenças no perfil de excreção mineral. Esses achados reforçam que o pH urinário exerce papel predominante na modulação do risco de estruvita, mesmo quando a excreção urinária de fósforo está aumentada (Houston et al., 2011).

Apesar das alterações urinárias e do aumento da excreção renal de fósforo na dieta com ácido fosfórico, não foram detectados efeitos adversos clinicamente relevantes sobre a saúde renal. Os biomarcadores de função renal, incluindo creatinina e SDMA, permaneceram dentro dos intervalos de referência da IRIS (2023), e as avaliações ultrassonográficas não revelaram alterações estruturais significativas. Achados ultrassonográficos leves e inespecíficos ocorreram de forma esporádica, sem correlação com parâmetros funcionais, e um único caso de infarto renal foi identificado no grupo ácido fosfórico, sem repercussão funcional, impossibilitando associação causal com o tratamento dietético. O discreto aumento da UPC urinária observado nos grupos FCO e AF manteve-se dentro da faixa fisiológica, assim como as concentrações de albumina urinária (Harley & Langston, 2012), reforçando a ausência de dano glomerular clinicamente relevante. De forma semelhante, os parâmetros de metabolismo ósseo e mineral permaneceram estáveis, indicando manutenção da homeostase mineral.

O equilíbrio ácido-base sistêmico manteve-se estável em todas as dietas, contrastando com relatos de acidose metabólica em inclusões mais elevadas de ácido fosfórico (Fettman et al., 1992). Estudos de maior duração demonstraram que níveis elevados de fósforo inorgânico solúvel podem induzir lesões renais progressivas (Alexander et al., 2019), enquanto inclusões próximas a 1g de P solúvel/1000 kcal foram consideradas seguras no médio prazo (Coltherd et al., 2019; 2021). No presente estudo, a inclusão aproximada de 1,1 g de fósforo solúvel/1000 kcal foi suficiente para promover acidificação urinária e aumento pós-prandial do fósforo, sem induzir dano renal detectável no curto prazo. No entanto, a curta duração do estudo e a avaliação exclusiva de animais saudáveis constituem limitações importantes, reforçando a necessidade de estudos de longa duração, especialmente em gatos idosos ou com predisposição à doença renal.

Conclusão: O ácido fosfórico modificou o pH e a excreção urinária, promovendo aumento pós-prandial do fósforo sérico sem efeitos adversos renais clinicamente relevantes em gatos adultos saudáveis no curto prazo.

Referências

AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC International. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemistry; 2010.

Alexander J, Stockman J, Atwal J, Butterwick R, Colyer A, Elliott D, et al. Effects of the long-term feeding of diets enriched with inorganic phosphorus on the adult feline kidney and phosphorus metabolism. *Br J Nutr*. 2018;121(3):249–69. doi:10.1017/S0007114518002751

Bijsmans ES, Yool DA, Syme HM, Elliott J. The effect of urine acidification on urinary parameters in healthy adult cats. *J Feline Med Surg*. 2021;23(2):103–12. doi:10.1177/1098612X20950728

Brown CA, Elliott J, Schmiedt CW, Brown SA. Chronic kidney disease in aged cats: clinical features, morphology, and proposed pathogeneses. *Vet Pathol*. 2016;53(2):309–26. doi:10.1177/0300985815622975

Brunetto MA, Zafalon RV, Teixeira FA, Vendramini TH, Rentas MF, Pedrinelli V, et al. Phosphorus and sodium contents in commercial wet foods for dogs and cats. *Vet Med Sci*. 2019;5(4):494–9. doi:10.1002/vms3.183

Cavalli L, Mazzotta C, Brandi ML. Phosphatonins: physiological role and pathological changes. *Clin Cases Miner Bone Metab*. 2012;9(1):9–13.

Coltherd JC, Staunton R, Colyer A, Thomas G, Gilham M, Logan DW, et al. Not all forms of dietary phosphorus are equal: an evaluation of postprandial phosphorus concentrations in the plasma of the cat. *Br J Nutr*. 2019;121(3):270–84. doi:10.1017/S0007114518003379

Coltherd JC, Alexander JE, Pink C, Rawlings J, Elliott J, Haydock R, et al. Towards establishing no observed adverse effect levels (NOAEL) for different sources of dietary phosphorus in feline adult diets: results from a 7-month feeding study. *Br J Nutr*. 2021;126(11):1626–41. doi:10.1017/S0007114521000477

Davies M, Alborough R, Jones L, Davis C, Williams C, Gardner D. Mineral analysis of complete dog and cat foods in the UK and compliance with European guidelines. *Sci Rep*. 2017;7:17125. doi:10.1038/s41598-017-17159-7

Dobenecker B, Schaschl C, Webel A, Kienzle E. A comparison of faecal and renal phosphorus excretion after excessive intake of monophosphate from calcium and potassium monophosphate in adult cats. *Proc Soc Nutr Physiol*. 2018;27:95.

Dobenecker B, Webel A, Reese S, Kienzle E. Effect of a high phosphorus diet on indicators of renal health in cats. *J Feline Med Surg*. 2018;20(4):339–43. doi:10.1177/1098612X17710589

Evenepoel P, Bover J, Torres P. Parathyroid hormone metabolism and signaling in health and chronic kidney disease. *Kidney Int*. 2016;90(6):1184–90. doi:10.1016/j.kint.2016.06.041

FEDIAF. Nutritional guidelines for complete and complementary pet food for cats and dogs. Brussels: European Pet Food Industry Federation; 2021.

Fettman MJ, Coble JM, Hamar DW, Norrdin RW, Seim HB, Kealy RD, et al. Effect of dietary phosphoric acid supplementation on acid-base balance and mineral and bone metabolism in adult cats. *Am J Vet Res*. 1992;53(11):2125–35. PMID:1466511

Ferrari S, Bonjour JP, Rizzoli P. Fibroblast growth factor-23 relationship to dietary phosphate and renal phosphate handling in healthy young men. *J Clin Endocrinol Metab*. 2005;90(3):1519–24. doi:10.1210/jc.2004-1039

Gutiérrez OM. Sodium- and phosphorus-based food additives: persistent but surmountable hurdles in the management of nutrition in chronic kidney disease. *Adv Chronic Kidney Dis*. 2013;20(2):150–6. doi:10.1053/j.ackd.2012.10.008

Haut LL, Alfrey AC, Guggenheim S, Buddington B, Schrier N. Renal toxicity of phosphate in rats. *Kidney Int*. 1980;17(6):722–31. doi:10.1038/ki.1980.85

Harley L, Langston C. Proteinuria in dogs and cats. *Can Vet J*. 2012;53(6):631–8. PMID:23204582

Houston DM, Vanstone NP, Moore AE, Weese HE, Weese JS. Evaluation of the effect of diet on urine relative supersaturation with struvite and calcium oxalate in healthy cats. *Am J Vet Res*. 2011;72(6):773–80. doi:10.2460/ajvr.72.6.773

Kurosad A. Chronic renal failure and phosphorus in dogs and cats. *Vet Life*. 2019;4:17.

Laflamme GH, Jowsey J. Bone and soft tissue changes with oral phosphate supplements. *J Clin Invest*. 1972;51(11):2834–40. doi:10.1172/JCI107106

Murayama A, Takeyama K, Kitanaka S, Kodera Y, Hosoya T, et al. The promoter of the human 25-hydroxyvitamin D3 1 α -hydroxylase gene confers positive and negative responsiveness to PTH, calcitonin, and 1 α ,25(OH) $_2$ D $_3$. *Biochem Biophys Res Commun*. 1998;249(1):11–6. doi:10.1006/bbrc.1998.9085

Passlack N, Zentek J. Urinary calcium and oxalate excretion in healthy adult cats are not affected by increasing dietary levels of bone meal in a canned diet. *PLoS One*. 2013;8(8):e70530. doi:10.1371/journal.pone.0070530

Pastoor F, van't Klooster A, Mathot J, Beynen A. Increasing phosphorus intake reduces urinary concentrations of magnesium and calcium in adult ovariectomized cats fed purified diets. *J Nutr*. 1995;125(5):1334–41. doi:10.1093/jn/125.5.1334

Spears JK, Grieshop CM, Fahey GC Jr. Evaluation of sodium bisulphate and phosphoric acid as urine acidifiers for cats. *Arch Tierernahr*. 2003;57(5):389–98. doi:10.1080/00039420310001607743

Uribarri J, Calvo MS. Hidden sources of phosphorus in the typical American diet: does it matter in nephrology. *Semin Dial*. 2003;16(3):186–8. doi:10.1046/j.1525-139x.2003.16037.x

Zuckerman JM, Assimos DG. Hypocitraturia: pathophysiology and medical management. *Rev Urol*. 2009;11(3):134–44. PMID:19918341