

La interacción Ca-P a nivel nutritivo y óseo en codornices machos (*Coturnix coturnix japonica*)

L. G. Diz, M. P. Navarro y G. Varela

Departamento de Fisiología Animal
Facultad de Farmacia
Universidad Complutense
Madrid-3

(Recibido el 11 de mayo de 1982)

L. G. DIZ, M. P. NAVARRO and G. VARELA. *Nutritional and Osseous Ca-P Interaction on Male Quail* (*Coturnix coturnix japonica*). Rev. esp. Fisiol., 39, 25-32. 1983.

Five experiments were conducted in which various levels of calcium (Ca) and phosphorus (P) were fed to adult male quail (diets D-1: Ca = 1.54 %, P = 0.80 %; D-2: Ca = 3.20 %, P = 0.81 %; D-3: Ca = 1.57 %, P = 1.66 %; D-4: Ca = 3.40 %, P = 1.71 %; D-5: Ca = 2.20 %, P = 0.81 %). The interaction between Ca and P, and the effect on some nutritive hematic and osseous parameters were investigated for each diet.

Feeding high P caused a body weight decrease in D-4 adult quail ($P < 0.05$) and diminished food intake in the birds of trial D-3 ($P < 0.05$).

The results indicated that the excretion of Ca or P is a lineal function of its own intake.

Neither the pattern of relationship between the intake and excretion of Ca was altered by the levels of phosphorus in the diets, nor the levels of calcium altered the pattern of P. With these levels of Ca and P interaction between both nutrients were not demonstrated.

Plasma Ca levels and dry weight of femur as well as the ash content in them, were not significantly decreased, although the levels of the latter components were inferior in the groups fed non-adjusted diets in the Ca:P ratio (diets D-1, D-2, D-3 and D-4).

La interdependencia entre el Ca y el P de la dieta, tanto a nivel digestivo como metabólico, ha sido objeto de un amplio estudio en aves ponedoras. En ellas, la puesta representa un destino extraordinariamente importante del calcio dietario, siendo causa principal, de diversas modulaciones en la absorción intestinal y osificación, revisadas exhaustivamente por

WASSERMAN y TAYLOR en 1976 (23). Sin tener en cuenta la puesta, algunos autores (3, 11) han puesto de manifiesto la existencia de estrechas dependencias entre las ingestas, y la absorción o algunas de las fracciones que constituyen la excreta total del Ca y P.

Por otro lado, el fósforo, si se encuentra presente en cantidades excesivas, pue-

de provocar *per se* efectos adversos en diversas especies animales, como consecuencia de un hiperparatiroidismo nutricional secundario (2, 5, 7, 13, 14, 15) que indudablemente incidirá directamente sobre la utilización del Ca por el organismo del animal.

En el caso particular de las aves macho, en las que el patrimonio genético determina una «orquesta endocrina» distinta a la de las ponedoras, y dado el gran protagonismo que algunos de sus miembros ejercen sobre el metabolismo del Ca y del P, el estudio de las utilidades nutritivas y metabólicas de ambos elementos permitiría la observación del problema de las interacciones entre dichos iones, desde otra perspectiva. Unido a esto, el hecho de la escasa bibliografía existente sobre estos aspectos en aves machos hace interesante el plantear una serie de ensayos que puedan poner de manifiesto las posibles interdependencias entre ingresos y pérdidas de cada uno de estos iones, cuando varíen, independiente o simultáneamente, sus niveles en la ración.

En definitiva se trata de comprender hasta qué punto la utilización nutritiva de un elemento está modulada por la presencia y cuantía del otro en el alimento, y a qué niveles y en qué medida se manifiesta esa posible interacción.

Material y métodos

Se utilizaron 50 codornices macho, adultas, de un peso de 145 ± 5 g, pertenecientes a la variedad japonesa *Coturnix coturnix japonica*. Fueron alojadas en células de metabolismo individuales, situadas en una cámara termorregulada a $23 \pm 1^\circ \text{C}$ y con un período de iluminación controlado de 14 h diarias. La alimentación se mantuvo *ad libitum*, siendo el agua de bebida desionizada.

Las codornices se dividieron en 5 lo-

tes de 10 animales, numerados del 1 al 5, recibiendo cada uno de ellos dietas que diferían en la concentración de Ca y/o P que contenían. Todas éstas se prepararon a partir de productos naturales, enriqueciendo la mezcla con las vitaminas y minerales adecuados para esta especie aviar (5). Posteriormente se añadían las cantidades precisas de CO_3Ca , PO_4HNa_2 y almidón para conseguir los niveles dietéticos de Ca y P deseados (tabla I).

La composición en macronutrientes de todas las dietas fue: proteínas = 22,5 %, grasa = 4,0 % y fibra = 5,0 %, variando ligeramente sus contenidos en energía e hidratos de carbono (a expensas del almidón). La concentración en Ca y P, según los análisis efectuados, puede verse en las tablas II y III.

Tras dos semanas de adaptación a las instalaciones y a la dieta, el período de control fue de 8 días, durante los cuales se evaluaron peso, ingesta y excreta. Finalizado el mismo, los animales se sacrificaron y se les extrajo sangre y el fémur izquierdo, para su análisis posterior.

Los huesos, tras su cuidadosa disección, fueron secados en estufa a 105°C hasta peso constante, y después se calcinaron a 500°C , de nuevo hasta pesada constante.

El contenido en Ca de las distintas dietas, excretas y plasma se determinó por espectrofotometría de absorción atómica con un aparato Perkin-Elmer 420, utilizando La al 1 % para evitar interferencias y el P se evaluó por fotolorimetría, ambos según las normas de la A.O.A.C. (1). En todos los casos, las muestras se calcinaron previamente a 500°C hasta peso constante.

Los resultados obtenidos se trataron estadísticamente utilizando las técnicas usuales de la *t* de Student, correlación, regresión lineal y análisis de covarianza (19, 20). Los resultados se expresan en las tablas II y III como media $\pm$ error standard de la media ($\bar{x} \pm \text{E.S.}$).

Tabla I. Composición de las distintas dietas utilizadas.

	Dieta 1 (g/kg)	Dieta 2 (g/kg)	Dieta 3 (g/kg)	Dieta 4 (g/kg)	Dieta 5 (g/kg)
Maíz	392,0	392,0	392,0	392,0	392,0
Harina de pescado	58,0	58,0	58,0	58,0	58,0
Harina de girasol	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0
Alfalfa desecada	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0
Trigo	104,0	104,0	104,0	104,0	104,0
Salvado de Trigo	72,0	72,0	72,0	72,0	72,0
Caseína	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0
Aceite de girasol	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Corrector vitamínico *	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Corrector mineral **	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Carbonato cálcico	26,0	61,0	26,0	61,0	42,0
Fosfato bisódico	21,0	21,0	54,0	54,0	54,0
Almidón	138,3	103,3	105,3	70,3	89,3

* Corrector vitamínico (por kg de dieta): vitamina A = 8 mg, tiamina = 4,5 mg, riboflavina = 7 mg, piridoxina = 3,5 mg, cobalamina = 0,15, colecalciferol = 2 mg, ácido ascórbico = 100 mg, tocoferol = 35 mg, biotina = 0,15 mg, vitamina K = 3 mg, ácido pantoténico = 10 mg, nicotinamida = 25 mg, cloruro de colina = 700 mg y D-L metionina = 300 mg.

** Corrector mineral (por kg de dieta): sulfato cúprico = 20 mg, sulfato ferroso = 100 mg, sulfato de manganeso = 300 mg, sulfato de zinc = 150 mg, sulfato de cobalto = 2,5 mg, yoduro potásico = 2 mg y cloruro sódico = 2.925 mg.

Tabla II. Efectos del consumo de dietas con distintos niveles de Ca y P sobre la ingestión y excreción de ambos elementos y sobre el peso de las codornices.

Dieta	Composición dietas		Ingestas/día			Excretas/día		Δ Peso 8 días (g)
	Ca (%)	P (%)	Sustancia seca (g)	Ca (mg)	P (mg)	Ca (mg)	P (mg)	
1	1,54	0,80	13,8 ± 0,4 ^a	212,5 ± 5,2	114,0 ± 3,3	256,2 ± 7,2	105,9 ± 5,0	— 2 ± 1 ^a
2	3,20	0,81	13,1 ± 0,6 ^a	433,3 ± 18,0	105,9 ± 5,2	363,9 ± 15,3	106,2 ± 5,7	— 1 ± 1 ^a
3	1,57	1,66	11,2 ± 0,4 ^b	176,4 ± 6,6	185,1 ± 6,9	214,3 ± 5,9	188,0 ± 6,5	— 2 ± 1 ^a
4	3,40	1,71	13,9 ± 0,8 ^a	486,3 ± 28,3	239,3 ± 13,9	391,3 ± 21,1	238,3 ± 17,3	— 8 ± 2 ^b
5	2,20	0,81	14,4 ± 0,7 ^a	316,8 ± 15,8	116,6 ± 5,8	313,5 ± 9,7	117,0 ± 6,4	0 ± 1 ^a

Distintas letras indican diferencias significativas (p < 0,05).

Tabla III. Influencias del consumo de dietas con distintos niveles de Ca y P sobre el Ca plasmático y mineralización ósea.

Dieta	Composición dietas		Calcemia mg/100 ml	Fémur	
	Ca (%)	P (%)		Sustancia seca (mg)	Cenizas (mg)
1	1,54	0,80	12,8 ± 1,7	364,5 ± 7,9	147,8 ± 2,9
2	3,20	0,81	11,9 ± 2,0	336,7 ± 8,8	141,1 ± 4,4
3	1,57	1,66	12,5 ± 2,5	346,2 ± 8,6	138,6 ± 2,9
4	3,40	1,71	11,8 ± 1,8	355,6 ± 11,7	142,0 ± 2,8
5	2,20	0,81	12,0 ± 2,3	352,1 ± 4,2	157,3 ± 3,0

No existen diferencias significativas entre los lotes.

Resultados y Discusión

Hay que destacar que la dieta 5 aportaba las cantidades idóneas para cubrir las necesidades de este tipo de aves (6), y sobre dicho ajuste, las dietas 1 y 3 contenían menos Ca del necesario, acompañadas de un nivel de P idóneo o excesivo, y las otras dos, la 2 y la 4, un exceso de Ca, con P normal o alto nuevamente.

El consumo total de alimento realizado por los distintos grupos de aves no varió más que en un caso, el del lote que ingería la dieta 3, en el que se hizo menor ($p < 0,05$). A pesar de ello, los animales de este lote no perdieron peso significativamente a lo largo del período experimental, aunque sí lo hicieron los que consumían la dieta 4 ($P < 0,05$). En uno y otro caso las variaciones afectaron a las aves alimentadas con dietas que contenían un elevado nivel de P, efectos ambos ya puestos de manifiesto desde hace tiempo por diversos autores en gallinas ponedoras y en codornices (5, 8, 12, 16, 21) e incluso en mamíferos (9).

La ingesta de Ca y P, consecuencia ló-

gica del consumo de alimento y de la concentración dietética de cada uno de ellos, determinó ingestas de Ca aproximadamente dobles en los grupos que consumían las dietas con elevados niveles del mismo (dietas 2 y 4), y unos ingresos globales de P muy incrementados cuando era éste el que se hallaba presente en cantidades excesivas en el alimento (dietas 3 y 4).

El calcio excretado aumentó cuando lo hizo su ingesta, al igual que sucedió en el caso del fósforo, aunque en este último las pérdidas eran siempre cuantitativamente equivalentes a los ingresos, con independencia de que éstos fueran adecuados o excesivos (tabla II).

En todas las situaciones ensayadas aparece una correlación fuertemente significativa ($P < 0,01$) y próxima a la unidad entre los valores de ingesta y excreta de cada uno de los elementos estudiados (figuras 1 y 2). Porciones de esta correlación global han sido encontradas por BLANUSA *et al.* (3) y HURWITZ *et al.* (11) en

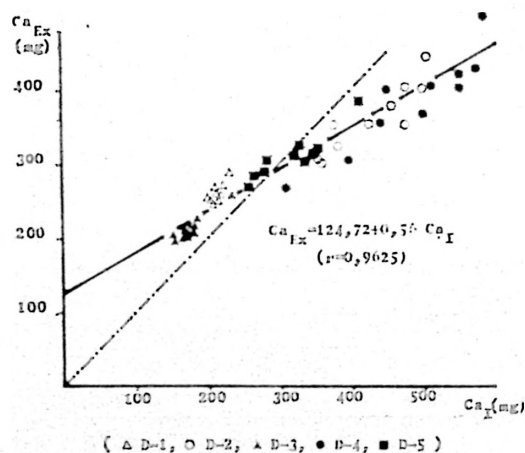


Fig. 1. Relación entre el calcio ingerido (Ca_I) y el excretado (Ca_{Ex}) diariamente por cada una de las codornices macho adultas. Los distintos lotes fueron alimentados con dietas que diferían en la concentración de Ca y P.

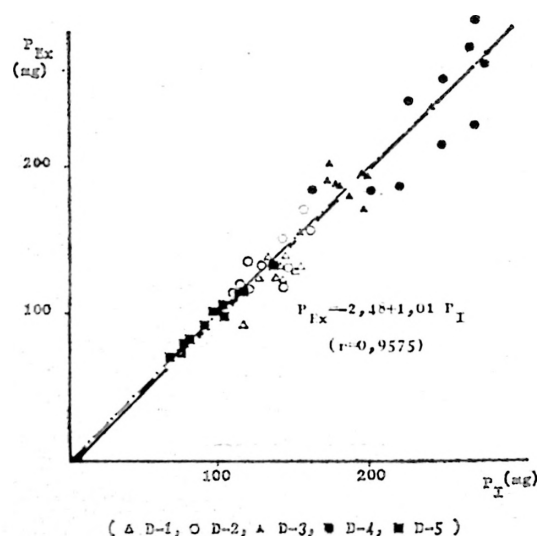


Fig. 2. Relación entre el fósforo ingerido (P_I) y el excretado (P_{Ex}) diariamente por cada una de las codornices macho adultas. Los distintos lotes fueron alimentados con dietas que diferían en la concentración de Ca y P.

pollos, gallinas y pavos, entre diversos componentes de la eliminación e ingesta de Ca y P.

El análisis de covarianza efectuado, tanto para los valores de ingestión-excreción de Ca como de P, no señala la existencia de diferencias entre los distintos grupos ensayados, lo que permite asumir que la relación que liga estos parámetros (ingesta y excreta) para cada elemento no se ve alterada en este sexo al modificarse su propia concentración o la del otro en la dieta, dentro del rango de valores que se ensayan.

La relación entre el Ca ingerido (Ca_i) y excretado (Ca_{ex}) se muestra en la figura 1. En estas condiciones experimentales la excreta de Ca presenta un componente fijo e independiente de la ingesta, y otro que supone una fracción de la misma. Coexisten, por tanto, unas pérdidas fijas, cifradas en unos 125 mg de Ca diarios, donde podrían incluirse las pérdidas endógenas fecales y urinarias independientes de la ingesta, a las que se añadiría una fracción variable y dependiente de la misma que se aproxima al 56 % de ella.

Las dietas empleadas no poseían niveles de Ca lejanos a los considerados como idóneos (6), lo que no permite extrapolar estas consideraciones a situaciones más drásticas, para las que se precisaría evidencia experimental directa. De hecho, ante una carencia absoluta de Ca en el alimento, las pérdidas del ion se reducen espectacularmente a tan sólo 7 mg diarios (18).

A partir de esta relación que liga ingresos y pérdidas de Ca, es fácil deducir que su retención corporal sería nula cuando la ingesta se sitúe en unos 285 mg de Ca por día, que es precisamente el rango de valores al que, como se pudo comprobar en trabajos anteriores (4, 6), los machos ajustan voluntariamente su ingesta de Ca. A esta situación de balance cero llegaron efectivamente las codornices que consumían la dieta 5 (lote 5), la cual les

aportaban aproximadamente esa cantidad de Ca diario (tabla II). Ingestas superiores a estos 285 mg se acompañaron de balances positivos (lotes 2 y 4) y las inferiores por balances negativos (lotes 1 y 3), tal como puede deducirse fácilmente de la tabla II.

En el caso del P se vieron igualmente correlacionados por una sola función lineal, su ingestión y excreción en todas las situaciones dietéticas probadas (fig. 2). La recta de regresión ajustada no difiere significativamente de la primera bisectriz (línea que separa la zona de balances positivos de los negativos), lo que pudiera ser un reflejo de la precisión con que funcionan los mecanismos homeostáticos involucrados en la regulación de la utilización del fósforo en las codornices machos, adaptando las pérdidas a los ingresos, lo que permitió a estos animales mantener un balance nulo de dicho elemento en todas y cada una de las condiciones por nosotros estudiadas (tabla II y fig. 2).

A pesar de las diferencias en las cantidades de Ca y P contenidas en el alimento de los cinco lotes, tampoco se pudo apreciar en ningún caso alteración de la calcemia que presentaron las codornices machos (tabla III), en contra de lo que ocurre en las hembras cuando consumen dietas desajustadas, sobre todo en P, en las que disminuye notablemente la calcemia como consecuencia a la depresión de la puesta debida a la alimentación con este tipo de dietas (5, 17, 21). En mamíferos, un exceso de fósforo en el alimento puede verse (15), o no (7), acompañado de alteraciones apreciables en la calcemia.

Por último, ha de destacarse que ni el peso de los fémures, después de su desecación, ni sus contenidos en cenizas, sufrieron modificaciones significativas en las condiciones de los ensayos (tabla III), aunque puede observarse una ligera disminución del contenido mineral de todos los grupos frente a los del lote 5, aves que consumían la dieta mejor equilibra-

da, efecto muy conocido de las dietas desajustadas en Ca y P (2, 7, 13, 14, 15, 17).

Cuando la utilización nutritiva de ambos iones se estudia desde el punto de vista de sus posibles interdependencias, se observa que no se altera la utilización del Ca por la presencia de elevadas concentraciones de P en la ración, ni la de este último al incrementarse el Ca presente en el alimento, de forma que la función que liga ingresos y pérdidas en el organismo es única para todas las situaciones dietéticas ensayadas y el balance de cada elemento independiente de la cuantía del otro en la dieta o de su mutua relación en ella, y sólo a nivel óseo parece vislumbrarse una ligera interferencia.

Puede constatar, por tanto, una clara diferencia entre las codornices de ambos sexos, ya que en las hembras habíamos observado (4) que los esquemas globales de utilización de Ca y de P están condicionados, cada uno, por el nivel del otro en el alimento, hecho que ya había sido puesto de manifiesto por otros autores en diferentes especies (8, 10, 13, 14, 21).

Resumen

Se realizan con codornices machos adultas cinco ensayos en los que se varían los niveles de calcio y fósforo de las dietas con las que se les alimenta (dietas: D-1: Ca = 1,54 %, P = 0,80 %; D-2: Ca = 3,20 %, P = 0,81 %; D-3: Ca = 1,57 %, P = 1,66 %; D-4: Ca = 3,40 %, P = 1,71 %; D-5: Ca = 2,20 %, P = 0,81 %). Se estudia, en cada caso, la interacción nutritiva entre el Ca y el P, y su efecto sobre algunos parámetros hemáticos y óseos.

La ingesta de alimento con alto contenido en P causa en el lote D-4 una pérdida de peso en las codornices ($P < 0,05$), y en las aves del grupo D-3 hace que consuman menor cantidad de dieta ($P < 0,05$).

Los resultados indican que la excreción del Ca o del P, es una función lineal de su propia ingesta.

El patrón de relación entre ingesta y excre-

ción de Ca no se ve alterado por los distintos niveles de P de las dietas, ni el del P por los de Ca. Con estas concentraciones de ambos elementos no se constata interacción entre ambos nutrientes.

La calcemia, el contenido en sustancia seca de los fémures y las cenizas que contienen no disminuyen significativamente, aunque la concentración de estas últimas sea menor en los grupos alimentados con dietas de relación Ca:P desajustada (dietas D-1, D-2, D-3 y D-4).

Bibliografía

1. A.O.A.C.: Methods of analysis (12 ed.), A.O.A.C. Washington, 1975.
2. ANDERSON, C. H. y DRAPER, H. H.: *J. Nutr.*, 102, 1123-1132, 1972.
3. BLANUSA, M., MILOSEVIC, Z., NADEZDIN, M., HORSIC, E. y DZINIC, M. M.: *Period. Biol.*, 79, 37-45, 1977.
4. DIZ, L. G.: Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense. Madrid, 1980.
5. DIZ, L. G. y NAVARRO, M. P.: *An. Real Acad. Farm.*, 47, 113-124, 1981.
6. DIZ, L. G. y NAVARRO, M. P.: *I Congreso Nacional de Nutrición*. La Toja, Pontevedra, 1979, p. 145.
7. DRAPER, H. H., TEN-LIN SIE y BERGAN, J. C.: *J. Nutr.*, 102, 1133-1141, 1972.
8. GLEAVES, E. W., MATHER, F. B. y AHMAP, M. M.: *Poultry Sci.*, 56, 402-406, 1977.
9. GOTO, S. y SAWAMURA, T.: *Nutr. Rep. Int.*, 7, 103-110, 1973.
10. HOLCOMBE, D. J., ROLAND, D. A. Sr. y HARMS, R. H.: *Poultry Sci.*, 55, 308-317, 1976.
11. HURWITZ, S., DUBROV, D., EISNER, V. RISENFELD y BAR, A.: *J. Nutr.*, 108, 1329-1335, 1978.
12. HURWITZ, S., STANLEY, R. E. y BROMMER, F.: *Am. J. Physiol.*, 216, 254-258, 1969.
13. KENNY, A. D. y DACK, C. G.: *World Rev. Nutr. Diet.*, 20, 231-298, 1975.
14. KRISHNARAO, C. V. C. y DRAPER, H. H.: *J. Nutr.*, 102, 1143-1145, 1972.
15. KROOK, L.: *Cornell Vet., Suppl.* 1, 58, 59, 1968.
16. MEYER, G. B., BABCOCK, S. W. y SUNDE, M. L.: *Poultry Sci.*, 49, 1164-1169, 1970.

17. NAVARRO, M. P., DIZ, L. G. y VARELA, G.: *XVII Congreso Nacional Soc. esp. C. Fisiológicas*. Badajoz, 1978, N-70.
18. NAVARRO, M. P. y MURILLO, A.: *Poultry Sci.*, 55, 2201-2209, 1976.
19. ROHLF, F. J. y SOKAL, R. R.: *Statistical Tables*. Freeman, W. H. and Co. San Francisco, 1969.
20. SOKAL, R. R. y ROHLF, F. J.: *Biometría*. Blume, Barcelona. 1979.
21. TAYLOR, T. G.: *Ann. Biol. Anim. Biochem. Biophys.* serie 2, 83. Tomado de PONSU, P. «*Physiologie Comparée des Echanges Calciques*», Simep-Edition. Villeurbanne. 1970, p. 47.
22. TAYLOR, T. G.: *Sci. Am.*, 222, 88-95, 1970.
23. WASSERMAN, R. H. y TAYLOR, A. N.: En «*Handbook of Physiology*», Sec. 7, Vol. VII. American Physiology Society. Washington, D.C. 1976, p. 155.

