

Utilización nutritiva del fósforo en ausencia de calcio en la dieta

M.ª P. Navarro * y A. Murillo †

Departamento de Fisiología Animal
Facultad de Farmacia
Universidad de Granada

(Recibido el 12 de diciembre de 1977)

M.ª P. NAVARRO and A. MURILLO. *The Nutritive Utilization of Phosphorus in Dietary Calcium Deprivation. Rev. esp. Fisiol.*, 35, 383-388. 1979.

The influence of alimentary calcium deprivation on the nutritional utilization of phosphorus and its corporal retention, after ingestion of diethylstilbestrol has been studied in quail.

When female quail are given a highly calcium-deficient diet, egg-laying stops and there follows a substantial decrease in phosphorus utilization and retention, as well as a clear drop in bone mineralization, with calcium and phosphorus content losses in the femur.

In males, deprivation of alimentary calcium shows tangible effects on phosphorus retention only when this situation concurs with prior ingestion of diethylstilbestrol.

Numerosos son los experimentos llevados a cabo con el propósito de lograr información sobre los niveles idóneos de Ca y P en las dietas de las ponedoras, que cubran adecuadamente sus necesidades basales y con vistas a una óptima producción, calidad de la cáscara, incubabilidad y fertilidad de sus huevos. Necesidades que hoy en día suelen establecerse de modo conjunto, puesto que ha podido comprobarse la influencia recíproca de ambos iones a nivel digestivo y metabólico (2, 4, 17).

Evidentemente, parece existir un efecto

negativo mutuo a nivel intestinal, de tal modo que cantidades elevadas de uno disminuirían la absorción del contrario (6, 10, 13, 19).

No obstante, algunas opiniones (9, 15, 18) consideran que la absorción de fosfatos es independiente del transporte de calcio y que el primero no es requerido para el transporte del metal.

También hay abundante información (1, 2, 7, 14) que indica cómo las diferentes relaciones dietéticas de Ca/P van a modificar la retención corporal de ambos minerales e incluso las características del huevo.

A la vista de todas estas observaciones podría pensarse que, en cierta medida, es bueno disminuir la proporción de uno de

* Dirección actual: Instituto de Nutrición. C.S.I.C. Facultad de Farmacia. Madrid-3.

estos iones, calcio o fosfatos, para favorecer la utilización y retención del otro.

Nuestro propósito, al realizar el presente trabajo, fue llevar a una situación extrema la anterior proposición y comprobar cómo una dieta prácticamente privada de calcio y normal en fósforo afectaba la utilización nutritiva y retención corporal de este último e influía sobre otros procesos como son la puesta y la mineralización ósea, en circunstancias normales y cuando previamente se había acrecentado ésta por el tratamiento con dietilestilbestrol.

Material y métodos

Los experimentos se han realizado en codornices (*Coturnix coturnix japónica*) adultas, machos y hembras en período de producción. Se ha controlado puesta, calcio y fósforo en dietas, excretas, fémur, huevo y plasma, así como también la estructura del mineral de la diáfisis del fémur al microscopio petrográfico.

Los ensayos se han desarrollado en cámara termorregulada a $22 \pm 2^\circ \text{C}$ con período de iluminación de 24 horas diarias, en la que los animales se alojaban en células de metabolismo dotadas de sistemas individuales de suministro de alimento y de recogida de excretas y huevos.

Las codornices bebieron agua destilada y comieron *ad libitum* los dos tipos de dietas A_{79} y ECA (tabla I), constitui-

das, la A_{79} por grasas vegetales, maíz, trigo y leguminosas, alfalfa deshidratada y un corrector vitamínico mineral; y la ECA por grasas vegetales, almidón de trigo, celulosa, corrector vitamínico y mineral, y como fuente proteica una proteína comercial de leguminosas privada de calcio, «Lypro».

Antes del comienzo de los experimentos se mantuvo un período de adaptación a las instalaciones y a las dietas, hasta que la puesta fue satisfactoria y constante. El período experimental de control fue de 8 días, que se subdividió en dos períodos de cuatro días cuando se usó la dieta con una mínima cantidad de calcio (ECA). A un grupo de animales se administró durante 8 días, previos al ensayo, dietilestilbestrol (110 mg/kg) mezclado con la dieta A_{79} .

El fósforo se determinó por fotocolorimetría y el calcio por espectrofotometría de absorción atómica según las técnicas de la A.O.A.C. (3). La estructura mineral del hueso cortical de la diáfisis del fémur se estudió por observación al microscopio petrográfico (nicoses cruzados) de preparaciones previamente incluidas en plástico (mezcla fluida de la resina cronolita y un monómero de estirolo que se endurece posteriormente), cortadas y pulidas hasta espesor de 30 a 60 μ (11).

Con los datos obtenidos se ha calculado el fósforo ingerido, excretado por heces y orina y el del huevo. Llamamos fósforo retenido al ingerido menos el eliminado vía excretas y menos el que va a parar al huevo en las hembras en puesta.

Los resultados obtenidos en ambos grupos se estudiaron estadísticamente mediante un análisis de significación de medias por el método de t de student.

Resultados y discusión

Las codornices hembras que ingirieron una dieta (A_{79}) adecuada a sus necesidades en calcio y fósforo ($\text{Ca/P} = 2,1$), mantuvieron una puesta constante y satisfac-

Tabla I. Composición de las dietas utilizadas.

| Composición % | A_{79} | ECA |
|---------------------------------|----------|------|
| Proteína | 27,6 | 30,5 |
| Grasa | 5,0 | 4,2 |
| Fibra | 3,1 | 3,4 |
| M.E.L.N. | 54,6 | 53,5 |
| Cenizas | 9,7 | 8,4 |
| Ca | 2,56 | 0,05 |
| P | 1,21 | 1,13 |
| Vitamina D ₃ (mg/kg) | 1,66 | 1,66 |

Tabla II. Utilización nutritiva del P (mg/día) con dietas privadas de Ca en animales que han sido o no previamente tratados con dietilestilbestrol. Influencia del tiempo de tratamiento.

Valores medios de 6 animales \pm ES. La dieta A₁₁ contiene 1,21 % de P y 2,56 % de Ca y la dieta ECA contiene 1,13 % de P y 0,05 % de Ca.

| Tratamiento | Sexo | Primer período | | | Segundo período | | |
|--------------------------------|------|----------------|--------------|--------------------|-----------------|--------------|----------------|
| | | P ingerido | P excretado | P retenido | P ingerido | P excretado | P retenido |
| Dieta A ₁₁ | ♀ | 226 \pm 7 | 147 \pm 19 | 61,0 \pm 15,7 | — | — | — |
| Dieta ECA | ♀ | 118 \pm 2 | 121 \pm 8 | -2,2 \pm 9,8 * | 129 \pm 7 | 120 \pm 12 | 7,4 \pm 12,1 |
| Dieta ECA y dietilestilbestrol | ♀ | 84 \pm 19 | 77 \pm 12 | 6,6 \pm 10,4 * | 122 \pm 6 | 122 \pm 8 | -0,4 \pm 7,8 |
| Dieta A ₁₁ | ♂ | 94 \pm 4 | 94 \pm 4 | 0,3 \pm 3,0 | — | — | — |
| Dieta ECA | ♂ | 81 \pm 3 | 82 \pm 2 | -1,0 \pm 3,8 | 94 \pm 6 | 97 \pm 4 | -3,1 \pm 5,9 |
| Dieta ECA y dietilestilbestrol | ♂ | 69 \pm 12 | 82 \pm 10 | -13,5 \pm 9,4 ** | 97 \pm 4 | 94 \pm 9 | 2,8 \pm 7,5 |

* p < 0,001; ** p < 0,05. Nivel de significación comparados con los controles (A₁₁) de igual sexo.

toria; sin embargo, en el lote de animales cuyo alimento estaba prácticamente privado de Ca la puesta disminuyó rápidamente hasta desaparecer por completo. A la vez, se observó una clara disminución de la ingesta y consecuentemente del P ingerido y su excreción también se hizo algo menor (tabla II). Sin embargo, la disminución de las pérdidas por heces y orina no fue de magnitud suficiente como para compensar la merma de ingesta, por lo que el balance descendió significativamente, como se muestra en el fósforo re-

tenido, llegando incluso a hacerse negativo.

En ausencia de Ca, la utilización nutritiva del P es más precaria porque no sólo no se destina ninguna porción de este P utilizado para la formación del huevo, ya que la puesta cesó, sino que, además, su retención corporal se minimiza e incluso llega a perderse algo del que ya formaba parte del organismo.

Estos fenómenos no se manifestaron claramente en los machos, y sólo cuando fueron tratados con dietilestilbestrol pre-

Tabla III. Mineralización del fémur de codornices alimentadas con una dieta prácticamente privada de Ca y tratadas o no con dietilestilbestrol en un período previo.

Valores medios de 6 animales \pm ES. La dieta A₁₁ contiene 1,21 % de P y 2,56 % de Ca y la dieta ECA contiene 1,13 % de P y 0,05 % de Ca.

| Tratamiento | Sexo | Peso fémur (mg) | Ca en fémur (mg) | P en fémur (mg) | Ca/P en fémur | Calcemia (mg/ml) |
|---------------------------------------|------|-----------------|------------------|-------------------|---------------|------------------|
| Dieta A ₁₁ | ♀ | 279 \pm 16 | 65,7 \pm 3,9 | 32,0 \pm 1,3 | 2,1 \pm 0,0 | 0,24 \pm 0,02 |
| Dieta ECA | ♀ | 200 \pm 3 | 44,0 \pm 0,0 * | 27,5 \pm 0,5 ** | 1,6 \pm 0,0 | 0,17 \pm 0,00 |
| Dieta ECA y previo dietilestilbestrol | ♀ | 220 \pm 29 | 47,8 \pm 5,2 * | 28,0 \pm 2,0 | 1,7 \pm 0,1 | 0,15 \pm 0,00 |
| Dieta A ₁₁ | ♂ | 262 \pm 1 | 45,5 \pm 0,7 | 22,0 \pm 0,5 | 2,0 \pm 0,0 | 0,11 \pm 0,00 |
| Dieta ECA | ♂ | 233 \pm 3 | 44,8 \pm 0,8 | 23,5 \pm 1,5 | 2,0 \pm 0,1 | 0,15 \pm 0,01 |
| Dieta ECA y previo dietilestilbestrol | ♂ | 235 \pm 30 | 45,1 \pm 2,4 | 27,0 \pm 2,0 | 1,8 \pm 0,0 | 0,17 \pm 0,02 |

* p < 0,01; ** p < 0,05. Comparados con los controles (A₁₁) de igual sexo.



Fig. 1. *Fémur de codorniz hembra al microscopio petrográfico (× 19).*

viamente a la privación de Ca, el P retenido por día disminuyó significativamente durante el primer período del ensayo, lo que se atribuye a la resorción del hueso adicional formado en el período de tratamiento hormonal previo a la privación de Ca alimenticio.

Esta baja retención corporal del P en ausencia de Ca que presentan las hembras, se ha de atribuir, al menos parcialmente, a la elevación de su excreción urinaria. Explicación que podría admitirse sobre la base de que la privación de Ca alimenticio fuerza la movilización de Ca del hueso, produciendo resorción ósea, mediante la cual se arrastra obligatoriamente P, se produce hiperfosfatemia y debe originar hiperfosfaturia, y de ahí su elevada concentración en las excretas; aunque no hay que descartar la colaboración de otros posibles efectos a distinto nivel

que hayan podido producirse y que no se han controlado.

De hecho, en las hembras privadas de calcio, tratadas o no con dietilestilbestrol y en los machos que ingirieron el estrógeno, se ha tenido que producir esa resorción del hueso medular formado en los últimos bajo el influjo estrogénico. Nótese que en el segundo período (tabla II), en el que hay que suponer que exista menor hueso medular e indudablemente menor influencia estrogénica, los machos que tomaron dietilestilbestrol se comportan como los no tratados, y en éstos la dieta ECA no ejerce apreciables influencias sobre la retención de fósforo, lo que no debe extrañar dado que ellos no tienen esas necesidades extras de calcio para la puesta y carecen del llamado hueso medular.



Fig. 2. *Fémur de codorniz hembra que ingiere una dieta prácticamente privada de calcio al microscopio petrográfico (× 19).*

Este fenómeno de desmineralización se aprecia en la menor calcificación del hueso de las hembras que se observa al estudiar la mineralización del fémur al microscopio petrográfico, la cual apareció claramente deplecionada (figs. 1 y 2), sin mostrar sensibles variaciones en el caso de los machos. También pudo visualizarse por la disminución del contenido de Ca y P en su fémur, disminución que fue cuantitativamente superior en el calcio, por lo que la relación Ca/P del fémur disminuyó (tabla III), y aunque el dietilestilbestrol, administrado antes del período experimental, suavizó ligeramente los fenómenos de desmineralización ósea, por haber producido previamente un acúmulo de mineral (12), sin embargo, no tiene efecto apreciable en beneficio de la utilización y retención del fósforo, hecho ya descrito (16).

Debe constatar que este descenso del contenido de fósforo en el hueso de las hembras se considera secundario y relativamente inferior al del calcio, como consecuencia de la disolución de los apatitos que integran el hueso. De hecho, el calcio se obtiene de otras moléculas carentes de fósforo, existentes también en el hueso (8), y de ahí que la relación Ca/P descienda.

Resumen

Se estudia en codornices la influencia de la carencia de calcio alimenticio sobre la utilización nutritiva del fósforo y su retención corporal, así como los efectos de la ingestión previa de dietilestilbestrol sobre esta situación.

Las codornices hembras sometidas a una dieta sumamente deficiente en calcio, suprimen la puesta y manifiestan una gran disminución de la cantidad de fósforo utilizado y retenido, observándose un claro descenso de la mineralización ósea, con pérdidas del contenido de calcio y fósforo en el fémur.

En los machos, la privación de calcio alimenticio sólo tiene efectos significativos, sobre la cantidad de fósforo retenido, cuando es concomitante con la ingestión previa de dietilestilbestrol.

Bibliografía

1. ADEMOSUM, A. A. y KALANGO, I. O.: *Poultry Sci.*, 52, 1383-1392, 1973.
2. ANDÚJAR, M.^a M., NAVARRO, M.^a P. y VARELA, G.: *Rev. esp. Fisiol.*, 33, 305-309, 1977.
3. A.O.A.C.: *Methods of analysis* (12.^a ed.). A.O.A.C. Washington, 1975.
4. DAMRON, B. L., ELDRED, A. R., ROLAND, Sr., D. A., UNDERHILL y HARMS, R. H.: *Poultry Sci.*, 54, 1716-1718, 1975.
5. HARRISON, H. E. y HARRISON, H. C.: *Am. J. Physiol.*, 199, 265-271, 1960.
6. HURWITZ, S. y BAR, A.: *J. Nutr.*, 101, 677-685, 1971.
7. KALANGO, I. O. y ADEMOSUM, A. A.: *Poultry Sci.*, 52, 1393-1398, 1973.
8. LORCHER, K. y NEWSELY, H.: *Calcif. Tiss. Res.*, 3, 358-365, 1969.
9. MARTIN, D. L. y DELUCA, H. F.: *Arch. Biochem. Biophys.*, 134, 139-148, 1969.
10. MORRISSEY, R. L. y WASSERMAN, R. H.: *Am. J. Physiol.*, 220, 1509-1515, 1971.
11. NAVARRO, M.^a P.: Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia, Granada, 1973.
12. NAVARRO, M.^a P. y MURILLO, A.: *Poultry Sci.*, 55, 2201-2209, 1976.
13. NELSON, T. S., HARGUS, W. A., STORER, N. y WALKER, A. C.: *Poultry Sci.*, 44, 1508-1513, 1965.
14. POTTER, L. M., LEIGHTON, A. T. Jr. y CHU, A. B.: *Poultry Sci.*, 53, 15-22, 1974.
15. SAMPSON, H. W. y MATTHEWS, J. L.: *Calcif. Tissue Res.*, 10, 58-66, 1972.
16. TANAKA, K.: *Sci. Bull. Fac. Agr. Kyushu Univ.*, 26, 331-350, 1972.
17. TANAKA, Y., FRANK, H. y DELUCA, H. F.: *Science*, 181, 564-566, 1973.
18. WALLING, M. W. y ROTHMAN, S. S.: *Am. J. Physiol.*, 217, 1144-1148, 1969.
19. WASSERMAN, R. H.: *J. Nutr.*, 77, 69-80, 1962.

