

Composición y Estructura del Hueso Medular y del Cortical en Gallinas Ponedoras

/NAZARET DOMINGUEZ GASCA (1,*), PEDRO ÁLVAREZ LLORET (2), HEATHER MCCORMACK (3), IAN DUNN (3), ALEJANDRO RODRÍGUEZ NAVARRO (1)

(1) Departamento de Mineralogía y Petrología. Universidad de Granada. Fuentenueva s/n. 18071, Granada (España)

(2) Departamento de Geología. Universidad de Oviedo. C/ Jesús Arias de Velasco s/n. 33009, Oviedo (España)

(3) Roslin Institute. University of Edinburgh. Easter Bush, EH25 9RG, Midlothian (Reino Unido)

INTRODUCCIÓN

Durante la formación de la cáscara del huevo, las gallinas ponedoras necesitan movilizar una gran cantidad de Ca (2 g), que equivale a cerca del 10% del calcio total de su cuerpo, incluyendo el calcio del esqueleto. Para ello, han desarrollado un metabolismo de este elemento muy eficaz y especializado durante la producción intensiva de huevos (Whitehead & Fleming, 2000). Las gallinas en este periodo dejan de producir hueso cortical (estructural) y desarrollan un tipo especial de hueso (medular) que se encuentra sólo en las cavidades de la médula de los huesos de las aves hembras (Whitehead, 2004). Básicamente, el hueso está formado por cristales de hidroxiapatito depositados sobre una matriz de fibras de colágeno pero, aunque su composición es muy similar en cuanto a su contenido en apatito, los cristales no están alineados con las fibras de colágeno en el hueso medular, al contrario que en el hueso cortical (Ascenzi et al.; 1963).

El hueso medular es un tipo de hueso muy reactivo y metabólicamente activo. Así, mientras que el hueso estructural tiene un periodo de remodelación de varios meses al año, el medular se renueva en tan sólo 3 días, produciéndose durante la formación de la cáscara del huevo una intensa reabsorción osteoclástica seguida de una intensa actividad osteoblástica para formar hueso medular de nuevo antes del siguiente ciclo de formación de la cáscara de huevo (Van de Velde, 1985). Sin embargo, los osteoclastos continúan con la reabsorción de hueso cortical, produciéndose una reducción progresiva de la cantidad de hueso estructural. Esta reducción se compensa con la acumulación de hueso medular, que

mantiene la cantidad total de hueso casi constante. Sin embargo, el medular es estructuralmente más débil que el estructural total. Así, las gallinas ponedoras pueden desarrollar una forma de osteoporosis severa, que hace que sus huesos se vuelvan más frágiles y vulnerables a fracturas (Whitehead & Fleming, 2000).

Con objeto de conocer la composición, estructura y organización del hueso medular y del cortical hemos empleado diferentes técnicas histoquímicas y analíticas (TEM EELS, 2D-XRD) que nos proporcionan información sobre la ultraestructura de ambos tejidos y sobre el tamaño, la forma y la orientación de los cristales de apatito sobre las fibras de colágeno.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron huesos (tibia) de gallinas ponedoras White Leghorn. Para la observación al microscopio óptico, las muestras se fijaron con 80% de etanol y 1% de cloruro de cetilpiridinio (CPC) y se decalcificaron en EDTA al 2% para su posterior inclusión en parafina (Scharlau PA0113). A continuación se realizaron cortes histológicos seriados de 5 µm de grosor y, finalmente, las secciones fueron teñidas con hematoxilina-eosina al 1% y azul de toluidina.

Para el examen mediante microscopía electrónica de transmisión (TEM), las muestras se fijaron en glutaraldehído al 4% en tampón cacodilato (0.1M, pH 7.4), postfijadas en tetróxido de osmio (OsO₄) al 1,5% en el mismo tampón, deshidratadas con acetona e incluidas en Epón-812. Se obtuvieron secciones ultrafinas que se introdujeron en una solución acuosa de acetato de uranilo al 2%, con el fin de mejorar el contraste

final, y con citrato de plomo para ser visualizadas en un microscopio electrónico LIBR 120 plus de Carl Zeiss SMT.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La imagen de microscopía óptica del corte histológico (Fig. 1a) teñido con azul de toluidina nos proporciona información sobre la estructura y ubicación de cada tipo de tejido óseo. El hueso cortical está localizado en la parte más externa, es muy denso y está altamente organizado. Por su parte, el hueso medular está situado en la cavidad medular del hueso y se caracteriza por la presencia de trabéculas, con un mayor grado de tinción, rodeado de matriz orgánica de la médula.

Los patrones de difracción de rayos X bidimensional también permiten distinguir claramente los dos tipos de tejido óseo debido a su diferente organización microestructural. El hueso cortical presenta un patrón característico de un material con textura fibrosa en el que la intensidad de algunas reflexiones ((002) del apatito) se concentra en arcos. Estos son indicativos de que este tipo de hueso está constituido por cristales de apatito con el eje c paralelo a la dirección de elongación del hueso. Esta orientación preferencial de los cristales se debe, a su vez, a una disposición alineada de las fibras de colágeno en las cuales nuclean los cristales de apatito (Glimcher, 1998).

Mediante microscopía electrónica de transmisión (TEM) y el análisis elemental por espectroscopia EELS se observan diferencias en ambos tejidos óseos. El hueso medular presenta una disposición al azar de dichas fibras y los

palabras clave: Hueso, Medular, Cortical, MET

key words: Bone, Medullar, Cortical, TEM

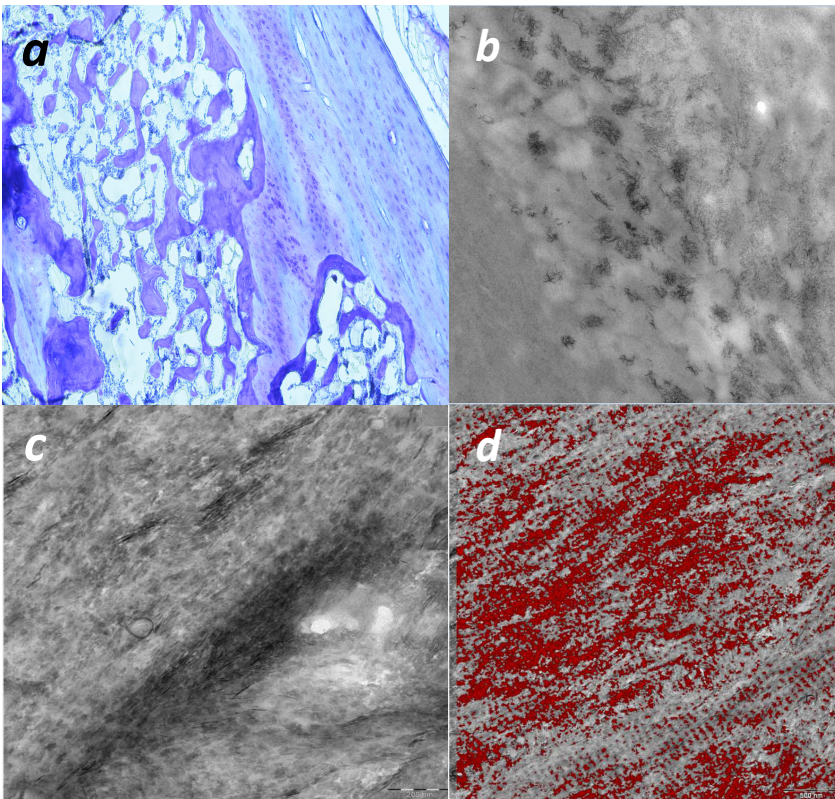


fig. 1. Imágenes de microscopía óptica y microscopía electrónica de transmisión de secciones de tejido óseo de gallina ponedora White Leghorn. a) corte histológico b) hueso medular (TEM); c) hueso cortical (TEM) d) imagen EELS (Ca) del hueso cortical.

crisales de apatito están dispuestos de manera desorganizada (Fig. 1b). Estos resultados concuerdan con los de otros autores que sugieren que el hueso medular está adaptado esencialmente a funciones estrechamente ligadas con la formación de la cáscara, actuando como reserva de calcio en los huesos largos, y no a una función de soporte estructural (Ascenzi et al., 1963). En el hueso cortical la disposición de las fibras de colágeno es organizada (Fig. 1c) y los cristales de apatito se localizan entre las bandas de las diversas fibras de colágeno (Fig. 1d).

CONCLUSIONES

Los dos tipos de tejido óseo estudiados difieren notablemente en sus características microestructurales y composicionales para adaptarse mejor a sus funciones específicas: hueso medular (reserva de calcio) y hueso cortical (soporte estructural).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación del proyecto CGL2011-25906 (Ministerio de Ciencia e Innovación) y del grupo RNM-179 (Junta de Andalucía), UNOV13-EMERG-08 (Universidad de Oviedo).

REFERENCIAS

- Ascenzi, A., Francois, C., Bocciarelli, D.S. (1963); *On the bone induced by estrogens in birds. Journal of Ultrastructure Research*, **8**, 491-505.
- Van de Velde, J.P., Vermeiden, J.P.W., Bloot A.M. (1985). *Medullary bone matrix formation mineralization and remodeling related to dialy egg-laying cycle of Japanese quail. A histological and radiological study. Bone*, **6**, 321-328.
- Whitehead, C.C. & Fleming, R.H. (2000). *Osteoporosis in cage layers. Poultry Science*, **79**, 1033-1041.
- Whitehead, C.C. (2004); *Overview of Bone Biology in the Egg-Laying Hen. Poultry Science*, **83**(2), 193-199.