

Hidroxiapatita y sus aplicaciones

Rommy Hernández T., Roberto Palma C. y Ma. Cristina Piña B.
Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México
Apartado postal 70-360, 04510 México, D.F., Mexico

Recibido el 26 de febrero de 1998; aceptado el 30 marzo de 1998

En este trabajo se compara tanto la estructura como la composición, del hueso de cabeza de fémur de diferentes mamíferos: humano, puerco, res y perro, así como de coralina^{MR}, con el objeto encontrar un material adecuado para ser empleado como material de osteoinductor.

Descriptores: Hidroxiapatita; cabeza de fémur; material osteoinductor

In this paper is compared the structure and composition of the femur head from different mammals: human, pork, cow and dog, such as CoralineTM, in order to find the best material that could be employed as an osteoinductor material.

Keywords: Hidroxiapatite; femur head; osteoinductor material

PACS: 80.87; 81.20.L; 81.70

1. Introducción

En México se requieren más de 300 000 implantes ortopédicos al año, como son prótesis, placas, clavos, tornillos, alambres, etc. [1]. Sin embargo el material para su fabricación sigue siendo de importación [2], ya que las pruebas que tiene que pasar el material para ser empleado como implante son múltiples y complicadas.

Se ha encontrado que se presenta una respuesta del tejido biológico a los materiales que se implantan denominada respuesta a cuerpo extraño [3], que consiste entre otras cosas de inflamación del tejido que rodea al implante, encapsulamiento del implante por tejido fibroso, presencia de células gigantes en el sitio del implante, etc. Es a partir de las características del tejido biológico que se presenten como respuesta al implante, que esta puede ser calificada de leve a severa, lo que determina el posible empleo del material como material de implante [4].

En el caso particular de materiales que se empleen para substituir hueso o que ayudan en su reparación, se han desarrollado en este siglo aleaciones a base a Ti-Co-Ni [5] y de Fe-Cr [6] que cubren los requisitos hasta ahora obligatorios de biocompatibilidad [7]. Sin embargo, se sabe que nunca un material metálico será lo mejor para substituir un tejido orgánico.

En el último cuarto del presente siglo, se han encontrado en forma natural, cerámicas totalmente biocompatibles [8, 9] con los tejidos del cuerpo humano que pueden ser sintetizadas en el laboratorio, estas cerámicas presentan menos problemas de aceptación por el organismo que los metales.

Debido a la necesidad de acelerar la reparación de hueso fracturado, substituir al hueso faltante y en caso necesario al osteoporótico, se han realizado estudios sobre cerámicas biocompatibles mejorándolas tanto en su composición como en su estructura.

Es a partir de los años 70's cuando se comenzó a investigar el uso de la hidroxiapatita (HA) como un material osteoinductor, es decir, un material que induce la formación de hueso nuevo [10-12]. Actualmente se emplea con éxito el hueso de bovino o injerto autólogo (hueso del mismo paciente) como relleno o como implante en casos de faltante de hueso [13].

Algunas posibles aplicaciones que puede tener la HA como material de implante son:

1. Preservación del reborde alveolar [14].
2. Fracturas mandibulares [15].
3. Reconstrucción de huesos faciales [16].
4. Prótesis ortopédicas. Cuando se ha extraído un tumor óseo o existe una fractura en un hueso el defecto se rellena con HA [17], o bien para recubrir prótesis metálicas.
5. Artrodesis: fijación de una articulación por medio de cirugía, por ejemplo, la rodilla, dos vértebras, el codo, etc. [18].
6. Implantes dentales [19].
7. En la Otorrinolaringología para construir prótesis de oído medio [20].

1.1. Constitución de los huesos

Los huesos que conforman el esqueleto humano están formados por dos componentes fundamentales: la componente orgánica que está integrada por fibras de colágena en su mayor parte y la componente inorgánica compuesta de hidroxiapatita que comprende aproximadamente el 70% en peso del hueso y es de la que depende la dureza y la rigidez del hueso [13]. Es importante saber que las fibras de colágena contribuyen principalmente a la elasticidad del hueso, pero en gran medida a la fuerza del mismo, ver Tabla I.

TABLA I. Composición del hueso.

Componente	Porcentaje
Mineral	70
Orgánica	22
Colágena	(90-96)
Otros	(4-10)
Agua	8

1.2. Estructura de los huesos

El hueso se forma a partir de los fibroblastos, osteoblastos y osteocitos, un conjunto de osteocitos forma una osteona en el hueso compacto, y en el hueso esponjoso se produce una proliferación laminar de osteoblastos y osteocitos, su desarrollo se denomina osteogénesis y ocurre en dos etapas generales: la primera es la proliferación de cartílago y la segunda es la osificación, en la cuál se depositan los cristales de HA y fosfatos de calcio [13].

TABLA II. Propiedades mecánicas del hueso.

Tipo de hueso	Dirección de la prueba	Modulo de Young (N/mm ²)	Esfuerzo de compresión para rompimiento (N/mm ²)	Esfuerzo de tensión para rompimiento (N/mm ²)
Compacto	longitudinal	179.00	170.00	120.00
Esponjoso	longitudinal	0.76	2.20	1.2 × 10 ⁻⁶

TABLA III. Propiedades eléctricas del hueso.

Propiedad	Condiciones	Valor	Tipo de hueso
Permitividad dieléctrica	Radial, 789 rh, 37°C, 1 Hz.	10 ⁵	compacto
Resistividad (Ω·m)	longitudinal, .1-30 seg. 100% hidratación	45	compacto / esponjoso
	radial, .1-30 seg. 100% hidratación	150	compacto / esponjoso
Coefficiente piezoeléctrico (PC/N)	75% rh, 23.5°C 100 Hz	0.014	compacto / esponjoso

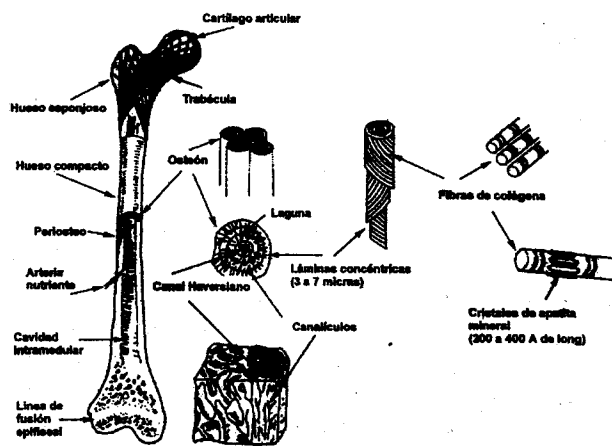


FIGURA 1. Organización característica del hueso.

En la Fig. 1 se encuentra esquematizada la organización característica del hueso, como se puede observar, sobre las fibras de colágena se depositan los cristales de HA formando láminas concéntricas alrededor de vasos sanguíneos, conformando así el hueso compacto, el cual se nutre a través de los

conductos de Havers-Volkman, en el caso del hueso esponjoso ocurre lo mismo, solo que la disposición es en forma de contenedores lagunares alrededor de lechos polimorfos sanguíneos y este se nutre a través de las lagunas vasculares [19]. El periostio es el tejido blando que recubre al hueso y contribuye a la nutrición, la línea de fusión epifiseal solo se presenta en los niños debido a que es la zona de crecimiento, la arteria nutricia contribuye a la irrigación, aunque la mayor parte de esta se realiza por medio de los tejidos blandos, y finalmente la médula ósea se encuentra dentro de la cavidad intramedular [20]. El hueso presenta en su estructura poros intercomunicados entre las diferentes celdas óseas que lo conforman que permiten fácilmente el paso del tejido hemático y de los nutrientes haciéndolo un tejido vivo activo, estos poros se observan con mayor claridad en el hueso esponjoso. En las Tablas II y III se muestran algunas de las propiedades de los huesos [21-24].

Generalmente los ortopedistas utilizan injerto de hueso esponjoso para rellenar huecos en fracturas, el cual extraen de huesos sanos, por lo que se sugirió utilizar HA en su lugar. Esta HA debe ser sometida a pruebas físico-químicas y médico-biológicas para comprobar que se puede utilizar en el organismo sin peligro de infección. El objetivo de este trabajo

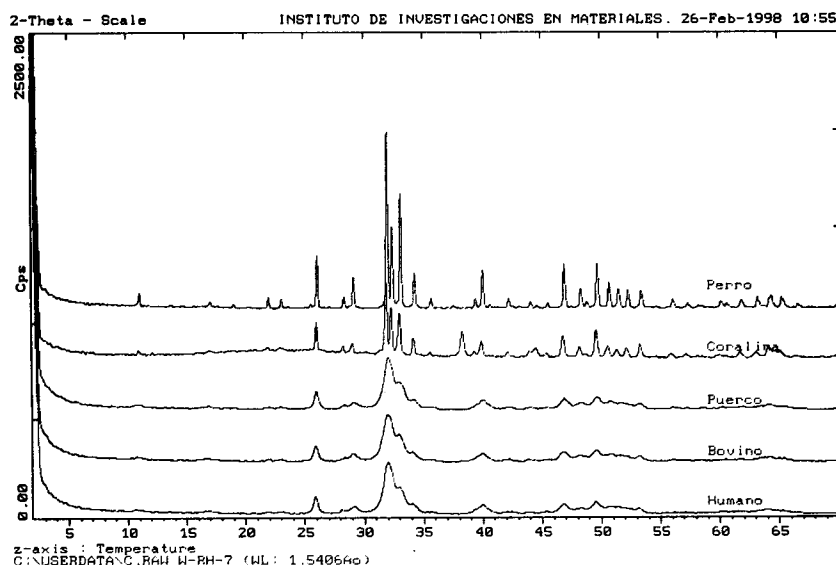


FIGURA 2. Difractogramas de: a) humano b) res c) puerco d) perro e) coralina.

es comparar tanto la estructura como la composición y la dureza del hueso de cabeza de fémur de diferentes mamíferos: humano, puerco, res y perro, así como de coralina, con el objeto encontrar un material adecuado al humano para emplearlo como material de implante.

2. Metodología

2.1. Limpieza de huesos de mamíferos

Primeramente se limpiaron los huesos usando sosa y después se calcinaron para asegurar la eliminación de toda la materia orgánica contenida en ellos.

2.2. Caracterización por DRX

Se analizaron mediante difracción de rayos X D5000 Siemens todas las cerámicas obtenidas.

2.3. Determinación de la microestructura y del tamaño de poro por microscopía electrónica de barrido (MEB)

Se realizó el estudio de la microestructura con el microscopio electrónico de barrido "leica cambridge stereoscan 440". Se midió el intervalo de tamaños del poro que resultó característico para cada muestra.

3. Resultados

Se obtuvieron los huesos de mamíferos muy limpios al cabo de ser lavados, fueron cortados empleando una sierra eléctrica adecuada. Una parte de ellos fue molida para ser estudiada por el método de polvos en DRX.

TABLA IV. Intervalo del tamaño del poro.

Muestra	Intervalo	
Humano	189.00 μ	604.00 μ
Coralina	79.00 μ	210.50 μ
Bovino	448.97 μ	1096.82 μ
Res	140.00 μ	1130.00 μ
Puerco	74.00 μ	218.00 μ
Perro	156.25 μ	471.50 μ

En la Fig. 2, se muestran los espectros de rayos X obtenidos para las diferentes muestras que corresponden al humano, res, puerco, perro y coralina, cabe mencionar que su composición química es idéntica para todas. En la Fig. 3 se muestra la microestructura de los diferentes huesos mencionados, donde se pueden observar los poros interconectados existentes en ellos así como los gránulos formados por HA.

En la Tabla IV se encuentran reportados los valores obtenidos para el intervalo del tamaño de poro de cada una de las muestras, actualmente los ortopedistas utilizan el bovino y la coralina para sustituir hueso, debido a que el tamaño de sus poros está dentro del intervalo del hueso humano, proporcionando así la estructura adecuada para la inducción del hueso nuevo.

4. Conclusiones

Se puede ver que no existe diferencia alguna en la composición química entre las cerámicas obtenidas de las cabezas de fémur de los diferentes mamíferos, en cuanto al tamaño de

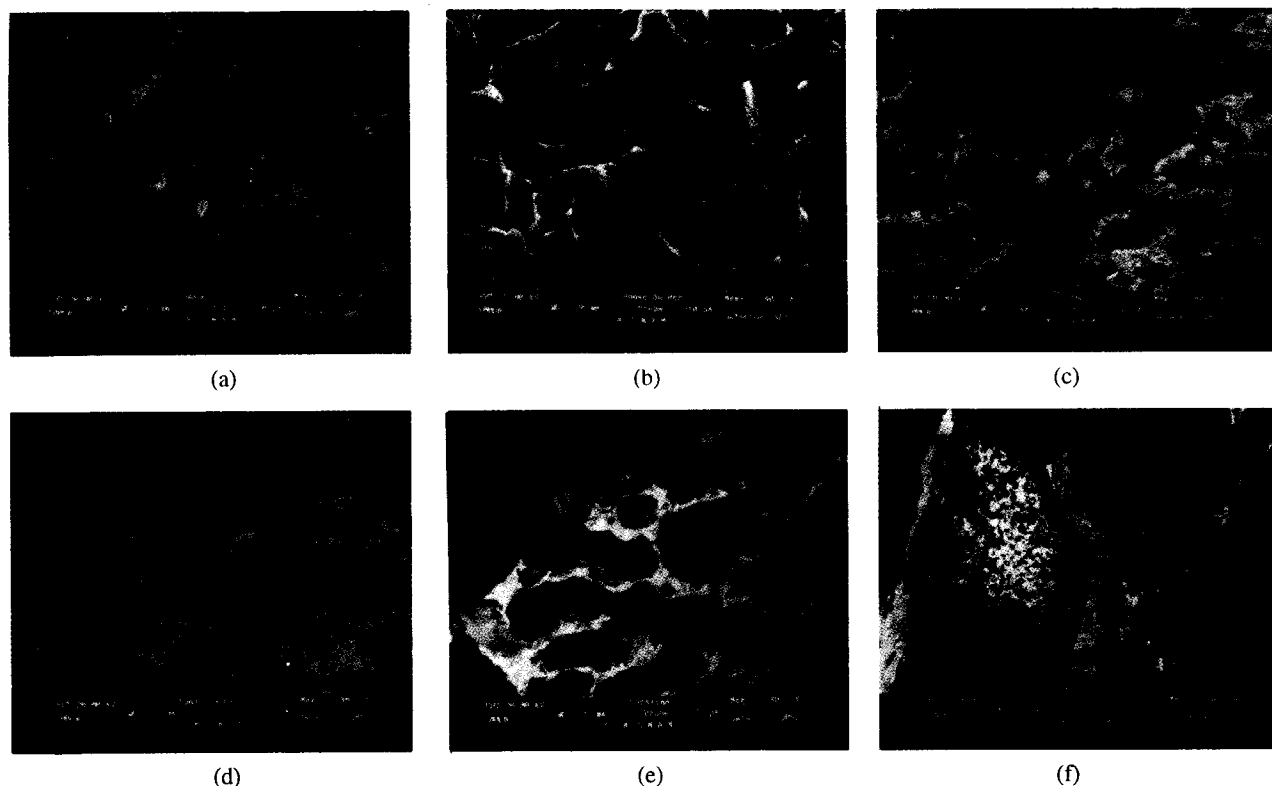


FIGURA 3. Microestructura de los huesos a 40X : a) humano, b) res, c) puerco, d) perro, e) coralina y f) bovino.

poro podemos ver que existe una intersección entre el intervalo de tamaño de poro del humano y los intervalos de los otros mamíferos, esta nos da idea de cual es el mas adecuado.

Agradecimientos

A Leticia Baños, José Guzmán, Eduardo Caballero, Lorena Noyola y Fernando Cueva del Castillo por su apoyo.

1. Comunicación verbal. *Centro Médico S. XXI*, IMSS. 1997.
2. Comunicación verbal, *Instituto Nal. De Ortopedia*. SS. 1997.
3. Joon B. Park and S. Roderick, *Biomaterials, an Introduction*, (Plenum Press, New York, 1992) Chap. 10, p. 223.
4. D.F. Williams, *Biomaterials and Biocompatibility in Fundamental Aspects of Biocompatibility*, edited by D.F. Williams, (CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, 1981) Vol. I, p. 1.
5. M. Semlitsch, in *Metal and Ceramic Biomaterials*, edited by Paul Ducheyne and Garth W. Hastings, (CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, 1984) Vol. II, p. 1.
6. R.M. Pilliard, in *Metal and Ceramic Biomaterials*, edited by Paul Ducheyne and Garth W. Hastings, (CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, 1984) Vol. II, p. 79.
7. Roberto B. Palma Cortés, Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México, 1995.
8. L.L. Hench and J. Wilson, *Bioceramics (MRS Bulletin)*, 1991) 62.
9. L.L. Hench, *J. Am. Ceram. Soc.* **74** (1991) 1487.
10. E.A. Monroe *et al.*, *J. Dent. Res.* **50** (1971) 860.
11. E.B. Nery *et al.*, *J. Periodont.* **46** (1975) 328.
12. M. Sirakuman *et al.*, *Biomaterials* **17** (1996) 1709.
13. J.T. Tiffit, *The organic matrix of bone tissue. Fundamental and Clinical Bone Physiology*, (Urist, 1980).
14. J.L. Molina *et al.*, *Revista ADM* **45** (1988) 145.
15. A.N. Crainn *et al.*, *Compendio de educación continua en odontología* **4** (1988) 98.
16. R. Rossa, *J. Oral. Impl.* **17** (1990) 184.
17. T. Trager, J. Matrai, J. Gyorgy, and Gy. Szabo, *Biomaterials. Hard Tissue Repair and Replacement*, edited by Muster *et al.*, (North Holland. The Netherlands, 1992) p. 57.
18. H. Oonishi, *Biomaterials* **12** (1991) 171.
19. M.C. Piña Barba, *La Física en la Medicina*, (Fondo de Cultura Económica S.A de C.V., México D.F., 1987).
20. D.H. Cormack, *Histología de Ham*, Novena edición, (Harla, México, 1988) Cap. 12.
21. B.J. Park and S. Roderic, *Biomaterials an introduction*, (Plenum Press, New York, 1992) Chap. 9.
22. H. Yamada, *Strength of biological material*. (Williams & Wilkins, 1970).
23. R.S. Lakes *et al.*, *J Appl. Phys.* **48** (1977) 808.
24. D.A. Chakkalakal *et al.*, *IEEE Trans. Biomed. Erg.*, *BME* **27** (1980) 95.