

ARTÍCULO DE REVISIÓN

LA HIDROXIAPATITA COMO BIOMATERIAL PARA LA RECONSTRUCCIÓN DE REBORDES ALVEOLARES

Katherin Kowalyszyn¹, Auryledif Silva¹, Quiesly Torres¹

1 Facultad de Odontología, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela

Autor de correspondencia: Katherin Kowalyszyn. E-mail: kowalyszyn_14@hotmail.com

Recibido: 21-02-2011

Aceptado: 24-05-2013

RESUMEN

La utilización de sustitutos óseos a fin de recuperar las funciones del sistema estomatognático es una constante búsqueda en el campo odontológico y supone uno de los más grandes retos para el área de la implantología. La pérdida del reborde alveolar genera problemas a nivel funcional y sistémico y, en algunos casos, problemas estéticos; impide la estabilidad de prótesis dentales, lo que ocasiona dolores a nivel de la ATM, pérdida del contorno vestibular, entre otros. Por esta razón, los biomateriales, en especial la hidroxiapatita, han recibido una importante atención de parte de la comunidad científica odontológica. En el presente artículo realizamos una revisión de la literatura con el fin de describir, en forma general, el uso de la hidroxiapatita como un biomaterial de sustitución y su aplicación a la reconstrucción de los rebordes alveolares. Encontramos que la hidroxiapatita es una excelente opción para la corrección de defectos óseos en los maxilares y la solución a las molestias ocasionadas en pacientes con estas complicaciones. Por lo tanto, recomendamos el uso clínico de este biomaterial para la solución de problemas asociados con pérdida de hueso alveolar; también sugerimos la realización de trabajos de investigación relacionados con las aplicaciones clínicas de la hidroxiapatita en las distintas áreas odontológicas.

DeCS: hidroxiapatita, rebordes alveolares, coralina cubana, reparación ósea.

HIDROXIAPATITE AS BIOMATERIAL FOR ALVEOLAR RIDGE RECONSTRUCTION

ABSTRACT

The use of bone substitutes to recover the functions of the stomatognathic system is a constant search in dentistry and it represents one of the biggest challenges for dental implantology. The loss of alveolar ridges creates problems at the functional and systemic levels, and in some cases also aesthetic problems. It impedes the stability of dentures which causes pain in the ATM, loss of the facial contour, among others. That is why biomaterials, particularly hidroxiapatite, have received considerable attention from the scientific community. For the present paper the authors reviewed the literature to describe in general terms the use of hydroxyapatite as a replacement biomaterial and its application to the reconstruction of alveolar ridges. It was found that the use of the aforementioned biomaterial is an excellent option for the correction of bone defects in upper and lower jaws and it might be the solution to inconveniences in patients with those complications. Hence, the clinical use of this material for the solution of problems associated to alveolar bone loss is recommended; it is also suggested to conduct more research related to hidroxiapatite and its clinical applications in the dental area.

MeSH: hydroxyapatite, alveolar ridges, Cuban coral, bone repair.

INTRODUCCIÓN

La hidroxiapatita es un biomaterial no metálico e inorgánico con estructura cristalina perteneciente al grupo de las biocerámicas. Se comporta como un material osteoconductor que permite ser invadido por tejido conectivo proveniente del hueso que lo rodea para luego osificarse. Esto se debe a que posee una gran similitud con el tejido óseo en el aspecto mecánico, químico y físico; por lo tanto, podemos considerarlo una cerámica bioactiva^{1,2}. Estudios indican que se obtiene a partir de los corales al someterse a procesos de transformación hidrotermal, pero también de forma sintética mediante la aplicación de varios métodos^{1,2,3,4}. Gracias a sus características, este material es comúnmente utilizado en numerosas áreas de la salud, especialmente en el campo odontológico. Entre sus aplicaciones destacan el uso en procedimientos de reparación ósea periapical, la preservación y aumento de los rebordes alveolares y como profilaxis en la reabsorción de los rebordes alveolares, entre otros^{5,6,7}.

Durante mucho tiempo ha habido la necesidad de restaurar o sustituir tejido óseo perdido o dañado, ya sea por fines estéticos o para recuperar funcionalidad y equilibrio del sistema estomatognático, lo cual se ha convertido en un reto cada vez más grande para el personal de la salud. Así mismo, podemos observar la cantidad de materiales que han sido empleados para este fin, entre estos: cerámicas, metales, polímeros y en especial la hidroxiapatita. También se han realizado numerosas investigaciones en el campo de la salud para caracterizar, definir o comparar este biomaterial. Los primeros trabajos fueron hechos en el área de la oftalmología y traumatología, entre ellos destacan aquellos relacionados con la reparación de fracturas de suelo orbitario, o como cubierta de implantes metálicos. En el campo odontológico fue empleada a partir de los años 70 para la cirugía dental y a partir de 1981 fue introducida al mercado para procesos de cirugía maxilofacial en forma granulada⁸. Desde entonces han sido muchas las investigaciones que nos han dado como resultado las diferentes aplicaciones que hoy en día se le atribuyen a este biomaterial.

Esta investigación, de tipo documental, presenta una revisión actualizada de estudios relacionados a la hidroxiapatita en el medio odontológico, y sus

aplicaciones en la reconstrucción de los rebordes alveolares lesionados, ya sea por traumatismos, pérdida post extracción o por crecimiento anormal del mismo.

Con este propósito, fueron consultadas dos bases de datos: BIREME y MEDLINE. Se utilizaron como palabras clave, en español, hidroxiapatita, rebordes alveolares, coralina cubana, y reparación ósea, y en inglés, *hydroxyapatite*, *alveolar ridges*, *Cuban coral*, *bone repair*. La búsqueda se limitó a los artículos publicados en los últimos 10 años.

Finalmente, el artículo se encuentra estructurado en dos secciones: en la primera sección se define y caracteriza la hidroxiapatita como biomaterial; en la segunda se plantea la pérdida de rebordes alveolares como un problema que afecta el equilibrio del sistema estomatognático; además, se describen las diferentes técnicas y métodos utilizados para la recuperación de los rebordes alveolares, haciendo énfasis en el uso de la hidroxiapatita.

1. HIDROXIAPATITA

Se considera que la hidroxiapatita es uno de los principales constituyentes inorgánicos del hueso y de los tejidos dentales^{6,9}. Se encuentra clasificada dentro de los materiales en el grupo de las biocerámicas², el cual comprende materiales inorgánicos no metálicos con estructura cristalina. Dentro de este grupo (de biocerámicas) existen cerámicas inertes y cerámicas bioactivas, la hidroxiapatita pertenece a este último ya que es capaz de fijarse químicamente al hueso⁸. Puede también presentarse como un complejo policristalino denso o poroso. Se encuentra formando parte de la composición del hueso, lo que varía de acuerdo a la edad, hábitos alimenticios del individuo y patologías presentes. En un adulto normal los componentes inorgánicos del tejido óseo representan aproximadamente el 75% del peso seco, compuestos en su mayor parte por depósitos de fosfato de calcio cristalino; también se encuentra presente en la parte inorgánica del esmalte dental ocupando un 96%, compuesta mayormente por cristales de hidroxiapatita¹¹.

1.1 Composición química de la hidroxiapatita

El Término apatita fue aplicado por primera vez a minerales en 1788 por Werner. Actualmente se utiliza

para referirse a una familia de cristales que responden a la fórmula $M_{10}(RO_4)_6X_2$, donde M es habitualmente calcio, R fósforo y X un hidróxido o compuesto halogenado⁸.

La también llamada Hidroxilapatita es un mineral que se produce naturalmente a partir del calcio de la apatita con la fórmula $Ca_5(PO_4)_3(OH)$, pero es usualmente escrita $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ para denotar que el cristal como unidad de la célula comprende dos moléculas. El ión OH puede ser sustituido por flúor, cloro y carbonato para formar compuestos como fluorapatita o cloroapatita⁹.

La hidroxiapatita es una apatita compuesta esencialmente por fósforo y calcio² y representa un compuesto cristalino integrado por tres moléculas de fosfato de calcio y una molécula de hidróxido de calcio (Fig. 1).

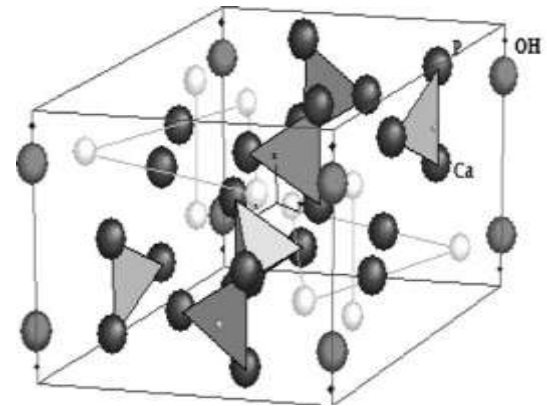


Fig.1 Estructura de una hidroxiapatita¹¹

1.2 Fuentes de hidroxiapatita

1.2.1 Hidroxiapatita de origen natural

La hidroxiapatita puede obtenerse naturalmente a partir de la transformación hidrotermal del carbonato cálcico $CaCO_3$ (Aragonito) de los corales¹; también se puede obtener a partir de huesos humanos o de otras especies animales que así lo permitan^{8, 9} como es el caso del hueso bovino⁸.

Existe también otro tipo de hidroxiapatita de origen natural que deriva de las algas, contiene micro poros y no es reabsorbible. Su superficie es muy parecida a la del hueso y el patrón de formación de los minerales de ambos es bastante parecido lo que facilita la integración ósea^{8, 9}.

1.2.2 Hidroxiapatita de origen sintético

La hidroxiapatita puede sintetizarse artificialmente para la obtención de materiales con gran variabilidad físico-química y morfológica dependiendo del método de síntesis que se utilice.

Debido a que es el principal componente del tejido óseo se ha puesto especial atención en reproducir lo más parecido posible aunque no idéntico tanto químico como cristalográficamente las diferentes formas sintéticas de

hidroxiapatita⁹. Dentro de este grupo de hidroxiapatitas sintéticas tenemos la no cerámica y la cerámica, las cuales serán descritas a continuación:

A) Hidroxiapatita sintética no cerámica: equivale a la porción mineral del hueso humano desde el punto de vista físico, químico y cristalográfico. Es un mineral que se reabsorbe lentamente, actuando como matriz ósea sobre la cual se va depositando el hueso neoformado. Se obtiene habitualmente por precipitación química al añadir una solución rica en fosfatos a otra con iones de Ca^{++} en condiciones controladas⁸.

B) Hidroxiapatita sintética de origen cerámico: está constituida por partículas esféricas de alta densidad y gran pureza. Es un material muy compatible, no reabsorbible, que permite la aposición directa del hueso. Se considera una cerámica, ya que se obtiene por calentamiento de los fosfatos cálcicos. La estructura cristalina, la porosidad y solubilidad del producto resultante estarán condicionadas por el medio utilizado y el grado de las temperaturas aplicadas⁸.

1.2.2.1 Métodos aplicados para la síntesis de la hidroxiapatita

- **Hidroxiapatita por precipitación**

El método de la precipitación consiste básicamente en la mezcla de fuentes de iones de calcio y fosfato (se

adicionan grupos fosfatos a suspensiones que contengan iones de calcio) en un medio acuoso adecuado; durante la síntesis, se realiza un control de pH mediante el suministro de NH₃ gaseoso o soluciones acuosas de NH₄OH, NaOH o KOH. Las características principales de los materiales producidos por este método es que son menos cristalinos que los que se obtienen por las vías térmicas e hidrotérmicas; y se presenta como agregado de cristales primarios pequeños que por lo general tienen caras bien definidas^{2, 9, 13}.

- **Hidroxiapatita por vía hidrotérmica**

Consiste en promover la formación de hidroxiapatita a partir de soluciones acuosas pero a temperaturas elevadas (140 a 500°C). El resultado final será una hidroxiapatita de obtención pura, con pocos defectos en la red cristalina y en forma de cristales macrométricos de hábito prismático con caras bien desarrolladas⁹.

- **Hidroxiapatita por vía térmica**

Este método se basa en la obtención de hidroxiapatita mediante reacciones en estado sólido, donde se someten mezclas de fosfato y de calcio a altas temperaturas. De esta manera tenemos un material de alta cristalinidad y baja solubilidad⁹.

- **Hidroxiapatita por reacción líquido/sólido (vía de los cementos).**

Los cementos fosfocálcicos son cementos hidráulicos minerales que fraguan gracias a reacciones ácido-básicas entre fosfatos de calcio de tipo ácido y fosfatos de calcio de tipo básico para dar una hidroxiapatita fosfocálcica en fase única¹⁰.

1.3 Propiedades de la hidroxiapatita

1.3.1 Biocompatibilidad y biotoxicidad

Las cerámicas de fosfato de calcio como la hidroxiapatita, han demostrado mediante varios estudios ser biocompatibles, no tóxicas, y capaces de integrarse al hueso para facilitar el crecimiento del mismo. Su biocompatibilidad se atribuye a que contienen en su composición química iones que son comúnmente encontrados en el medio fisiológico como el calcio, potasio, magnesio y sodio², esto le permite una adecuada

osteointegración. En cuanto a su toxicidad se ha demostrado que luego de su implantación no presenta signos de alteraciones sistémicas o locales⁶, ni riesgos de infección o rechazos^{5, 7}.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente podemos decir que gracias a la semejanza estructuralmente hablando de la hidroxiapatita y del tejido óseo, y por poseer este último en su composición cristales de hidroxiapatita las células inmunológicas del organismo tienen la capacidad de reconocer los elementos que conforman el material y por ser comunes entre ambos se facilita la aceptación e integración del mismo.

1.3.2 Reacción *in vivo* con hueso

La hidroxiapatita no presenta propiedades osteoinductoras ni osteogénicas, sino que al implantarse demuestra ser un material osteoconductor^{1, 5}, es decir, provee una matriz física favorable para el depósito de nuevo tejido óseo⁵. Sin embargo, también puede establecer intercambios químicos y formar enlaces con el tejido vivo favoreciendo el crecimiento del mismo^{5, 6}. Este crecimiento inicia desde el borde del defecto y es conducido a través del implante para formar un puente hueso-hidroxiapatita. Así se obtendrá hueso inmaduro que luego será remodelado para transformarlo en hueso compacto o maduro. Por otra parte se ha comprobado que la hidroxiapatita, gracias a la presencia de iones hidroxilo en su composición química, posee un efecto bactericida, también puede utilizarse con otros compuestos como el fosfato de zirconio y plata mejorando así su actividad antibacteriana¹⁴.

1.3.3 Propiedades mecánicas

Entre las propiedades mecánicas de la hidroxiapatita destacan la rigidez y la dureza, que a su vez se combinan con la elasticidad y continuidad de las fibras de colágeno. Estas propiedades exhiben un amplio rango de valores que dependen del método de prueba, la cristalinidad, densidad y porosidad (macróporos y micróporos); y si han estado expuestos o no a compuestos salinos.

Las resistencias de compresión oscila entre 20 y 500 MPa, con la HA más densa que se encuentra en 400 y 500 MPa. Las resistencias de la tracción son significativamente menos con 4 a 70 MPa, mientras la

resistencia a la tracción y a fatiga va de 1 a cerca de 20 MPa. Las cerámicas de fosfato de calcio presentan baja resistencia a la tensión y a los impactos, por lo tanto no pueden soportar cargas fuertes; sin embargo, al colocarse con una base metálica adquieren mayor resistencia a la fatiga¹⁵.

Por otra parte, la utilización de hidroxiapatita bajo la forma manométrica en el relleno de defectos óseos proporciona al implante mejores propiedades mecánicas¹⁶.

1.4 Principales usos en el campo odontológico

Hoy en día se han propuesto numerosas aplicaciones para la hidroxiapatita en el área de la odontología y entre ellas tenemos:

- Aumento de reborde mandibular atrófico, por sus características se considera un excelente material implantológico; permite la fijación de los implantes de manera estética y funcional, así como una ganancia notable tanto de tejido óseo como de tejidos blandos⁵. Además ha demostrado ser resistente, capaz de mantenerse y soportar perfectamente la función de una prótesis luego de la implantación⁶.
- Como profilaxis de la reabsorción de los rebordes alveolares, su implantación en los alvéolos pos extracción dental ayuda a mantener, e incluso mejorar la altura del reborde alveolar⁶.
- Rellenos de defectos óseos de quistes y tumores⁶.
- Fracturas mandibulares¹⁷.

2. PÉRDIDA DE REBORDES ALVEOLARES

Una vez extraída cualquier pieza dental las apófisis alveolares se reducen fisiológicamente hasta cierto punto. Cuando la pérdida de hueso se hace extrema, hablamos de una atrofia alveolar¹⁷, es decir, la reabsorción ósea puede realizarse de manera fisiológica o patológica.

La atrofia alveolar resulta ser un problema de múltiples etiologías que se relaciona además con factores como

enfermedades periodontales preexistentes, morfología facial, factores dietéticos (trastornos alimenticios), la aparición de tumores o quistes, entre otros^{5,6}.

2.1 problemas asociados a la pérdida de rebordes alveolares

La pérdida de rebordes alveolares genera problemas a nivel funcional y sistémico, y en algunos casos problemas estéticos; impide la estabilidad de prótesis dentales lo que ocasiona en algunos pacientes dolores a nivel de la ATM¹⁷, así como también dificultades para la fonética o para triturar alimentos; además, en algunos casos se pueden observar deformaciones ocasionadas por la reabsorción de la cresta alveolar, con pérdida del contorno vestibular que podrían comprometer incluso a los tejidos blandos de la cavidad bucal (Fig. 2).

La atrofia de los procesos alveolares o la presencia de concavidades vestibulares pueden también dificultar y restringir la inserción de implantes¹⁸.

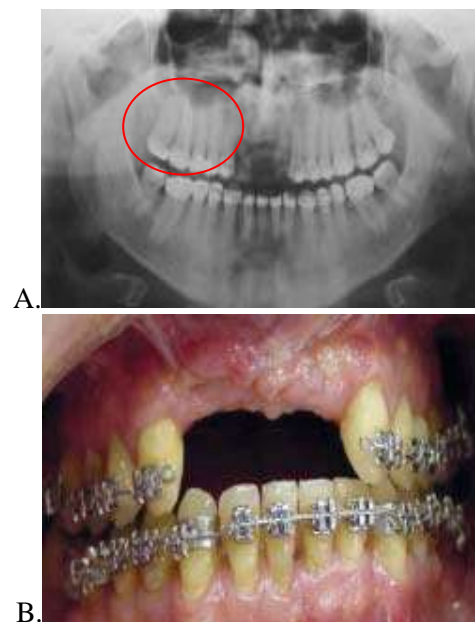


Fig.2: A Imágenes radiográfica; B fotografía clínica donde se observa una atrofia de hueso alveolar en el maxilar superior¹⁹.

2.2 Reconstrucción de rebordes alveolares

En casos favorables puede producirse una regeneración ósea espontánea, pero por el contrario existen casos en los que el odontólogo se ve obligado a hacer uso de

materiales de sustitución¹⁹. Durante mucho tiempo el método empleado para la rehabilitación ósea se basaba en la colocación de hueso autógeno, pero significaba tener que realizar una cirugía secundaria para la obtención del injerto, lo que generaba molestias adicionales; además se posibilitaba una posterior reabsorción ósea en la zona^{19, 20, 21}. Hoy en día la hidroxiapatita representa uno de los principales materiales de elección, ya que su aplicación es menos compleja, la intervención ocasiona el mínimo grado de molestias y la formación de nuevo hueso se evidencia en menor tiempo.

Varios estudios coinciden en que la hidroxiapatita porosa coralina HAP-200 obtenida de manera sintética resulta más eficaz para la realización de intervenciones quirúrgicas a fin de corregir dicho problema^{5, 18, 19, 23}; esto se debe a que su composición química es similar a la del soporte inorgánico natural del hueso^{5, 19}, contiene poros uniformes y tridimensionalmente interconectados, se reabsorbe lentamente, tiene una estructura químicamente pura y alta cristalinidad¹⁹. También se han realizado aplicaciones de hidroxiapatita en forma de Alpafile-G (sintética)^{24, 25}.

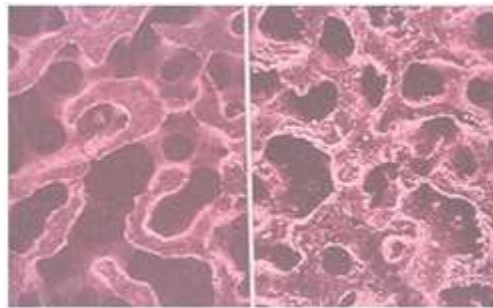


Fig.3 Comparación de la estructura de la hidroxiapatita HAP-200 (del lado derecho) y un corte histológico de hueso esponjoso humano (del lado izquierdo) donde se observa la similitud de su estructura física y porosidad.

2.2.1 Técnicas quirúrgicas

Existen varias técnicas para la corrección de rebordes alveolares atroficos. Puede realizarse una incisión directa sobre el reborde alveolar; crearse un túnel subperióstico con un expansor del mucoperiostio e inyectar posteriormente el material, o colocarse en combinación con hueso autólogo⁶.

La elección de la técnica se realiza de acuerdo a características específicas del problema a resolver; pero también quedará a criterio del médico tratante. A continuación se realizará la descripción de una de las técnicas de mayor aplicación:

Luego de la colocación de la anestesia (local) se procede a realizar una incisión del mucoperiostio por encima del reborde alveolar o la cresta del reborde alveolar con la posterior elevación de un colgajo, se lleva la hidroxiapatita con una jeringuilla plástica por toda la extensión del reborde en contacto directo con el hueso, y si se quiere facilitar la manipulación del biomaterial puede hidratarse con suero fisiológico, finalmente se

procede a realizar la sutura y se emiten las indicaciones postoperatorias¹⁸.

2.2.2 Esterilización de la hidroxiapatita

Es importante mencionar que para la utilización de la hidroxiapatita debe hacerse previa esterilización de la misma; para lo cual podemos emplear la autoclave, el calor seco o irradiación gamma, lo cual resulta de mayor eficacia²⁵.

En este apartado describiremos la esterilización haciendo uso de la autoclave de laboratorio y por irradiación gamma.

2.2.2.1 Esterilización por autoclave de laboratorio

La autoclave es un dispositivo que sirve para esterilizar materiales de laboratorio utilizando vapor de agua a alta presión y temperatura para ello. Su propósito es lograr la coagulación de las proteínas de los microorganismos haciendo uso de la presión y temperatura que allí se genera²⁶.

Un tiempo típico de esterilización a 121 grados centígrados y 103 Kpa es de 15-20 minutos. Aunque las autoclaves más modernas permiten realizar procesos a mayores temperaturas y presiones, con ciclos estándares a 134 °C a 200 kPa durante 5 min., llegando incluso a realizar ciclos de vacío para acelerar el secado del material esterilizado²⁶.

Desventajas de su uso

Este método de esterilización no resulta totalmente satisfactorio, ya que el agua corriente o la suciedad contenida en el vapor residual del autoclave, posiblemente contamine toda la superficie del implante, también puede originar depósitos de sustancias orgánicas que alteren las propiedades del biomaterial en este caso la hidroxiapatita²⁷.

2.2.2.2 Esterilización por irradiación de rayos gamma

La radiación gamma o rayos gamma (γ) es un tipo de radiación electromagnética, y por tanto formada por fotones, se produce generalmente por elementos radioactivos o procesos subatómicos como la aniquilación de un par positrón-electrón. Este tipo de radiación también es producida en fenómenos astrofísicos de gran violencia²⁸.

Debido a las altas energías que poseen, los rayos gamma constituyen un tipo de radiación ionizante capaz de penetrar en la materia más profundamente que la radiación alfa o beta. Dada su alta energía pueden causar grave daño al núcleo de las células, por lo que son usados para esterilizar equipos médicos, alimentos y biomateriales²⁹.

La esterilización mediante la irradiación de rayos gamma ha resultado a través del tiempo como la más recomendada, actualmente se encuentra bien establecida dentro de la industria, las instalaciones, los procedimientos y los estándares son bastante reconocidos²⁸.

La hidroxiapatita es sometida a exposición a rayos gamma a una dosis de 25 KGray, donde resulta esterilizarse el embalaje y todo el conjunto interno del biomaterial, esto es una ventaja porque los componentes se encuentran protegidos, limpios y estériles, enfrascados hasta que éstos son abiertos y entran en

contacto con el exterior, para que se reduzcan las posibilidades a la contaminación, los instrumentos en contacto al momento del uso del biomaterial deben también ser esterilizados por rayos gamma²⁸.

Desventajas

En este método de esterilización se debe ser muy cuidadoso y conocer perfectamente el comportamiento y propiedades del biomaterial, ya que si es sometido a dosis mayores que las establecidas, nos resulta indeseable, ya que puede alterar notablemente la composición química y física, y como consecuencia la inutilidad del biomaterial. Otra desventaja es que los rayos gamma en forma de radiación ionizante, tienen la habilidad de provocar cambios moleculares, pudiendo tener efectos cancerígenos²⁸.

2.3 Ventajas y desventajas en el uso de la hidroxiapatita para la corrección de rebordes alveolares atróficos

2.3.1 Ventajas

Luego de una exodoncia o de cualquier proceso operatorio que involucre el daño o pérdida de hueso alveolar, relacionado además con los tejidos blandos de la cavidad bucal inicia un proceso de cicatrización, que representa una respuesta orgánica normal cuyo propósito es el reemplazo de un tejido destruido por tejido vivo valiéndose de la migración y proliferación de las células epiteliales³⁰.

Este biomaterial sintético (HA), al ser implantado y por ser osteoconductor posee la capacidad de influenciar a las células no pluripotenciales a convertirse en osteoblastos que medien la regeneración ósea³¹; se comprobó en otras investigaciones que posee excelente respuesta clínica y radiográfica luego de su implantación, alto grado de osteointegración, y la regeneración se realiza de manera efectiva, en menor tiempo y sin producir deformaciones o daños de mayor intensidad^{6, 30, 31, 32, 33, 34}.

2.3.2 Desventajas

La principal desventaja de la hidroxiapatita es que se considera un material bastante frágil que posee baja resistencia mecánica; sin embargo, estos factores pueden ser controlados seleccionando el grado de porosidad y

espesor del implante, de manera que se facilite su fijación por crecimiento de tejido óseo dentro de los poros. Debe destacarse que algunas sustancias pueden mejorar las características del biomaterial al ser combinadas con el mismo, un ejemplo de ellas son las proteínas morfogenéticas óseas³⁵.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

- El uso de la hidroxiapatita sintética resulta una buena opción para la corrección de defectos

óseos en los maxilares tanto superior como inferior por ser biocompatible, osteoinductora, y demostrar alta eficacia luego de ser implantada.

- Se recomienda el uso clínico de la hidroxiapatita para la solución de problemas asociados con pérdida de hueso alveolar; así como también la elaboración de trabajos de investigación relacionados con la misma y sus aplicaciones clínicas en el área odontológica.

REFERENCIAS

1. Ferrer Y., Vergara J., Oquendo P. La HA cómo sustituto óseo. 2008 (citado 2010 Diciembre). Disponible en: <http://www.portalesmedicos.com/publicaciones/articles/1054/2/>
2. Gehrke S., Díaz G., Silva E., Carbonari M. Obtención de hidroxiapatita para injerto óseo por el método de precipitación. Rev. Acta Odontol Venez. 2007; Vol. IV(2):41-48.
3. González R, Handal E, Fernández J. Cinética de transformación del coral a hidroxiapatita. Quím Nova 1993; 16:513-6.
4. Socarrás E. Evaluación clínica de hidroxiapatita porosa obtenida a partir de corales marinos. Tesis. ISCMH, 1991.
5. Díaz A., Fonseca M., Covo E. Injerto de tejido conectivo subpediculado con utilización de hidroxiapatita para aumento de reborde alveolar. Rev. Duazary. 2008; Vol. 5(1):48-55.
6. Quintana J. Utilización de la hidroxiapatita en cirugía máxilofacial. Rev. Cubana Estomatol. 1998; V.35(1):16-20.
7. Quintana J., Rodríguez R., Hernández A. Empleo de la hidroxiapatita en la reparación ósea periapical. Rev. Cubana Estomatol. [revista en la Internet]. 2004 Dic [citado 2010 Jun 09]; 41(3). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75072004000300008&lng=es.
8. Hidroxiapatita. Consultado el 10-05-09. Disponible en: http://tdr.cesca.es/TESIS_UAB/AVAILABLE/.../gpv2de3.pdf.
9. Seckler M., García R., Derenzo S., Giulettil M., Rodríguez. R. Técnicas de obtención de hidroxiapatita y otros fosfatos de calcio. IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisao de Quimica, Predio 36, Cidade Universitaria "Armando de Salles Oliveira", 05508-901, São Paulo, SP, Brasil.
10. Hydroxyapatite. Consultado el 30 de septiembre del 2009. Disponible en: www.teknimed.com/es/pageLibre0001066c.html

11. Finn Geneser. Histología 3era edición. Editorial Medica Panamericana Buenos Aires- Argentina año.; 2000.
12. Londoño M., Echavarría A., De La Calle F. Características cristaloquímicas de la hidroxiapatita sintética tratada a diferentes temperaturas. Rev. EIA. 2006; (5);109-118.
13. García C., Paucar C., Gaviria J. Estudio de algunos parámetros que determinan la síntesis de hidroxiapatita por la ruta de precipitación. Rev. fac.nac.minas. 2006; Vol. 73(148):9-15.
14. Motomu N., Takuro N., Akira O., Masahito T. Improved bactericidal activity of silver-loaded zirconium phosphate in the presence of Cl^- by combining with hydroxyapatite. Biotechnology Letters, 2003, Vol. 25(15):1263-1266
15. Charles A. Barbush. Implantes Dentales. 1994.
16. Valenzuela F, Covarrubias C, Martínez C, Smith P, Díaz-Dosque M, Yazdani-Pedram M. 2012. Preparation and bioactive properties of novel bone-repair bionanocomposites based on hydroxyapatite and bioactive glass nanoparticles. J Biomed Mater Res Part B 2012;100B:1672–1682.
17. Magne P, Magne M, Belser U. the diagnostic template: key element of a comprehensive esthetic treatment concept. Int J Periodontics Restorative Dent 1996; Vol. 16(6):560-9.
18. Quintana J. Aumento del reborde mandibular atrófico con hidroxiapatita porosa. Consultado el 10 de mayo del 2009. Disponible en: <http://gbsystems.com/papers/cirugia/est02295.htm>.
19. Gómez J., Méndez S., Ortega J., Vilaplana J., Técnica de los osteotomos en implantología. 2000. Consultado el 10 de mayo del 2009. Disponible en: scielo.isciii.es/pdf/peri/v12n1/original4.pdf
20. Maurette P., Allais de Maurette M., Mazzonetto R. Distracción osteogénica alveolar: una alternativa en la reconstrucción de rebordes alveolares atróficos. Descripción de 10 casos. Rev. Esp Cirug Oral y Máxilofacial. 2004; 26:41-47.
21. Soto A. Introducción a los Biominerales y Biomateriales. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Programa de Doctorado en Ciencias de la Ingeniería Mención en Ciencias de los Materiales. Septiembre, 2003.
22. Saulacic N., Gándara P., Somoza M., García A. Cirugía Bucal / Oral Surgery Distracción osteogénica / Distracción osteogenesis 321 Distracción osteogénica del reborde alveolar: revisión de la literatura. S/f.
23. Olid R., Capilla V., Pardo S. Utilización de la hidroxiapatita en Odontología. Unidad Docente de Cirugía Bucal y Máxilofacial. Dpto. de Estomatología de la Facultad de Odontología de la Universidad de Granada. Editorial Ciencias Médicas 2009.
23. Pancorbo E., Martín J., Delgado A., Navarro R., Díaz A., Trimiño L. Tratamiento de urgencia de las fracturas con hidroxiapatita Coralina HAP-200. Rev. Cubana Ortop Traumatol. 2006; 20(1).

24. González R., Melo C., Pérez A., Rodríguez A. Hidroxiapatita porosa HAP-200. Principales características físico-químicas. Centro Nacional de Investigaciones Científicas –APDO 6880 – C, Habana- Cuba 1993.
25. Ramírez P., Valero V. Estudio de la cicatrización de cavidades quísticas periapicales en pacientes tratados con la hidroxiapatita sintética (Alpafil-G) como material de relleno óseo y del Cianoacrilato de N-Butilo. Trabajo especial de grado, universidad de los Andes- Facultad de Odontología, Mérida-Venezuela 2008.
26. Autoclave de laboratorio. Consultado el 28 de septiembre del 2009. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Autoclave_de_laboratorio.
27. Métodos de esterilización de laboratorio químico. Consultado el 28 de septiembre del 2009. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos24/esterilizacion-laboratorio/esterilizacion-laboratorio.shtml>
28. Saidu M., Mashita M., Khadijah K., Fazan F., Khalid K. Sterilisation effect study on granular hydroxyapatite (HA). Med J Malaysia. 2004; Vol. 59(B):85-6
29. Morales A., García J., Planell M., Ginebra M., Hernández J. Estudio de un cemento bioactivo de hidroxiapatita como material de sustitución ósea. Rev. Biomecánica. 2002; 10 (1)19-24
30. Fernández R., Urbizo J., Rodríguez V., García R., Cabaleiro Z., Rodríguez E., Ríos M. Evaluación anatomopatológica experimental de la implantación en hueso de la hidroxiapatita sintética. Instituto Superior de Ciencias Médicas de La Habana Facultad de Estomatología 2005.
31. Balestrini M., Vivas J. Cicatrización sin injertos óseos y la inducida por xenoinjertos óseos en alvéolos post-exodoncias mandibulares. Trabajo especial de grado, Universidad de los Andes- Facultad de Odontología, Mérida-Venezuela 2005.
32. Gutiérrez J., García M. Integración de la implantología a la práctica odontológica. 2002; 1era edición, Madrid-Elgon.
33. Quintana JC, González R, Quintana M. Resultados de 15 años empleando la Hidroxiapatita Coralina® HAP-200 como implante óseo en cirugía maxilofacial. Rev. CENIC. Ciencias Químicas 2010; Vol. (41):1-9.
34. Gil A. Evaluación radiográfica de aumentos de rebordes alveolares con injertos aloplásticos de hidroxiapatita no reabsorbible: seguimiento a nueve meses. Rev. Fac. de Odont. Universidad de Antioquia, 2008; 20(1).
35. Inoue K. Ohgushi H, Yoshikawa T, et al. The effects of aging on bone formation in porous hydroxyapatite: biochemical and histologic analysis. J Bone Miner Res. 1997; 12:989-994.