

(مقاله پژوهشی)

ساخت نانوپودر هیدروکسی آپاتیت به روش سل-ژل احتراقی و بررسی کاربرد آن در ترمیم ضایعات استخوان پاریتال موش صحرایی

ایرج کاظمی نژاد^{۱*}، محمود جهانگیر نژاد^۲، قاسم ساکی^۳، مریم رحیم زاده لرکی^۱،
شبنم امیرپور^۲

چکیده

زمینه و هدف: هدف از انجام این تحقیق، بررسی امکان کاربرد نانوذرات هیدروکسی آپاتیت در ترمیم ضایعات استخوان فک می باشد.

روش بررسی: در این تحقیق، نانوذرات هیدروکسی آپاتیت با فرمول شیمیایی $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ ، به روش سل-ژل احتراقی در حضور اسید سیتریک به-عنوان سوخت تهیه شدند. بدین منظور، از نیترات کلسیم ۴، آب، اسید سیتریک و فسفات دی هیدروژن آمونیوم با استوکیومتری مناسب و آب یونزدایی شده استفاده شد. نانوذرات تولید شده به وسیله $FT-IR$, XRD , TG/DTA , SEM و TEM مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج حاصل از بررسی نمونه ها به-وسیله XRD ساختار هگزاگونال ذرات را تأیید کردند. تصاویر SEM و TEM ریخت شناسی و اندازه میانگین ذرات را نشان دادند. هم چنین به منظور شناسایی گروه های مختلف موجود در ساختار بلوری هیدروکسی آپاتیت، روش طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه ($FT-IR$) مورد استفاده قرار گرفت. پس از ساخت پودر نانو هیدروکسی آپاتیت، ماده حاصله بر روی ترمیم استخوان پاریتال موش های صحرایی نر بالغ نژاد $Sprague Dawly$ به کار برده شد.

یافته ها: نتایج نشان داد که ماده ساخته شده ساختار هگزاگونال داشته و طبق تصاویر میکروسکوپ الکترونی اندازه ی نانومتریکی دارد.

نتیجه گیری: پودر نانو هیدروکسی آپاتیت ساخته شده به روش سل-ژل احتراقی دارای خاصیت استئوکاندکتیو مشابه $Bio Oss$ می باشد و التهاب بافتی مختصری ایجاد می کند.

کلید واژگان: هیدروکسی آپاتیت، سل-ژل احتراقی، نانوذرات، استخوان پاریتال، موش صحرایی.

۱- دانشیار گروه فیزیک.

۲- دانشیار گروه پرئودنتولوژی.

۳- استادگروه تشریح.

۱- دانشکده علوم، گروه فیزیک،

دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران.

۲- گروه پرئودنتولوژی، دانشکده دندان-

پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی

شاپور اهواز، ایران.

۳- گروه تشریح دانشگاه علوم پزشکی

جندی شاپور اهواز، ایران.

* نویسنده مسؤل:

ایرج کاظمی نژاد؛ دانشکده علوم، گروه

فیزیک، دانشگاه شهید چمران، اهواز،

ایران.

تلفن: ۰۰۹۸۹۱۶۳۱۳۰۷۸۳

Email: I.Kazeminezhad@scu.
ac.ir

مقدمه

استفاده شد. مواد اولیه به ترتیب در ۵۲/۵ ml آب یون-زدایی شده حل شد و pH محلول به وسیله آمونیاک تنظیم شد. محلول به دست آمده در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد توسط هم‌زن مغناطیسی یکنواخت شد. این سل حدوداً ۳ ساعت هم زده شد و ژل سفید رنگی به دست آمد. ژل به-دست آمده در دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شد. ژل خشک شده را آسیاب کرده و برای تشکیل فاز HA در کوره‌ای با دمای ۷۰۰°C قرار گرفت. ساختار نمونه به وسیله دستگاه پراش پرتو ایکس مورد بررسی قرار گرفت. برای شناسایی گروه‌های پیوندی مختلف موجود در ساختار HA، روش طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه مورد استفاده قرار گرفت. اندازه و ریخت‌شناسی ساختارهای تولید شده نیز توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی و عبوری مطالعه گردید. در نهایت پس از اطمینان از تشکیل فاز HA و اندازه نانومتری ذرات پودر تولید شد که از این پودر در ترمیم ضایعات استخوان پاریتال موش صحرایی با موفقیت استفاده شد.

آنالیز جرم‌سنجی حرارتی (TG-DTA)

آنالیز حرارتی به منظور ارزیابی رفتار ماده در برابر تغییرات دمایی انجام می‌گیرد. در شکل ۱ نمودار TGA و در شکل ۲ نمودار DTA ژل خشک‌شده آورده شده است. سه مرحله کاهش وزن در منحنی شکل ۱ مشاهده می‌شود، اولین مرحله کاهش وزن (۳/۰ درصد)، در گستره دمایی ۵۰°C تا ۳۱۶°C می‌باشد؛ که به علت تبخیر سطحی آب باقی‌مانده در نمونه است. دومین مرحله کاهش وزن (حدود ۳۱ درصد) در گستره دمایی ۳۱۶°C تا ۶۹۰°C می‌باشد؛ که به‌طور عمده ناشی از سوختن اسید سیتریک و تشکیل CaCO_3 ، تجزیه حرارتی نیترات در نمونه و خشک شدن کامل پودر است (۱۱). کاهش وزن دیگری در گستره دمایی ۶۹۰°C تا ۷۹۰°C ایجاد شده است که ناشی از حذف کربنات در نمونه و تجزیه آن به CaO و CO_2 است (۱۲ و ۱۳). از دمای ۷۹۰°C تا ۱۱۰۰°C وزن تقریباً ثابت می‌ماند و کاهش وزن ناچیزی

در سال‌های اخیر استفاده وسیعی از بیوسرامیک‌های کلسیم فسفاتی، از قبیل هیدروکسی‌آپاتیت (HA) و تری کلسیم فسفات (TCP) در کاربردهای بازسازی و ترمیم استخوان، صورت گرفته است. این بیوسرامیک کلسیم-فسفاتی دارای شباهت شیمیایی و ساختاری با فاز معدنی استخوان هستند و موجب تسریع رشد سلول‌های استخوانی می‌شوند (۱).

در حال حاضر، تحقیقات وسیعی بر روی ساخت پودر معدنی هیدروکسی‌آپاتیت با اندازه ذرات نانو، نسبت استوکیومتری مناسب و درجه بلورینگی بالا صورت می‌گیرد که دلیل آن هم خواص به مراتب بهتر این نانوذرات در مقایسه با میکروذرات مشابه می‌باشد. استفاده از ذرات هیدروکسی‌آپاتیت با ابعاد نانو به جای ذرات میکرومتری HA، به دلیل مساحت ویژه بالا و در نتیجه، سرعت واکنش بالا با ارگان‌های زیستی بسیار حائز اهمیت است. از این نانوذرات می‌توان برای پوشش‌دهی انواع کاشتنی-های فلزی در بدن به منظور افزایش زیست‌سازگاری، القا و هدایت رشد استخوان نیز استفاده نمود. به دلیل شباهت این نانوذرات با نمونه واقعی استخوان، احتمال پس‌زدگی کاشتنی مورد نظر در بدن به شدت کاهش می‌یابد (۲).

روش‌های مختلفی برای ساخت نانوذرات HA وجود دارد، از جمله این روش‌ها: سنتز مکانوشیمیایی (۳)، سنتز احتراقی (۴)، روش‌های مختلف شیمیایی مرطوب (۵)، رسوب (۶)، لایه نشانی الکتروشیمیایی (۷)، سل-ژل (۸)، هیدروترمال (۹) و امولسیون (۱۰) می‌باشد. در این تحقیق نانوذرات HA به روش سل-ژل احتراقی ساخته شده‌اند. این روش به دلیل سرعت بالای ساخت و مخلوط شدن همگن اجزای واکنش، نسبت به دیگر روش‌ها از امتیازات خوبی برخوردار است.

کار آزمایشگاهی

به منظور تهیه نانوذرات هیدروکسی‌آپاتیت به روش سل-ژل احتراقی از نیترات کلسیم ۴ آبه، اسید سیتریک و فسفات دی‌هیدروژن آمونیوم با استوکیومتری مناسب

دارد. متوسط اندازه بلورکها با استفاده از رابطه دبی-شرر محاسبه و برابر با ۲۹/۵ nm تعیین گردید.

طیف مادون قرمز تبدیل فوریه (FT-IR)

به منظور شناسایی گروه‌های پیوندی مختلف موجود در ساختار بلوری هیدروکسی آپاتیت، روش طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه مورد استفاده قرار گرفت. طیف FT-IR نمونه نوعی در شکل ۴ نشان داده شده است. قله مشاهده شده در محدوده 568 cm^{-1} تا 601 cm^{-1} مربوط به حرکات خمشی پیوندها در گروه فسفات می‌باشند. همچنین قله‌های ظاهر شده در 3420 cm^{-1} مربوط به حرکات کششی یون‌های هیدروکسیل موجود در شبکه بلوری هیدروکسی آپاتیت هستند. قله‌های ضعیف در 1418 cm^{-1} و 1458 cm^{-1} مربوط به ناخالصی‌های کربناتی هستند.

تصاویر میکروسکوپ الکترونی

به منظور تعیین اندازه و ریخت‌شناسی ذرات تولید شده از میکروسکوپ الکترونی روبشی و عبوری استفاده شد. شکل‌های ۵ و ۶ به ترتیب تصاویر TEM و SEM نمونه بلوری شده در دمای 700°C نشان داده شده است. اندازه میانگین ذرات در این دما ۲۵ نانومتر می‌باشد.

روش بررسی

هدف اصلی این مطالعه، مقایسه تأثیر نانو پودر هیدروکسی آپاتیت ساخته شده به روش سل-ژل احتراقی با محصول تجاری Bio Oss، بر بازسازی ضایعات استخوانی در موش صحرایی می‌باشد. پس از ساخت پودر نانو هیدروکسی آپاتیت، ماده حاصله بر روی حیوانات آزمایشگاهی آزمایش شد. برای این منظور از موش‌های صحرایی نر بالغ، نژاد Sprague Dawley با وزن تقریبی ۲۰۰ گرم به عنوان مدل حیوانی استفاده گردید. حیوانات به وسیله تزریق عضلانی Xylazine (5mg/kg) و Ketamin Hcl (10mg/kg) بی‌حس شده و همچنین بوسیله تزریق داخل عضلانی Penicillin G (25000 U/kg) تحت پروفیلاکسی

مشاهده می‌شود که بنابر نتایج حاصل از XRD، مربوط به شروع تشکیل فاز پایدار هیدروکسی آپاتیت می‌باشد. با افزایش دما، ملاحظه می‌شود که در دمای حدود 1200°C کاهش وزن خفیفی وجود دارد که ناشی از تبدیل فاز HA به فاز بتا تری کلسیم فسفات (β -TCP) است. منحنی DTA همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است؛ دارای سه قله گرماگیر حوالی 490 ، 400 ، 725 درجه سانتی‌گراد و چهار قله گرمازا حوالی 470 ، 380 ، 520 و 890 درجه سانتی‌گراد می‌باشد. قله گرماگیر ضعیف در 400°C ناشی از تجزیه حرارتی نیترات‌ها بوده و قله گرمازای شدید در 470°C مربوط به سوختن اسید-سیتریک است، قله گرماگیر حوالی 490°C مربوط به تجزیه گرماگیر اسید سیتریک و نیترات باقی مانده در نمونه بوده و قله موجود در 520°C نشان‌دهنده واکنش گرمازا و مربوط به شروع تبلور هیدروکسی آپاتیت، یعنی تبدیل فاز آمورف به فاز بلوری HA می‌باشد. قله گرماگیر دیگری در 725°C مشاهده می‌شود که ناشی از تجزیه CaCO_3 به CaO و CO_2 است (۱۴). در گستره دمایی 750°C تا 900°C فاز پایدار HA تشکیل شده و به تدریج با افزایش دما به β -TCP تبدیل می‌شود. قله گرمازای موجود در 890°C نیز ناشی از دکربوکسیل شدن نمونه و خروج CO_2 می‌باشد.

بررسی الگوی پراش پرتو ایکس (XRD)

از اصلی‌ترین مشخصات پودر هیدروکسی آپاتیت، ساختار بلوری، ساختار فازی و درجه بلورینگی آن می‌باشد. مشخصات فوق را می‌توان به‌طور هم‌زمان با استفاده از دستگاه طیف‌سنج پراش پرتو ایکس تعیین نمود. طیف XRD نمونه تولید شده در دمای 700 درجه سانتی‌گراد در شکل ۳ نشان داده شده است.

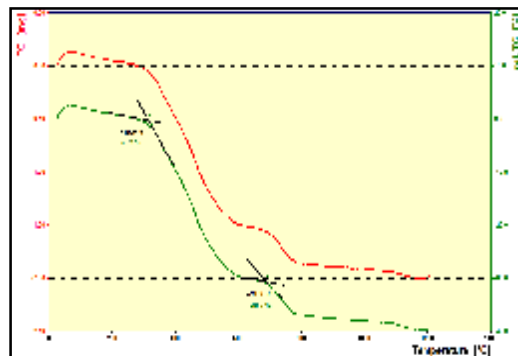
الگوی پراش پرتو ایکس، با کارت استاندارد JCPDS شماره ۴۳۲-۹، با گروه فضایی P6₃/m، پارامترهای شبکه $a=9/42\text{ \AA}$ و $c=6/88\text{ \AA}$ ، حجم سلول واحد 170 \AA^3 و $V=528$ و قله‌های پراش با مقادیر 2θ ی مختلف مطابقت

ها مشاهده شد؛ ولی در گروه کنترل فقط بافت همبند فیروز در هفته‌های ۴ و ۸ دیده شد (شکل ۹). میزان استخوان‌سازی در هفته هشتم نسبت به هفته چهارم در هر دو گروه Bio Oss و NHA بیشتر بود. در کنار ترابکول‌های نابالغ استخوانی، استوئید نیز مشاهده می‌شد. همچنین در استخوان بازسازی شده، استئوسیت در هر گروه دیده شدند. در برخی نواحی آثاری از مواد پیوندی که در حال ریمودلینگ و جایگزینی با استخوان بودند نیز قابل مشاهده بود. همچنین سلول‌های التهابی نیز به-خصوص در دو گروه Bio Oss و NHA رؤیت شدند که به دلیل پاسخ میزبان به این مواد خارجی می‌باشد. البته میزان التهاب ضعیف بوده به طوری که بر استخوان‌سازی تأثیر منفی نداشت. این مشاهدات میکروسکوپی نشان-دهنده این موضوع است که ماده ساخته شده NHA می-تواند همانند نوع تجاری گرفت استخوانی (Bio Oss) موجب تحریک استخوان‌سازی شده و به‌عنوان داربستی برای مهاجرت و تکثیر سلول‌های استخوان‌ساز و تولید استخوان عمل کند.

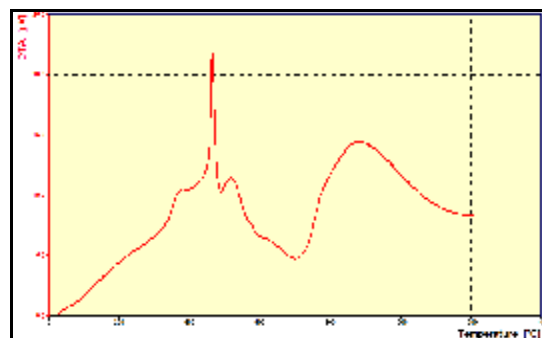
قرار گرفتند. محل جراحی استخوان پاریتال حیوان مورد نظر بود. موهای ناحیه مورد نظر ابتدا تراشیده شده، سپس به وسیله محلول بتادین و الکل آماده‌سازی شد. پس از برش و کنار زدن بافت نرم، سوراخی به عرض ۸ میلی‌متر به صورت تمام ضخامت به وسیله فرز جراحی ترافین در ناحیه ایجاد شده و در این مرحله پودر در ناحیه برداشت استخوان قرار داده شد.

یافته‌ها

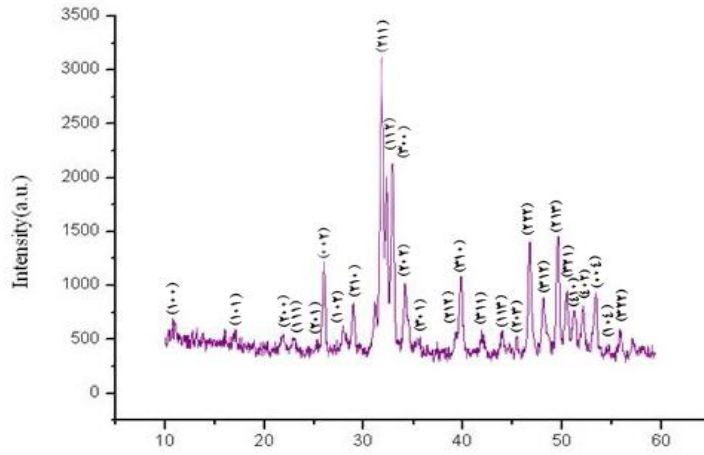
در هفته‌های ۴ و ۸ موش‌ها به‌دقت مورد بازبینی قرار گرفتند، محل جراحی به خوبی ترمیم یافته و هیچ اثری از زخم و خون‌مردگی در گروه‌ها دیده نشد. برش‌های هیستولوژیک از ناحیه ضایعه تهیه شد، که شامل استخوان طبیعی اطراف ضایعه نیز بودند. تمام نمونه‌ها به وسیله میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی‌های ۱۰، ۲۰ و ۴۰ برابر مورد مشاهده قرار گرفتند که تصاویر آن در شکل‌های ۷ و ۸ نشان داده شده است. در هر گروه Bio Oss و NHA ترابکول‌های جدید و نابالغ به همراه استئوبلاست-



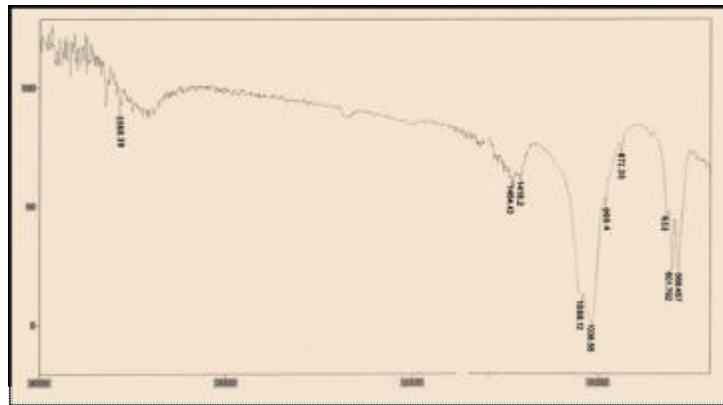
شکل ۱: منحنی TGA ژل خشک شده.



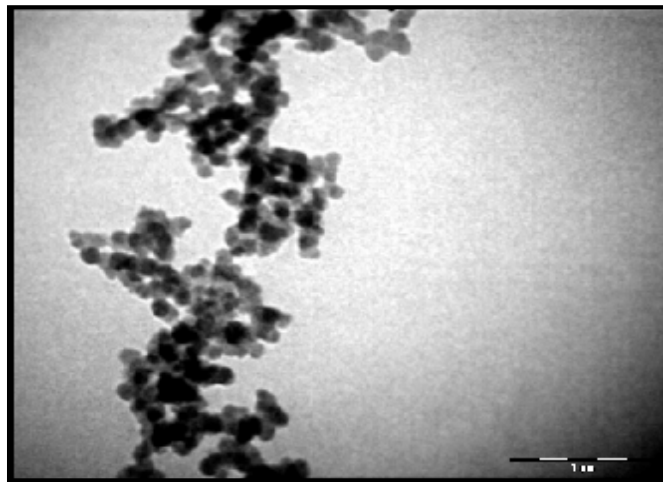
شکل ۲: منحنی DTA ژل خشک شده.



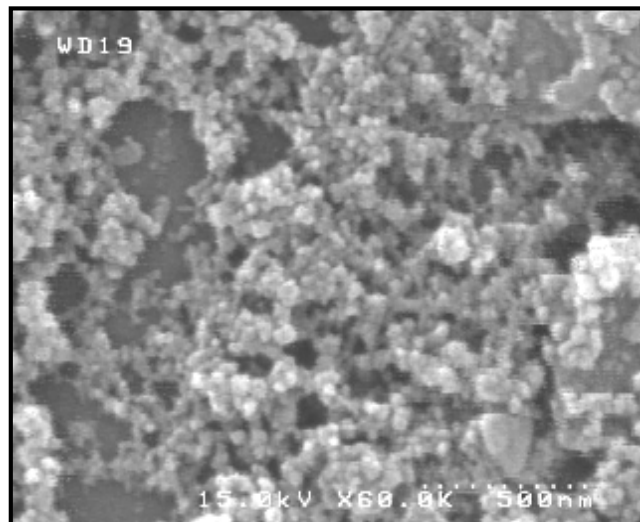
شکل ۳: الگوی پراش پرتو ایکس به همراه شاخص‌های میلر.



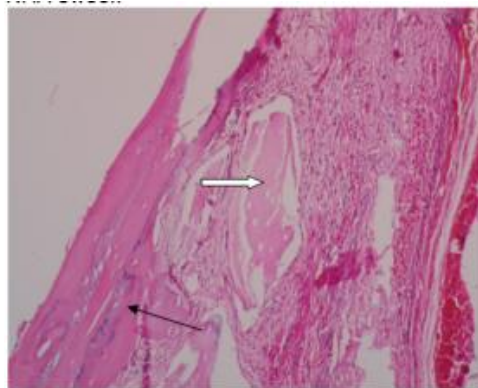
شکل ۴: نمودار تبدیل فوریه مادون قرمز نمونه پخت شده در دمای ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد.



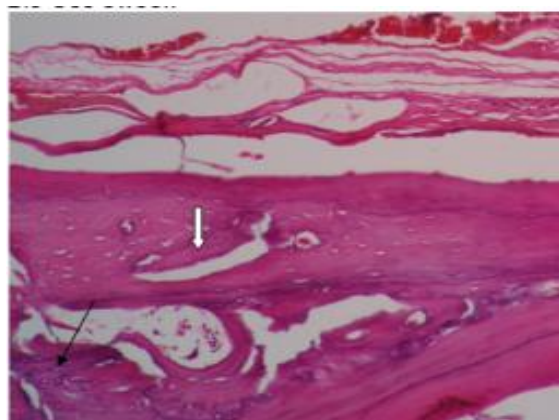
شکل ۵: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی مربوط به نمونه پخت شده در دمای ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد.



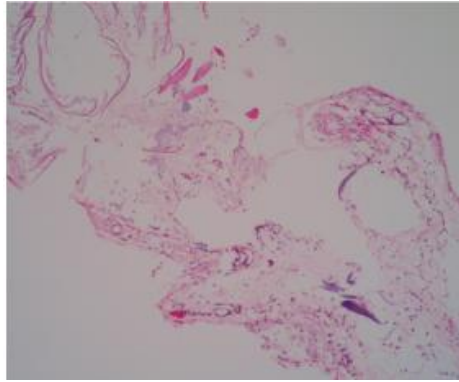
شکل ۶: تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری مربوط به نمونه پخت شده در دمای ۷۰۰ درجه سانتی گراد.



شکل ۷: نتیجه حاصل از عکس برداری قطعات بیوپسی شده، با جای گذاری نانوذرات HA بعد از ۸ هفته. (استخوان جدید (فلش سیاه) - باقیمانده HA فلش سفید).



شکل ۸: نتیجه حاصل از عکس برداری قطعات بیوپسی شده، با جای گذاری نمونه تجاری Bio Oss بعد از ۸ هفته. (استخوان جدید (فلش سیاه) - باقیمانده Bio Oss فلش سفید).



شکل ۹: نتیجه حاصل از عکس برداری قطعات بیوپسی شده گروه کنترل

بحث

استاندارد و مشابه به شکل گسترده تری مقایسه خواهد شد.

قدردانی

در نوشتن این مقاله از بخش هایی از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد خانم مریم رحیم زاده لرکی و پایان نامه دوره تخصصی خانم دکتر شبنم امیرپور تحت نظر و راهنمایی نویسندگان مقاله بهره گیری شده است.

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه و مرکز تحقیقات فیزیولوژی دانشگاه علوم پزشکی اهواز که این تحقیق با شماره PRC-114 در این مرکز به ثبت رسیده است برای حمایت مالی و مرکز تحقیقات حیوانی علوم پزشکی اهواز و پرسنل پرتلاش این مرکز کمال تشکر را دارد. همچنین از همکاری و مشاوره ارزشمند جناب آقای دکتر محسن ژاله برای تهیه لامها و خانم دکتر فاطمه عصاره برای بررسی پاتولوژی لامها کمال تشکر را دارد.

در این تحقیق، نانوذرات هیدروکسی آپاتیت به روش سل-ژل احتراقی تولید شدند. الگوهای پراش XRD نشان دادند که فاز هیدروکسی آپاتیت تشکیل شده است. نمونه هیدروکسی آپاتیت تولید شده در شرایط بهینه، به منظور بررسی امکان کاربرد آن در ترمیم استخوان، مورد استفاده و بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که نمونه ساخته شده با ابعاد نانو می تواند همانند نوع تجاری آن که در حال حاضر برای این منظور به کار می رود، عمل کرده و موجب تحریک استخوان سازی در بافت می شود. استفاده از این نانوذرات با کمترین میزان التهاب بافتی همراه بوده و بدن انسان آن را به عنوان یک عامل بیگانه نمی شناسد. شایان ذکر است که استفاده از ذرات HA در مقیاس میکرو منجر به ایجاد التهاب و در نتیجه پس زدگی آن می شود. در ادامه تولید و نیاز سنجی پودر تولید شده به شکل یک مطالعه کامل حیوانی تأثیر این ماده با مواد

منابع

- 1-Bogdanoviciene I, Beganskiene A, Tõnsuaadu K, Glaser J, Meyer H J, Kareiva A. Calcium hydroxyapatite, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ceramics prepared by aqueous sol-gel processing. *Mater Res Bull* 2006; 41(9):1754-62.
- 2-Shojai MS. Hydroxyapatite. Tehran: Iranian Students Book Agency; 2010. p. 45-6. [In Persian]
- 3-Rhee SH. Synthesis of hydroxyapatite via mechanochemical treatment. *Biomaterials* 2002; 23(4):1147-52.
- 4-Han Y, Li S, Wang X, Chen X. Synthesis and sintering of nanocrystalline hydroxyapatite powders by citric acid sol-gel combustion method. *Mater Res Bull* 2004; 39(1):25-32.
- 5-Hwang K, Lim Y. Chemical and structural changes of hydroxyapatite films by using a sol-gel method. *Surf Coat Tech* 1999; 115(2):172-5.
- 6-Goloshchapov DL, Kashkarov VM, Rummyantseva NA, Seredin PV, Lenshin AS, Agapov BL, et al. Synthesis of nanocrystalline hydroxyapatite by precipitation using Hen's eggshell. *Ceram Int* 2013; 39(4):4539-49.
- 7-Yuan-yuan Z, Jie T, Ying-chun P, Wei W, Tao W. Electrochemical deposition of hydroxyapatite coatings on titanium. *Trans Nonferrous Met SOC China* 2006; 16(1):633-7.

- 8-Nathanael AJ, Arul NS, Ponpandian N, Mangalaraj D, Chen PC. Nanostructured leaf like hydroxyapatite/TiO₂ composite coatings by simple sol-gel method. *Thin Solid Films* 2010; 518(24):7333-8.
- 9-Qi C, Tang QL, Zhu YJ, Zhao XY, Chen F. Microwave-assisted hydrothermal rapid synthesis of hydroxyapatite nanowires using adenosine 5'-triphosphate disodium salt as phosphorus source. *Mater Lett* 2012;85:71-3.
- 10-Saha SK, Banerjee A, Banerjee S, Bose S. Synthesis of nanocrystalline hydroxyapatite using surfactant template systems: Role of templates in controlling morphology. *Mat Sci Eng* 2009; 29(7):2294-301.
- 11-Kumar GS, Girija EK, Thamizhavel A, Yokogawa Y, Kalkura SN. Synthesis and characterization of bioactive hydroxyapatite-calcite nanocomposite for biomedical applications. *J Colloid Interface Sci* 2010; 349(1):56-62.
- 12-Guo X, Xiao P. Effects of solvents on properties of nanocrystalline hydroxyapatite produced from hydrothermal process. *J Eur Ceram Soc* 2006; 26(15):3383-91.
- 13-Milev A, Kannangara GSK, Ben-Nissan B. Morphological stability of hydroxyapatite precursor. *Mater Lett* 2003;57(13-14):1960-5.
- 14-Islam M, Mishra PC, Patel R. Physicochemical characterization of hydroxyapatite and its application towards removal of nitrate from water. *J Environ Manage* 2010; 91(9):1883-91.

Evaluation of Nanohydroxyapatite Powder Synthesized by Sol-gel Combustion Method and Bio Oss on Reconstruction of Parietal Bone Defects in Rat

Iraj Kazeminezhad^{1*}, Mahmood Jahangirnezhad², Ghasem Saki³,
Maryam Rahimzadeh Larki¹, Shabnam Amirpoor²

1-Associate Professor of Physics.

2-Associate Professor of Periodontology.

3-Professor of Anatomy.

1-Department of Physics, Faculty of Science, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran.

2-Department of Periodontology, Dental School, Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

3-Department of Anatomy, Medical School, Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran

*Corresponding author:

Iraj Kazeminezhad; Department of Physics, Faculty of Science, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran.

Tel: +989163130783

Email: I.Kazeminezhad@scu.ac.ir

Abstract

Background and Objective: The aim of this research is to investigate the possible use of hydroxyapatite nanoparticles in parietal bone regeneration.

Subjects and Methods: $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ nanoparticles were synthesized by sol-gel combustion method using citric acid as combustion agent. The calcium nitrate tetrahydrate, citric acid and ammonium dihydrogen phosphate and deionized water with the proper stoichiometry were used. The nanoparticles were studied by the TG/DTA, XRD, FT-IR, SEM and TEM techniques. XRD. Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) was used to identify different bond groups in the structure of the samples. The hydroxyapatite nanopowders were used on of adult male Sprague Dawley rats for parietal bone regeneration.

Results: The product had a hexagonal structure. SEM images showed morphology and mean nanoparticles size.

Conclusion: The results showed that the bone repairing with HA nanoparticles occur similar to typical repairing by commercially available (Bio Oss) and even it takes place with minimal tissue inflammation.

Keywords: Hydroxyapatite, Sol-gel combustion, Anoparticles, Parietal bone, Rat.

► Please cite this paper as:

Evaluation of Nanohydroxyapatite Powder Synthesized by Sol-gel Combustion Method and Bio Oss on Reconstruction of parietal Bone Defects in Rat. Kazeminezhad I, Jahangirnezhad M, Saki G, Rahimzadeh Larki M, Amirpoor Sh. Jundishapur Sci Med J 2013;12(2):149-157

Received: Jan 7, 2013

Revised: Feb 6, 2013

Accepted: Feb 17, 2013