

ارزیابی سازگاری پیوند مرجان خلیج فارس در نقیصه استخوان ران خرگوش

دکتر مهدی مرجانی* دکتر علی عسکریان** دکتر عباس وشکینی*** دکتر عباس توسلی*** دکتر یو ال آن****

Evaluation of biocompatibility implantation of the Persian Gulf's coral in femoral defect of rabbit

M Marjani* A Asgarian A Veshkini A Tavasoli YN An

دریافت: ۸۵/۸/۱۵ پذیرش: ۸۶/۷/۳۰

* Abstract

Background: Coral from different areas has been used for bone graft substitute yet the assessment of the Persian Gulf coral is left unnoticed.**Objective:** The purpose of this study was to evaluate the Persian Gulf coral as a bone graft substitution in repairing bone defects.**Methods:** Unilateral drill hole defect (4 mm X 1.5 cm) was created in greater trochanter of femur in 12 rabbits and implanted with coral in experimental group. The drill hole remained empty in control group. Radiographs were obtained immediately after surgery and at 1, 3, 4, 5, 7, and 9 weeks post-implantation. Later, the rabbits were sacrificed at the end of 9th week for histopathological studies.**Findings:** Radiographs taken at 9th week showed that the implants were being resorbed and the empty spaces were reduced in size by new bone formation. Histopathological studies on samples collected from the site of implantation were indicative of enormous multinuclear giant cells infiltration at 9th week while progressive degeneration of coral and regeneration of new bone at the site of defect was obvious, simultaneously. New bone replacement almost covered 40% of the areas at the site of artificial defect.**Conclusion:** There was no rejection of implants among the experimental group. Our data showed that processed coral has the potential to be regarded as a bone substitute for reconstructive bone surgery and could be used as a suitable scaffolding material.**Keywords:** Bone Transplantation, Femur, Rabbit, Pathology, Radiology

* چکیده

زمینه: از مرجان نواحی مختلف دنیا برای بررسی روند جای‌گزینی بافت استخوانی استفاده شده است، ولی مرجان خلیج فارس به بررسی نیاز دارد.**هدف:** مطالعه به منظور ارزیابی سازگاری پیوند مرجان خلیج فارس در نقیصه استخوان ران خرگوش انجام شد.**مواد و روش‌ها:** این مطالعه تجربی در سال ۱۳۸۴ در درمانگاه دانشکده دامپزشکی دانشگاه آزاد اسلامی کرج انجام شد. ابتدا با دریل ارتوپدی، سوراخ‌هایی به ابعاد ۴ میلی‌متر و عمق ۱/۵ سانتی‌متر در ناحیه تروکانتر بزرگ استخوان ران ۱۲ سر خرگوش ایجاد شد. در گروه آزمایش داخل سوراخ‌ها قطعاتی از مرجان جای‌گزین شد و در گروه شاهد سوراخ‌ها خالی باقی ماندند. بلافاصله پس از عمل و در فواصل زمانی ۱، ۳، ۴، ۵، ۷ و ۹ هفته‌گی از نواحی کار شده رادیوگراف تهیه شد. با گذشت ۹ هفته خرگوش‌ها به روش انسانی و بدون درد معدوم شدند و از کاشت پیوند آنها جهت بررسی هیستوپاتولوژی نمونه‌برداری شد.**یافته‌ها:** در رادیوگراف‌های تهیه شده در ۹ هفته‌گی، پیوند در حال جذب شدن و فضای خالی حاصله در حال پر شدن با بافت استخوانی جدید بود. در بررسی هیستوپاتولوژیک، دیو سلول‌های چندهسته‌ای در ناحیه کاشت مرجان نفوذ کرده و اسکلت آهکی مرجان به صورت بسیار پیش‌رونده در حال دژنراسیون و جای‌گزینی با بافت استخوانی جدید بود. میزان این جای‌گزینی حدود ۴۰٪ بود و شواهدی از پس زدن پیوند در هیچ کدام از حیوان‌ها مشاهده نشد.**نتیجه‌گیری:** نتایج نشان داد که اسکلت آهکی مرجان خلیج فارس می‌تواند به عنوان جای‌گزین در بافت‌های استخوانی جهت تجدید ساختار و داربست استخوانی در اعمال جراحی مطرح باشد.**کلیدواژه‌ها:** پیوند استخوان، استخوان ران، خرگوش، آسیب‌شناسی، پرتوشناسی** دانش‌آموخته دانشکده دامپزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
*** استادیار پاتولوژی دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران* استادیار جراحی دانشکده دامپزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
*** استاد رادیولوژی دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران
*** جراح ارتوپد دانشگاه علوم پزشکی کارولینای جنوبی- آمریکا
آدرس مکاتبه: کرج، مهر ویلا، صندوق پستی ۳۱۳۷۵-۱۱۷۷

*** مقدمه:**

پیوند خودی مشکلاتی مانند درد ناشی از جراحی برداشت پیوند از استخوان خودی، هزینه بالای جراحی دوم، تأخیر در استفاده از اندام، طولانی شدن اقامت در بیمارستان، احتمال بروز عفونت، خون‌ریزی و در نهایت احتمال مرگ و میر بیماران را دربردارد.^(۱)

جای‌گزین‌های مصنوعی و ترکیبی پیوند استخوان قادرند بسیاری از معضلات مربوط به پیوند خودی را حل کنند. در سال ۲۰۰۰ حدود یک میلیون مورد پیوند استخوان انجام شد که در کم‌تر از ۱۵ درصد آنها از مواد مصنوعی استخوانی استفاده شده بود. مهم‌ترین کاربرد جای‌گزین‌های مصنوعی پیوند استخوان، در جراحی‌های نخاع و ستون فقرات، نقیصه‌های استخوانی، شکستگی‌های استخوان‌های پوک، جراحی‌های بازسازی و ترمیم مهره‌ها (تزریق مواد مصنوعی در نقیصه‌های مهره‌ای) است.^(۱-۳)

اسکلت آهکی مرجان دریایی به صورت پودر یا پلت (Pellet) به عنوان یک جای‌گزین طبیعی پیوند استخوان استفاده شده است. در بررسی سازگاری زیستی مرجان با بدن جانداران، آزمایش‌هایی در نواحی زیرجلدی، درون ماهیچه‌ای، درون استخوانی، زیر ضریعی و آلئول‌های دندانی در موش صحرایی، خرگوش، گوسفند، خوک و سگ انجام شد و نتایج اکثر آنها مطلوب بوده است.^(۴-۶)

مرجان نوعی کربنات کلسیم با منشأ طبیعی در مرحله تبلور است. ساختمان آن نظم و ترتیب خاصی دارد و دارای سوراخ‌هایی است که به مایعات اجازه حرکت آزادانه درون اسکلت را می‌دهد. بسته به نوع و گونه مرجان می‌توان تنوع تخلخل را در آنها دید. حجم تخلخل، اتصال داخلی سوراخ‌ها، نظم و ترتیب و قطر سوراخ‌ها (به طور میانگین ۱۵۰ میکرومتر) باعث می‌شوند که به محض کاشته شدن مرجان در بافت استخوان، از سوی سلول‌های خونی و مغز استخوان مورد حمله قرار گیرد و خون‌رسانی به آن ایجاد شود. ساختمان و

معماری مرجان یک سطح استثنایی برای مبادله بین مواد زیستی و استخوان آماده می‌کند.

یک سوم ترکیب استخوان مواد زیستی است ولی در مرجان به نسبت کمی اسیدهای آمینه وجود دارد.^(۷،۸)

اگرچه از دهه ۸۰ میلادی از مرجان به عنوان ماده زیستی استفاده شده، ولی این مرجان‌ها بیش‌تر مرجان فرانسوی Great Barrier Reef در New Caledonia بوده‌اند.^(۹-۷) در حالی که در جزیره‌های کیش، نای‌بند و فارور، حدود ۲۷ گونه مرجان شناسایی شده که مهم‌ترین آنها Acroporidae، Favidae و Poritidae هستند.^(۱۰،۱۱) البته هنوز بررسی قابل استنادی بر روی گونه خلیج فارس انجام نشده است، لذا این مطالعه با هدف ارزیابی سازگاری پیوند مرجان خلیج فارس در نقیصه استخوان ران خرگوش انجام شد.

*** مواد و روش‌ها:**

این مطالعه تجربی در سال ۱۳۸۴ در دانشکده دام‌پزشکی دانشگاه آزاد اسلامی کرج بر روی ۱۲ سر خرگوش سفید نیوزلندی با وزن ۲/۵ تا ۳ کیلوگرم بدون در نظر گرفتن جنسیت انجام شد. داروی ضد انگل برای درمان انگل‌های داخلی و خارجی محتمل برای تمام خرگوش‌ها تجویز شد. جهت رد لنگش مادرزادی یا اکتسابی در خرگوش‌ها معاینه و رادیولوژی انجام شد. سپس خرگوش‌ها به صورت تصادفی به دو گروه ۶ تایی (آزمایش و شاهد) تقسیم شدند.

جهت مقید کردن خرگوش‌ها، ۰/۵ تا ۱ میلی‌گرم آسپرومازین به ازای هر کیلوگرم وزن بدن به شکل داخل عضلانی تزریق شد و پس از آن روی میز جراحی به شکل خوابیده به پهلو مقید شدند. سپس از ناحیه ستیغ لگن تا مفصل زانو کاملاً تراشیده و به شکل متداول در جراحی ضد عفونی و آماده شد. بی‌هوشی عمومی با تزریق ۲۵ میلی‌گرم کتامین و ۵ میلی‌گرم دیازپام به ازای هر کیلوگرم وزن بدن به شکل داخل عضلانی ایجاد شد.

مرجان در ترمیم استخوان با بررسی هیستوپاتولوژی نشان داده شدند.^(۱۳و۱۴)

بر اساس سیستم کیفی تعریف شده توسط کنگره بین‌المللی جلوگیری از بین رفتن اندام‌ها (ISOLS)، ۸ پیش فرض برای استفاده از مرجان به عنوان یک ماده کلسیم‌دار طبیعی در بافت استخوان مطرح شد و بر اساس آن به هر یک از این پیش فرض‌ها حداکثر ۵ امتیاز تعلق گرفت (در مجموع ۴۰ امتیاز).^(۱۲-۱۴) پیش فرض اول شامل ۳ بخش است و میزان زیست‌سازگاری یک ماده طبیعی را در بدن تعیین می‌کند پیش فرض دوم شامل دو بخش است و وزن‌گذاری حیوان‌ها را بررسی می‌کند که خود شامل دو زیر گروه درد و استفاده از اندام است.

در پیش فرض سوم کاربری مناسب برای جراح مد نظر است و پیش فرض چهارم در مورد مناسب بودن قیمت است. در پیش فرض پنجم عدم تداخل با سیستم‌های نوین رادیوگرافی و در پیش فرض ششم فعالیت موضعی و نداشتن اثر عمومی مورد نظر است. در پیش فرض هفتم داشتن خاصیت القاء‌کنندگی و استخوان‌سازی در بافت و در پیش فرض هشتم مقاومت در برابر نیروهای چرخشی و خمشی موجود در استخوان مورد نظر می‌باشد.

* یافته‌ها:

یکی از خرگوش‌های گروه شاهد پس از جراحی، علی‌رغم درمان با آنتی‌بیوتیک‌های وسیع‌الطیف دچار عفونت شد و از مطالعه حذف گردید. یکی از خرگوش‌های گروه آزمایش نیز به علت تنش ناشی از عمل و عدم تحمل جراحی، افسرده و گوشه‌گیر شد، از خوردن آب و غذا امتناع کرد و در نهایت تلف شد. بنابراین تعداد نمونه‌های مورد بررسی به ۱۰ عدد رسید.

تا چند روز پس از جراحی، خرگوش‌ها تحت تنش بعد از جراحی گوشه‌گیر و کم‌اشتها بودند و حدود ۳ تا ۴ روز بعد از جراحی به علت درد ناشی از عمل از تحرک کمی برخوردار بودند. در مشاهده بالینی هیچ‌گونه ترشحاتی از محل جراحی دیده نشد. خرگوش‌های گروه آزمایش

روی پوست بخش جانبی پای خرگوش‌های گروه آزمایش شکافی به طول تقریبی ۳ سانتی‌متر از ناحیه ستیغ لگنی به طرف پایین ایجاد شد. پس از کنار زدن عضلات با استفاده از مته ارتوپدی و به شکل کندکاری، سوراخی به قطر ۴ میلی‌متر و عمق ۱/۵ سانتی‌متر در بخش اسفنجی تروکانتر بزرگ استخوان ران ایجاد شد.^(۸و۹) خرده‌های استخوان خارج و نقیصه ایجاد شده شستشو داده شد. پلت مرجانی از گونه poritidae که از قبل به اندازه مورد نظر آماده و ضدعفونی شده بود وارد این ناحیه شد و سپس مقطع آن توسط موم استخوانی پوشانده شد. عضلات ناحیه با الگوی بخیه سرتاسری و نخ کاتگوت ۲ صفر دوخته شد. پوست هم با الگوی تک ساده و نخ نایلون ۲ صفر بخیه شد.

در خرگوش‌های گروه شاهد پس از خارج کردن خرده‌های استخوان و شستشو، نقیصه ایجاد شده به صورت خالی رها شد و مقطع آن توسط موم استخوانی پوشانده و عضلات و پوست ناحیه مانند گروه آزمایش بخیه شدند. طی ۵ روز پس از جراحی خرگوش‌ها تحت درمان با آنتی‌بیوتیک قرار گرفتند.

خرگوش‌ها هر ۲۴ ساعت از نظر وزن‌گذاری روی پاها و وضعیت عمومی از طریق مشاهده چشمی بررسی شدند. تمام خرگوش‌ها از روز پنجم به بعد وزن‌گذاری را روی پای جراحی شده نشان دادند و از روز هشتم بعد از عمل روی دو پای عقب بلند شدند و وزن‌گذاری را به طور کامل نشان دادند.

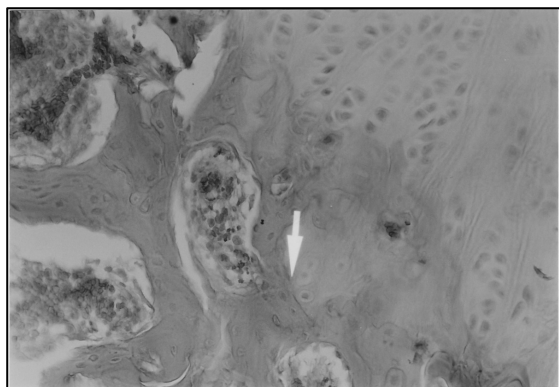
برای تأیید زمان جذب، کیفیت و سرعت تشکیل استخوان توسط مرجان در روزهای صفر و هفته‌های ۱، ۳، ۴، ۵، ۷ و ۹ از تمام خرگوش‌ها در موقعیت جانبی و شکمی پستی عکس رادیولوژی تهیه شد.^(۱۲و۱۴)

خرگوش‌ها در روز ۶۳ با روش بدون درد و انسانی معذور شدند. استخوان ران آنها جدا و از محل قرار گرفتن مرجان نمونه‌گیری شد. نمونه‌ها در فرمالین ثابت شده سپس کلسیم‌گیری و دیگر مراحل تهیه لام انجام شد. روند ترمیمی به صورت رادیولوژیکی و چگونگی اثر



شکل ۱- مرجان کاشته شده در روز اول (چپ) و مرجان در حال دژنره در هفته ۹ (راست) در گروه شاهد

در بررسی بافت‌شناسی لام‌های گروه شاهد، روند طبیعی ترمیم استخوان از نوع تبدیل غضروف به استخوان مشاهده شد. تیغه‌های استخوان اسفنجی، کندروبلاست‌ها و لاکونا‌هایی که این سلول‌ها در آنها دیده می‌شوند نیز مشخص شد. هیچ‌گونه واکنش التهابی دیده نشد. در لام‌های گروه آزمایش روند جذب شدن مرجان توسط بدن و تشکیل غضروف و سپس استخوان مشاهده شد. علاوه بر آن نفوذ سلول‌های کندروبلاست به داخل مرجان و روند جذب مرجان مشهود بود. هیچ‌گونه واکنش التهابی که نمایان‌گر دفع پیوند باشد مشاهده نشد (شکل شماره ۲).



شکل ۲- روند تبدیل غضروف به استخوان، تیغه‌های استخوان اسفنجی، کندروبلاست‌ها (نوک فلش) و لاکونا‌ها (رنگ آمیزی هماتوکسیلین آنوزین با بزرگنمایی ۴۰۰ برابر)

تقریباً از روز هفتم به بعد وزن‌گذاری را به صورت مناسب نشان دادند.

در گرافی‌های روز صفر در نمونه‌های شاهد نقیصه استخوانی به صورت استوانه‌ای با طول حدود ۱/۵ سانتی‌متر و با چگالی ضعیف قابل مشاهده بود و در نمونه‌های آزمایش مرجان با چگالی بیش‌تر نسبت به استخوان دیده می‌شد.

در گرافی‌های روز هفتم هیچ‌گونه اثری از تحریک بافتی یا خردشدگی در استخوان یا مرجان دیده نشد. سه هفته پس از جراحی در نمونه‌های مرجان‌دار و نمونه‌های خالی تغییر معنی‌داری دیده نشد، ولی در هفته چهارم در نمونه‌های گروه آزمایش مقداری از رادیوپاسیته مرجان کاسته شد که نشان دهنده آغاز روند جذب مرجان بود. در نمونه‌های گروه شاهد تغییر رادیوگرافی خاصی در این مرحله دیده نشد. در هفته پنجم روند کاهش رادیوپاسیته مرجان در گروه آزمایش به شکل واضح‌تری دیده شد که نشانه ادامه روند جذب مرجان بود، ولی در نمونه‌های گروه شاهد آغاز روند استخوان‌سازی به خصوص از قسمت انتهایی نقیصه به صورت افزایش رادیوپاسیته مشاهده شد.

بررسی گرافی‌های گروه آزمایش در هفته هفتم نشان دهنده ادامه روند جذب مرجان بود و در نمونه‌های گروه شاهد شکل‌گیری ترمیم در نقیصه ایجاد شده از پایین به بالا به وضوح دیده شد. پس از گذشت ۹ هفته در مقایسه با روز اول، از چگالی مرجان به شکل چشم‌گیری کاسته شد و رادیو پاسیته مرجان بیش از ۴۰ درصد کاهش یافت که نشانه جذب مناسب مرجان در طول این مدت بود. همچنین در بررسی گرافی‌های گروه شاهد مشخص شد که بیش از یک سوم نقیصه ایجاد شده ترمیم شده و استخوان‌سازی در حال انجام بود (شکل شماره ۱).

روش‌های زیادی برای ارزیابی کمی و کیفی ترمیم استخوان در جهان گسترش یافته است، ولی هم‌اکنون بهترین روش مشخص نمودن معیارهای عملکردی ISOLS است.^(۱۴-۱۲)

در پیش فرض اولیه هیچ اثری از واکنش التهابی و عفونت وجود نداشت. جذب مرجان توسط بدن که در رادیوگرافی‌ها و لام‌های آسیب‌شناختی دیده شد، حاکی از زیست‌سازگاری قابل قبول مرجان است. لذا، می‌توان تحقیق‌های وسیعی روی مرجان در زمینه‌های آرایشی، بهداشتی، جراحی‌های زیبایی، اورولوژی، مغز و اعصاب، داروسازی و دیگر موارد انجام داد. در پیش‌فرض دوم، با وجود فضای محدود قفس نگه‌داری، خرگوش‌های مورد آزمایش از حرکت طبیعی برخوردار بودند و در دوران نقاهت هیچ واکنشی که حاکی از وجود درد در اندام مربوطه باشد از خود نشان ندادند و قادر بودند روی هر دو پای خود بایستند. این مرجان در پیش‌فرض سوم ۳ امتیاز کسب نمود که دلیل آن نیز عدم وجود وسایل مناسب برای تهیه و شکل دادن مرجان بود. در سایر مطالعات امکانات شکل‌دهی به مرجان برای جاگذاری در بافت کامل‌تر بوده و قالب‌های تهیه شده از مرجان مناسب‌تر بودند.^(۶۵) از نظر قیمت و میزان سهولت دسترسی به عنوان یک ماده زیست‌سازگار نیز مرجان سواحل جنوبی کشورمان در جایگاه مناسبی قرار دارد. همچنین به علت وجود ساختار محکم و با چگالی بالای مرجان، امکان ردیابی آن با هرگونه سیستم تشخیص بافت سخت همچون رادیوگرافی وجود دارد.^(۴) با استناد به رادیوگرافی‌ها و لام‌های آسیب‌شناختی، تحریک استخوان‌سازی در محل کاشت مرجان قابل قبول بود و در لام‌های گروه آزمایش همانند گروه شاهد هیچ‌گونه واکنش التهابی به واسطه حضور مرجان به عنوان یک پیوند غیر خودی مشاهده نشد.^(۳) علاوه بر آن، نفوذ کندروبلاست‌ها به داخل مرجان و روند جذب مرجان در لام‌ها به طور واضح نمایان‌گر خاصیت القاء‌کنندگی و استخوان‌سازی مرجان بود که با

مرجان مورد مطالعه از مجموع ۴۰ امتیاز ISOLS حائز ۲۹/۱۲ امتیاز شد. لذا می‌توان گفت این مرجان ۷۲/۸ درصد خصوصیات یک جانشین پیوندی عالی در قالب پیش‌فرض‌های ارائه شده در این آزمایش را کسب کرد (جدول شماره ۱).

جدول ۱- تخصیص امتیاز با توجه به پیش‌فرض‌های مطرح شده

امتیاز کل دریافتی	امتیاز کل	فرض‌های پیش
۴/۵۲	۵	زیست‌سازگاری
۴/۶	۵	وزن‌گذاری اندام
۳	۵	کاربرد توسط جراح
۵	۵	قیمت و هزینه
۳/۵	۵	عدم تداخل با سیستم تصویربایی
۳	۵	اثر سیستمیک و موضعی
۴	۵	هدایت استخوان‌سازی و القاء
۱/۵	۵	مقاومت در برابر نیروهای خمشی و چرخشی
۲۹/۱۲	۴۰	جمع کل

* بحث و نتیجه‌گیری:

این مطالعه نشان داد که اسکلت آهکی مرجان دریای خلیج فارس از گونه *poritidae*، در بافت استخوانی به عنوان یک داربست عمل نموده و در دوره زمانی مشخص جای‌گزین بافت استخوانی خواهد شد و می‌تواند در پر کردن نقایص استخوانی مصرف شود.

در مروری بر مقالات از دهه ۸۰ میلادی تاکنون مشخص شد که مواد معدنی موجود در ساختار مرجان بسته به محیط زیست متغیر است. با این حال تفاوت‌های ساختاری مثل میزان تخلخل و مواد معدنی در جذب مرجان بسیار مؤثر است.^(۷) برخی از دلایل استفاده از اسکلت آهکی مرجان خلیج فارس عبارت بودند از: زیست‌سازگاری، در دسترس و ارزان قیمت بودن، غنی بودن از نظر کلسیم و شباهت بسیار زیاد اسکلت آهکی مرجان به استخوان اسفنجی.

- children and adolescents. *J Bone Joint Surg Am* 1995 Jan; 77(1): 54-64
2. Doherty MJ, Schlag G, Schwarz N, et al. Biocompatibility of xenogeneic bone, commercially available coral, a bioceramic and tissue sealant for human osteoblasts. *Biomaterials* 1994 Jun; 15(8): 601-8
3. Begley CT, Doherty MJ, Mollan RA, Wilson DJ. Comparative study of the osteoinductive properties of bioceramic, coral and processed bone graft substitutes. *Biomaterials* 1995 Oct; 16(15): 1181-5
4. Fadilah A, Zuki AB, Loqman MY, et al. Gross, radiology and ultrasonographic evaluation of coral post-implantation in sheep femur. *Med J Malaysia* 2004 May; 59 Suppl B: 178-9
5. Chen F, Chen S, Tao K, et al. Marrow-derived osteoblasts seeded into porous natural coral to prefabricate a vascularised bone graft in the shape of a human mandibular ramus: experimental study in rabbits. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2004 Dec; 42(6): 532-7
6. Chen F, Mao T, Tao K, et al. Bone graft in the shape of human mandibular condyle reconstruction via seeding marrow-derived osteoblasts into porous coral in a nude mice model. *J Oral Maxillofac Surg* 2002 Oct; 60(10): 1155-9
7. Guillemin G, Meunier A, Dallant P, et al. Comparison of coral resorption and bone apposition with two natural corals of different porosities. *J Biomed Mater Res* 1989 Jul; 23(7): 765-79
8. Ben-Nissan B, Russell JJ, Hu J, et al. Comparison of surface morphology in sol-gel treated coralline hydroxyapatite structures for implant purposes. *Bioceramics, Switzerland: Trans Tech Publications; 2001. 959-62 [vol. 13]*

نتایج مطالعه ترنر و همکاران در سال ۲۰۰۳ مطابقت دارد. (۱۴۱۳)

به دلیل عدم امکان ردیابی بقایای بافتی در دراز مدت، نمی‌توان در مورد اثر مرجان بر اعضای دیگر قضاوت نمود. با این حال خرگوش‌ها در مدت ۹ هفته نگه‌داری به لحاظ عمومی مشکلی نداشتند و در بافت‌های اطراف استخوان ران و ماهیچه‌های اطراف هیچ‌گونه واکنشی مشاهده نشد. برای قضاوت در مورد مقاومت مرجان در برابر نیروهای چرخشی و خمشی موجود در استخوان باید از آزمون‌های بیومکانیک در آزمایشگاه‌های پیشرفته استفاده نمود، ولی به علت تحمل نیروهای وارده بر استخوان و از هم پاشیده نشدن ساختار تروکانتر بزرگ و کنده نشدن گردن استخوان ران به علت فشارهای خمشی وارده می‌توان مقاومت ایده‌آلی برای این ماده زیستی متصور شد.

مرجان خلیج فارس در برابر سایر جانشین‌های پیوند دارای زمان جذب میان مدت است. لذا در مواردی که نیاز به ترمیم میان مدت وجود دارد مثل برخی از انواع تومورهای خوش‌خیم، بعضی از شکستگی‌ها و موارد بروز پوکی استخوان می‌توان از مرجان بهره گرفت. همچنین به دلیل مقاومت ایده‌آل مرجان در برابر نیروهای وارده و ساختار مناسب و شباهت آن به استخوان اسفنجی، می‌توان از مرجان به عنوان یک ماده ترکیبی با دیگر مواد جانشین شونده پیوند استخوان استفاده کرد. همچنین می‌توان از آن در چسب‌ها و خمیرهای ارتوپدی بهره برد.

امید است محققین و پژوهشگران در زمینه‌های مختلف برای افزایش اطلاعات در مورد مرجان خلیج فارس و دیگر فرآورده‌های دریایی اهتمام ورزند.

* مراجع:

1. Alman BA, De Bori A, Krajbich JJ. Massive allograft in the treatment of osteosarcoma and ewing sarcoma in the

9. Hu J, Russell JJ, Ben-Nissan B, Vago R. Production and analysis of hydroxyapatite from Australian corals via hydrothermal process. *J Mater Sci Lett* 2001; 20: 85-7
10. Riegl B. Effects of the 1996 and 1998 positive sea-surface temperature anomalies on corals, coral diseases and fish in the persian Gulf (Dubai, UAE). *Marine Biology* 2002; 140: 29-40
11. Wilson S, Fatemi SMR, Shokri MR, Claereboudt M. Status of coral reefs of the Persian/ Arabian gulf and Arabian sea region. In: Wilkinson CR, editor. Status of coral reefs of the world. GCRMN Report, Australian Institute of Marine science, Townsville, 2002. 53-62
12. Turner TM, Urban RM, Hall DJ, et al. Resorption evaluation of a large bolus of calcium sulfate in a canine medullar defect. *Orthopedics* 2003 May; 26(5 Suppl): S 577-9
13. Moore W, Graves G. Synthetic bone graft substitutes. *Aus N Z J Surg* 2001; 71: 354-61
14. Turner TM, Urban RM, Gitelis S, et al. Radiographic and histologic assessment of calcium sulfate in experimental animal models and clinical use as a resorbable bone-graft substitute, a bone-graft expander and a method for local antibiotic delivery. *J Bone Joint Surg Am* 2001; 83-A Suppl 2(pt 1): 8-18