

الله اعلم
بما نزلنا من
القرآن



دانشگاه سمنان

پردیس علوم و فناوری های نوین

دانشکده بیوفناوری

تهیه و مشخصه یابی داربست نانوکامپوزیت پلی هیدروکسی بوتیرات / شیشه زیست فعال برای مهندسی بافت استخوان

دانشجو:

راضیه آبرون

اساتید راهنما:

دکتر مهدی مهدیخانی نهرخلجی دکتر سعید کرباسی

استاد مشاور:

دکتر داریوش سمنانی

اسفند ۱۳۹۲

فرم داوران

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم که در طول این سال‌ها راهنما و پشتیبان من در
تمام مراحل زندگی بوده‌اند.

تشکر و قدردانی:

اساتید و دوستانی که مرا در این راه یاری داده‌اند .

چکیده

در حال حاضر ساخت انواع داربست‌های کامپوزیتی مهندسی بافت و مطالعه رفتار آن‌ها در محیط‌های برون‌تنی و درون‌تنی، به دلیل ترکیب شدن خواص مفید دو یا چند ماده در راستای رسیدن به نیازهای مکانیکی و فیزیولوژیکی بافت میزبان، مورد توجه قرار گرفته است.

هدف از این پژوهش ساخت و بررسی خواص داربست‌های نانوکامپوزیتی پلی‌هیدروکسی-بوتیرات/شیشه زیست‌فعال به روش الکترورسی جهت کاربرد در مهندسی بافت استخوان می‌باشد. در این طرح ابتدا نانوذرات شیشه زیست‌فعال به روش سل-ژل تهیه شد سپس داربست‌های کامپوزیتی با نسبت‌های ترکیبی ۰، ۷/۵، ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی نانوذرات شیشه نسبت به پلیمر به روش الکترورسی تهیه شد. آزمون‌های XRD، FESEM، TEM بر روی نانوذرات نشان داد که این ذرات دارای ساختاری آمورف می‌باشند و اندازه ذرات آن‌ها کمتر از ۱۰۰ نانومتر می‌باشد. تصاویر SEM نیز نشان داد که داربست‌های نانوالیافی دارای توزیع یکنواختی از تخلخل‌های درون‌مرتبط با حجم تخلخل بالای ۸۰٪ می‌باشند. نتایج حاصل از FTIR حضور هر دو فاز پلیمر و نانوذرات شیشه را در داربست کامپوزیتی ثابت کرد. ارزیابی زیست‌فعالیت داربست‌ها حاکی از آن است که بر روی سطح داربست‌های حاوی نانوذرات شیشه، هیدروکسی-آپاتیت تشکیل شده است. تست کشش نشان داد که داربست نانوکامپوزیتی حاوی ۷/۵ درصد وزنی نانوذرات بیشترین استحکام را دارد. ارزیابی زیست‌تخریب‌پذیری داربست‌ها بیانگر این امر بود که تغییر محسوسی در کاهش وزن و همچنین مرفولوژی آن‌ها در مدت زمان ۸ هفته صورت نگرفته است. نتایج حاصل نشان داد که داربست‌های نانوکامپوزیتی پلی‌هیدروکسی-بوتیرات/شیشه زیست‌فعال حاوی ۷/۵ درصد وزنی نانوذرات که به روش الکترورسی تهیه می‌شوند می‌توانند گزینه مناسبی برای کاربرد در مهندسی بافت استخوان باشند.

کلید واژه‌ها: داربست، مهندسی بافت، الکترورسی، سل-ژل، نانوذرات شیشه زیست‌فعال، پلی-

هیدروکسی‌بوتیرات

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل ۱ مقدمه
۲	۱-۱. مقدمه
۶	فصل ۲ مروری بر منابع مطالعاتی
۷	۱-۲. مقدمه‌ای بر بیومواد
۸	۱-۱-۲. فلزات
۹	۲-۱-۲. سرامیک‌ها
۱۰	۱-۲-۱-۲. سرامیک‌های خنثی
۱۰	۲-۲-۱-۲. سرامیک‌های زیست‌فعال
۱۱	۳-۲-۱-۲. سرامیک‌های قابل جذب (زیست‌تخریب‌پذیر)
۱۲	۳-۱-۲. پلیمرها
۱۳	۴-۱-۲. کامپوزیت‌ها
۱۴	۲-۲. ساختار و عملکرد استخوان
۱۶	۳-۲. ترمیم استخوان
۱۸	۴-۲. مهندسی بافت
۱۸	۵-۲. مهندسی بافت استخوان
۱۹	۶-۲. داربست‌های مهندسی بافت استخوان و ویژگی آن‌ها
۲۰	۷-۲. مواد مورد استفاده در ساخت داربست‌ها
۲۱	۱-۷-۲. شیشه‌های زیست‌فعال
۲۳	۲-۷-۲. پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر
۲۶	۱-۲-۷-۲. پلیمرهای طبیعی
۲۶	۲-۲-۷-۲. پلیمرهای سنتزی

۲۹	..... پلیمر زیست تخریب پذیر PHB
۳۰	..... روش تهیه PHB
۳۱	..... فرآیند استخراج PHB
۳۲	..... روش های ساخت داربست
۳۲	..... روش قالبگیری محلولی/شستن ذرات
۳۳	..... روش خشک کردن سرمایشی امولسیون
۳۴	..... روش جدایی فاز با حرارت القایی
۳۵	..... روش الکتروریسی
۳۸	..... الکتروریسی با چرخ های جمع کننده دوار
۳۹	..... الکتروریسی با دو صفحه جمع کننده
۴۰	..... پارامترهای مؤثر بر فرآیند الکتروریسی
۴۱	..... مروری بر داربست های نانوکامپوزیتی سنتز شده با زمینه پلیمری
۴۵	فصل ۳ روش انجام آزمایش
۴۶	..... ۱-۳ مقدمه
۴۷	..... ۲-۳ مواد اولیه
۴۷	..... ۳-۳ تجهیزات مورد نیاز
۴۸	..... ۴-۳ آزمون ها
۴۸	..... ۵-۳ ساخت داربست نانوکامپوزیتی PHB/Bioglass
۴۸	..... ۱-۵-۳ سنتز نانوذرات شیشه زیست فعال
۴۹	..... ۲-۵-۳ تهیه نانوالیاف پلیمری
۵۰	..... ۳-۵-۳ تهیه داربست های نانوکامپوزیتی PHB/Bioglass
۵۲	..... ۶-۳ مشخصه یابی نمونه ها
۵۲	..... ۱-۶-۳ طیف سنج پراش اشعه ایکس (XRD)
۵۲	..... ۲-۶-۳ فلورسانس اشعه ایکس (XRF)
۵۲	..... ۳-۶-۳ طیف سنجی تبدیل فوریه به مادون قرمز (FTIR)

۵۳	.....۴-۶-۳ میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)
۵۳	.....۵-۶-۳ خواص مکانیکی
۵۴	.....۶-۶-۳ ارزیابی زیست‌فعالی داربست‌ها
۵۴	.....۷-۶-۳ ارزیابی تخریب‌پذیری داربست‌ها
۵۶	..... فصل ۴ نتایج و بحث
۵۷	.....۱-۴ نتایج مشخصه‌یابی شیشه زیست‌فعال سنتز شده به روش سل-ژل
۵۷	.....۱-۱-۴ نتایج XRD
۵۸	.....۲-۱-۴ نتایج XRF
۵۸	.....۳-۱-۴ نتایج TEM و FESEM
۶۰	.....۲-۴ نتایج بدست آمده از بررسی داربست‌های تهیه شده
۶۰	.....۱-۲-۴ تصاویر SEM داربست‌های پلیمری
۶۲	.....۲-۲-۴ تصاویر SEM داربست‌های نانوکامپوزیتی PHB/Bioglass
۶۴	.....۳-۲-۴ نتایج FTIR
۶۷	.....۴-۲-۴ ارزیابی مکانیکی
۷۰	.....۵-۲-۴ ارزیابی زیست‌فعالی
۷۳	.....۶-۲-۴ ارزیابی تخریب‌پذیری
۷۶	..... فصل ۵ نتیجه گیری و پیشنهادها
۷۷	.....۱-۵ جمع بندی
۷۸	.....۲-۵ پیشنهادات
۷۹	..... مراجع

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۱	فصل ۱ مقدمه
۶	فصل ۲ مروری بر منابع مطالعاتی
۱۵	شکل ۲-۱. ساختار استخوان.....
۲۸	شکل ۲-۲. ساختار مولکولی PHA.....
۳۰	شکل ۲-۳. ساختار شیمیایی PHB.....
۳۳	شکل ۲-۴. تصویر SEM از داربست تهیه شده به روش قالبگیری محلولی/شستن ذرات.....
۳۴	شکل ۲-۵. تصویر SEM از داربست تهیه شده به روش خشک کردن سرمایشی امولسیون.....
۳۵	شکل ۲-۶. تصویر SEM از داربست تهیه شده به روش جدایی فاز با حرارت القایی.....
۳۶	شکل ۲-۷. تصویری از یک نانوالیاف.....
۳۸	شکل ۲-۸. شماتیکی از دستگاه الکترورسی.....
۳۹	شکل ۲-۹. شماتیکی از دستگاه الکترورسی با چرخ‌های جمع کننده دوار.....
۴۵	فصل ۳ روش انجام آزمایش
۵۱	شکل ۳-۱. شماتیکی از مراحل ساخت داربست‌های الیافی نانوکامپوزیتی
۵۶	فصل ۴ نتایج و بحث
۵۷	شکل ۴-۱. منحنی XRD نانوذرات شیشه زیست‌فعال.....
۵۹	شکل ۴-۲. تصاویر FESEM نانوذرات شیشه زیست‌فعال.....
۵۹	شکل ۴-۳. تصاویر TEM نانوذرات شیشه زیست‌فعال.....
۱/۲۷۶ μ m و ۳۲۶/۱nm	شکل ۴-۴. تصاویر SEM از داربست‌های فیبری PHB بدون بید با قطر الیاف بین ۳۲۶/۱nm و ۱/۲۷۶ μ m
(S _۲) ۶/۱kv ، ۶% wt (S _۱) ۹kv ، ۶%wt (S _۳) ۱۲kv ، ۵%wt (S _۴) ۸/۵kv ، ۴%wt (S _۵) ۶kv ، ۴%wt می	نمونه‌های انتخاب شده دارای غلظت پلیمری، ولتاژ اعمالی به ترتیب (S _۱) ۹kv ، ۶%wt (S _۲) ۶/۱kv ، ۶%wt (S _۳) ۱۲kv ، ۵%wt (S _۴) ۸/۵kv ، ۴%wt (S _۵) ۶kv ، ۴%wt می
۶۱	باشند

- شکل ۴-۵. تصاویر SEM نانوکامپوزیت‌های PHB/Bioglass : SB_۲ با ۷/۵، SB_۳ با ۱۰، SB_۴ با ۱۵ درصد وزنی نانوذرات شیشه‌زیست‌فعال ۶۳
- شکل ۴-۶. منحنی FTIR پودر شیشه زیست‌فعال ۶۵
- شکل ۴-۷. منحنی FTIR پودر پلی‌هیدروکسی بوتیرات خالص ۶۶
- شکل ۴-۸. منحنی FTIR نانوکامپوزیت PHB/Bioglass ۶۷
- شکل ۴-۹. رفتار استحکام کششی داربست با افزایش نانوذرات ۶۸
- شکل ۴-۱۰. رفتار ازدیاد طول داربست با افزایش نانوذرات ۶۹
- شکل ۴-۱۱. رفتار مدول کششی داربست با افزایش نانوذرات ۶۹
- شکل ۴-۱۲. تصویر SEM داربست نانوکامپوزیتی حاوی : (a) ۷/۵ (b) ۱۰ درصد وزنی نانوذرات شیشه زیست‌فعال پس از قرارگیری درون SBF به مدت ۳ هفته ۷۱
- شکل ۴-۱۳. تصاویر SEM از هیدروکسی‌آپاتیت تشکیل شده بر روی داربست با بزرگنمایی (a) ۵۰۰ برابر (b) ۵۰۰ برابر ۷۲
- شکل ۴-۱۴. آزمون EDAX هیدروکسی‌آپاتیت شکل گرفته بر روی داربست حاوی ۷/۵ درصد وزنی نانوذرات شیشه در (a) هفته اول (b) هفته دوم ۷۳
- شکل ۴-۱۵. تصاویر SEM از (a) داربست پلیمری (b) داربست نانوکامپوزیتی حاوی ۷/۵ درصد نانوذرات شیشه پس از قرارگیری در محلول PBS به مدت ۸ هفته ۷۵

۷۶

فصل ۵ نتیجه گیری و پیشنهادها

فهرست جداول

۱	فصل ۱ مقدمه
۶	فصل ۲ مروری بر منابع مطالعاتی
۸	جدول ۲-۱. بیومواد مورد استفاده در جایگزین سازی و تعویض اعضا و اندام های بدن [۱].....
۲۰	جدول ۲-۲. ویژگی های داربست ها و عملکرد این ویژگی ها [۲].....
۴۵	فصل ۳ روش انجام آزمایش
۴۹	جدول ۳-۱. مقدار مواد اولیه مورد نیاز جهت سنتز شیشه زیست فعال ۵۸S.....
۵۰	جدول ۳-۲. مشخصات داربست های سنتز شده.....
۵۶	فصل ۴ نتایج و بحث
۵۸	جدول ۴-۱. تعیین ترکیب نهایی شیشه زیست فعال حاصل از آزمون XRF.....
۶۲	جدول ۴-۲. میزان حجم تخلخل در داربست های پلیمری بر حسب درصد.....
۶۴	جدول ۴-۳. میزان حجم تخلخل در داربست های نانوکامپوزیتی بر حسب درصد.....
۷۶	فصل ۵ نتیجه گیری و پیشنهادها

فصل ۱

مقدمه

۱-۱. مقدمه

در جهان امروز متاسفانه عواملی مانند چاقی و بی تحرکی، پیرشدن جمعیت، حوادث رانندگی و شیوع انواع سرطان های استخوانی، افراد را در معرض ابتلا به انواع آسیب های بافتی از جمله آسیب های استخوانی قرار می دهند بطوریکه از نظر فراوانی استخوان دومین بافت پیوندی در جهان محسوب می شود. به همین دلیل راه حل های ارتوپدی شامل ترمیم استخوان و مفاصل، شکستگی ها، درمان دهان و فک و صورت، پوکی استخوان و تومورهای استخوانی همچنان بیشترین تقاضا را دارند.

در مواردی که شکستگی ها و عیوب استخوانی توسط بدن قابل ترمیم نباشد معمولا سه راه حل مختلف پیشنهاد می شود که هر کدام به نوبه ی خود دارای مزایا و معایبی می باشند.

اولین گزینه پیوند از خود به خود (autograft) نامیده می شود. یک پیوند استخوان ایده آل باید دارای شرایطی از قبیل: القا و هدایت استخوان سازی، پایداری زیست مکانیکی، فقدان بیماری و فاکتورهای آنتی ژنیک حداقل، باشد. تمام این خصوصیات در یک پیوند آتو گرفت موجود می باشد. اما استفاده از این روش دارای محدودیت هایی نیز می باشد مانند احتیاج به یک برش مجزا برای برداشت بافت، افزایش زمان جراحی و افزایش هزینه، کمبود خون، فساد منطقه ی دهنده و محدودیت اندازه نمونه، افزایش درد و رنج بیمار.

روش بعدی پیوند از دیگری به خود می باشد (allograft) که این دیگری می تواند انسان یا حیوان باشد. از مزایای استخوان آلو گرفت این است که دیگر، عوارض ناشی از فساد منطقه ی دهنده وجود ندارد به علاوه اینکه به آسانی و در آن کمیت مورد نظر در دسترس است. اما آلو

گرفت‌ها احتمال بیشتری برای ایجاد جوش خوردگی نسبت به آتو گرفت‌ها دارند. آلو گرفت‌ها هادی استخوان سازی^۱ هستند اما القای استخوان سازی^۲ ضعیفی دارند. از معایب دیگر آن‌ها می‌می-توان به انتقال عفونت و عدم زیست‌سازگاری بافتی^۳ (پس‌زدن پیوند توسط سیستم ایمنی و انتقال بیماری از فرد دهنده به گیرنده)، نفوذ عروقی با تاخیر، تشکیل آهسته‌ی استخوان، جذب سریع استخوان و پیوستگی پیوند به صورت ناکامل یا تاخیری، اشاره کرد.

استفاده از بافت گونه‌های دیگر (xenograft) مانند آپاتیت گاوی یا خوکی و مرجان‌های دریایی راهکار سوم می‌باشد. اما این نوع پیوند مشکلاتی مانند ریسک انتقال بیماری، کم دوامی و استحکام مکانیکی غیرقابل پیش‌بینی دارد. با توجه به مطالب فوق، در سال‌های اخیر استراتژی مهندسی بافت به عنوان جایگزینی برای منابع سنتی پیوند مورد توجه قرار گرفته است.

مهندسی بافت شامل بذر افشانی سلول‌ها بر روی یک ماتریس سه بعدی زیست‌تخریب‌پذیر به منظور ایجاد و تولید بافت برای ترمیم اندام آسیب دیده و جایگزین قسمت‌های از دست رفته می‌باشد. بافت اسخوانی بدن در مقایسه با بافت‌های دیگر، توانایی بالایی برای تولید مجدد دارد بنابراین شاخه‌ای از مهندسی بافت با نام مهندسی بافت استخوان معرفی شد. در مهندسی بافت استخوان، داربستی با ساختار سه بعدی برای انجام کشت سلولی و کاشت در محل مورد نظر ساخته می‌شود. این داربست علاوه بر داشتن خواصی مانند زیست‌سازگاری و زیست‌تخریب‌پذیری و خواص مکانیکی مطلوب، باید بتواند سلول‌ها را در جهت تولید بافت استخوانی تحریک کند.

مسئله برای ساخت این داربست‌ها از هر ماده‌ای نمی‌توان استفاده کرد. این مواد باید خواص

^۱) osteoconductive

^۲) osteoinductive

^۳) histobiocompatibility

و ویژگی‌های خاص داشته باشند که با نام کلی بیومواد شناخته می‌شوند. بیومواد موادی هستند که در بدن موجود زنده بی اثر و از نظر داروشناختی خنثی هستند که برای ترمیم و یا تعویض بافت بیمار و یا بخش صدمه دیده بکار می‌روند. این مواد شامل فلزات، سرامیک‌ها، پلیمرها و کامپوزیت‌ها می‌باشند.

اخیرا در بسیاری از پژوهش‌های انجام شده، از ترکیبات پلیمرهای زیست تخریب پذیر و سرامیک‌های زیست فعال برای ساخت داربست‌های مهندسی بافت استفاده می‌شود. بطور کلی استفاده از داربست‌های کامپوزیتی در مهندسی بافت به علت ترکیب شدن خواص مفید دو یا چند ماده و رسیدن به نیازهای مکانیکی و فیزیولوژیکی بافت میزبان است.

از مزیت‌های اصلی استفاده از پلیمرهای زیست تخریب پذیر در مهندسی بافت استخوان می‌توان به توانایی حمایت آن‌ها از رشد بافت، شکل پذیری خوب، مشابه بودن ساختار و خواص آن‌ها به بافت غضروفی اشاره کرد.

سرامیک‌ها از جمله شیشه‌های زیست فعال نیز به علت واکنش‌های تسهیلی که منجر به اتصال کاشتنی با بافت‌های اطراف می‌شود، مورد توجه محققان در ساخت داربست‌ها قرار گرفته‌اند. از خصوصیت‌های دیگر شیشه‌های زیست فعال کنترل ژنتیکی و افزایش تکثیر سلول‌های استئوبلاست توسط محصولات یونی حاصل از آن می‌باشد. یکی دیگر از ویژگی‌های مهم و کاربردی شیشه‌های زیست فعال دارا بودن خاصیت آنتی باکتریال می‌باشد. با توجه به شایع بودن عفونت بعد از قرار گرفتن ایمپلنت‌ها در بدن، این ویژگی یک نقطه قوت مهم برای این شیشه‌ها محسوب می‌شود. خاصیت آنتی باکتریایی شیشه‌های زیست فعال به ترکیب شیمیایی آن‌ها و شرایط انحلال آن‌ها در محیط پیرامون بستگی دارد.

برای ساخت داربست‌های مهندسی بافت روش‌های متفاوتی وجود دارد که معمولا با توجه به نوع مواد استفاده شده در ساخت داربست و خواصی که برای داربست با توجه به محل کاشت آن پیش‌بینی می‌شود، روش ساخت داربست تعیین می‌شود. در این طرح از روش الکتروروسی جهت ساخت داربست استفاده شد. از جمله دلایل انتخاب این روش در این طرح این است که داربست‌های بدست آمده از این روش ساختاری از نانوالیاف با توزیع مناسبی از تخلخل‌ها دارند

و تخلخل‌ها از نوع درون مرتبط می‌باشد که به ساختار استخوان طبیعی که بخشی از آن شامل رشته‌هایی از کلاژن است مشابه می‌باشند.

این پایان‌نامه دربرگیرنده فصل‌های زیر می‌باشد:

فصل دوم مروری بر مطالب جمع‌آوری شده می‌باشد. در این فصل کلیاتی راجع به، شیشه-های زیست فعال، پلیمرهای زیست تخریب پذیر، ساختار استخوان طبیعی، مهندسی بافت استخوان و داربست‌های آن، روش‌های ساخت داربست از جمله روش الکتروریسی، آورده شده است.

فصل سوم به مواد و روش‌های انجام آزمایش اختصاص دارد. ابتدا نحوه‌ی سنتز شیشه زیست فعال و سپس ساخت داربست کامپوزیتی پلی هیدروکسی بوتیرات/شیشه زیست فعال و در نهایت انجام آزمون‌ها بیان شده است.

فصل چهارم مربوط به نتایج بدست آمده از آزمایش‌ها و تحلیل آن‌ها می‌باشد. نتایج عرضه شده در این فصل شامل منحنی‌های XRD و FTIR، نتایج XRF، تصاویر میکروسکوپ الکترونی، نتایج تست مکانیکی و آزمون زیست فعالی و آزمون زیست تخریب پذیری می‌باشد. در فصل آخر، نتیجه‌گیری و پیشنهادات ارائه خواهد شد.

فصل ۲

مروری بر منابع مطالعاتی

۱-۲. مقدمه‌ای بر بیومواد

برای درمان بیماری‌ها مواد مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد که یکی از آن‌ها بیومواد می‌باشد. بیوماده یک ماده‌ی مصنوعی است که برای جایگزین سازی یا تعویض قسمتی از بدن انسان یا موجود زنده یا به منظور کارکردن در تماس نزدیک با بافت زنده بکار می‌رود. در واقع بیوماده، ماده‌ای است که در بدن موجود زنده بی‌اثر و از نظر داروشناسی خنثی است و برای کاشتن در سیستم‌های زنده طراحی شده است [۱]. جدول (۱-۲) موارد استفاده‌ی بیومواد در جایگزین سازی و تعویض اعضا و اندام‌هایی از بدن که بر اثر بیماری یا آسیب کارایی خود را از دست داده‌اند، را نشان می‌دهد.

موفقیت یک بیوماده در بدن به عوامل مختلفی بستگی دارد. طراحی بیوماده، زیست-سازگاری، خواص مکانیکی کافی (مانند استحکام، خستگی، سختی)، خواص نوری مناسب (زمانی که ماده برای چشم، پوست و دندان استفاده می‌شود)، چگالی کافی، قابلیت ساخت آسان و قابلیت استریل شدن از جمله عوامل بسیار مهم در موفقیت یک بیوماده است.

بطور کلی بیومواد به گروه‌های فلزات، سرامیک‌ها، پلیمرها، کامپوزیت‌ها و مواد زیستی تقسیم بندی می‌شوند. کاربرد آن‌ها بستگی به نوع بافتی دارد که قرار است بیوماده به جای آن قرار گیرد. در اکثر موارد سرامیک‌ها و فلزات در بافت‌های سخت و پلیمرها در بافت‌های نرم استفاده می‌شوند [۲].

جدول ۱-۲. بیومواد مورد استفاده در جایگزین سازی و تعویض اعضا و اندام های بدن [۲].

مثال	زمینه و دامنه مکل
اتصال مصنوعی مفصل ران	تعویض قسمت آسیب دیده یا جراحت یافته
دستگاه دیالیز کلیه نخ بخیه صفحه و پیچ شکسته بندی استخوان	کمک در التیام و بهبودی
پیشقدم قلبی عدسی های تماسی	اصلاح و ترمیم نحوه کار
میله ستون فقرات هارینگتون	اصلاح ناهنجاری و وضعیت غیرطبیعی
جراحی پلاستیک پستان جهت حفظ حالت بازسازی حالت چانه	اصلاح مشکل زیبایی
پروب و سوند	کمک به تشخیص بیماری

۱-۱-۲. فلزات

فلزات در شکل ها و انواع مختلفی برای تهیه کاشتنی ها بکار می روند. زیست سازگاری فلزات مهم ترین جنبه ی قابل توجه محسوب می شود زیرا امکان خوردگی آن ها در محیط بدن وجود دارد. نتیجه خوردگی از دست رفتن ماده است که سبب ضعیف شدن کاشتنی می شود و احتمالاً از آن مهم تر این است که محصولات خوردگی در بافت آزاد می شوند و اثرات نامطلوبی را به دنبال دارند.