



دانشکده دامپزشکی

پایاننامه

جهت دریافت درجه دکتری عمومی در رشته دامپزشکی (DVM)

شماره ثبت: ۴۳۵

ارزیابی توموگرافی کامپیوتری (سی تی اسکن) اثر عصاره انار بر

تراکم استخوان در رت‌های ماده عقیم شده

به کوشش:

مرتضی سراوانی

استاد راهنما

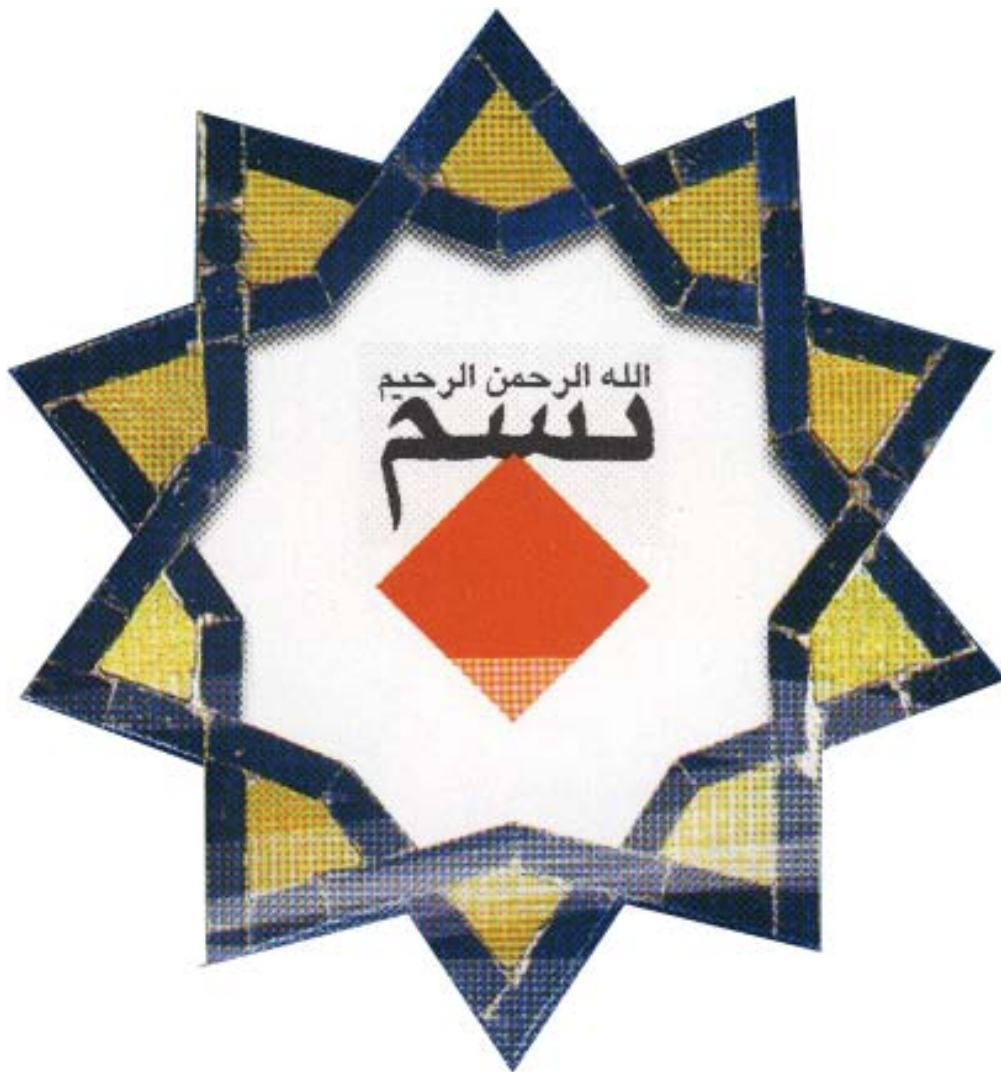
دکتر حسین کاظمی مهرجردی

دکتر علی میرشاهی

استاد مشاور

دکتر امیر افخمی

شهریور ۱۳۹۱



تعهدنامه

اینجانب مرتضی سראوانی دانشجوی دوره دکتری حرفه‌ای، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد،

عنوان پایان‌نامه: ارزیابی توموگرافی کامپیوتری (سی تی اسکن) اثر عصاره انار بر تراکم استخوان در

رت‌های ماده عقیم شده

تحت راهنمایی آقای دکتر حسین کاظمی مهرجردی و آقای دکتر علی میرشاهی متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می‌باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه فردوسی مشهد» و یا «Ferdowsi University of Mashhad» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است، اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ: ۱۳۹۱/۶/۳۰

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

به نام خدا

گواهی اعضای کمیته پایان نامه

ارزیابی توموگرافی کامپیوتری (سی تی اسکن) اثر عصاره انار بر تراکم استخوان در رت‌های ماده
عقیم شده

به کوشش:

مرتضی سراوانی

پایان‌نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه فردوسی مشهد به عنوان بخشی از فعالیت‌های
تحصیلی لازم جهت اخذ درجه دکتری حرفه‌ای دامپزشکی

در رشته دامپزشکی

از دانشگاه فردوسی مشهد

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی کمیته پایان‌نامه، با درجه: خوب و نمره: ۱۷/۰۷

استاد راهنما: دکتر حسین کاظمی مهرجردی (استادیار گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد)
(مشهد)

استاد راهنما: دکتر علی میرشاهی (استادیار گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد)

استاد مشاور: دکتر امیر افخمی (استادیار گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد)

داور پایان نامه: دکتر مسعود رجبیون (استادیار گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد)

داور پایان نامه: دکتر کامران سرداری (استاد گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد)

شهریور ماه ۱۳۹۱

تقدیم به پدر و مادرم

مهربان فرشتگانی که بردبار و استوار در نخطه نخطه مسیر زندگی با هر قدم کرمای حضورشان رامیش از پیش به
من ایثار کردند تا باور بودن، لذت و غرور دانستن، جسارت خواستن، عظمت رسیدن و تمام تجربه‌های
یکتا و زیبای زندگی را مدیون حضور سبز ایشان بدانم.

خواهران و برادران عزیزم

که آرزوی همیشگی‌ام سعادت و سلامت آن‌هاست

باساس فراوان از:

استاد راهنمای گرامیم:

جناب آقای دکتر کاظمی، که صورت‌اندکاستی‌های من طی این تحقیق را با محبت خویش به آموزه‌ها بدل کردند و ساگردی ایشان را افتخار خود می‌دانم.

جناب آقای دکتر میرشاهی، که همواره راهنما و مشوقم بودند و از ایشان درس علم و ادب آموختم و ساگردی ایشان بیه مباحث من است.

استاد مشاور عزیزم:

جناب آقای دکتر انجمنی، که همواره در این مدت طولانی با وجود مشغله‌های فراوان، بار راهنمایی‌های ارزنده و خلق خوش، مراد انجام هرچه بهترین پایان نامه‌یاری نمودند.

همچنین از آقایان دکتر جلیون و دکتر سرداری که زحمت داورمی این پایان‌نامه را بر عهده داشتند

سپاسگزارم.

چکیده

ارزیابی توموگرافی کامپیوتری (سی تی اسکن) اثر عصاره انار بر تراکم

استخوان در رت‌های ماده عقیم شده

به کوشش:

مرتضی سراوانی

استئوپروز یک بیماری متابولیک استخوان است که بوسیله کاهش توده استخوانی و از بین رفتن بافت استخوان که منجر به شکنندگی استخوان و افزایش خطر شکستگی استخوان می‌شود، شناسایی می‌گردد. کاهش سطح استروژن در بدن دلیل اصلی بروز استئوپروز در زنان یائسه می‌باشد. از این رو هورمون درمانی در این قشر از افراد یکی از راه‌های درمانی متداول برای درمان استئوپروز پس از یائسگی می‌باشد.

روغن دانه انار دارای ۱۷-آلفا-استرادیول می‌باشد که یکی از فیتواستروئول‌های تازه کشف شده با اثر سینرژستی بر روی واکنش‌های فیزیولوژیکی مرتبط با استروژن است. در این مطالعه اثر روغن دانه انار به جهت اثرات بهبودبخش احتمالی آن بر روی ویژگی‌های استخوان در یک مدل رت از استئوپروز پس از یائسگی مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مطالعه تعداد ۳۰ سر رت ماده نژاد ویستار با سن ۹ هفته و محدوده وزنی ۱۷۵-۲۰۰ گرم مورد استفاده قرار گرفت. رت‌ها به ۲ گروه تقسیم شدند: گروهی که هر دو تخمدان آنها با عمل جراحی خارج شد و گروهی که فقط تحت لاپاراتومی قرار گرفتند. هر کدام از این دو گروه رت به دو گروه دیگر تقسیم شدند که دو گروه از آنها روزانه ۰/۱ میلیلیتر روغن دانه انار و دو گروه دیگر به همان میزان روغن پارافین دریافت می‌کردند. قبل از عمل جراحی از تمامی رت‌ها تصویربرداری سی تی اسکن با شناساگر چندانگانه اولیه به عمل آمد و ۶۷ روز پس از عمل جراحی نیز این تصویربرداری با شرایط کاملاً مشابه تکرار شد. در تصاویر سی تی اسکن اخذ شده تراکم استخوان در بدنه مهره دوازدهم سینه‌ای، مهره‌های اول تا ششم کمری و استخوان ساکروم مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که در تراکم استخوان بدنه مهره‌های اول، سوم، پنجم و ششم کمری و همچنین استخوان ساکروم، میان گروه اواریکتومی شده و گروه جراحی شده بدون برداشتن تخمدانها اختلاف

معناداری وجود داشت. بر اساس یافته‌های مذکور روغن دانه انار طی دوره مطالعه ۶۷ روزه قادر به جلوگیری از اثرات استئوپروز متعاقب اواریکتومی در رت‌ها نمیباشد.

کلمات کلیدی: توموگرافی کامپیوتری (سی تی اسکن)، استئوپروز، روغن دانه انار، رت

فهرست مطالب

ارزیابی توموگرافی کامپیوتری (سی تی اسکن) اثر عصاره انار بر تراکم استخوان در

رت‌های ماده عقیم شده

مقدمه..... ۱

فصل اول: مروری بر تحقیقات انجام شده

۱-۱- بیولوژی اسکلت و هموستاز کلسیم..... ۴

۲-۱ استئوپروز..... ۷

۱-۲-۱- تعریف..... ۷

۲-۲-۱- پاتوفیزیولوژی استئوپروز..... ۸

۳-۲-۱- بروز..... ۱۰

۴-۲-۱- تظاهرات بالینی..... ۱۱

۵-۲-۱- مدل‌های حیوانی استئوپروز..... ۱۱

۱-۵-۲-۱- مقدمه..... ۱۱

۲-۲-۱- اهداف مدل حیوانی استئوپروز..... ۱۲

۳-۵-۲-۱- استفاده از حیوانات آزمایشگاهی به عنوان مدل‌های استئوپروز..... ۱۲

۱-۳-۵-۲-۱- جوندگان..... ۱۳

۱-۱-۳-۵-۲-۱- مدل رت در حال رشد..... ۱۴

۲-۱-۳-۵-۲-۱- مدل رت با استخوان بندی بالغ..... ۱۴

۳-۱-۳-۵-۲-۱- موش..... ۱۵

۲-۳-۵-۲-۱- سگ..... ۱۶

۳-۳-۵-۲-۱- پریمات‌ها..... ۱۶

۶-۲-۱- روش‌های ایجاد استئوپروز تجربی در رت ماده..... ۱۷

۱-۶-۲-۱- استئوپروز پس از یائسگی..... ۱۷

- ۱۷-۱-۶-۲-۱- اواریکتومی.....
- ۱۸-۲-۱-۶-۲- برداشت غده هیپوفیز.....
- ۱۹-۳-۱-۶-۲- برداشت غده پاراتیروئید.....
- ۱۹-۴-۱-۶-۲- روش های جایگزین.....
- ۱۹-۲-۶-۲- استئوپروز ناشی از مصرف گلوکوکورتیکوئیدها.....
- ۲۰-۳-۶-۲- استئوپروز ناشی از بی حرکتی.....
- ۲۱-۴-۶-۲- سایر روش های تجربی ایجاد استئوپروز در رت ماده.....
- ۲۱-۷-۲-۱- تشخیص.....
- ۲۲-۱-۷-۲- ارزیابی اسکلت دچار استئوپنی شده در مدل های حیوانی.....
- ۲۲-۱-۱-۷-۲- شاخص های بیوشیمیایی.....
- ۲۳-۲-۱-۷-۲- هستیومرفومتري.....
- ۲۳-۴-۱-۷-۲- جذب سنجی.....
- ۲۴-۱-۴-۱-۷-۲- تکنیک های جذب سنجی.....
- ۲۴-۱-۱-۴-۱-۷-۲- جذب سنجی به وسیله تک فوتون.....
- ۲۴-۲-۱-۴-۱-۷-۲- جذب سنجی به وسیله فوتون دوگانه.....
- ۲۵-۳-۱-۴-۱-۷-۲- جذب سنجی به وسیله اشعه ایکس تک.....
- ۲۵-۴-۱-۴-۱-۷-۲- جذب سنجی به وسیله اشعه ایکس دوگانه.....
- ۲۷-۵-۱-۴-۱-۷-۲- روش اولتراسوند کمی.....
- ۲۸-۶-۱-۴-۱-۷-۲- جذب سنجی به وسیله رادیوگرافی.....
- ۲۹-۷-۱-۴-۱-۷-۲- توموگرافی کامپیوتری.....
- ۵۰-۸-۲-۱- درمان.....
- ۵۰-۱-۸-۲-۱- درمان دارویی.....
- ۵۰-۱-۱-۸-۲-۱- هورمون درمانی.....
- ۵۲-۲-۱-۸-۲-۱- بیس فسفونات ها.....
- ۵۲-۲-۸-۲-۱- مینرال ها و مواد معدنی.....
- ۵۲-۱-۲-۸-۲-۱- تجویز مکمل های کلسیم.....
- ۵۳-۲-۲-۸-۲-۱- ویتامین دی.....
- ۵۳-۳-۸-۲-۱- درمان های جایگزین.....
- ۵۳-۱-۳-۸-۲-۱- تغییر شیوه زندگی.....
- ۳-۱-۳- انار.....**
- ۵۶-۱-۳-۱- انار از نظر گیاه شناسی.....
- ۵۷-۲-۳-۱- مشخصات کلی انار.....

- ۵۷.....اقتصاد تولید و جنبه‌های مصرف.....۳-۳-۱
- ۵۸.....مصارف انار در طب سنتی.....۴-۳-۱
- ۵۸.....متابولیت‌های شناسایی شده انار.....۵-۳-۱
- ۶۰.....اثرات درمانی انار.....۶-۳-۱

فصل دوم: مواد و روش‌ها

- ۶۳.....۱-۲- وسایل و مواد مورد استفاده.....
- ۶۴.....۲-۲- مراحل و روش انجام طرح.....
- ۶۴.....۱-۲-۲- گروه‌بندی حیوانات مورد آزمایش.....
- ۶۵.....۲-۲-۲- تهیه روغن دانه انار.....
- ۶۵.....۳-۲-۲- سی‌تی اسکن.....
- ۶۸.....۴-۲-۲- جراحی.....

فصل سوم: نتایج

- ۷۱.....۱-۳- نتایج.....

فصل چهارم: بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهادها

- ۷۸.....۱-۴- بحث.....
- ۸۶.....۲-۴- نتیجه‌گیری و پیشنهاد.....
- ۹۰.....منابع و مراجع.....
- ۹۶.....ضمایم.....

فهرست جداول

عنوان و شماره ص فحه

جدول ۱-۳: میانگین و انحراف معیار دانسیته استخوانهای مختلف در دوره مطالعه (بر حسب واحد

هانسفیلد)، اندازهگیری شده در ۳۰ سر رت..... ۷۱

فهرست شکلها

عنوان و شماره	صفحه
شکل ۱-۲: دستگاه سی تی اسکن نیوسافت ۱۶ اسکنر.....	۶۴
شکل ۲-۲: طریقه قرارگیری رت‌ها درون دستگاه سی تی اسکن.....	۶۶
شکل ۳-۲: چگونگی نشان داده شدن شماره رت و شماره گروه در تصاویر سی تی اسکن.....	۶۷
شکل ۴-۲: محل قرارگیری رت‌ها پس از اخذ تصاویر سی تی به منظور ریکآوری.....	۶۷
شکل ۵-۲: نحوه اندازه‌گیری تراکم استخوان بدنه مهره‌ها در تصاویر سی تی اسکن.....	۶۸

فهرست نمودارها

عنوان و شماره صفحه

- نمودار ۳-۱: مقایسه روند تغییرات دانسیته بدنه مهره ۱۲ سینه‌ای در طول مطالعه بین گروه‌های مختلف. ۷۲
- نمودار ۳-۲: مقایسه روند تغییرات دانسیته بدنه مهره ۱ کمری در طول مطالعه بین گروه‌های مختلف..... ۷۳
- نمودار ۳-۳: مقایسه روند تغییرات دانسیته بدنه مهره ۲ کمری در طول مطالعه بین گروه‌های مختلف..... ۷۳
- نمودار ۳-۴: مقایسه روند تغییرات دانسیته بدنه مهره ۳ کمری در طول مطالعه بین گروه‌های مختلف..... ۷۴
- نمودار ۳-۵: مقایسه روند تغییرات دانسیته بدنه مهره ۴ کمری در طول مطالعه بین گروه‌های مختلف..... ۷۴
- نمودار ۳-۶: مقایسه روند تغییرات دانسیته بدنه مهره ۵ کمری در طول مطالعه بین گروه‌های مختلف..... ۷۵
- نمودار ۳-۷: مقایسه روند تغییرات دانسیته بدنه مهره ۶ کمری در طول مطالعه بین گروه‌های مختلف..... ۷۶
- نمودار ۳-۸: مقایسه روند تغییرات دانسیته بدنه استخوان ساکروم در طول مطالعه بین گروه‌های مختلف.. ۷۶

﴿مقدمه﴾

مقدمه

استئوپروز یک بیماری متابولیک استخوان است که بوسیله کاهش توده استخوانی و از بین رفتن بافت استخوان که منجر به شکنندگی استخوان و افزایش خطر شکستگی استخوان می شود، شناسایی می گردد. کاهش توده استخوانی در نتیجه وراثت، فاکتورهای تغذیه ای، شیوه زندگی، استفاده از داروهایی مانند گلوکوکورتیکوئیدها و کاهش سطح استروژن در بدن بروز می کند. کاهش سطح استروژن در بدن دلیل اصلی بروز استئوپروز در زنان یائسه می باشد. از این رو هورمون درمانی در این قشر از افراد یکی از راه های درمانی متداول برای درمان استئوپروز پس از یائسگی می باشد. با توجه به قیمت بالا، دسترسی محدود و عوارض جانبی زیاد استروژن های سنتتیک، دانشمندان هرچه بیشتر علاقه مند به درمان با منابع طبیعی استروژن می باشند. یکی از گیاهانی که روغن دانه آن سرشار از فیتواستروژن ها می باشد انار است. انار میوه گیاهی با نام علمی *Punica granatum* می باشد که در ایران به وفور یافت می شود. دانه انار به عنوان غنی ترین منبع گیاهی حاوی ترکیبات استروژنی، استرون و استرادیول می باشد که به لحاظ شیمیایی همگی مشابه استروژن بدن انسان هستند. رت های ماده اواریکتومی شده مدل های بالینی بسیار مناسبی برای استئوپروز هستند که به درستی ویژگی های بالینی حاصل از کاهش استروژن روی اسکلت انسان و پاسخ به عوامل درمانی را تداعی می کنند. برداشت تخمدان منجر به کاهش تولید استروژن، حذف استخوان های تراکولر و کورتیکال، افزایش میزان بازسازی مجدد استخوان و تغییر تعادل بین شکل گیری و بازجذب استخوان به نفع بازجذب می گردد. کاهش تراکم استخوانی در مهره های کمری تقریباً ۶۰ روز پس از برداشت تخمدانها قابل توجه است. بنابراین در این مطالعه اثر احتمالی روغن دانه انار روی رت به عنوان مدل حیوانی استئوپروز مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به اینکه برای ارزیابی تراکم استخوان نیاز به تکنیک های تصویربرداری تشخیصی است و در حال حاضر در کشور ما امکان ارزیابی تراکم استخوان حیوانات آزمایشگاهی با تکنیک های پیشرفتهای همچون جذب سنجی دوگانه انرژی اشعه ایکس (دگزا) ^۱ و میکرو سی تی ^۲ در دسترس نیست؛ در تحقیق حاضر

¹ Dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA)

² Micro-computed Tomography (micro-CT)

سعی شده، از دقیقترین تکنیک تصویربرداری موجود در کشور که سی تی اسکن با شناساگر چندگانه می باشد، استفاده شود. در تصاویر حاصله از سی تی، اندازه گیری تراکم بدنه مهره دوازدهم سینه ای، مهره های کمری و استخوان ساکروم^۳ جهت پیشگویی استئوپروز به کار گرفته شدند.

³ Sacrum

فصل اول

مروری بر تحقیقات انجام شده

۱-۱- بیولوژی اسکلت و هموستاز کلسیم

محتوای استخوان یک مرد بالغ تشکیل شده از حدوداً ۱/۲ کیلوگرم کلسیم و در یک زن بالغ ۱ کیلوگرم کلسیم می‌باشد. قسمت اعظم این کلسیم به صورت کریستال‌های هیدروکسی آپاتیت^۱ (نمک فسفات کلسیم) است. کلسیم در استخوان‌بندی نقش مهمی را به عهده دارد و استخوان مخزن بزرگی از کلسیم می‌باشد. به علاوه برای اضافه کردن یا برداشتن کلسیم به مایع خارج سلولی^۲ در زمان‌های مقتضی به کار گرفته می‌شود (۱).

اسکلت افراد بالغ از دو نوع استخوان اصلی تشکیل شده است:

۱. استخوان کورتیکال^۳ (لاملار)

۲. استخوان تراپکولر^۴ (اسفنجی)

استخوان کورتیکال به طور غالب در جمجمه و تنه استخوان‌ها ی دراز و استخوان تراپکولر در سایر مناطق مانند دیستال رادیوس، تنه مهره‌ها و تروکانتر هیپ وجود دارد. استخوان یک بافت زنده است که دائماً در حال بازسازی است. استخوان افراد بالغ به طور کامل طی ۱۰-۳ سال بازسازی می‌شود. احتمال دارد این فرآیند را در کار جراحان ارتوپد بتوان دید که به طور معمول قطعات شکسته را کنار هم می‌گذارند چرا که م‌ی‌دانند فرآیندهای طبیعی بازسازی استخوان با گذشت زمان موجب بازسازی شکل اولیه استخوان می‌شود (۱).

سلول‌های تنظیم‌کننده بازسازی استخوان به دو دسته تقسیم می‌شوند: گروهی که استخوان‌ها ی قدیمی را جذب و برداشت می‌کنند و گروهی که استخوان‌ها ی جدید را می‌سازند. سلول‌ها یی که

¹ Hydroxyapatite (Ca₅(PO₄)₃(OH))

² Extra cellular fluid (ECF)

³ Cortical bone

⁴ Trabecular bone

استخوان‌های قدیمی را برداشت یا بازجذب می‌کنند، استئوکلاست‌ها¹ می‌باشند. این سلول‌ها بزرگ، چند هسته‌ای و از نظر متابولیسمی فعال می‌باشند که منشأ آن‌ها از ماکروفاژهای موجود در گردش خون است. آن‌ها در سطح استخوان قرار می‌گیرند و ناحیه مرز بندی شده‌ای را روی سطح استخوان تشکیل می‌دهند که در این ناحیه پروتوئین‌ها (اسید)، پروتئازها (همانند کلاژناز) و آنزیم‌های هضم‌کننده پروتئوگلیکان‌ها (همانند هیالورونیداز) ترشح می‌شوند. اسید هضم‌کننده کریستال هیدروکسی آپاتیت، کلسیم را آزاد می‌کند و آنزیم‌های هضم‌کننده، پروتئین‌های استخوان و پروتئوگلیکان‌ها (همانند کلاژن، استئوکلسین، استئوپوننتین) که بخش غنی معدنی یا استئوئیدی استخوان را تشکیل می‌دهند، را تجزیه می‌نمایند. استئوکلاست‌ها در طول سطح صفحات استخوان‌های تراپیکولر حرکت می‌نمایند و تونل‌هایی در استخوان‌های کورتیکال ایجاد می‌کنند و موجب هضم مواد در ناحیه مرز بندی شده می‌شوند و سبب ورود آن‌ها به فضای مغز استخوان و ریز به وجود آمدن شکافی به نام هاوشیپ² روی سطح استخوان تراپیکولر می‌شوند. کلسیم آزاد شده به مایع خارج سلولی وارد می‌شود و محصولات حاصل از پروتئولیز نظیر دزوکسی پریدینولین، اجزاء کلاژن با پیوند عرضی و هیدروکسی پرولین را می‌توان به عنوان شاخص بالینی بازجذب استخوان³ پذیرفت. در سوی دیگر معادله بازگردش⁴، استخوان‌سازی جدید⁵ است. این کار توسط استئوبلاست‌ها⁶ انجام می‌شود که از سلول‌های استرومای مغز استخوان یا سلول‌های پوششی سطح استخوان منشأ می‌گیرند. استئوبلاست‌ها بخش غنی‌عفونی استخوان را که استئوئید نامیده می‌شود، ساخته و ترشح می‌کنند. این بخش‌ها غالباً پروتئین‌هستند و شامل کلاژن، استئوپوننتین، استئونکتین، استئوکلسین و مقدار زیادی فاکتور رشد من جمله فاکتور رشد تغییر شکل دهنده بتا

¹ Osteoclast

² Howship

³ Bone absorption

⁴ Turnover

⁵ Bone formation

⁶ Osteoblast