Archive of SID

فصلنامه المپیک
سال هجدهم- شماره ۳ (پیاپی ۵۱) پاییز ۱۳۸۹

اثر تمرینات دویدن استقامتی و مکمل کلسیم بر کاهش استحکام استخوان درشت نی ناشی از تخمدان‌برداری در موش‌های صحرایی

تاریخ دریافت: ۸۸/۶/۵
تاریخ تصویب: ۸۸/۸/۲۰

❖ **دکتر ولی اله دبیدی روشن**؛ دانشیار دانشگاه مازندران*
❖ ❖ **فرزانه حکمت**؛ کارشناس ارشد تربیت بدنی
❖ ❖ ❖ **مژگان معمار مقدم**؛ عضو هیات علمی و مربی دانشگاه مازندران
❖ ❖ ❖ ❖ **دکتر داوود مهربانی**؛ استادیار دانشگاه علوم پزشکی شیراز

چکیده: هدف از این مطالعه عبارت است از تعیین اثر تمرین دوی استقامتی و یا مکمل کلسیم بر استحکام استخوان درشت نی در موش‌های تخمدان‌برداری شده. ۴۱ سرموش صحرایی ماده و بالغ نژاد Sprague Dawley در این تحقیق شرکت داشتند که ۷ سرموش برای تعیین مقادیر اولیهٔ استحکام استخوان درشت نی کشته شدند. بقیه تحت عمل جراحی تخمدان‌برداری قرار گرفتند و پس از ۳ ماه به صورت تصادفی به چهار گروه شامل گروه‌های پیش‌آزمون، تمرین دوی استقامتی، مکمل کلسیم، و گروه کنترل تقسیم شدند. پروتکل دویدن با سرعت و مدت تعیین شده به مدت هشت هفته و پنج روز در هفته روی نوارگردان بدون شیب اجرا شد. مکمل‌گیری کلسیم نیز به مقدار ۳۵ میلی‌گرم کلسیم محلول به ازای هر کیلوگرم وزن بدن از طریق دهانی و با استفاده از گاواژ خورانده شد. برای اندازه‌گیری استحکام استخوان از دستگاهی به نام دستگاه هانسفیلد استفاده شد. داده‌ها با استفاده از آزمون‌های آنالیز واریانس یک‌طرفه و t وابسته در سطح $P\leq ۰/۰۵$ تحلیل شد. نتایج نشان داد تخمدان‌برداری به کاهش معنادار و هشت هفته تمرین دوی استقامتی و مکمل کلسیم به افزایش غیر معنادار استحکام استخوان درشت نی می‌انجامد. با وجود این، بررسی میزان استحکام استخوان درشت نی گروه‌ها با استفاده از آنالیز واریانس یک‌طرفه نشان داد تمرین استقامتی، همچنین مکمل کلسیم باعث افزایش قابل توجه میزان استحکام استخوان درشت نی در مقایسه با گروه کنترل با سن مشابه می‌شود (مقدار P به ترتیب برابر است با ۰/۰۳۶ و ۰/۰۴۵)، در حالی که تغییرات این شاخص بین دو گروه تمرین استقامتی و مکمل کلسیم معنادار نبود ($P=۰/۶۰۹$). با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان گفت سبک زندگی و تغذیه دو عامل مهم در بروز یا پیشگیری از پوکی استخوان‌اند و انجام تمرینات دوی استقامتی و یا مکمل کلسیم در فرایند کاهش استحکام استخوان درشت نی ناشی از یائسگی اثر مهاری و یا برگرداننده دارد.

واژگان کلیدی: استحکام استخوان، پوکی استخوان، تمرینات تحمل وزن، موش‌های صحرایی، یائسگی

* **E.mail: vdabidiroshan@yahoo.com**

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

پوکی استخوان بیماری پیچیده‌ای است که با از دست رفتن تودهٔ استخوان مشخص می‌شود. این روند به ضعف استخوان و افزایش احتمال شکستگی می‌انجامد (۴۰). از سوی دیگر، مادهٔ بنیادی استخوان سبب انعطاف‌پذیری آن می‌شود که آن را استحکام یا نیروی کششی[1] می‌نامند (۵۱). مطالعات نشان می‌دهند میزان تراکم مواد معدنی استخوان در نژادهای آسیایی و قفقازی پایین‌تر از سایر نژادهاست. بر اساس برآورد سازمان بهداشت جهانی (WHO) در سال ۲۰۴۰، حدود ۵۳۰ میلیون زن و مرد بالای ۶۵ سال در آسیا در معرض بیشترین میزان شکستگی‌های استخوانی قرار دارند و پیش‌بینی شده تعداد شکستگی‌های استخوان و هزینه‌های پزشکی مستقیم مرتبط با آن تا سال ۲۰۴۰ به بیش از ۴۰ میلیارد دلار افزایش یابد (۱).

مطالعات نشان می‌دهند از دست رفتن تدریجی تودهٔ استخوان در هر دو جنس صورت می‌گیرد، اما این رویداد در زنان سالمند نسبت به مردان سالمند شایع‌تر است و در دورهٔ یائسگی افزایش می‌یابد (۳۲،۲۴). این امر، با نارسایی استروژن پس از یائسگی در زنان سالمند مرتبط است (۲۴). برخی محققان گزارش دادند نارسایی استروژن پس از دورهٔ یائسگی باعث افزایش قابل توجه فرایند بازجذب استخوان می‌شود و تا حدی این موضوع را با کاهش مصرف کلسیم مرتبط می‌دانند (۴۵،۲۹،۱۱،۹). بورنز، کملر، و راچلی نشان دادند مصرف مکمل‌هایی از قبیل ویتامین D و کلسیم بر فرایند جذب و بازجذب استخوان اثرگذارند (۴۲،۲۴،۷).

در حیوانات آزمایشگاهی نیز مشخص شد نارسایی کلسیم باعث مهار تشکیل استخوان می‌شود (۲۹،۹). میورا و همکاران تأثیر رژیم غذایی سرشار از کلسیم را بر جذب کلسیم و سوخت‌وساز استخوان در موش‌های صحرایی ماده و عقیم شده بررسی کردند. نتایج نشان داد چگالی مواد معدنی (BMD)[2] استخوان ران در گروه‌هایی که مواد غذایی حاوی کلسیم مصرف کرده بودند، به‌طور معناداری بیشتر از گروه کنترل بود (۲۶). از این‌رو، به نظر می‌رسد بین نارسایی استروژن در دوران پس از یائسگی، فرایند بازجذب استخوان، و مصرف کلسیم ارتباط وجود دارد.

از سوی دیگر، مشخص شد کاهش فعالیت‌های بدنی همراه با دورهٔ سالمندی نیز با افزایش پوکی استخوان در دوران یائسگی همراه است (۴۷،۱۰). فیزیولوژیست‌های ورزشی دربارهٔ اثر تمرینات مختلف ورزشی به ویژه تمرینات مقاومتی بر پوکی استخوان مردان و زنان تحقیقات مقطعی زیادی انجام داده‌اند. نظریان و همکاران (۴) با مقایسهٔ تراکم مواد معدنی پای برتر و غیر برتر بازیکنان فوتبال و افراد غیر ورزشکار به این نتیجه رسیدند که در افراد فعال، در مقایسه با غیرفعال، مقادیر در هر دو پا بیشتر است. همچنین در مقایسهٔ پای برتر و غیربرتر فوتبالیست‌ها تراکم مواد معدنی در پای برتر بیشتر است. در مقابل، صارمی و همکاران (۳) در مطالعه‌ای اثر ترکیبی تمرینات مقاومتی و مکمل‌گیری کراتین را بر تراکم استخوان بررسی کردند و عدم تأثیر آن بر تراکم استخوان در مردان جوان را گزارش دادند. هر چند، اکثر صاحب‌نظران بر نقش تمرینات تحمل وزن به ویژه

1. Tensile strength
2. Bone Mineral Density

www.SID.ir

Archive of SID

تمرینات مقاومتی بر افزایش استحکام استخوان صحه گذاشته‌اند (۱۶، ۳۲، ۳۸، ۴۰)، اما در برخی مطالعات نتایج غیرهمسویی نیز گزارش شده است (۳، ۳۰، ۴۶). وارنر و همکاران (۴۶) متذکر شدند این احتمال وجود دارد تمرینات عدم تحمل وزن نیز آثار سودمندی بر استخوان‌بندی داشته باشند. این موضوع به‌واسطهٔ محدودیت‌های طرح مطالعاتی، سوگیری انتخاب و فناوری ارزیابی غیر تهاجمی استخوان در انسان‌ها دیده نشده است. از این‌رو، این محققان در پژوهشی به مقایسهٔ تمرینات با و بدون تحمل وزن بر بافت‌های استخوانی متراکم و اسفنجی موش‌ها پرداختند و نشان دادند با شنا هر دو بافت استخوانی افزایش می‌یابد. به علاوه، شنا در مقایسه با دویدن روی نوارگردان شیب‌دار به افزایش بیشتر حجم بافت اسفنجی می‌انجامد. همچنین، تفاوت اندکی بین تمرین شنا و دویدن در موش‌ها مشاهده شد. وارنر خاطر نشان کرد تغییرات استخوان‌سازی ناشی از انقباضات عضلانی طی شنا ممکن است مسئول این‌گونه بهبود در ویژگی‌های استخوان باشد. این یافته‌ها نشان می‌دهند تمرینات تحمل وزن ممکن است تنها عامل حساس بارگیری مکانیکی در پاسخ استخوان به ورزش نباشند (۴۶).

برخی محققان، به‌ویژه در جامعهٔ پزشکی، فقط اثر داروها و مکمل‌ها را بر استحکام استخوان بررسی کرده‌اند. با وجود این، مطالعات اندکی، به ویژه در داخل کشور، به بررسی هم‌زمان اثر ورزش، به ویژه ورزش استقامتی، و مصرف کلسیم به صورت کنترل شده و در درازمدت به ویژه در آزمودنی‌های حیوانی عقیم شده که تخمدان و رحم آن‌ها برداشته شده پرداخته‌اند. لذا، با توجه به درصد زیاد جمعیت جوان در ایران، به جرأت می‌توان گفت که یکی از مسائل و چالش‌های مهم آینده، مشکلات وابسته به فرایند سالمندی است. از این‌رو، اتخاذ هرگونه راهکار با هدف جلوگیری از کاهش ناشی از فرایند سالمندی استحکام استخوان یا احتمالاً حفظ یا بهبود تودهٔ استخوان نقش قابل توجهی در کارآیی این افراد همچنین کاهش هزینه‌های بهداشتی و درمانی در جامعه دارد. بر این اساس، این تحقیق به دنبال بررسی تأثیر هشت هفته تمرین استقامتی و یا مصرف کلسیم بر استحکام استخوان درشت نی موش‌های صحرایی عقیم‌شده است.

روش‌شناسی

الف) آزمودنی‌ها و دسته‌بندی آن‌ها:

آزمودنی‌های تحقیق ۴۱ سرموش صحرایی ماده و بالغ نژاد Sprague Dawley با دامنهٔ وزنی ۲۰۰ تا ۲۵۰ گرم بودند که از بین آن‌ها ۷ سرموش به صورت تصادفی برای تعیین میزان طبیعی و اولیهٔ استحکام استخوان درشت نی قبل از عمل جراحی تخمدان‌برداری انتخاب شدند. باقی موش‌ها تحت عمل جراحی تخمدان‌برداری قرار گرفتند و پس از ۳ ماه نگهداری در قفس (برای ایجاد شرایط لازم جهت کاهش چگالی استخوان) به صورت تصادفی به گروه‌های زیر تقسیم شدند: گروه پیش‌آزمون پس از تخمدان‌برداری (۷ سر موش)، و گروه تمرین استقامتی و مکمل کلسیم (هر یک شامل ۱۰ سر موش). به علاوه، برای آگاهی از تغییرات استحکام استخوان طی دورهٔ اجرای پروتکل تمرینی و مقایسهٔ این تغییرات با گروه‌های تمرینی و مکمل، ۷ سرموش موسوم به گروه کنترل نیز در تحقیق گنجانده شدند. معمولاً موش‌های صحرایی

www.SID.ir

Archive of SID

با غذاهـای تولیـدی مراکز تولید خـوراک دام به صورت پلت که حاوی ترکیب مشـخصی از انواع مواد مغذی مورد نیاز حیوان اسـت تغذیه می‌شوند. غذای آزمودنی‌های این پژوهش، تولیدی شـرکت خـوراک دام پارس بود که بر اسـاس وزن‌کشـی هفتگی با ترازوی اسـتاندارد ویژه و با توجه به جیرهٔ طبیعـی ۱۰ گرم به ازای هـر ۱۰۰ گرم وزن بدن در روز در هـر قفس قرار می‌گرفـت. در تمام مراحل پژوهش، آب مورد نیـاز هر حیوان به صورت آزاد در بطـری ویـژهٔ حیوانات آزمایشـگاهی در اختیار آن‌ها قرار گرفت.

ب) پروتـکل تمریـن اسـتقامتی: برنامـهٔ تمرین اسـتقامتی تحقیق حاضر نیز شـامل دویدن روی نوارگـردان ۶ کاناله بود که به مدت هشـت هفتـه انجام شـد. آزمودنی‌ها هر هفته پنج جلسـه تمرین کردند. مدت جلسـهٔ تمرینـی از ۱۰ دقیقه شـروع شد و در آخرین جلسـه به ۵۹ دقیقه رسید. سرعت دویدن نیز از ۱۲ متر بر دقیقه در جلسهٔ اول، به ۲۰ متر بر دقیقه در آخرین جلسـه ختم شد. این پروتکل بـا توجه به مصرف انرژی طراحی شـده (۲۵) و شـدت آن نیز پیشـرونده بـود، به گونه‌ای که شـدت آن در اولین جلسـهٔ تمرینی ۵۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی و در آخرین جلسهٔ تمرینی نیز تقریباً ۷۰ درصد حداکثر اکسـیژن مصرفی بود (۱۴،۶). بـرای گرم کردن نیـز حیوانات در ابتدای هر جلسـه تمرینی به مدت ۳ دقیقه با سرعت ۷ متر در دقیقه می‌دویدند. سپس، برای رسیدن به سرعت مورد نظر در هر جلسـهٔ تمرینی، به ازای هر دقیقه، ۲ متر در دقیقه به سرعت نوارگردان افزوده می‌شد. برای سـرد کـردن در انتهـای هر جلسـهٔ تمرینی نیز سـرعت نوارگـردان به طـور معکوس کاهش می‌یافت تا به سرعت اولیه برسد.

ج) پروتکل مکمل گیری کلسیم: آزمودنی‌های گروه مکمل‌گیری کلسـیم به مدت هشت هفته، پنج روز در هفته، روزی سه وهله (صبح، ظهر، و شب) و در مجموع ۳۵ میلی‌گرم کلسیم محلول را به ازای هر کیلو گرم وزن بدن (با توجه به وزن‌کشـی هفتگی) از طریق دهانی و با استفاده از گاواژ دریافت کردند. کلسیم مورد اسـتفاده در این تحقیق، Osteocare Liquid نـام دارد که هر ۲۰۰ میلی‌لیتر آن شـامل ۳۰۰ میلی‌گـرم کلسـیم، ۱۵۰ میلی‌گـرم منیزیم، ۶ میلی‌گـرم روی، و ۳/۸ میکروگـرم (۱۵۰ واحـد بین‌المللـی) ویتامین D اسـت. ایـن دارو محصول شـرکت ویتابیوتیکس کشـور انگلسـتان است و از طریق شـرکت شفایاب گسـتر وارد کشور شد. این داروی سرشـار از کلسیم، به دقت با کوفاکتورهایی از قبیل منیزیم، روی، و ویتامین D ترکیب شـد که برای جذب مؤثر کلسـیم ضروری‌اند و برای کمک به حفظ اسـتحکام اسـتخوان در مردان و زنان تمام سنین استفاده می‌شوند.

د) جراحـی حیوانات: بـرای عمل جراحی، ابتدا موش‌ها با مخلوطی از کتامین و زایلازین (مقدار ۸۰ بـه ۱۰ میلی‌گرم کتامین بـه زایلازین به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) بیهوش شـدند. سپس، برشی به اندازهٔ ۳ سانتی‌متر روی خط سفید وسط شکم (لینه آ آلبا) از قسمت کلیه به پایین داده شد. رحم و تخمدان خارج شـد و محل قطع رحم ابتـدا گره خورد و بعد با قیچی چیده شـد. آنگاه، برش مربوط با بخیهٔ سادهٔ تکی دوخته شد. برای جلوگیری از عفونت، مخلوط پنیسیلین و استروپتومایسین به عضلهٔ خلفی درشت نی

www.SID.ir

Archive of SID

موش‌ها تزریق شد. به علاوه، از اسپری OTC نیز در محل بخیه استفاده شد.

ه) نحوهٔ تعیین استحکام استخوان: بعد از اینکه هر یک از گروه‌ها بر اساس برنامهٔ زمانی تعیین شده، یعنی تعیین میزان طبیعی و اولیهٔ استحکام استخوان در قبل از تخمدان‌برداری، مقدار پایه در سه ماه پس از تخمدان‌برداری (پیش‌آزمون)، و سرانجام پس از هشت هفته تمرین و یا مکمل‌گیری کشته شدند، استخوان درشت نی پای سمت راست موش‌ها به منظور اندازه‌گیری استحکام استخوان بیرون کشیده شد. برای اندازه‌گیری استحکام استخوان از دستگاهی به نام دستگاه هانسفیلد (مدل HOUNSFIELD H۵۰KS) استفاده شد. این دستگاه برای تعیین استحکام، خمش، پیچش، کشش، و فشار تمام مواد استفاده می‌شود و به دستگاه تست خواص مکانیکی معروف است. قبلاً در تحقیقات دیگر نیز برای تعیین استحکام استخوان استفاده شده است (۱۲). برای اندازه‌گیری استحکام درشت نی ابتدا فاصلهٔ دو فک پایینی دستگاه کمی بیشتر از طول استخوان تنظیم شد و استخوان درشت نی موش از ضلع پهن‌تر روی آن قرار گرفت. سپس، دستگاه روی سرعت ۱۰ میلی‌متر بر دقیقه تنظیم و دکمهٔ شروع روشن شد. فک بالایی دستگاه به‌صورت خودکار بر اساس سرعت تنظیم شده به طرف پایین حرکت کرد و تا جایی که استخوان بشکند پیش رفت. مانیتور دستگاه نیز حداکثر تحمل نیرو در نقطهٔ شکست استخوان را بر حسب نیوتن نشان داد. میزان دقت دستگاه در تعیین استحکام استخوان ۰/۰۰۱ نیوتن است.

و) روش‌های آماری: در تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون t وابسته برای بررسی تغییرات استحکام استخوان درشت نی در دو مرحلهٔ پیش و پس‌آزمون در هر گروه استفاده شد. برای بررسی تغییرات بین گروهی استحکام استخوان درشت نی نیز از آنالیز واریانس یک‌طرفه استفاده شد. در صورت مشاهدهٔ تغییرات معنادار آزمون تعقیبی توکی به کار رفت. مقدار معناداری آماری نیز در سطح $P \leq ۰/۰۵$ شد.

یافته‌ها

در میزان وزن و سن آزمودنی‌ها در ابتدای پژوهش تفاوت آماری معناداری وجود نداشت. نتایج مطالعهٔ اولیه درخصوص تأثیر جراحی تخمدان‌برداری بر میزان استحکام استخوان درشت نی نشان داد میزان استحکام استخوان درشت نی پس از سه ماه کاهش معنادار داشته است (۱/۳۱±۶/۱۷ قبل از جراحی در مقایسه با ۰/۸۵±۵/۵۴ نیوتن پس از سه ماه جراحی). نتایج مطالعهٔ اصلی نشان داد هشت هفته تمرین استقامتی و یا دریافت مکمل کلسیم به افزایش غیرمعنادار استحکام استخوان درشت نی انجامید، در حالی که روند کاهشی ناشی از تخمدان‌برداری بر میزان استحکام استخوان در گروه کنترل ادامه داشت (جدول ۱). از سوی دیگر، وزن هر سه گروه طی هشت هفته افزایش معنادار داشت، اما این افزایش در گروه کنترل کمتر از گروه‌های تمرینی و مکمل بود. با وجود این، بررسی میزان استحکام استخوان درشت نی گروه‌ها با استفاده از آنالیز واریانس یک‌طرفه نشان داد تمرین استقامتی، همچنین مکمل کلسیم باعث افزایش قابل توجه میزان استحکام استخوان درشت نی در مقایسه با گروه کنترل با سن مشابه شد (مقدار P به ترتیب

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. تغییرات مقادیر وزن و استحکام استخوان درشت نی گروه‌های مختلف تحقیق*

شاخص	گروه / مرحله	تمرین استقامتی	مکمل کلسیم	کنترل
سن(هفته)	پیش‌آزمون	۲۲±۱	۲۲±۱	۲۲±۱
	پس‌آزمون	۳۰±۱	۳۰±۱	۳۰±۱
وزن (گرم)	پیش‌آزمون	۲۴۹/۲ ±۲/۴	۲۴۶/ ۵ ± ۵	۲۴۸±۶/۶
	پس‌آزمون	† ۲۹۵/۵ ±۸/۵	† ۲۹۲/۴±۱۱/۸۴	۲۷۹†/۸۶± ۷
استحکام استخوان درشت نئی(نیوتن)	پیش‌آزمون	۵/۵۴±۰/۸۵	۵/۵۴±۰/۸۵	۵/۵۴±۰/۸۵
	پس‌آزمون	۷/۲۴±۱/۴۸	۷/۰۹ ±۱/۵۲	۵/۴۶±۰/۹۹

* داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شدند. نشانهٔ اختلاف معنادار در مقایسه با گروه کنترل ($P\leq ۰/۰۵$) † نشانهٔ اختلاف معنادار در مقایسه با مرحلهٔ پیش‌آزمون ($P\leq ۰/۰۵$)

برابر است با ۰/۰۳۶ و ۰/۰۴۵)، در حالی که تغییرات این شاخص بین دو گروه تمرین استقامتی و مکمل کلسیم معنادار نبود ($P=۰/۶۰۹$). به علاوه، وزن گروه‌های تمرین استقامتی و مکمل کلسیم بیشتر از گروه کنترل بود که به لحاظ آماری معنادار نیز بوده است (مقدار P به ترتیب برابر است با ۰/۰۳۷ و ۰/۰۳۹) و این تفاوت بین دو گروه تمرینی و کلسیم قابل توجه نبود ($P=۰/۸۲۶$).

بحث و نتیجه‌گیری

مهم‌ترین یافتهٔ این تحقیق عبارت است از تأثیر ورزش استقامتی و مکمل کلسیم در مهار کاهش ناشی از تخمدان‌برداری در میزان استحکام استخوان درشت نی و آثار بازگردانندهٔ آن بر استحکام و تودهٔ استخوانی. نتایج مقدماتی تحقیق حاضر نشان داد میزان استحکام استخوان درشت نی در سه ماه بعد از تخمدان‌برداری کاهش داشت. یافته‌های مقدماتی این پژوهش، نتایج حاصل از مطالعات قبلی دربارهٔ ارتباط بین تخمدان‌برداری و یائسگی با پوکی استخوان را تأیید می‌کند (۳۶،۳۵،۳۴،۳۲،۳۰،۲۳،۲۲،۱۸،۱۳). پنگ و همکاران (۳۵) گزارش دادند تخمدان‌برداری ویژگی‌های ساختاری و مکانیکی استخوان را شش هفته بعد از جراحی تغییر می‌دهد.

نتایج این تحقیق نشان داد اگرچه انجام هشت هفته تمرینات استقامتی باعث افزایش غیر معنادار استحکام استخوان درشت نی شده است، اما این تغییرات در مقایسه با گروه کنترل معنادار بوده است. برخی محققان نیز گزارش کردند دویدن بر حفظ یا افزایش استحکام استخوان تأثیر دارد و این تغییرات را با کاهش بازجذب استخوان و افزایش شکل‌گیری استخوان مرتبط دانستند (۳۶،۲۷،۲۱). علی‌رغم این موضوعات، پژوهش‌هایی نیز تأثیر منفی تمرین را بر استخوان نشان دادند. نورداستروم و همکارانش

www.SID.ir

Archive of SID

(۳۰) گزارش کردند تمرینات استقامتی دویدن روی نوارگردان هیچ تأثیر معناداری بر جلوگیری از پوکی استخوان ندارند. اگر چه ورزش تأثیر مثبتی بر میزان استئوبلاست‌ها و استئوکلاست‌ها و مقدار کلسیم در استخوان دارد، اما نتوانسته در جهت مخالف کاهش استخوان ناشی از عقیم کردن عمل کند. این تناقض ممکن است ناشی از آزمودنی‌های مورد مطالعه یا شرایط دیگری از قبیل تغذیه باشد. از این‌رو، به نظر می‌رسد تمرین تأثیر بیشتری بر موش‌های مادهٔ عقیم شده نسبت به موش‌های نر عقیم شده داشته باشد. همچنین گفتیم که از دست رفتن تدریجی تودهٔ استخوانی در هر دو جنس صورت می‌گیرد و این تغییرات در زنان سالمند شایع‌تر از مردان سالمند است و طی دورهٔ یائسگی افزایش می‌یابد (۳۲،۲۴). این امر با نارسایی استروژن پس از یائسگی در زنان سالمند مرتبط است (۲۴). از این‌رو، به نظر می‌رسد تأثیر تمرین با چگالی اولیهٔ استخوان مرتبط است (۴۰). بارنگولتس و همکارانش (۵) گزارش دادند تأثیر تمرین بر استخوان‌های استئوپنیک و یا استئوپوروز بیشتر از استخوان‌های سالم است و این اثربخشی با جذب بیشتر مواد معدنی ناشی از تمرین مرتبط است. استرس مکانیکی ناشی از دویدن در موش‌های سالم ممکن است زیر آستانهٔ شکل‌گیری استخوان باشد، اما همان سطح از استرس مکانیکی ممکن است برای تحریک سوخت‌وساز استخوان در موش‌های دارای کمبود استروژن کافی باشد. به علاوه، موش‌هایی که بازجذب استخوان بالا دارند ممکن است نسبت به موش‌های سالم به فشار بار حساس‌تر باشند (۵).

موضوع دیگر تأثیر طول دورهٔ تمرین، شدت، و مدت آن، همچنین نوع تمرین بر استحکام استخوان است. نتایج پژوهش پنگ و همکارانش (۳۶) نیز حاکی از آن است که دویدن روی نوارگردان به مدت هشت و هجده هفته به طور معناداری از کاهش استخوان جلوگیری می‌کند و سبب حفظ استحکام استخوان می‌شود. به نظر می‌رسد که طول دورهٔ تمرین، شدت، و مدت تمرین بسیار اهمیت دارد، به طوری که نوردسلتن و همکارانش (۳۰) نشان دادند که چگالی و استحکام استخوان در دویدن روی نوارگردان با شدت زیاد کاهش می‌یابد. از آنجا که در این تحقیق کاهش استحکام استخوان ران در گروه غیر فعال نسبت به گروه کنترل ۲۲ درصد گزارش شده بود ولی کاهش استحکام در گروه تمرین شدید نسبت به گروه کنترل ۲۶ درصد بود، می‌توان نتیجه گرفت که تأثیر منفی تمرینات شدید بر استحکام استخوان حتی از بی‌تمرینی بیشتر است. همچنین، پنگ و همکارانش (۳۵) در تحقیقی دیگر نشان دادند که چگالی استخوان با دویدن روی نوارگردان با شدت پایین‌تر (۱۰ متر بر دقیقه)، نسبت به دویدن با شدت بالا (۱۸ متر بر دقیقه)، افزایش بیشتری در استحکام استخوان خواهد داشت. در عین حال، به نظر می‌رسد که شدت در تمرینات مختلف تأثیرات متفاوتی داشته باشد. نتایج حاصل از پژوهش گرو و همکارانش (۱۵) نشان می‌دهد افزایش چگالی مواد معدنی استخوان در تمرین با شدت بالا، بسیار بیشتر از تمرین با شدت پایین است. برای توجیه این یافته‌ها توجه به چند نکته اهمیت دارد. احتمالاً نوع تمرین و آزمودنی‌های مورد تحقیق در این تناقض نقش دارند. در تحقیق نوردستلن و پنگ

www.SID.ir

Archive of SID

نوع تمرینات، استقامتی، و دویدن روی نوارگردان بوده است و آزمودنی‌ها نیز موش‌های صحرایی تخمدان‌برداری شده بودند، در حالی که در تحقیق گرو از تمرینات دویدن هوازی و تمرینات مقاومتی استفاده شد و آزمودنی‌ها زنان یائسه بودند. با توجه به تأثیرات مشابه تخمدان‌برداری در مدل موش‌های صحرایی و زنان یائسه، به نظر می‌رسد نوع تمرین تأثیر بیشتری دارد، به طوری که تمرینات مقاومتی با شدت بالا تأثیر بیشتری خواهند داشت. لذا، محققان زیادی تأثیر تمرینات مقاومتی را بر چگالی استخوان بررسی کردند (۴۰،۳۸،۳۲،۱۶). رنو و همکاران (۴۰) گزارش کردند که افزایش اضافه‌بار به میزان ۴۰ درصد وزن بدن سبب افزایش استحکام استخوان درشت نی می‌شود. همچنین، تودهٔ عضلانی نیز افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد هیپرتروفی بافت عضلانی تأثیر تحریک‌کننده بر تودهٔ استخوانی داشته باشد. به طور کلی، تمرینات مقاومتی و تمریناتی با ضربات دینامیکی برای بافت استخوان مفیدند، زیرا این تمرینات نسبت به راه رفتن، کشش بیشتری را در عضلات ایجاد می‌کنند. نیروی انقباض عضلات به طور مستقیم و غیر مستقیم روی استخوان عمل می‌کند و سبب تحریک استخوان‌سازی در بافت استخوانی می‌شود که در معرض اضافه‌بار قرار دارد. به علاوه، بعضی پژوهش‌ها اثر ورزش‌های برخوردی یا تماسی و پرشی را بررسی کرده‌اند. هوندا و همکاران (۱۸) تأثیر پریدن را بر تودهٔ استخوانی بررسی کردند و گزارش دادند تمرین پریدن برای افزایش تودهٔ استخوانی مؤثرتر از دویدن است، زیرا نیروی عکس‌العمل زمین در تمرین پریدن تقریباً ۵ برابر وزن بدن در ۴۰ سانتی‌متر پرش است. اما در تحقیق حاضر و برخی تحقیقات دیگر (۳۶،۳۵،۳۳،۲۱،۲۰،۱۳،۵) نشان داده شد که دویدن روی نوارگردان سبب حفظ استحکام و چگالی استخوان و یا جلوگیری از تحلیل بیشتر ناشی از فرایند سالمندی و یا یائسگی در طی این دوره می‌شود. اینکه تمرین باعث حفظ و یا مهار کاهش ناشی از یائسگی می‌شود، در تحقیق حاضر نیز تأیید شد، چرا که گروه کنترل در تحقیق حاضر تداوم کاهش استحکام استخوان را بعد از دورهٔ سه ماههٔ تخمدان‌برداری، همچنین طی دورهٔ هشت هفته‌ای نگهداری در قفس تجربه کردند و این تغییرات به نوبهٔ خود باعث ایجاد تغییرات معنادار در مقایسه با گروه تمرینی شده است. با توجه به اینکه دویدن روی نوارگردان یک نوع تمرین استقامتی هوازی است که در آن وزن بدن نیز تحمل می‌شود، می‌توان نتیجه گرفت که دویدن نیز فشار مکانیکی کافی را برای افزایش تودهٔ استخوانی به وجود می‌آورد.

از طرفی، در تحقیق حاضر سرعت دویدن از ۱۲ متر بر دقیقه شروع و در نهایت به ۲۰ متر بر دقیقه رسید که این نشان‌دهندهٔ افزایش فشار تمرین است. با توجه به نتیجهٔ به‌دست آمده، می‌توان گفت این میزان فشار وارده در این تمرین برای حفظ استحکام استخوان و یا مهار کاهش ناشی از یائسگی مناسب است.

نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد مصرف هشت هفته مکمل کلسیم تأثیر معناداری بر استحکام استخوان درشت نی در مقایسه با گروه کنترل داشته است. مطالعات بسیاری در این زمینه هم بر روی انسان (۴۲،۴۱،۳۸،۱۷) و هم بر روی حیوانات (۳۴،۲۸،۲۲) انجام گرفته که این نتیجه

www.SID.ir

Archive of SID

را تأییـد می‌کنند. ریـد و همـکاران (۴۱) گزارش کردند که مصـرف طولانی‌مـدت ۱۰۰۰ میلی‌گرم مکمل کلسـیم در هر روز، تقریبـا ۳۰ درصد خطر شکسـتگی اسـتخوان ران را در زنان یائسه کاهش می‌دهد. پروئیـت و همکاران (۳۸) نیـز تأثیر مثبت مصرف کلسـیم بر چگالی اسـتخوان در زنان یائسه را تأییـد کردنـد. به عـلاوه، مطالعات نشـان دادند ورزش در طی رشـد، بر فرایند الگوسازی استخوان به طـور موضعی در نواحـی تحت بارگیـری تأثیر دارد، در حالی که اعتقاد بر این اسـت که کلسیم به طور روش‌مند بر الگوسـازی مجدد اسـتخوان نقش دارد. از این‌رو، به نظر می‌رسـد ورزش و کلسیم در فرایند استخوان‌سـازی به هم وابسته‌اند (۲۴). برخی گزارش‌های پژوهشی حاکی از آن است که ورزش استقامتی با شدت متوسـط باعث افزایش نشانه‌های برگشـت کلاژن اسـتخوان و تغییر هموستاز کلسیم در افـراد بالغ جوان و زنان سـالمند می‌شـود (۴۹). مصرف اندک کلسـیم از طریق تغذیه ممکن است پاسخ سازشـی استخوان به بارگیری ناشی از ورزش را به حداقل برسـاند. در مقابل، مصرف مقادیر زیاد کلسـیم ممکن اسـت اثـر ورزش در نواحی تحت بـار را افزایش دهـد (۴۳،۱۹). همچنین، مشـخص شد مکمل‌گیری کلسیم سـرعت الگوسازی مجدد اسـتخوان را کاهش می‌دهد و بازجذب اسـتخوان که در بافت اسـتخوانی اسـفنجی تأثیـر دارد به نظر نمی‌رسد بر الگوسازی استخوان اثرگذار باشد (۵۰). با توجه به سازوکارهای مختلف تسهیل‌کنندهٔ پاسخ استخوان‌سـازی به ورزش و کلسیم، هنوز مشخص نیسـت آیا عملکرد ترکیبی فعالیت بدنی و کلسـیم تغذیـه‌ای باعـث ایجاد اثـر اضافی و یـا کمکی بر استخوان می‌شود. با وجود این، گزارش شد ترکیب کلسـیم و اسـتروژن نسـبت به زمانی که این دو به تنهایی مصرف می‌شـوند، تأثیر بیشـتری بر چگالی اسـتخوانی دارد. تحقیقاتی نیز اثر کمبود کلسـیم و یا کمبود استروژن را بررسی کرده‌اند (۳۴،۲۸،۲۲). نتایج نشـان می‌دهند ترکیب هر دوی این عوامل نیز تأثیر مضاعفی بر تودهٔ استخوان دارند.

جیانـگ و همـکاران (۲۲) گـزارش کردنـد چگالـی مـواد معدنـی، اسـتحکام اسـتخوان، و خصوصیات مکانیکی اسـتخوان بـا مصرف رژیم غذایـی کم کلسـیم در هر دو گروه عقیم شـده و سـالم کاهش می‌یابـد، اما مصرف اسـتروژن تنها از کاهش اسـتخوان ناشـی از یائسـگی جلوگیری می‌کند. پـارک و همکاران (۳۴) نیـز در تحقیقی مشـابه گزارش کردند رژیم غذایی کم کلسـیم و کمبود اسـتروژن سـبب کاهش چگالی استخوانی می‌شـود و دفع کلسـیم ادراری با مصرف ناکافی کلسیم بیشتر می‌شود. به نظر می‌رسد تأثیر کلسیم بر استخوان با اسـتروژن همیار است، به طوری که در نبود استروژن جذب روده‌ای کلسیم از بین می‌رود. اسـتروژن باعث کاهش سـرعت تخریب استخوان در هـر دو نوع اسـتخوان (ران و مهره‌های کمری) می‌شود، همان طور که دویدن روی نوارگردان نیز سبب کاهش سـرعت تخریب استخوان (عمدتاً در استخوان ران) می‌شود.

اکثر گزارش‌های پژوهشـی حاکی از آن است کـه وزن هر دو گـروه تمرینی و کنتـرل طی دورهٔ پژوهش به تدریج افزایـش می‌یابند که این افزایش در گـروه کنترل بیشـتر از گروه‌هـای تمرینی بوده اسـت (۲). با وجود این، در پژوهش حاضر مشخص

www.SID.ir

Archive of SID

شـد وزن هر دو گروه تمرینی و کلسـیم در مقایسه با گروه کنترل افزایش معناداری داشـته اسـت، در حالـی که گروه کنترل تغییرپذیری اندکی را نشـان داد. با کمی تأمل، این تفاوت در یافته‌های پژوهشی را احتمالاً می‌توان به سن و فرایند سالمندی و جنس آزمودنی‌هـا نسـبت داد. راب و همکارانـش (۳۹) نشـان دادند موش‌های صحرایی تا دورهٔ بزرگسالی به رشـد خود ادامه می‌دهند. سپس، با افزایش سن، علایم سـالمندی در آن‌ها ظاهر می‌شود. این محقق گـزارش داد وزن بـدن موش‌های صحرایـی تقریباً در نقطـهٔ ۷۵ درصدی از حداکثر طول عمرشـان به بالاترین حد می‌رسـد و پس از نقطـهٔ ۹۰ درصدی طول عمرشـان به تدریج کاهش می‌یابد. از این‌رو، هرچنـد آزمودنی‌های تحقیق حاضر به لحاظ سـن جـوان بودنـد، اما به لحـاظ موضوع مـورد نظر در تحقیق در وضعیتی قرار گرفتند که شـرایطی مشابه با سـالمندی را در چگالی استخوانی تجربه کنند. به علاوه، پژوهشگران با انجام پژوهش‌های کنترل شدهٔ حیوانی مشـاهده کردند چگالی استخوان از ۹ تا ۲۲ سـالگی کاهش داشته است و تمرین و فعالیت بدنی از کاهش مرتبط با سـن در موش‌ها جلوگیری کرده و چگالی اسـتخوانی را در موش‌های صحرایی مسن افزایش داده است (۳۹،۸).

اسـتئوپوروز که بـه بیماری خامـوش معروف اسـت، عامل خطر بهداشـتی (سـلامت) به ویژه در زنان به شـمار می‌رود. از جملـه علایم آن، کاهش تودهٔ استخوانی است که در دورهٔ سالمندی، به ویژه پس از دورهٔ یائسـگی، ظاهر می‌شود (۴۵،۳۹،۱). بر این اساس به نظر می‌رسد انجام تمرینات تحمل وزن احتمـالاً از طریق فشـار مکانیکی و نیروی کششـی و مکمـل کلسـیم از طریق تعدیـل فرایند جذب و بازجـذب اسـتخوان باعـث مهار کاهش ناشـی از تخمدان‌برداری و یا حفظ تودهٔ استخوانی و در نتیجه اسـتحکام اسـتخوان در آزمودنی‌های این دو گروه شـده اسـت. لذا، یافته‌های پژوهـش حاضر حاکی از افزایـش قابـل توجه مقادیر کلسـیم در درشـت نـی چـپ از ۴۶۴ در پیش‌آزمـون به ۵۷۲ قسـمت در میلیـون (ppm) در پس‌آزمون بـود که پس از پودر شـدن در کوره، با اسـتفاده از دستگاه اتمیک اندازه‌گیری شـد. به هر حال، به نظر می‌رسـد برنامهٔ تمرینی پژوهش حاضر که با شـدت ۵۰ تا تقریباً ۷۰ درصد حداکثر اکسـیژن مصرفی اجرا شد (۱۴،۶)، احتمـالاً باعث کاهـش چربی، افزایـش و یا حفظ تودهٔ خالص بدن و چگالی مواد معدنی اسـتخوان و در نتیجه افزایش وزن بدن آزمودنی‌ها شـده اسـت. ایـن احتمال نیـز وجود دارد که بر اثـر بی‌تحرکی، تودهٔ چربی در گـروه کنترل افزایش و تودهٔ خالص بدن آن‌ها کاهش داشـته باشـد. به هر حال، یکی از محدودیت‌های تحقیق حاضر عدم دسترسی به روش سنجش میزان جذب اشعهٔ ایکس (DXA) به منظور تعیین ترکیب بدن موش صحرایی بوده است. از این رو، پژوهش‌های کنترل شـدهٔ بیشـتری با استفاده از روش‌های پیشـرفته برای تأیید این دیدگاه، همچنین سایر سازوکارهای احتمالی لازم است.

به طور خلاصه، با توجه بـه نتایج این پژوهش می‌تـوان گفـت یائسـگی بـا کاهش اسـتحکام استخوان‌های متحمل وزن بدن همراه است و انجام تمرینات اسـتقامتی و یا مکمل کلسیم اثر مهاری و یا برگرداننده بر فرایند کاهش ناشی از یائسگی در میزان اسـتحکام استخوان درشت نی داشته باشد. از

www.SID.ir

Archive of SID

این‌رو، به نظر می‌رسد مدت و شدت تمرین برای حفظ چگالی استخوان درشت نی و یا جلوگیری از کاهش ناشی از یائسگی در چگالی استخوان مفید باشد. اگرچه در این پژوهش آثار تمرین استقامتی و مکمل کلسیم به صورت مجزا مطالعه شده، اما مطالعهٔ تأثیر ترکیبی ورزش و مکمل کلسیم بر استحکام استخوان درشت نی و یا سایر استخوان‌های متحمل وزن ممکن است مورد توجه محققان آتی قرار گیرد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

۱. حکمت، فرزانه، ۱۳۸۷، تأثیر تمرین استقامتی و مکمل کلسیم بر استحکام استخوان درشت نی موش‌های تخمدان‌برداری شده، پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد، دانشگاه غیر انتفاعی شمال.

۲. دبیدی روشن، ولی‌الله؛ گائینی، عباسعلی؛ رواسی، علی اصغر؛ جوادی، ابراهیم، ۱۳۸۴، اثر یک دوره تمرین تداومی بر پروتئین واکنش‌دهندهٔ C موش‌های صحرایی نژاد ویستار ۱۴۸۴۸، فصلنامهٔ المپیک، شمارهٔ ۳۰، ص ۷-۲۱.

۳. صارمی، عباس؛ قراخانلو، رضا؛ امیدفر، کبری؛ شرقی، ساسان؛ قرائتی، محمدرضا؛ اصغری، محمد، ۱۳۸۷، اثر تمرین مقاومتی و مکمل کراتین بر تراکم استخوانی مردان جوان، فصلنامهٔ پژوهش در علوم ورزشی، شمارهٔ ۲۰، ص ۱۱۱-۱۲۴.

۴. نظریان، علی‌باقر؛ خیام باشی، خیام؛ رهنما، نادر؛ سلامت، محمدرضا، ۱۳۸۷، مقایسهٔ تراکم مواد معدنی استخوان پای برتر و غیر برتر بازیکنان فوتبال با افراد غیر ورزشکار، فصلنامهٔ المپیک، شمارهٔ ۴۲، ص ۱۰۹-۱۱۶.

5. Barengolts, E.I.; Lathon, P.V.; Curry, D.J.; Kukreja, S.C. (1994). "Effects of endurance exercise on bone histomorphometric parameters in intact and ovariectomized rats". Bone Miner : 26(2):133-140.

6. Bedford, T.G.; Tipton, C.M.; Wilson, N.C.; Oppliger, R.A.; and Gisolfi, C.V. (1979). "Maximum oxygen consumption of rats and its changes with various experimental procedures". J. apple. Physiol:respire. Environ. Exercise physiol. 47(6).1278-1283.

7. Burns, Sandra; Iuliano, Jennifer; Stone, John; Hopper, L.; and Seeman, Ego (2005). "Diet and exercise during growth have site – specific skeletal effects: a co-twin control study", Journal of Osteoporosis International, Spring Londan .16(10) : 1225-1232.

8. Cavalie, H.; Horcajada – Molteni, M.N.; Lebecque, P.; Davicco, M.J.; Coxam, V.; Lac, G. and Barlet, J.P. (2003). "Progressive isometric force training and bone mass in rats", J. Musculoskel Neuron Interact, 3(1). 47-52.

9. Curtiss, D. Hunt and Barbara, J. Stoecker (2008). "Adequate dietary calcium restores vertebral trabecular bone microarchitecture and strength and improves femur calcium concentration following calcium depletion in young female rats", The FASEB Journal, 22:883-891.

10. Ding, M.; Hvid, I. (2000). "Quantification of age-related changes in the structure model type and trabecular thickness of human tibial cancellous bone". Bone, 26:291-295.

11. Fazzalariab, N.L.; Sutton-Smithab, P.; Kuliwa, Baab J.S.; Phippsc, R.J.; Parkinsonab, L..H. and Badieiab, A. (2008). "Calcium density of bone correlates with trabecular bone Architecture", Bone: 42 (Supplement 1):S49-S50.

12. Fuchs, R.K.; Shea, M.; Durski, S.L.; Winters-Stone, K.M.; Widrick, J.; Snow, C.M. (2007). "Individual and combined effects of exercise and alendronate on bone mass and strength in ovariectomized rats", Bone, 41 : 290–296.

13. Gala, J.; Diaz-Curiel, M.; de la Piedra, C.; Calero, J. (2001):"Short- and long term effects of calcium and exercise on bone mineral density in ovariectomized rats". Br J Nutr. 86(4):521-527.

14. Glesson, T.T.; and Baldwin, K.M. (1981). "Cardiovascular response to treadmill exercise in untrained rats". J. appl.physiol: respirat .environ.exercise physiol. 50(6). 1206-1211.

15. Grove, K.A.; Londeree, B.R. (1992). "Bone density in postmenopausal women: high impact v.s low impact exercise". Med Sci Sports Exerc, 24:1190-1194.

16. Heikk

www.SID.ir

Archive of SID

nen, J.; Kyllonen, E.; Kurttila-Matero, E. et al. (1997). "HRT and exercise: effects on bone density , muscle strength and lipid metabolism: Aplacebo controlled 2 year prospective trial on two strogen-progestin regimens in healthy postmenopausal women". Maturitas, 26:139-149.

17. **Hind, K.; Burrows, M. (2007). "Weight-bearing exercise and bone mineral accrual in children and adolescents: A review of controlled trials". J Bone, 40; 14-27.**
18. **Honda, Akiko; Sogo, Naota; Nagasawa, Seigo; Shimizu, Nagasawa; and Umemura, Yoshihisa (2003). "High-impact exercise strengthens bone in osteopenic ovariectomized rats with the same outcome as Sham rats", J . Appl Physiol, 95: 1032-1037.**
19. **Iuliano-Burns, S.; Saxon, L.; Naughton, G.; Gibbons, K.; Bass, S.L. (2003). "Regional specificity of exercise and calcium during skeletal growth in girls: A randomized controlled trial". J Bone Miner Res, 18:156–162.**
20. **Iwamoto, J.; Shimamura, C.; Takedda, T.; Abe, H.; Ichimura, S.; Sato, Y. and Toyama, Y. (2004). "Effects of treadmill exercise on bone mass, bone metabolism, and calciotropic hormones in young growing rats". J Bone Miner. Metab. 22:26-31.**
21. **Iwamoto, J.; Yeh, J.K. and Aloia, J.F. (1999). "Differential effect of treadmill exercise on three cancellous bone sites in the young growing rat". Bone, 24:163-169.**
22. **Jiang, Y.; Zhao, J.; Genant, H.K.; Dequeker, J.; Geusens, P. (1997). "Long-term changes in bone mineral and biomechanical properties of vertebrae and femur in aging, dietary calcium restricted, and/or strogen-deprived/-replaced rats". J Bone Miner Res. 12950:820-831.**
23. **Keen, Richard (2007). "Osteoporosis: strategies for prevention and management". Best Practice and Research Clinical Rheumatology, 21(1). 109-122.**
24. **Kemler, W.; Engelke (2004). "A critical review of exercise training effects on bone mineral density in early postmenopausal women". J Int Sport Med. 5, 1,211-218.**
25. **Lower, J.M.; Powers, S.K.; Hammern, J. and Martin, A.D. (1993). "Oxygen cost of treadmill running in 24-month- old fischer-344 rats". med.sci.sports.exerc. 25(11). 1259-1264.**
26. **Miura, Takehito; Yasuyoshi, Takayama and Masuo, Nakano (1999). "Effect of Shellfish Calcium on the Absorbtion of Calcium and Bone Metabolism in Ovariectomized Rats", Biosci. Biotechnol . Biochem. 63(1): 40-45.**
27. **Moayyeri, Alireza (2008). "The Association Between Physical Activity and Osteoporotic Fractures: A Review of the Evidence and Implications for Future Research", Ann Epidemiol, 44:1223-1231.**
28. **Nagai, Satoshi and Hiroyuki, Shindo (1997). "Mecanical strength of bone in canine osteoporosis model: Relationship between bone mineral content and bone fragility". Jonrnal of Orthopaedic Science, 2(6):428-433.**
29. **Narattaphol, Charoenphandhu; Tudpor, Kukiat; Thongchote, Kanogwun; Saengamnart, Wasana; Puntheeranurak, Supaporn and Krishnamra1, Nateetip (2007). "High-calcium diet modulates effects of long-term prolactin exposure on the cortical bone calcium content in ovariectomized rats", Am J Physiol Endocrinol Metab, 292: E443–E452.**
30. **Nordsletten, L.; Kaastad, T.S.; Madsen, J.E.; Reilker, O.; Vsteb, R.; Sremme, J.H. and Falch, J. (1994). "The development of femoral osteopenia in ovariectomized rats is not redused by high intensity treadmill training :A mechanical and densitometric study", Calcif Tissue Int, 55:436-442**
31. **Nordstrom, Anna; Hogstrem, Magnus; Nordstrom, Peter (2008). "Effects of different types of weight-bearing**

www.SID.ir

Archive of SID

loading on bone mass and size in young males: A longitudinal study". J Bone, 42; 565- 571.

32. **Notomi, Yakuya; Okimoto, Nobukazu; Okazaki, Yuichi; Nakamura, Toshitaka and Suzuki, Masashige (2003). "Tower Climbing Exercise Started 3 Manths After Ovariectomy recovers Bone Strength of the Femur and Lumbar Vertebrae in Aged Osteopenic Rats", Journal of Bone and Mineral Research, 18 (1): 140-149.**
33. **Omi, N.; Morikawa, N.; Ezawa, I. (1994). "The effect of voluntary exercise on bone mineral density and skeletal muscles in the rat model at ovariectomized and sham stages". Journal of Bone Miner, 24: 211-222.**
34. **Park, J.H.; Omi, N. et al. (2008). "Estrogen deficiency and low-calcium diet increase bone loss and urinary calcium excretion but did not aiterial stiffness in ying female rats". J Bone Miner Metab, 26(3): 218-225.**
35. **Peng, Z.Q.; Vaananen, H.K. and Tukkanen, J. (1999). "Ovariectomy-Induced bone loss can be affected by different intensities of treadmill running exercise in rats". J Calcified Tissue Int., 60(5):441-448.**
36. **Peng, Z.; Tukkanen, J.; Vaananen, H.K. (1996). "Exercise can provide protection against bone loss and prevent the decrease in mechanical strength of femoral neck in ovariectomized rats". J Calcified Tissue Int.**
37. **Peti, M.A.; Mckay, H.A.; Mackelvie, K.J.; Heinonen, A.; Khan, K.M.; Beck, T.J. (2002). "A randomized school-based jumping intervention confers site and maturity-specific benefits on one structural propertiesin girls: a hip structural analysis study". Bone Miner Res, 17:363-372.**
38. **Pruitt, L.A.; Jacson, R.D.; Bartels, R.L. et al. (2002). "Weight-training effects on bone mineral density in early postmenopausal women", J Bone Miner Res, 7:179-185.**
39. **Raab, D.M. and Smith, E.L. (1991). "Bone mechanical properties after exercise training in young and old rats", J. Appl.Physio, 68(1):130-134.**
40. **Renno, Ana; Claudia, M.; Raquel, Anna; Gomes, Silverira and et al. (2007). "Effects of a progressive loading exercise program on the bone and skeletal muscle properties of female osteopenic rats". Experimental Gerontology, 24:517-522.**
41. **Reid, I.R.; Ames, R.W.; Evans, M.C.; Gamble, G.D.; Sharpe, S.J. (1995). "Long-term effects of calcium supplementation on bone loss and fractures in postmenopausal women: a randomized controlled trial". Am J Med, 98:331-335.**
42. **Rachelle, A.; Swaim, M.; Jamie, S.; Barner, C.; Carolyn M. Brown (2008). "The relationship of calcium intake and exercise to osteoporosis health beliefs in postmenopausal women", Research in Social and Administrative Pharmacy, 4: 153–163.**
43. **Specker, B.; Binkley, T. (2003). "Randomized trial of physical activity and calcium supplementation on bone mineral content in 3- to 5-year-old children". J Bone Miner Res, 18: 885–892.**
45. **Vondracek, S.F.; Hansen, L.B.; McDermott, M.T. (2009). "Osteoporosis risk in premenopausal women". Pharmacotherapy; 29(3):305-17.**
46. **Warner, S.E.; Shea, J.E.; Miller, S.C. and Shaw, J.M. (2006). "Adaptations in Cortical and Trabecular Bone in Response to Mechanical Loading with and without Weight Bearing:, Calcif Tissue Int, 79:395-403.**
47. **Warner, S.E.; Sanford, D.A.; Becker, B.A.; Bain, S.D.; Srinivasan, S.; Gross, T.S. (2006). "Botox induced muscle paralysis rapidly degrades bone". Bone, 38:257-264.**
48. **Winters-Stone, Kerri; Christine, M.; Snow, M. (2006). "Site-specific response of bone to exercise in premenopausal women", Bone, 39: 1203–1209.**
49. **Yeh, J.K.; Niu, Q.; Evans, J.F.; Iwamoto, J. and Aloia, J.F. (2001). "Effect of circular motion exercise on bone modeling and bone mass in young rats: An animal model of isometric exercise", J Musculoskel Neuron**

www.SID.ir

Archive of SID

Interact, 1(3):235-240.

50. Zittermann, A.; Sabatschus, O.; Jantzen, S.; Platen, P.; Danz, A.; Dimitriou, T.; Scheld, K.; Klein, K.; Stehle, P. (2000). "Exercise-trained young men have higher calcium absorption rates and plasma calcitriol levels compared with age-matched sedentary controls". Calcif Tissue Int, 67:215–219.

51. Hinkle, Z.C. (2007). Fundamental of anatomy and movement: A workbook and guide, Mosby, Third edition, pp. 9.

www.SID.ir