مقاله پژوهشی

ارمغان دانش، مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی یاسوج
دوره ۲۰، شماره ۱۰، دی ۱۳۹۴(شماره پی در پی۱۰۵)

تاثیر مداخله برنامه های تمرینی استقامتی و ترکیبی (استقامتی-مقاومتی) بر تراکم توده استخوانی و استحکام مکانیکی استخوان ران رت های نر مبتلا به پوکی استخوان

فرزاد ناظم[۱]، عباس صالحی کیا [۲]

[۱] گروه فیزیولوژی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران، [۲]گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

تاریخ وصول: ۱۳۹۴/۴/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۸/۳

چکیده:

زمینه و هدف: در زمینه تأثیر تمرین‌های هم زمان هوازی و مقاومتی فزاینده بر پاسخ تشکیل بافت استخوانی برای پیشگیری و درمان پوکی استخوان اطلاعات محدود است. هدف از این مطالعه بررسی مداخله تمرین هم‌زمان هوازی و مقاومتی فزاینده بر تغییرات تراکم توده استخوانی و استحکام مکانیکی استخوان ران موش‌های صحرایی نر مبتلا به پوکی استخوان بود.

روش بررسی: در این مطالعه تجربی، ابتدا از بین ۴۰ رت نر ویستار، ۸ سر رت به عنوان گروه سالم جدا شدند. سپس در ۳۲ رت دیگر، پوکی استخوان با تزریق صفاقی محلول ۲۰ درصد اتانول ـ سالین (۳ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) القاء گردید. تزریق در۴ روز اول هفته، یک نوبت در روز و به مدت سه هفته متوالی انجام شد. رت های مبتلا به پوکی استخوان در ۴ گروه پایه، تمرین استقامتی، تمرین ترکیبی و کنترل (هر گروه ۸ رت) تقسیم شدند. پروتکل تمرین استقامتی شامل دویدن روی نوار گردان با شیب صفر درجه و با سرعت ثابت ۱۲ متر در دقیقه تا حداکثر ۶۰ دقیقه در روز بود. گروه ترکیبی، دو برنامه تمرین استقامتی و مقاومتی (۴ صعود از نردبان عمودی ۱۱۰ سانتی‌متری در زاویه ۸۰ درجه با وزنه های متصل به دم حیوان و رعایت اصل اضافه بار از ۵۰ درصد وزن حیوان در ست اول تا ۱۰۰ ٪ در ست چهارم) را انجام دادند. پس از اتمام ۱۲ هفته تمرین‌های ورزشی(۵ روز در هفته)، حیوانات کشته شده و استخوان‌های ران چپ خارج شده برای اندازه‌گیری تراکم توده استخوان(BMD) اسکن شدند و به وسیله تست خمشی سه نقطه‌ای برای به دست آوردن حداکثر نیروی شکست و سفتی استخوان آزمایش شدند. آزمون تی مستقل برای مقایسه گروه پایه با گروه سالم و از آنالیز واریانس یک راهه و آزمون تعقیبی توکی جهت بررسی تغییرات بین گروهی در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده گردید.

یافته‌ها: گروه ترکیبی افزایش معنی‌داری را در BMD (p=۰/۰۰۰۱)، حداکثر نیروی شکست(p=۰/۰۰۰۱) و سفتی(p=۰/۰۰۰۱) در برابر گروه کنترل نشان داد. مداخله ورزش استقامتی موجب افزایش معنی‌داری در حداکثر نیروی شکست (p=۰/۰۰۱) و سفتی(p=۰/۰۲۷) بدون اختلاف معنی‌داری به لحاظ آماری درBMD (p=۰/۵۱۴) شد. تغییرات افزایشی در عوامل BMD (p=۰/۰۰۰۱)، حداکثر نیروی شکست(p=۰/۰۰۰۱) و سفتی (p=۰/۰۰۶) استخوان ران گروه تمرین ترکیبی، به طور معنی‌داری بیشتر از گروه تمرین استقامتی به دست آمد.

نتیجه‌گیری: ترکیبی از تمرین مقاومتی و استقامتی ممکن است یک اثر هم افزایی بر افزایش استحکام مکانیکی استخوان ران رت‌های نر در برابر تمرین استقامتی تنها داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: پوکی استخوان، تمرین‌های استقامتی و ترکیبی، استحکام مکانیکی، چگالی استخوان

[*] **نویسنده مسئول: عباس صالحی کیا**، زاهدان، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

Email: salehikia@ped.usb.ac.ir

مقدمه

پوکی استخوان، یک اختلال سیستمیک اسکلتی است که با کاهش تراکم و از دست رفتن کیفیت ریزساختار استخوان، همراه است(۱). پیشینه مطالعه‌ها در کشور ایران مبین شرایط نامناسب تراکم استخوانی آحاد جامعه شهری است. مطابق گزارش مرکز تحقیقات متابولیسم و غدد دانشگاه علوم پزشکی تهران، ۷۰ درصد زنان و ۵۰ درصد مردان پنجاه سال و بالاتر به نوعی از پوکی استخوان رنج میبرند(۲). شیوع روزافزون این بیماری با عوارض ناتوان کننده و حتی کشنده، بار بهداشتی زیادی را بر جامعه تحمیل می‌کند، لذا لزوم برنامه ریزی آینده‌نگر برای کنترل پوکی استخوان و مطالعه برای تعیین اولویت‌های پیشگیری و درمان این بیماری اهمیت پیدا می‌کند. روش‌های درمانی متعدد مانند هورمون درمانی جایگزین(HRT)[1]، ترکیب‌های بیس فوسفاتات[2] و برنامه‌های فعالیت بدنی با هدف پیشگیری از پوکی استخوان توسعه یافته است. نتایج مطالعه های مربوط به درمان پوکی استخوان آشکار می‌کند که در مسیر برنامه‌ریزی مداخله‌ای، فعالیت بدنی و ورزش در اولویت نخست قرار می‌گیرد(۵ـ۳). از جنبه بروز سازگاری‌های مکانیکی استخوان، می‌توان گفت که فعالیت‌های ورزشی با ماهیت تحمل وزن، یک راهکار برجسته برای افزایش حداکثر تراکم توده استخوانی (BMD)[3]، مهار تحلیل رفتگی آن هنگام سالمندی و سرانجام پیشگیری از پوکی استخوان اطلاق می‌شود (۷ و ۶، ۱). گرچه فرآیندهای بیولوژیک وابسته به تشکیل بافت استخوانی در پاسخ به فشارهای مکانیکی با ورزش هنوز به طور کامل روشن نیست، با این حال، این فرآیندها همسنگ با افزایش سن دچار اختلال می‌شوند(۹ و۸)، لذا توجه به این نکته ضروری است که تنها الگوهای ورزشی معینی بسته به نوع، اندازه شدت، مدت و تواتر تمرین می‌توانند روند تثبیت یا سنتز استخوان تحت استرس را دستخوش دگرگونی کنند. به همین دلیل با وجود شواهد علمی درباره اثر بخشی تمرین‌های ورزشی در مهار پوکی استخوان، نتایج ناهمگون زیادی گزارش شده است. برای نمونه در مطالعه مروری بولام و همکاران با موضوع تأثیر فعالیت‌های ورزشی بر تراکم استخوانی(۱۰)، چندین مطالعه، افزایش معنی‌دارBMD را متعاقب برنامه‌های ورزشی نشان دادند و در مقابل نتایج پایلارد و همکاران، وایت فورد و همکاران، عدم تغییرBMD (۱۲ و ۱۱) و برخی یافته‌ها نیز، کاهش BMD در گروه ورزشی را نسبت به گروه کنترل گزارش نموده اند. به عنوان مثال در مطالعه وو و همکاران مداخله هر دو نوع تمرین استقامتی و مقاومتی در مقایسه با کنترل، تأثیر کاهنده برBMD لگن آزمودنی‌های زن و عدم تغییر آن در میان مردان داشت(۱۳). برآیند یافته‌های موجود آشکار می‌کند که نوع فعالیت ورزشی با تأکید بر مولفه‌های اندازه و شدت کار، ممکن است عامل عمده در بروز تغییرات تراکم توده استخوانی باشد. در این دست مطالعات، نقش مداخله فعالیت بدنی در تغییرات BMD بافت استخوان که به طور عمده با روش DEXA[4]

1- Hormone Replacement Therapy (HRT)
2- Bisphosphonate
3- Bone Mineral Density
4-Dual energy X-ray absorptiometry

اندازه‌گیری شده‌اند، کمیت استخوان را ارزیابی می‌کند و چون برای تشخیص و سنجش تغییرات حتی اندک تراکم مواد معدنی استخوان، مدت زمان نسبتاً طولانی لازم است، از این رو، سودمندی استفاده از این تکنیک را با محدودیت مواجه کرده است(۹). از سوی دیگر، دلیل برجسته شکستگی‌های مربوط به پوکی استخوان که در اثر ضربات مکانیکی جزئی و حتی خود به خودی رخ می‌دهد، تحلیل رفتگی کیفیت استخوان و کاهش استحکام مکانیکی آن گزارش شده است(۱۴)، با این حال، به دلیل دشواری شیوه ارزیابی قدرت و استحکام بافت استخوان در نمونه‌های انسانی، اکثر مطالعه‌های انجام شده بر روش تراکم سنجی استخوان متمرکز بوده است، در حالی که استفاده از مدل‌های حیوانی و انجام تست‌های مستقیم بیومکانیکی استخوان، انعکاس روشن‌تری از خواص مکانیکی استخوان در برابر روش‌های موجود ارایه می‌دهد(۶). مطالعه روی حیوانات نشان می‌دهد که برنامه‌های ورزشی مقاومتی(۱۸ـ۱۶ و ۴) و الگوی استقامتی دویدن روی نوار گردان(۱۸ـ۱۶ و۶) موجب بهبود در ریز ساختار استخوان، محتوای مواد معدنی و استحکام مکانیکی استخوان شده است. هرچند این یافته‌ها نقش تمرین های مقاومتی و تمرین های هوازی با ویژگی تحمل وزن را مورد تأکید قرار می‌دهند، اما نتایج مثبت آنها، ممکن است به واسطه محدودیت‌های طرح مطالعه‌ها، سوگیری انتخاب و فناوری سنجش غیرتهاجمی استخوان، در انسان‌ها دیده نشود(۱۹). با این حال نتایج متناقضی در اثر بخشی تمرین‌های مقاومتی گزارش شده است(۲۱ و ۲۰، ۴) و این نا هم‌خوانی در مطالعه‌های مربوط به تمرین‌های هوازی نیز مشاهده شده است. دراین باره، هاگی هارا و همکاران پس از مداخله ۸ هفته دویدن استقامتی روی تردمیل با سرعت ۱۵ متر در دقیقه به مدت ۳۰ دقیقه در روز، افزایش معنی‌دارBMD در استخوان ران رت‌ها را گزارش نمودند، اما با افزایش مدت زمان دویدن به ۱۸۰ دقیقه در روز، BMD به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد(۱۷). ایواماتو و همکاران با مقایسه سه نوع شدت تمرین استقامتی نشان داد که تنها ورزش هوازی با شدت متوسط(۱۲ متر در دقیقه و روزانه یک ساعت)، باعث افزایش تراکم معدنی و قدرت مکانیکی استخوان ران رت‌ها شده است(۱۸). از میان استراتژی‌های فعالیت بدنی و تمرین‌های ورزشی برای پیشگیری و درمان پوکی استخوان، تأثیر انواع فعالیت‌های ورزشی استقامتی و مقاومتی بر تراکم ماده معدنی و استحکام مکانیکی استخوان در انسان و مدل‌های حیوانی به طور گسترده‌ای نشان داده شده است، اما پیرامون تأثیر استفاده همزمان و ترکیبی هر دو نوع فعالیت ورزشی استقامتی و مقاومتی بر پاسخ تشکیل بافت استخوانی برای پیشگیری و درمان پوکی استخوان، اطلاعاتی در دسترس نیست. بنابراین برای درک روشن‌تر مداخله الگوهای مختلف ورزشی بر سازگاری‌های اسکلتی در رسیدن به یک شیوه تمرین ورزشی مطلوب برای به حداکثر رساندن اثرات استخوان ساز ورزش در پیشگیری و درمان نسبی پوکی استخوان، مداخله پروتکل‌های ورزشی مختلف

حایز اهمیت است، لذا در مطالعه حاضر این فرضیه که تمرین استقامتی دویدن در ترکیب با تمرین مقاومتی می‌تواند تأثیر بیشتری بر افزایش قدرت و تراکم توده استخوانی داشته باشد، بررسی می‌شود. به علاوه، به دلیل استفاده از مدل حیوانی در ارزیابی نقش الگوی تمرینات ورزشی بر قدرت و استحکام استخوان، این امکان فراهم گردید که از تست مکانیکی خمش سه نقطه‌ای[1] به عنوان یک روش تهاجمی عینی که در انسان انجام آن امکان‌پذیر نمی‌باشد در کنار DEXA استفاده شود تا در صورت هم‌سو بودن نتایج، بتوان از نتایج DEXA با اطمینان بیشتری استفاده نمود. استفاده از تست مکانیکی، روشی مفید برای تشخیص وضعیت عملکردی استخوان است که داده‌های عینی در زمینه استحکام استخوان، در اختیار قرار می‌دهد(۲۲) و علاوه بر آن می‌تواند شکستگی‌های استخوانی مشاهده شده در شرایط بالینی را شبیه سازی کند. به دلیل تشابه میان سازوکار پاتوفیزیولوژیک گونه جانوری رت و انسان، این مدل حیوان، الگوی مناسبی برای سنجش آزمایشگاهی پوکی استخوان درنظر گرفته می‌شود(۶). با این حال، شواهد علمی، از محدودیت‌های جنس ماده مانند تغییرات هورمونی در ایجاد سازگاری‌های اسکلتی وابسته به تغییرات هورمونی حکایت دارد(۲۳)، به همین دلیل، برای مهار تأثیر منفی مداخلات ناخواسته، از رت‌های نر استفاده شد. از سوی دیگر مصرف مفرط الکل، علت شناخته شده برای بروز پوکی استخوان ثانویه قلمداد شده است (۲۴). شواهد علمی‌آشکار می‌کند که اتانول به طور مستقیم مانع عملکرد استئوبلاست‌ها شده و با مهار فرآیندهای تکثیر سلولی، سنتز ماتریکس و معدنی شدن کامل واحدهای ساختاری، از دست دادن توده استخوانی را تشدید نموده و سرانجام به پوکی استخوان می‌انجامد (۲۶-۲۴). بنابراین هدف از این مطالعه تاثیر مداخله برنامه های تمرینی استقامتی و ترکیبی (استقامتی-مقاومتی) بر تراکم توده استخوانی و استحکام مکانیکی استخوان ران رت های نر مبتلا به پوکی استخوان بود.

روش بررسی

در این مطالعه بنیادی و تجربی ۴۰ سر موش صحرایی نر از نژاد ویستار با دامنه وزنی ۲۰۰ــ۱۸۰ گرم از مرکز علوم حیوانات آزمایشگاهی دانشگاه علوم پزشکی بقیه اله(عج) خریداری و به حیوان خانه گروه زیست‌شناسی دانشگاه اصفهان انتقال داده شدند. کلیه رت‌ها در گروه‌های ۴ تایی در قفس‌های پلی‌کربنات شفاف(با ابعاد ۱۵×۱۵×۳۰) و در محیط کنترل شده با دمای ۲±۲۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۳±۵۵ درصد با چرخه روشنایی- تاریکی ۱۲:۱۲ ساعت نگهداری شدند. برای تغذیه روزانه رت‌ها از غذای استاندارد به صورت پلت ساخت شرکت بهپرور استفاده شد. پس از دو هفته نگهداری حیوانات، برای ایجاد سازگاری با محیط، ۸ سر رت به عنوان گروه سالم(شم) جدا شدند، سپس پوکی استخوان با تزریق

1- Aerobic Exercise Training Protocol

صفاقی محلول ۲۰ درصد اتانول به سالین (۳ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) در سایر رت‌ها القاء گردید. تزریق اتانول در۴ روز اول هر هفته، یک نوبت در روز، به مدت ۳ هفته متوالی انجام گرفت. با ملاحظه تأثیر احتمالی تزریق در ایجاد استرس، همزمان به گروه سالم(شم) نیز، سالین (۳ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) تزریق شد. برای تعیین اندازه طبیعی شاخص‌های ارزیابی بافت استخوان سالم، گروه شم منظور گردید تا متعاقب تزریق اتانول و بروز پوکی استخوان در سایر رت‌ها با وضعیت پیش آزمون رت‌های استئوپروز شده(گروه پایه) مقایسه شود. رت‌های استئوپروز شده با الکل قبل از شروع آزمایش، به صورت تصادفی در چهار زیر گروه شامل؛ پایه، گروه استقامتی، گروه ترکیبی و گروه کنترل، هر یک شامل ۸ سر رت تقسیم شدند. دو گروه سالم(شم) و پایه به ترتیب برای مطالعه اندازه‌های طبیعی و شرایط پوکی استخوان، قبل از مداخله تمرینی، کشته شدند. نتایج این دو گروه برای مشخص شدن رخداد پوکی استخوان در رت‌های تحت آزمایش مقایسه شدند. سپس رت‌های استئوپروز شده در گروه‌های تمرینی استقامتی، مقاومتی و ترکیبی، پروتکل برنامه‌های ورزشی تعیین شده را ۵ روز در هفته تا ۳ ماه اجرا نمودند. رت‌های گروه کنترل در هیچ یک از برنامه‌های ورزشی در طول دوره سه ماهه شرکت نکردند. در روند مقید کردن حیوان به ورزش، تقویت‌های منفی مانند شوک الکتریکی، پمپ فشار باد و غیره استفاده نشد. بلکه برای تحریک به انجام تمرینات ورزشی، تنها از لمس کردن دم رت‌ها استفاده گردید. برای همسان‌سازی دریافت استرس ناشی از مواجهه با آزمون‌گر، حیوانات گروه کنترل، روزانه و در زمان معینی جهت وزن کشی به وسیله آزمون‌گر در قفس جابجا و لمس می‌شدند. برای همگن نمودن غذای مصرفی رت ها، تغذیه روزانه گروه ترکیبی قبل از شروع مداخله ورزش، اندازه گیری و به همان اندازه در اختیار سایر گروهها قرار می‌گرفت(۱۶). دسترسی به آب برای همه رت‌ها آزاد بود. گروه‌های تحت مداخله تمرینی و گروه کنترل، روزانه قبل از شروع تمرین ورزشی توزین می‌شدند. پس از اجرای ۱۲ هفته برنامه تمرینی، گروه‌های استقامتی، مقاومتی و ترکیبی به همراه گروه کنترل کشته شدند. فرآیند این مطالعه بر اساس دستورالعمل کار با حیوانات آزمایشگاهی به وسیله کمیته اخلاق و گروه فیزیولوژی دانشگاه اصفهان تأیید گردید.

ماهیت این تحقیق، به دلیل دستکاری متغیرها در شرایط آزمایشگاهی و مداخله دو پروتکل استقامتی و ترکیبی بر چگالی مواد معدنی و استحکام مکانیکی استخوان ران رتهای نر مبتلا به پوکی استخوان، از نوع بنیادی است.

برنامه تمرین استقامتی، شامل دویدن روی نوار گردان ۶ کاناله(ساخت ایران، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان) بود. ابتدا رت‌ها به مدت یک هفته با نحوه انجام فعالیت روی نوار گردان آشنا شدند. برنامه آشناسازی شامل ۵ جلسه راه رفتن و دویدن با سرعت ۸ تا ۱۰ متر در دقیقه به مدت ۵ تا ۱۰ دقیقه

بود. پروتکل اصلی شامل دویدن روی نوار گردان با شیب صفر درجه و با سرعت ثابت ۱۲ متر در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه در جلسه اول و تا حداکثر ۶۰ دقیقه در جلسات پایانی ادامه یافت(۲۷). برای گرم کردن در ابتدای هر جلسه به مدت ۵ دقیقه تا رسیدن به سرعت مورد نظر، به تدریج بر سرعت نوار گردان افزوده و به منظور سرد کردن در انتهای هر جلسه تمرین نیز سرعت نوار گردان به صورت معکوس کاهش داده می‌شد. برنامه تمرینی استقامتی، ۵ جلسه در هفته و به مدت ۱۲ هفته اجرا گردید.

برنامه تمرین ترکیبی، شامل ترکیب پروتکل‌های استقامتی و مقاومتی بود(۲۸). در پروتکل برنامه مقاومتی، فعالیت رت‌ها شامل بالارفتن از یک نردبان فلزی به طول ۱۱۰ سانتی‌متر و عرض ۳۵ سانتی‌متر با زاویه ۸۰ درجه با سطح افق بود(۲۸). یک جعبه لاستیکی (درابعاد۱۰×۱۵×۳۵) همسطح بخش بالایی نردبان، برای استراحت تناوبی حیوان در فواصل ست‌های تمرین طراحی گردید. ابتدا برنامه آشناسازی حیوان برای بالا رفتن از پلکان در گروه ترکیبی شامل؛ سه مرحله حمایت و استقرار رت در یک سوم بالای نردبان سپس از نیمه میانی پلکان و سرانجام از پایین‌ترین نقطه پلکان ظرف یک هفته پیاپی و هر نوبت روزانه به مدت ۳۰ دقیقه انجام گرفت. در مرحله بعد، برنامه ورزش مقاومتی، شامل ۴ ست بالارفتن از نردبان همراه با اعمال اضافه بار فزآینده بود. هر ست تمرین روزانه شامل ۸ تا ۱۲ حرکت تکرار تا رسیدن به جعبه استراحت بود. در ست اول تمرین، وزنه فلزی اضافه شده معادل ۵۰ درصد وزن بدن حیوان تعیین گردید. سپس اضافه بار با درصدهای ۷۵ درصد در ست دوم و ۹۰ درصد برای ست سوم و در ست چهارم معادل ۱۰۰ درصد وزن حیوان اعمال می‌شد(۲۹). در بین هر دو ست، رت‌ها به مدت ۶۰ ثانیه در جعبه فوقانی تعبیه شده در بالای نردبان استراحت می‌کردند که در همین فاصله وزنه‌ها به وسیله نوار چسب به ابتدای دم رت‌ها نزدیک به تنه بسته می‌شد. رت‌ها روزانه قبل از شروع تمرین توزین می‌شدند. به منظور همگن نمودن ویژگی حجم تمرین بین دو گروه ورزشی، رت های گروه ترکیبی نیز ۵ روز در هفته به مدت ۱۲ هفته تمرین کردند و در حالی که رت های گروه استقامتی، طول یک جلسه تمرین را به فعالیت استقامتی دویدن روی تردمیل می‌پرداختند، رت های گروه ترکیبی، در نیمه ابتدای هر جلسه، تمرین مقاومتی و در نیمه دوم آن، تمرین هوازی را اجرا می‌کردند. تمرین مقاومتی همواره پیش از تمرین استقامتی اجرا شد تا از خستگی زودرس ناشی از تمرین استقامتی جلوگیری شود(۳۰).

در نمونه‌های استخوانی برای انجام تست استحکام مکانیکی، هر رت در ظرف دسیکاتور با اتر بیهوش شد. پس از کشته شدن، استخوان فمور چپ از هیپ و زانو جدا گردید. سپس بافت‌های نرم اطراف استخوان با دقت بدون آسیب‌رسانی به پریوستئوم استخوان، جداسازی شد و بلافاصله برای جلوگیری از دهیدراته شدن، درون گاز آغشته به سرم فیزیولوژیک ۹ درصد بانداژ شده و در دمای ۲۰ـ

درجه تا زمان ارزیابی‌های استخوانی در فریزر نگهداری شدند(۲۱ و۶).

برای انجام تست دنسیتومتری و استحکام مکانیکی استخوان، قبل از انجام هریک از تست‌های BMD و تست خمش سه نقطه‌ای، نمونه‌های استخوانی از فریزر خارج شد و۳ ساعت در دمای اتاق(۲۲-۲۰ درجه سانتی‌گراد) نگهداری و تا پایان تست، برای جلوگیری از دهیدراته شدن استخوان، به طور مرتب با سرم فیزیولوژیک ۹ درصد مرطوب می‌شدند.BMD در میان تنه استخوان ران رت ها بوسیله دستگاه DXA (مدل :lunar, Madison, WI ساخت کشور آمریکا) که برای اندازه‌گیری در حیوانات کوچک تطبیق داده شده بود در مرکز رادیولوژی دکتر نورالدینی در شهر آمل اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها بلافاصله پس از اسکن فریز شده و در دمای ۲۰- درجه نگهداری و برای انجام تست مکانیکی به دانشکده پزشکی دانشگاه تربیت مدرس تهران انتقال داده شدند. تست استحکام مکانیکی استخوان به وسیله تست خمش سه نقطه‌ای به وسیله دستگاه ارزیابی مقاومت استخوان(مدل zwick universal testing machine z 2/5 ساخت کشور آلمان) روی استخوان ران چپ رت‌ها انجام گرفت. پس از انتخاب پارامترهای مربوط به تست خمش در نرم‌افزار دستگاه، فک‌های دستگاه متناسب با تست خمش سه نقطه‌ای تنظیم گردید. نمونه استخوانی از داخل سرم فیزیولوژیک خارج گردید و بلافاصله روی دو تکیه گاه آهنی به صورت قدامی ـ خلفی روی فک‌های پایینی دستگاه قرار گرفت. سپس فک بالایی به صورت عمودی بر محور طولی استخوان با سرعت ثابت ۵ میلی‌متر بر دقیقه حرکت می‌کرد. برای اطمینان از برابری نقاط اعمال نیرو در همه نمونه‌ها، با استفاده از قرار گیری دهانه کولیس روی سر دیستال و پروگزیمال فمور، استخوان فمور چنان روی پایه های دستگاه قرار می‌گرفت که نیرو درست در نقطه میانی شافت استخوان، وارد می‌شد. برای جلوگیری از سر خوردن احتمالی دو سر استخوان، از کاغذ سمباده استفاده شد. بار اعمال شده هنگام گسیختگی بافت استخوانی و منحنی نیرو ــ جا به جایی به وسیله نرم‌افزار دستگاه ترسیم شد و در مانیتور کامپیوتر دستگاه ثبت گردید. شاخص‌های مکانیکی شامل حداکثر نیروی شکست[1] بر حسب نیوتن و سفتی[2] بر حسب نیوتن بر میلی‌متر به وسیله نرم افزار test txpert برای هر نمونه استخوانی تعیین گردید(۱۶).

داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار SPSS و آزمون‌های آماری کولموگروف ـ اسمیرنوف و لوین به ترتیب برای بررسی توزیع نرمال داده‌ها و همگنی واریانس‌ها استفاده شد. برای مقایسه میانگین دوگروه سالم(شم) و پایه، از آزمون تی مستقل استفاده شد. آنالیز واریانس یک راهه در بررسی تغییرات بین گروهی پس از ۱۲ هفته مداخله تمرینی و متعاقب مشاهده اختلاف معنی‌دار، آزمون تعقیبی توکی انجام گرفت. فرض‌های آماری درسطح معنی‌داری آلفای ۰/۰۵ ارزیابی شدند.

1- Maximum breaking-force
2- Stiffness

یافته‌ها

پس از مقایسه میانگین متغیرهای وابسته در دو گروه شم (قبل از القاء پوکی استخوان) و پایه (پس ازالقاء پوکی استخوان)، در مقادیرBMD معادل ۴۵ درصد، حداکثر نیروی شکست برابر ۴۲/۸ درصد و سفتی استخوان ۴۷ درصد، کاهش معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) در رت‌های گروه پایه نسبت به گروه سالم مشاهده شد(جدول۱). میانگین و انحراف معیار وزن اولیه و پایانی گروه‌های مطالعه قبل و بعد از مداخله تمرینی در جدول۲ ارایه شده است. تفاوت آماری معنی‌داری در مقادیر وزن بدن در آغاز آزمایش بین گروه‌ها وجود نداشت($p=۰/۵۵$). این نکته بیانگر همگنی گروه‌ها در ابتدای آزمایش می‌باشد. وزن رت‌های هر کدام از گروه‌های مداخله تمرینی و کنترل از آغاز تا پایان دوره آزمایش، افزایش داشت، اما در وزن نهایی به دست آمده در پایان پروژه نیز، بین گروه‌ها به لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار نبود($p=۰/۱۸$). نتایج مربوط به آنالیز واریانس یک راهه(جدول۳) و آزمون تعقیبی توکی(جدول۴)، در مرحله پس آزمون نشان داد که اندازه چگالی ماده معدنی(BMD) تنه استخوان ران گروه تمرین ترکیبی به طور معنی‌داری بالاتر از گروه‌های کنترل و تمرین استقامتی بود، اما این الگوی تفاوت بین دو گروه تمرین استقامتی و کنترل مشاهده نشد($p<۰/۰۵$). نتایج تست مکانیکی خمش سه نقطه‌ای نیز نشان داد که ۱۲ هفته مداخله برنامه ورزشی در پارامتر حداکثر نیروی شکست تنه استخوان ران، در هر دو گروه ترکیبی و استقامتی منجر به افزایش معنی‌دار شاخص استحکام مکانیکی استخوان در مقایسه با گروه کنترل گردیده است، اما اندازه این پارامتر در گروه تمرین ترکیبی به طور قابل ملاحظه بیشتر از گروه استقامتی به دست آمد($p<۰/۰۵$). شاخص سفتی استخوان ران هر دو گروه تمرین ترکیبی و استقامتی نیز، افزایش معنی‌داری را در مقایسه با گروه کنترل نشان داد، اما این شاخص منتخب بیومکانیکی در گروه ترکیبی نسبت به گروه استقامت بالاتر بود($p<۰/۰۵$).

جدول ۱: آزمون تی مستقل برای مقایسه دو گروه سالم و پایه در شاخص های حداکثر نیروی شکست، سفتی استخوان وBMD

متغیرها	گروه	انحراف معیار ± میانگین	اختلاف میانگین	آماره آزمون تی	سطح معنی داری
حداکثر نیروی شکست (نیوتن)	سالم(شم)	۱۲۹/۰۶ ±۱۷/۵۶	- ۵۵/۲۹	- ۶/۶۴۹	۰/۰۰۰*
	پایه	۷۳/۷۷ ± ۶/۱۲			
	درصد تغییرات	۴۲/۸			
سفتی (نیوتن بر میایمتر)	سالم(شم)	۱۹۳/۰۹ ± ۸/۷۴	- ۹۰/۸۰	- ۱۷/۹۱۵	۰/۰۰۰*
	پایه	۱۰۲/۲۸ ± ۶/۵۲			
	درصد تغییرات	۴۷			
تراکم ماده معدنی (گرم بر سانتیمتر مربع)	سالم(شم)	۰/۲۲۱۷ ± ۰/۰۱۷۲	- ۰/۱۰۱۶	- ۱۲/۸۳۱	۰/۰۰۰ *
	پایه	۰/۱۲۰۰ ± ۰/۰۰۸۹			
	درصد تغییرات	۴۵			

* **معنی‌داری در سطح ۰/۰۵**

جدول ۲: میانگین و انحراف معیار وزن اولیه و پایانی گروه های مطالعه قبل و بعد از مداخله تمرینی

گروه وزن(گرم)	سالم(شم)	پایه	کنترل	استقامتی	مقاومتی	ترکیبی
اولیه	۲۵۸/۷ ± ۸/۶	۲۴۸/۵ ± ۱۲/۷	۲۵۱/۵ ± ۱۶	۲۴۷ ± ۱۵/۲	۲۴۸/۸ ± ۱۴/۲	۲۵۴ ± ۱۴/۶
پایانی	-	-	۴۰۷/۱ ± ۸	۳۹۴ ± ۱۴/۳	۴۰۳/۲ ± ۱۱/۱	۳۹۸/۱ ± ۱۴/۹

جدول ۳: میانگین و انحراف معیار متغیرهای پژوهش وآنالیز واریانس یک راهه برای گروه کنترل، استقامتی و ترکیبی در پس‌آزمون

متغییر	گروه ها	انحراف معیار ± میانگین	آماره آزمونF	معنی داری
تراکم ماده معدنی استخوان (گرم بر سانتیمتر مربع)	کنترل	۰/۱۰۸۳±۰/۰۱۹۴	۵۰/۰۰	۰/۰۰۰ *
	استقامتی	۰/۱۲۵۰±۰/۰۳۰۱		
	ترکیبی	۰/۲۱۸۷±۰/۰۱۱۶		
حداکثر نیروی شکست (نیوتن)	کنترل	۸۶/۵۱±۲/۶۰	۱۱۴/۹۹	۰/۰۰۰ *
	استقامتی	۹۴/۶۲±۳/۳۸		
	ترکیبی	۱۱۵/۵۵±۷/۸۲		
سفتی (نیوتن بر میلیمتر)	کنترل	۱۰۴/۳۲±۱۱/۳۳	۱۳/۰۴	۰/۰۰۰ *
	استقامتی	۱۰۷/۳۵±۶/۳۰		
	ترکیبی	۱۴۷/۰۷±۱۷/۹		

*** معنی‌داری در سطح ۰/۰۵**

جدول ۴: نتایج آزمون تعقیبی توکی برای شاخص های BMD، حداکثر نیروی شکست و سفتی استخوان در مرحله پس‌آزمون

متغییر	گروه ها		اختلاف میانگین	خطای استاندارد	سطح معنی داری
تراکم ماده معدنی استخوان	ترکیبی	کنترل	۰/۱۱۰۰	۰/۰۱۱۹	۰/۰۰۰*
		استقامتی	۰/۰۹۳۳	۰/۰۱۱۹	۰/۰۰۰*
	استقامتی	کنترل	۰/۰۱۶۶	۰/۰۱۱۹	۰/۵۱۴
حداکثر نیروی شکست	ترکیبی	کنترل	۲۹/۰۳	۱/۶۲	۰/۰۰۰*
		استقامتی	۲۰/۹۲	۱/۶۲	۰/۰۰۰*
	استقامتی	کنترل	۸/۱۱	۱/۶۲	۰/۰۰۱*
سفتی	ترکیبی	کنترل	۴۲/۷۵	۷/۶۷	۰/۰۰۰*
		استقامتی	۳۹/۷۱	۷/۶۷	۰/۰۰۰*
	استقامتی	کنترل	۳/۰۳	۷/۶۷	۰/۷۰۱

*** معنی‌داری در سطح ۰/۰۵**

بحث

نتایج اولیه مطالعه نشان داد که چگالی ماده معدنی، حداکثر نیروی شکست و سفتی استخوان ران پس از تزریق اتانول در رت‌های استئوپروز شده در مقایسه با رت‌های سالم به ترتیب ۴۵، ۴۲/۸ و۴۷ درصد کاهش معنی‌داری به لحاظ آماری داشته و از این طریق وضعیت بروز پوکی استخوان در رت‌ها پس از تزریق اتانول مشخص گردید که با مطالعه‌های کالاسی و همکاران و الشناوی و همکاران در خصوص نتایج BMD (۲۶ و۲۵) و با یافته‌های ناتومی و همکاران و رنو و همکاران در شاخص‌های حداکثر نیروی شکست و سفتی(۱۵ و۴) مطابقت دارد. بر

اساس نتایج نهایی تحقیق حاضر، اجرای ۱۲ هفته تمرین استقامتی، سبب افزایش معنی‌دار در شاخص‌های مکانیکی استخوان شامل حداکثر نیروی شکست و سفتی استخوان ران رت‌های مبتلا به پوکی استخوان، بدون تغییر معنی‌داری در مقادیرBMD در مقایسه با گروه کنترل شد که با نتایج ایواماتو و همکاران هم‌خوانی دارد، اما با یافته‌های دی سوزا و همکاران، جو و همکاران، همسو نیست(۱۶ و۶). دلیل آن شاید این باشد که در مطالعه‌های آنها تنها از شاخص BMD برای ارزیابی سازگاری‌های حاصل از ورزش استفاده شده است. در حالی که سازگاری‌های بیولوژیک نشان می‌دهند که استحکام استخوان، علاوه بر BMD که معرف کمیت استخوان است، تحت تأثیر مستقیم خصوصیات بیومکانیکی که بیانگر کیفیت استخوان هستند نیز قرار می‌گیرد(۱۴). تعیین اندازه BMD با روش DEXA، ابزار مناسبی برای تخمین شکستگی‌های استئوپروتیک است، اما ظاهراً این تکنیک به تنهایی برای ارزیابی مداخله فعالیت بدنی بر بافت استخوانی چندان کارامد نیست(۱۹ و۱۴). این شاخص، به طور عمده مقدار مواد معدنی رسوب شده و فقط کمیت بافت استخوانی را نشان می‌دهد. درحالی که، برای ارزیابی مقاومت استخوان در برابر شکستگی‌های مرتبط با پوکی استخوان، پارامترهای کیفی متعدد مانند نسبت مواد و اجزاء تشکیل دهنده اصلی استخوان (هیدروکسی آپاتیت[۱] و کلاژن)، ژئومتری[۲] استخوان (شکل و اندازه)، جنس مواد تشکیل دهنده و ریز ساختارهای بافت ترابیکولار[۳] و کورتیکال[۴] که نشان دهنده کیفیت استخوان هستند(۳۱ و۱۹)، همه بر قدرت و استحکام مکانیکی استخوان تأثیرگذار بوده و با یک تست مکانیکی قابل اندازه‌گیری می‌باشند. این ویژگی‌ها ممکن است به طور مستقل و حتی بدون تغییر بارز BMD در کاهش یا افزایش خطر شکستگی نقش ایفا کنند(۱۹). به طوری که نتایج تست مکانیکی استخوان در مطالعه حاضر نشان داد که قدرت و استحکام استخوان می‌تواند حتی بدون تغییر معنی‌دار BMD، افزایش یابد و بنابراین ممکن است بهبود استحکام استخوان رت‌ها در پاسخ به تمرین استقامتی به دنبال افزایش کیفیت بافت استخوانی بوده باشد تا کمیت آن. احتمال دیگر این است که اثرات مثبت فعالیت بدنی از طریق بار مکانیکی که بر استخوان وارد می‌نماید با افزایش هم‌زمان هر دو فاکتور جرم ماده معدنی و مساحت ناحیه‌ای باعث کاهش میزان چگالی استخوانی شده، لذا نتایج BMD را مخدوش می‌نماید، به گونه‌ای که اگر تنها به مقادیر BMD اکتفا شود، ممکن است اثرات فعالیت بدنی کمتر از حد لازم ارزیابی شده و حتی گاهی نادیده گرفته شوند(۱۴). بنابراین در ارزیابی تغییرات اسکلتی در پاسخ به بارهای مکانیکی اعمال شده به وسیله فعالیت بدنی و ورزش، BMD نباید به عنوان تنها نتیجه‌ای که بایستی بهبود پیدا کند، در نظر گرفته شود(۳۲). از سوی دیگر، برنامه ترکیبی (استقامتی ـ مقاومتی)

1- Hydroxyapatite [Ca5(PO4)3(OH)]
2- Geometry
3-Trabecular
4-Cortical

موجب افزایش معنی‌دار در BMD استخوان ران رت‌ها گردید که با یافته‌های پایلارد و همکاران و وایت فورد و همکاران که عدم تغییر و وو و همکاران که کاهش مقادیرBMD را به دنبال برنامه‌های ورزشی گزارش کرده بودند(۱۳-۱۱)، در تضاد است. به نظر می‌رسد به دلیل استفاده از نمونه‌های انسانی در این مطالعه‌ها، عواملی مانند ژنتیک، قومیت، سن و رژیم غذایی نیز می‌توانند نقش مهمی در پاسخ بافت استخوانی به فعالیت ورزشی داشته باشند. علاوه بر آن تفاوت در نوع تمرین‌های ورزشی به کار رفته نیز می‌تواند دلیل این اختلاف باشد. یافته مهم دیگر که در این مطالعه به دست آمد نشان داد که تمرین ترکیبی در مقایسه با تمرین استقامتی، افزایش بیشتری را در شاخص‌های استحکام مکانیکی استخوان ران رت های نر مبتلا به پوکی استخوان، همراه با بهبود مقادیرBMD ایجاد نموده است. سازو کار احتمالی افزایش توده استخوانی پس از اجرای این نوع تمرین‌های ترکیبی، به دو عامل کاهش تخریب استخوانی از مسیر کاهش تعداد استئوکلاست‌ها[1] و افزایش تشکیل استخوان از مسیر افزایش تعداد استئوبلاست‌ها[2] استناد می‌شود(۱۵). در این زمینه ترنر(۲۰۰۳) خاطر نشان می‌کند که بارهای مکانیکی اعمال شده بر استخوان، در صورتی که در آستانه تحریکی لازم رخ دهند، در مایع استخوانی شبکه لاکونار- کانالیکولار[3]، شیبی ایجاد می‌شود که به آبشاری از وقایع درون سلولی، شامل بالارفتن سطوح کلسیمی‌داخل سلول، بیان فاکتورهای رشد، افزایش تولید ماتریکس استخوانی و سرانجام استخوان سازی منجر می‌شود(۲۹). از سوی دیگر به نظر می‌رسد که ایجاد فشار مکانیکی بالا همراه با توزیع غیر یکنواخت آن هنگام اجرای هم‌زمان پروتکل ورزشی استقامتی و مقاومتی، با پاسخ مثبت استخوان همراه بوده به طوری که، خواص مکانیکی استخوان در رت های گروه ترکیبی افزایش بیشتری را در مقایسه با گروه استقامتی نشان داد. به نظر می‌رسد فشارهای مکانیکی پویا متشکل از اعمال بارهای فزآینده با تکرارهای متناوب و فواصل استراحتی کافی بین تکرارها، خیلی بیشتر از فشارهای پویا با یک نوع بارگذاری ثابت و تکرارشونده، بر قدرت و توده استخوانی تأثیر می‌گذارند(۳۳ و۲۹). تصور می‌شود که گیرنده‌های مکانیکی استخوان به تمریناتی که بار یکنواختی را اعمال می‌کنند پس از مدتی سازگار شده و به یک حالت اشباع شدگی می‌رسند که پس از آن دیگر به این نوع فعالیت پاسخ نمی‌دهند و در نتیجه قدرت و توده استخوانی افزایش نمی‌یابد(۲۷ و۲۳). از سوی دیگر یافته‌های فرناندو و همکاران(۲۰۱۰) نشان داد که دو مدل تمرینی استقامتی و مقاومتی، پاسخ‌های متفاوتی بر خصوصیات بیومکانیکی استخوان ران رت‌ها داشته است(۲۰). بنابراین ممکن است که اجرای هم‌زمان تمرین‌های استقامتی و مقاومتی در الگوی ترکیبی، از طریق سازو کارهای مختلفی، تشکیل استخوان را

1- Hydroxyapatite [Ca5(PO4)3(OH)]
2- Geometry
3-Trabecular
4-Cortical

تحریک نموده و در نهایت منجر به پاسخ مضاعفی در راستای افزایش استحکام مکانیکی استخوان شده باشد.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این مطالعه حاوی نتایج کلینیکی معنی‌داری است و بر این واقعیت تکیه دارند که حتی بدون بهبود درBMD، مداخلات ورزشی ممکن است که در بیماران پوکی استخوان از طریق بهبود و اثربخشی بر سایر عوامل تعیین کننده استحکام استخوان مفید واقع شوند. هم‌چنین نتایج این مطالعه نشان داد که ترکیبی از فعالیت‌های ورزشی مقاومتی و استقامتی ممکن است یک اثر هم افزایی مثبتی بر افزایش قدرت مکانیکی استخوان ران رت‌های نر دارای پوکی استخوان در مقایسه با تمرین استقامتی تنها داشته باشد و احتمالاً می‌تواند حفاظت مطلوب و بهینه‌تری را در برابر پوکی استخوان فراهم نماید.

تقدیر و تشکر

این مطالعه حاصل پایان‌نامه دکترای فیزیولوژی ورزشی دانشکده تربیت بدنی دانشگاه بوعلی سینا می‌باشد، که با حمایت مالی این دانشگاه انجام شد .

REFERENCES

1.Li L, Chen X, Lv S, Dong M, Zhang L, Tu J, et al. Influence of Exercise on Bone Remodeling-Related Hormones and Cytokines in Ovariectomized Rats: A Model of Postmenopausal Osteoporosis. PLoS One 2014; 9(11): 1-10.
2.Khorsandi J, Shamsi M, Jahani F. The Survey of Practice about Prevention of Osteoporosis Based on Health Belief Model in Pregnant Women in Arak City. J Rafsanjan Univ Med Scie 2013; 12(1): 35-46.
3.Starnes JW, Neidre DB, Nyman JS, Roy A, Nelson MJ, Gutierrez G, et al. Synergistic effect of exercise and statins on femoral strength in rats. Experimental Gerontology 2013; 48(8): 751–5.
4.Renno AC, Silveira Gomes AR, Nascimento RB, Salvini T, Parizoto N. Effects of a progressive loading exercise program on the bone and skeletal muscle properties of female osteopenic rats. Exp Gerontol 2007; 42(6): 517–22.
5.Hamidi Z, Majdzadeh R, Soltani A, Larijani MB. Casual decomposition of risk factors in osteoporosis burden. J of Medical Council of IRI 2007; 24(4): 381-92.
6.De Souza RR, Do Carmo Sitta M, Sobrinho JMS, Filho WJ. Long term running exercise vs long term strength exercise on femoral bone mass assessed in a rat model. J Exerc Physiol 2013; 16 (2): 92-8.
7.Moreira LD, Oliveira ML, Lirani-Galvão AP, Marin-Mio RV, Santos RN, Lazaretti-Castro M. Physical exercise and osteoporosis: effects of different types of exercises on bone and physical function of postmenopausal women. Arq Bras Endocrinol Metabol 2014; 58(5): 514-22.
8.Kohrt WM, Bloomfield SA, Little KD, Nelson ME, Yingling VR. American college of sports medicine position stand: physical activity and bone health. Med Sci Sports Exerc 2004; 36(11): 1985-96.
9.Maïmoun L, Sultan CH. Effects of physical activity on bone remodeling. Metabolism 2011; 60(3): 373–88.
10.Bolam KA, van Uffelen JG, Taaffe DR. The effect of physical exercise on bone density in middle-aged and older men: a systematic review. Osteoporos Int 2013; 24(11): 2749-62.
11.Paillard T, Lafont C, Costes-Salon MC, Rivière D, Dupui P. Effects of brisk walking on static and dynamic balance, locomotion, body composition and aerobic capacity in ageing healthy active men. Int J Sports Med 2004; 25(7): 539–46.
12.Whiteford J, Ackland TR, Dhaliwal SS, James AP, Woodhouse JJ, Price R, et al. Effects of a 1-year randomized controlled trial of resistance training on lower limb bone and muscle structure and function in older men. Osteoporos Int 2010; 21(9):1529–36.
13.Woo J, Hong A, Lau E, Lynn H. A randomised controlled trial of Tai Chi and resistance exercise on bone health, muscle strength and balance in community-living elderly people. Age Ageing 2007; 36(3): 262–8.
14.Beck TJ, Kohlmeier LA, Petit MA, Wu G, Leboff MS, Cauley JA, et al. Confounders in the Association between Exercise and Femur Bone in Postmenopausal Women. Med Sci Sports Exerc 2011; 43(1): 80-9.
15.Notomi T, Okazaki Y, Okimoto N, Tanaka Y, Nakamura T, Suzuki M. Effects of Tower Climbing Exercise on Bone Mass, Strength and Turnover in orchidectomized Growing Rats. J Appl Physiol 2002; 93(3): 1152–8.
16.Joo YI, Sone T, Fukunaga M, Lim SG, Onodera S. Effects of endurance exercise on three-dimensional trabecular bone microarchitecture in young growing rats. Bone 2003; 33(4): 485–93.
17.Hagihara Y, Nakajima A, Fukuda S, Goto S, Iida H, Yamazaki M. Running exercise for short duration increase bone mineral density of loaded long bones in rats. Tohoku J Exp Med 2009; 19(2): 139-43.
18.Iwamoto J, Yeh JK, Aloia JF. Differential effect of treadmill exercise on tree cancellous bone sites in the young growing rats. Bone 1999; 24(3): 163-9.
19.Fonseca H, Moreira-Gonçalves D, Coriolano HJ, Duarte JA. Bone Quality: The Determinants of Bone Strength and Fragility. Sports Med 2014; 44(1): 37-53.
20.Aguiar AF, Agati LB, Müller SS, Pereira OC, Dal-Pai-Silva M. Effect of physical training on the mechanical resistance of rat femur proximal thirds. Acta Ortop Bras 2010; 18(5): 245-9.
21.Drummond LR, Del Carlo RJ, Melo SFS, Junior MAC, Da Silva KA, Rodrigues AC, et al. Enhanced femoral neck strength in response to weightlifting exercise training in maturing male rats. Int SportMed J 2013; 14 (3): 155-67.
22.Leppänen OV, Sievänen H, Järvinen TL. Biomechanical testing in experimental bone interventions--May the power be with you. J Biomech 2008; 41(8):1623-31.
23.Cassilhas RC, Reis IT, Venâncio D, Fernandes J, Tufik S, Mello MT. Animal model for progressive resistance exercise: a detailed description of model and its implications for basic research in exercise. Motriz J Phys Ed 2013; 19(1): 178-84.
24.Broulík PD, Vondrová J, Růzicka P, Sedlácek R, Zíma T. The Effect of Chronic Alcohol Administration on Bone Mineral Content and Bone Strength in Male Rats. Physiol Res 2010; 59(4): 599-604.
25.Callaci JJ, Juknelis D, Patwardhan A, Sartori M, Frost N, Wezeman FH. The Effects of Binge Alcohol Exposure on Bone Resorption and Biomechanical and Structural Properties are Offset by Concurrent Bisphosphonate Treatment. Alcohol Clin Exp Res 2004; 28(1): 182–91.
26.El-Shenawy S, Yassin N, Badary O, EL-Moneem MA, AL-Shafeiy H. Study of the effect of Allium porrum on osteoporosis induced in rats. Der Pharmacia Lettre 2013; 5(1): 188-98.
27.Iwamoto J, Takeda T, Sato Y. Effect of treadmill exercise on bone mass in female rats. Exp Anim 2005; 54(1): 1-6.

28.De Souza EO, Tricoli V, Bueno Junior C, Pereira MG, Brum PC, Oliveira EM, et al. The acute effects of strength, endurance and concurrent exercises on the Akt/mTOR/p70S6K1 and AMPK signaling pathway responses in rat skeletal muscle. Braz J Med Biol Res 2013; 46(4): 343-7.
29.Turner CH, Robling AG. Designing exercise regimens to increase bone strength. Exerc Sport Sci Rev 2003; 31(1): 45-50.
30.Hosseni M, AghaAlinejad H, Peeri M, Hajsadeghi SH. Effect of endurance, resistance and concurrent training on the heart structure of the female university students. Olympic 2008; 16(4): 29-38.
31.Chen X, Aoki H, Fukui Y. Effect of exercise on the bone strength, bone mineral density, and metal content in rat femurs. Biomed Mater Eng 2004; 14(1): 53-9.
32.Going SB, Laudermilk M. Osteoporosis and Strength Training. Am J Lifestyle Med 2009; 3(4): 310-9
33.Robling AG, Hinant FM, Burr DB, Turner CH. Shorter, more frequent mechanical loading sessions enhance bone mass. Med Sci Sports Exerc 2002; 34(2): 196-202.

Armaghane-danesh, Yasuj University of Medical Sciences Journal (YUMSJ)

Original Article

The Interference Of Endurance And Concurrent (Endurance-Resistance) Training Programs On Femoral Bone Mineral Density And Mechanical Strength Of Osteoporotic Male Rats

Nazem F[1], Salehikia A[2*]

[1]Department of Exercise Physiology, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, [2]Department of Sport Physiology, Sistan and Baluchestan University, Zahedan, Iran.

Received: 7 Jul 2015 Accepted: 25 Oct 2015

Abstract

Background & aim: There is no information available regarding the effect of an incremental Concurrent aerobic and resistance training protocol on osteogenic response of bone tissue for osteoporosis prevention and treatment. This study evaluated the efficacy of concurrent training compared to endurance training for enhancing femoral bone mineral density and mechanical strength of osteoporotic male Wistar Rats.

Methods: In the present experimental design, among the total forty male Wistar rats selected for the study, 8 rats were separated as healthy group. Then, Osteoporosis was induced in other rats by intraperitoneal injection of 20% alcohol/saline solution (3 g per kg of body weight). Injection were carried out in the first 4 days of the week, once a day for three consecutive weeks. Osteoporotic rats divided into 4 groups (n=8 per group): baseline, resistance training, concurrent training and control. The endurance training protocol included running on a treadmill with a 0% grade and at a constant speed 12 m/min to a maximum of 60 minutes per day. Concurrent group carried out a combination of both endurance and resistance trainings (4 series of climbs on the 110-cm vertical ladder angled at 80º with weights tied to animal tail and Observance the principle of overload at 50% of the total body mass of the animal in the first series to 100% in the fourth series). After completing 12 weeks of exercise trainings (5 days a week), the animals were euthanized, and excised left femurs were scanned for BMD measurement and examined by three point bending test to obtain the Maximum breaking-force and stiffness. Data analysis performed by Independent t-test for comparing among healthy and baseline groups, as well, one way- ANOVA was applied for assessment of inter groups viabilities. A p- value (0.05) was set for data statistical analysis.

Result: The Concurrent group showed a significantly increased BMD (p=0.000), maximum force (p=0.000) and stiffness (p=0.000) compared to the control group. Endurance exercise intervention resulted in a significant increase in maximum force (p=0.001) and stiffness (p=0.027) without statistical significance differences in BMD (p=0.514). Incremental changes in factors of BMD (p=0.000), maximum force (p=0.000) and stiffness (p=0.006) of femoral Concurrent training group obtained more than endurance training group.

Conclusion: The results of this study showed that the combination of endurance and strength training exercise may have a synergistic effect on increasing the mechanical strength of osteoporotic femoral bone in male rats versus to endurance training alone.

Keyword: Osteoporosis, endurance and Concurrent training, Mechanical strength, Bone density

[*]**Corresponding author: Salehikia A,** Department of Sport Physiology, Sistan and Baluchestan University.
Email: salehikia@ped.usb.ac.ir

Please cite this article as follows:
Nazem F, Salehikia A. The Interference Of Endurance And Concurrent (Endurance-Resistance) Training Programs On Femoral Bone Mineral Density And Mechanical Strength Of Osteoporotic Male Rats. Armaghane-danesh 2016; 20 (10): 873-887.