اثر شانزده هفته تمرین هوازی منتخب بر استئوپونتین و استئوکلسین سرمی در زنان میانسال غیرفعال

هاجر عباس زاده صورتی[1]✉، خسرو ابراهیم[2]، حجت ا... نیک بخت[3]

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، گروه تربیت بدنی، تهران، ایران ۲. استاد دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده تربیت بدنی، تهران، ایران ۳. دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، گروه تربیت بدنی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۹۲/۰۶/۰۴ **تاریخ پذیرش مقاله:۹۲/۶/۲۴**

چکیده

هدف: هدف تحقیق حاضر، بررسی اثر ۱۶ هفته تمرین هوازی منتخب بر استئوپونتین و استئوکلسین سرمی در زنان میانسال غیرفعال بود. **روش شناسی:** در این مطالعه نیمه تجربی، ۱۶ نفر از زنان میانسال غیر فعال (۳/۶۶۷±۳۹/۳۷۵ سال)، که هیچ گونه فعالیت بدنی منظمی نداشتند، بطور انتخابی به عنوان آزمودنی‌های تحقیق انتخاب و بطور تصادفی به دو گروه تجربی (۹ نفر) و کنترل (۷ نفر) تقسیم شدند. نمونه‌های خونی ناشتایی قبل و بعد از ۱۶ هفته تمرین هوازی جمع‌آوری شد. تمرینات منتخب هوازی با شدت ۶۵ تا ۷۰٪ ضربان قلب هدف هر فرد، سه جلسه در هفته و به مدت ۱۶ هفته انجام شد. از آزمون t همبسته و یومان ویتنی برای مقایسه تغییرات درون گروهی و بین گروهی استئوپونتین و استئوکلسین در سطح معنی‌داری $\alpha \leq ۰/۰۵$ استفاده شد. **نتایج:** نتایج بین گروهی تفاوت معنی‌داری را در تغییرات استئوپونتین و استئوکلسین گروه تمرین نسبت به گروه کنترل نشان داد (به ترتیب p=۰/۰۲۳ و p=۰/۰۲۱). در مقایسه‌های درون گروهی نیز گروه تمرین در هر دو شاخص افزایش معناداری را نشان داد (p<۰/۰۵). اما گروه کنترل تغییرات معناداری نشان نداد. **بحث و نتیجه گیری:** به نظر می‌رسد فعالیت هوازی طولانی مدت با شدت متوسط برای تغییر سبک زندگی زنان میانسال با هدف تقویت پروتئین‌های مؤثر بر چگالی استخوان و جلوگیری از پوکی استخوان مفید باشد.

واژه گان کلیدی: تمرین هوازی طولانی مدت، نشانگرهای غیرکلاژنی متابولیسم استخوان، پوکی استخوان، زنان پیش از یائسگی

The effects of Sixteen weeks of selected aerobic training on Serum osteopontin and osteocalcin in sedentary middle-aged women

Abstract

Purpose: The aim of this study was to examine the effects of 16-weeks selective aerobic training on serum osteopontin and osteocalcin in sedentary middle-aged women. **Methods:** In this semi-experimental study, 16 sedentary middle-aged women (39/375±3/667 years) who had no regular physical activity were non-randomly selected as the subjects, randomly divided into experimental (n=9) and control groups (n=7). Fasting blood samples were taken before and after 16 weeks of aerobic training. Aerobic training was performed at an intensity corresponding to 65% to 70% of the subjects' target heart rate for 3 d/wk and for 16 weeks. Paired t-test was used to determine the differences between before and after training data in each group, and Mann-Whitney test was used to compare data in training and control groups. Statistical significance was set at $\alpha \leq 0.05$. **Results:** osteopontin and osteocalcin increased significantly in the experimental group than in the control group after 16 weeks of aerobic training (respectively, p=0/023 and p=0/021). In the within-group comparisons, the training group in both indices showed a significant increase (p<0/05). However, the control group showed no significant changes. **Conclusion:** It seems that prolonged moderate-intensity aerobic training may be useful for middle-aged women by lifestyle changes aimed at proteins that affect bone density and prevent osteoporosis.

Key words: long-term aerobic training, non-collagenous markers of bone metabolism, Osteoporosis, pre-menopausal women

✉**نویسنده مسئول:** هاجر عباس‌زاده صورتی، تلفن: ۰۹۱۱۲۱۶۳۵۱۱

Email: h.abaszade61@gmail.com

مقدمه

پوکی استخوان از شایع‌ترین بیماری‌های متابولیک استخوان در دوران میان سالی و سالمندی شناخته شده است (۱). شروع این عارضه در صورتی آغاز می‌شود که تغذیه ناکافی و ترکیب آن با عدم فعالیت بدنی مانع از رسوب کافی کلسیم شود. به عبارت دیگر، پوکی استخوان به صورت کاهش در چگالی مواد معدنی استخوان و تغییرات تخریب کننده میکروسکوپی بافت استخوان و در نتیجه افزایش خطر شکستگی تعریف می‌شود که این ناشی از کاهش تدریجی استخوان همراه با افزایش سن است که میلیون‌ها زن و حتی مردان را گرفتار کرده و به عنوان مشکل جدی سلامتی افراد جامعه مورد توجه است (۱، ۲). در این بیماری، چگالی مواد معدنی[1] (BMD) کاهش می‌یابد، ریزساختارهای استخوان دچار اختلال می‌شوند، و کیفیت و تنوع پروتئین‌های غیرکلاژنی تغییر می کند(۳، ۴، ۵). استئوپونتین[2] و استئوکلسین[3] جزو پروتئین‌های ارگانیک و غیرکلاژنی متابولیسم استخوان هستند (۳، ۶، ۷). استئوپونتین (OPN) در سال ۱۹۸۹ توسط هاین گارد و همکاران او به عنوان عامل مؤثر معدنی شدن سلول‌های بنیادی استخوان معرفی شد. همچنین استئوپونتین نشانگری از بازشکل‌گیری استخوان است. استئوکلسین (OC) نیز یک نشانه شکل‌گیری استخوان است که توسط استئوبلاست‌ها در طی تشکیل استخوان تولید می‌شود و فراوان‌ترین و گسترده‌ترین پروتئین غیرکلاژنی مطالعه شده در استخوان می‌باشد(۳، ۶، ۸، ۹)، در واقع، استئوپونتین ساخت ماده معدنی اولیه استخوان را تسهیل می‌کند و استئوکلسین وضعیت هندسی و ماده معدنی استخوان را تنظیم می‌کند (۶). هر دو در بسیاری موارد برای شناسایی نوسازی استخوان استفاده می‌شوند.

در مطالعات مختلف نشان داده شده است بی‌تحرکی باعث کاهش مواد معدنی استخوان تقریباً به اندازه ۱ درصد در هر سال می‌شود، و این کاهش مواد معدنی استخوان هنگام یائسگی افزایش می‌یابد و می‌تواند باعث پوکی استخوان و شکستگی‌های استخوانی در دهه‌های بعدی زندگی شود (۱۰). از سوی دیگر، مطالعات نشان می‌دهند فعالیت بدنی آثار مثبتی بر توده اسکلتی دارد و بار مکانیکی را از طریق نیروهای کششی به توده اسکلتی منتقل می‌کند (۱۰،۲). هامپریز و همکاران (۲۰۰۹) کاهش میزان استئوپونتین را بعد از ویبریشن کل بدن با و بدون تمرین مقاومتی نشان دادند (۱۱)، اما ساینو و همکاران(۲۰۰۳) در مطالعه‌ای روی مدل حیوانی اثرات کوتاه مدت و بلند مدت تمرین دویدن را بررسی کردند که استئوپونتین به عنوان یک شاخص بازشکل‌گیری استخوان بعد از ۱۴ هفته ۱۴٪ افزایش داشت (۱۲). سطوح استئوکلسین در ورزشکاران نسبت به غیر ورزشکاران بالاتر بود و به نظر می‌رسد ورزشکاران نوسازی[4] استخوانی بالاتری نسبت به غیر ورزشکاران دارند (۱۳). کیتاریوان و همکاران (۲۰۱۱) اثرات فعالیت راه رفتن روی تردمیل را بر نشانگرهای بیوشیمیایی استخوان مطالعه کردند که در زنان ۳۰-۷۰ سال استئوکلسین در زنان پیش از یائسگی تفاوت معنی‌داری با زنان پس از یائسگی نداشت (۱۴). در مقابل لین و همکاران(۲۰۱۲) با بررسی اثرات کوتاه مدت تمرین در مردان جوان افزایش استئوکلسین را نشان دادند (۱۵).

کاهش فعالیت بدنی عامل مهمی در کاهش BMD استخوان در زنان پس از یائسگی بیان شده است. در مقابل فعالیت بدنی برای جلوگیری از کاهش و حفظ و افزایش توده استخوان پیشنهاد شده و چندین مطالعه مکانیسم‌هایی را نشان می‌دهند که فعالیت بدنی می‌تواند بر سلامت استخوان در زنان پس از یائسگی اثر داشته باشد. برای مثال تمرین مقاومتی، راه رفتن، جاگینگ، دوچرخه، تمرینات آبی، پرش‌های عمودی، تمرینات ژیمناستیک در رابطه با فیزیولوژی استخوان مطالعه شده‌اند (۹). علیرغم موارد مذکور تحقیقات بسیار اندکی در خصوص اثر فعالیت ورزشی طولانی مدت بر چگالی و متابولیسم استخوانی زنان میانسال پرداخته‌اند و اکثر تحقیقات بر روی زنان یائسه و یا ورزشکاران جوان صورت گرفته است. اما نتایج ناهمگونی گزارش شده است. در برخی از این مطالعه‌ها کاهش نشانگرهای تشکیل و بازجذب استخوان در زنان یائسه مبتلا به استئوپروز و استئوپنی و عدم تغییر نشانگر تشکیل و بازجذب استخوان در زنان یائسه گزارش شده است (۱۶). باتوجه به اثرات ضد استئوپروزی فعالیت ورزشی و اثرات قوی بر نشانگرهای متابولیسم استخوان و اهمیت پیشگیری از

[1]- Bone Mineral Density(BMD)
[2]- Osteopontin(OPN)
[3]- Osteocalcin(OC)
[4]- Turnover

پوکی استخوان، می‌توان فرض کرد که فعالیت ورزشی طولانی مدت در کاهش پوکی استخوان در زنان پیش از یائسه مؤثر است. لذا تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر ۱۶ هفته برنامه تمرینات هوازی بر نشانگرهای متابولیسم استخوان در زنان پیش از یائسگی انجام شد.

روش پژوهش

نمونه های پژوهش

۱۶ نفر زن غیرفعال سالم مراجعه کننده به باشگاه‌های ورزشی شهرستان بابل به صورت هدفمند و با بررسی سابقه پزشکی و نیز تکمیل پرسشنامه آمادگی برای فعالیت بدنی (PAR-Q) به عنوان آزمودنی‌های این تحقیق انتخاب شدند و سپس به طور تصادفی به دو گروه تجربی (۹ نفر) و کنترل (۷ نفر) دسته‌بندی شدند. هیچ یک از آزمودنی‌ها سابقه بیماری و اختلالات هورمونی اثرگذار بر متابولیسم استخوانی را نداشتند و در زمان پژوهش تحت درمان دارویی نبودند. همچنین هیچ‌گونه سابقه ورزشی نداشته و حداقل ۶ ماه پیش از شرکت در برنامه تمرینات این پژوهش در هیچ برنامه تمرینی شرکت نداشتند. برخی نکات از جمله عدم مصرف الکل، نوشابه و سیگار، ویتامین D و K، کلسیم و فسفر مورد تأکید قرار گرفت. در جلسه‌ای اهداف و شیوه اجرای تحقیق و برنامه تمرینی تشریح شد و از همه آزمودنی‌ها رضایت نامه کتبی شرکت در این پژوهش گرفته شد. اطلاعات مربوط به سن، قد، وزن، نمایه توده بدن، Vo_{2max} و درصد چربی آزمودنی‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد ویژگی های توصیفی و فیزیولوژیکی آزمودنی ها

گروه / متغیر	گروه تمرین	گروه کنترل	ارزش p
سن(سال)	۳۹/۳۳۳±۴/۰۹۲	۳۹/۴۲۸±۳/۳۵۹	۰/۹۶۱
قد(متر)	۱/۶۲۶±۰/۰۳۶	۱/۵۸۸±۰/۰۳۸۴	۰/۰۶۵
وزن(کیلوگرم)	۷۶/۸۸۸±۱۳/۵۲۲	۶۸/۴۲۸±۹/۳۰۶	۰/۱۸۰
نمایه توده بدن (کیلوگرم/ متر مربع)	۲۹/۰۴۱±۴/۹۷۲	۲۷/۱۱۳±۳/۴۹۴	۰/۳۹۹
Vo_{2max} (میلی لیتر/دقیقه/کلوگرم)	۲۸/۹۵۷±۴/۴۱۹	۲۸/۶۹۹±۴/۳۸۵	۰/۹۰۹
درصد چربی(٪)	۱۹,۵۵۵±۱,۱۳۰	۲۰,۲۸۵±۰,۹۵۱	۰/۱۹۲

پروتکل پژوهش

برای ارزیابی متغیرهای بیوشیمیایی عمل خون‌گیری پس از ۱۲ ساعت ناشتایی و در دو مرحله قبل و بعد از ۱۶ هفته (۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین) انجام گرفت. در هر مرحله توسط کارشناس آزمایشگاه از سیاهرگ آنتی کوبیتال دست چپ آزمودنی‌ها در حالت استراحتی و در وضعیت نشسته ۱۰ میلی لیتر خون گرفته شد. نمونه‌های خون پس از سانتریفیوژ و جدا کردن سرم تا زمان انجام آزمون‌ها در دمای ۸۰- درجه سانتی گراد نگهداری شد. برای جلوگیری از تأثیر ریتم شبانه‌روزی، عمل خون‌گیری در زمان معینی از روز (ساعت ۸/۵ تا ۹/۵ صبح) انجام شد. سطوح سرمی استئوپونتین و استئوکلسین با استفاده از کیت‌های تجاری الایزای شرکت هانگژو ایسبیوفارم[1] ساخت آمریکا به ترتیب دارای حساسیت ۰/۱۵ و ۰/۰۲۶ نانوگرم بر میلی‌لیتر(ng/ml) و با دستگاه الایزا[2] اندازه‌گیری و تحلیل شد. قد و وزن هر آزمودنی به صورت بدون کفش و با حداقل لباس برحسب کیلوگرم با ترازوی مجهز به قدسنج پزشکی سکا[3] ساخت آلمان، با دقت ۰/۱± سانتی‌متر و ۰/۱± کیلوگرم، درصد چربی با استفاده از کالیپر و فرمول سه نقطه‌ای پولاک و جکسون برای خانم‌ها، نمایه توده بدنی با استفاده از فرمول مجذور قدبه متر/وزن (کیلوگرم) و Vo_{2max} با استفاده از آزمون پیاده‌روی راکپورت اندازه گیری شد. برنامه تمرین هوازی با شدت ۶۵ تا ۷۰٪ ضربان قلب هدف، به مدت ۱۶ هفته، هفته‌ای سه جلسه و هر جلسه ۴۵ دقیقه انجام شد. هر جلسه از بخش‌های زیر تشکیل می‌شد:

گرم کردن: شامل۱۰ دقیقه راه رفتن، حرکات کششی، دویدن آرام با شدت ۵۵ تا ۶۵٪ ضربان قلب نشان

بخش اصلی: ۲۰ دقیقه تمرینات به صورت ایروبیک، استپ پا و موزون با ۶۵ تا ۷۰٪ ضربان قلب نشان هر فرد به علاوه ۱۰ دقیقه تمرینات دونفره و تک نفره دست با توپ بسکتبال با همان شدت

سرد کردن: ۵ دقیقه راه رفتن و حرکات کششی تا رسیدن به ضربان قلب طبیعی

[1]- Hangzhou Easebiopharm
[2]- Elaisa Reader
[3]- Seca

بخش اصلی تمرین با شدت ۶۵٪ ضربان قلب ذخیره و ۳۰ دقیقه در هر جلسه، به مدت ۲ هفته برای آشنایی آغاز شد و در جلسات بعدی به ۷۰٪ ضربان قلب نشان رسید. با توجه به افزایش سطح آمادگی افراد پس از دو ماه آزمون ضربان قلب استراحتی و بیشینه مجدداً گرفته شد و اثر سازگاری قلبی عروقی و عضلانی درنظر گرفته شد و با ضربان قلب هدف جدید تمرین ادامه می‌یافت. همچنین برای تعیین شدت تمرین به عنوان درصدی از VO_{2max}، ضربان قلب نشان هر فرد براساس روش کارونن به طریق زیر محاسبه شد (۱۶):

ضربان قلب استراحت +درصد شدت تمرین*(ضربان قلب استراحت-ضربان قلب بیشینه)=ضربان قلب هدف

ضربان قلب آزمودنی‌های گروه تجربی هنگام فعالیت با استفاده از ضربان سنج بیورر(ساخت آلمان) کنترل شد. گروه کنترل در هیچ برنامه فعالیت ورزشی شرکت نکردند و تنها فعالیت‌های بدنی عادی خود را انجام دادند. هم چنین، به تمام آزمودنی‌ها توصیه خواهد شد در طول دوره تمرین از شرکت در هرگونه فعالیت ورزشی دیگر خودداری نمایند. شرایط تمرین برای همه آزمودنی‌ها یکسان بود. برنامه تمرینی در سالن ورزشی و در روزهای یکشنبه، سه شنبه و پنج شنبه هر هفته تحت نظر محقق اجرا گردید.

تحلیل آماری

از آمار توصیفی برای دسته‌بندی و تجزیه و تحلیل اولیه داده‌ها و از آزمون کلموگرف-اسمیرنوف به منظور بررسی چگونگی توزیع داده‌ها در هر گروه استفاده شد. برای مقایسه میانگین‌های پیش آزمون و پس آزمون در داخل هر گروه از آزمون t همبسته و برای مقایسه‌های بین گروهی (به دلیل اینکه تعداد نمونه‌های هر گروه کمتر از ۱۵ نفر می‌باشد) از آزمون یومان ویتنی در سطح معنی‌داری $\alpha \leq ۰/۰۵$ استفاده شد. کلیه عملیات آماری با نرم‌افزارهای SPSS با ویرایش ۱۸ و Excel به اجرا درآمد.

نتایج

نتایج آزمون کلموگرف-اسمیرنوف طبیعی بودن توزیع داده‌ها را تأیید کرد. میانگین و انحراف استاندارد تغییرات درون گروهی متغیرها بعد از ۱۶ هفته تمرین هوازی در جدول ۲ ارائه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، سطوح استئوپونتین و استئوکلسین آزمودنی‌های گروه تجربی به طور معنی‌داری افزایش داشته است (P=۰/۰۰۱ و P=۰/۰۲۰). تغییرات این متغیرها در گروه کنترل معنی‌دار نبود (P=۰/۸۷۶ و P=۰/۴۳۶). بررسی تفاوت‌های بین گروهی نشان داد که استئوپونتین (P=۰/۰۲۳) و استئوکلسین (P=۰/۰۰۹) گروه تجربی پس از مداخله تمرینی به طور معنی‌داری نسبت به گروه کنترل تغییر داشته است(جدول ۳).

جدول ۲. تغییرات استئوپونتین و استئوکلسین سرم در گروه‌های تمرین و کنترل

	گروه	پیش از تمرین	پس از تمرین	p
استئوپونتین (نانوگرم/ میلی لیتر)	تمرین	±۱۰/۱۰۳ ۱۶/۵۱۷	±۱۶/۱۸۵ ۲۴/۰۳۲	۰/۰۲۰*
	کنترل	±۱۱/۹۱۷ ۱۷/۹۲۸	±۱۲/۹۴۲ ۱۷/۶۳۷	۰/۸۷۶
استئوکلسین (نانوگرم/ میلی لیتر)	تمرین	±۲۲/۶۲۸ ۲۳/۶۶۲	±۲۴/۰۹۰ ۲۸/۴۱۴	۰/۰۰۱*
	کنترل	±۱۹/۹۹۹ ۳۱/۴۷۴	±۲۱/۶۹۴ ۳۰/۰۱۱	۰/۴۳۶

جدول ۳. نتایج آزمون من ویتنی برای تفاوت تغییرات استئوپونتین و استئوکلسین سرم بین دو گروه تمرین و کنترل

	گروه ها	من ویتنی	z	p
استئوپونتین (نانوگرم/ میلی لیتر)	تمرین-کنترل	۱۰	-۲/۲۷۹	۰/۰۲۳*
استئوکلسین (نانوگرم/ میلی لیتر)	تمرین-کنترل	۷	-۲/۵۹۵	۰/۰۰۹*

بحث و نتیجه گیری

فرایند بازساری استخوان به میزان قابل توجهی تحت تأثیر فشارهای مکانیکی وارد بر آن قرار می‌گیرد. براساس مطالعه‌های انجام گرفته فشارهای مکانیکی ناشی از فعالیت‌های ورزشی با تحمل وزن، از مهمترین عواملی هستند که در تشکیل استخوان جدید و افزایش تراکم مواد معدنی استخوان تأثیر دارند (۲، ۵، ۱۵، ۱۷، ۱۸، ۱۹). اکثر مطالعات اثرات فعالیت بدنی بر استخوان را با تغییرات BMD بررسی نموده‌اند، این در حالی است که نشانگرهای بیوشیمیایی استخوان، در تعیین تغییرات متابولیسم استخوان حساسیت بیشتری دارند (۷، ۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲). اندازه‌گیری شاخص های بیوشیمیایی، این امکان را فراهم می‌سازد که تغییرات استخوانی در پاسخ به فشارهای

مکانیکی مورد ارزیابی قرار گیرد (۱۸). شاخص‌های تشکیل استخوان مانند استئوکلسین و شاخص‌های بازشکل‌گیری استخوان مانند استئوپونتین منعکس کننده تغییرات متابولیسم استخوان هستند. ماتریکس استخوان یک ترکیب از پروتئین‌های کلاژنی و غیرکلاژنی مشتق شده از استئوبلاست است که وظیفه معدنی شدن را برعهده دارند. هر دو مؤلفه ماده معدنی و ارگانیک در ماتریکس استخوان به ویژگی سفتی و محکمی آن نسبت داده می‌شود و نقص در ترکیب یا سازماندهی آنها موجب شکنندگی استخوان می‌شود. در حالی که مواد معدنی و کلاژن نوع ۱ در کیفیت استخوان به تفصیل بررسی شد، ما شناخت کمی درباره اثرات پروتئین‌های غیرکلاژنی بر ویژگی‌های مواد ماتریکس استخوان داریم. پروتئین‌های غیرکلاژنی مثل استئوکلسین، استئوپونتین و دیگر پروتئین‌هایی که درصد نسبتاً کوچکی از حجم و وزن ماتریکس استخوان را شامل می‌شوند، ممکن است به ایجاد کیفیت ماتریکس استخوان توسط برخی مسیرها کمک کنند. پروتئین‌های غیرکلاژنی تشکیل هسته کریستالی هیدروکسیاپاتیت[1]، رشد، شکل و اندازه را کنترل کرده و همچنین اتصال بین مراحل (فازهای) ارگانیک (کلاژن) و غیرارگانیک (هیدروکسیاپاتیت) را تسهیل می‌کنند. به علاوه، اخیراً بیان شده که ویژگی‌های طبیعی (اصلی) پروتئین‌های غیرکلاژنی معین با اثراتشان روی مواد معدنی، می‌تواند همچنین برای ویژگی‌های موادی ماتریکس استخوان مهم باشد (۷).

در این پژوهش تغییرات میزان استئوپونیتین و استئوکلسین زنان میانسال غیرفعال در گروه تجربی که به مدت ۱۶ هفته تمرینات هوازی با شدت ۶۵ تا ۷۰٪ ضربان هدف برآوردی را انجام می‌دادند به طور معناداری افزایش یافت، به گونه‌ای که این افزایش برای استئوپونتین برابر با ۴۵،۴۹۸٪ و برای استئوکلسین برابر با ۲۰،۰۸۲٪ بود، ولی غلظت استئوپونتین و استئوکلسین در گروه کنترل تغییرات معناداری نداشت. در مقایسه گروه‌ها نیز تغییرات استئوپونتین و استئوکلسین در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل معنادار بود. یافته های تحقیق حاضر با نتایج برخی تحقیقات قبلی همسو است. ترتیبیان و همکاران (۲۰۱۱) افزایش میزان استئوکلسین خون را پس از شش ماه فعالیت هوازی نشان دادند(۲۰). بوتارو و همکاران (۲۰۱۰) نیز در بررسی اثرات یوگا بر نشانگرهای بیوشیمیایی تشکیل و بازجذب استخوانی زنان یائسه به این نتیجه رسیدند که مقادیر استئوکلسین در گروه یوگا افزایش یافت اما BMD مهره‌های کمری کاهش یافته بود(۹). این در حالی است که نتایج پژوهش‌های دیگر در زنان متفاوت است. کیتاریون و همکاران (۲۰۱۱) اثر فعالیت راه رفتن روی نوارگردان را بر نشانگرهای بیوشیمیایی استخوان زنان پیش از یائسگی و پس از یائسگی ۳۰-۷۰ سال مطالعه کردند. شدت فعالیت آنها ۵۰٪ ضربان قلب ذخیره به مدت ۳ ماه بود. نتایج این مطالعه نشان داد که تمرین راه رفتن با شدت متوسط روی نوارگردان نشانگرهای بازجذب را در هر دو گروه زنان پیش از یائسگی و پس از یائسگی کاهش می‌دهد، در حالی که نشانگرهای تشکیل در گروه پیش از یائسگی کاهش معنی‌داری داشت (۱۴). به هر حال اکثر مطالعات نشان دهنده اثرات آنابولیکی تمرین هوازی بر ساخت استخوان در زنان می‌باشد. نتایج این تحقیق از اثرات مثبت تمرین بر افزایش توده استخوانی حمایت می‌کند (۱۷). از سوی دیگر یافته‌های این تحقیق با یافته‌های هامپریز و همکاران (۲۰۰۹) همخوانی نداشت. آن‌ها اثرات ویبریشن کل بدن را با و بدون تمرین مقاومتی بر استخوان به مدت ۱۶ هفته بررسی کردند و نتیجه گرفتند که ویبریشن و ویبریشن+تمرین مقاومتی به ترتیب موجب کاهش ۵۰٪ و ۳۶٪ در میزان استئوپونتین می‌شود و در BMD آنها تفاوتی دیده نشد (۱۱). ویکلاند و همکاران (۲۰۱۲) نیز پس از ۸ هفته تمرینات پرشی کاهش استئوکلسین را در گروه تمرینی نشان دادند. بین دو گروه تمرین و کنترل تفاوت معناداری دیده نشد(۲۳). همچنین برخی محققان عدم تغییر در سطوح استئوکلسین را نشان دادند(۲۴). با درنظر گرفتن این موضوع که انجام پروتکل های طولانی مدت در برخی پژوهش ها دیده می‌شود، می‌توان علت تناقض یافته‌ها را در نوع و شدت فعالیت نسبت داد. در پژوهش حاضر تمرینات هوازی به گونه ای انتخاب شد که هم استخوان‌های متحمل وزن و هم استخوان‌های بدون تحمل وزن یعنی دست‌ها، پاها و کمر را درگیر نماید. اما در پژوهش‌های دیگر این شیوه تمرینی دیده نشد و پژوهش حاضر نخستین مطالعه‌ای است که به بررسی اثرات طولانی مدت این نوع تمرین بر روی پروتئین غیرکلاژنی پرداخته است. اثرات تمرین بر متابولیسم استخوان با در نظر گرفتن ریزساختارهای اسکلت بدن نیز توسط برخی پژوهشگران مورد مطالعه قرار گرفت. این موضوع در یک مطالعه

[1]- hydroxyapatite

حیوانی مورد مطالعه قرار گرفت، نتایج پژوهش آنها پس از ۱۴ هفته تمرین روی چرخ دوار گسترش ۱۴ درصدی را در محدوده درونی استخوان نشان داد که تعداد بیشتری استئون‌های پر از استئوپونتین را دارا بودند. تغییرات مثبتی نیز در پروتئین‌های مؤثر بر استخوان دیده شد (۱۲). اگرچه به خوبی پذیرفته شده که متابولیسم بافت استخوانی با بارهای مکانیکی خارجی تنظیم می‌شود، این موضوع مشخص نشده که سلول‌های استخوانی به چه سیگنال‌های بدنی ناشی از بار پاسخ می‌دهند. یوجی و همکاران (۲۰۰۰) در مطالعه‌ای نشان دادند که فعالیت بدنی موجب افزایش معنی‌دار در هر دوی Ca^{+2i} و OPN mRNA می‌شود. این نتایج در صورتی است که بارهای اعمال شده به استخوان و انتقالات مکانیکی به سلول استخوانی، بتواند سازگاری استخوانی لازم را در تغییر شکل زیرلایه‌های استخوانی ایجاد کند (۲۵). بنابراین، در پژوهش حاضر نیز می‌توان افزایش استئوپونتین و استئوکلسین را به مؤثر بودن نوع تمرین در ایجاد سازگاری‌های مثبت استخوانی نسبت داد.

به طور خلاصه، فعالیت هوازی طولانی مدت با شدت متوسط در این پژوهش با افزایش پروتئین‌های غیرکلاژنی به نظر می‌رسد نقش بسزایی در تغییر سبک زندگی زنان میانسال با هدف تقویت پروتئین‌های مؤثر بر چگالی استخوان و جلوگیری از پوکی استخوان داشته باشد.

تشکر و قدردانی:

بر خود لازم می‌دانیم از کلیه کسانی که در انجام این پژوهش ما را یاری رسانده‌اند، به خصوص آزمودنی‌های پژوهش به خاطر همکاری‌های بی دریغشان تشکر نمائیم.

منابع

1. Alizadeh Z, Kohdany F, Larijani B, Hatmi, Khosravi S and Sotodeh G. (2010). Comparison of lifestyle in postmenopausal women with normal and abnormal bone density in Shariati Hospital. Journal of Nursing and Midwifery, Tehran University of Medical Sciences (life). 16(2): 38-46 (Persian).
2. Hassanzadeh H , Gozashti MH, Dehkhoda M R, Kazemi A. (2012). Effect of calcium, vitamin D and Exercise combined on PTH and alkaline phosphatase activity in postmenopausal women. Medical Journal of Mashhad University of Medical Sciences. 55(2): 96-101(Persian).
3. Lee S.Simon M. (2007).Osteoporosis. Rheum Dis Clin N Am. 33:149-76
4. Reis J, Silva F C E, Queiroga C, Lucena S, Potes J.(2011). Bone Mechanotransduction: A review. Journal of Biomedical and Bioengineering. 2(1):37-44.
5. O'Brien M. (2001). Exercise and osteoporosis. Irish journal of medical science. 170(1):58-62.
6. Roach H.(1994). Why does bone matrix contain non-collagenous proteins? The possible roles of osteocalcin, osteonectin, osteopontin and bone sialoprotein in bone mineralisation and resorbtion. Cell Biology International. 18(6):617-28.
7. Thurner PJ, Chen CG, Ionova-Martin S, Sun L, Harman A, Porter A, et al.(2010). Osteopontin deficiency increases bone fragility but preserves bone mass. Bone. 46(6):1564-73.
8. Ashki M, Amirizadeh N, Jalili M A,Hayati Roudbari N, Mohammadi M H and Amani M. (2011). The differentiation of human mesenchymal stem cells into osteoblasts and evaluate osteopontin and osteocalcin gene expression. Blood Journal. 8(4), 251-264(Persian).
9. Bottaro MF, Reis VM, Oliveira R, Bezerra L, Abdhala L, Lima RM, et al. (2010). Efecto del Yoga sobre el Metabolismo Oseo en Mujeres Post-Menopáusicas. Journalof Exercise Physiologyonline(JEPonline).13(4):1097-975.
10. Tartibian B, Motabsaii N . (2008). Effects of 9 weeks vigorous aerobic exercise on parathyroid hormone and markers of bone metabolism in young women. Olympics Journal. 16(4), 88-79(Persian).
11. Humphries B, Fenning A, Dugan E, Guinane J, MacRae K. (2009). Whole-body vibration effects on bone mineral density in women with or without resistance training. Aviation, space, and environmental medicine. 80(12):1025-1031.
12. Saino H, Luther F, Carter D, Natali A, Turner D, Shahtaheri S, et al.(2003). Evidence for an extensive collagen type III proximal domain in the rat femur: II. Expansion with exercise. Bone. 32(6):660-8.
13. Nishiyama S, Tomoeda S, Ohta T, Higuchi A, Matsuda I. (1988). Differences in basal and postexercise osteocalcin levels in athletic and nonathletic humans. Calcified tissue international. 43(3):150-154.
14. Kitareewan W, Boonhong J, Janchai S, Aksaranugraha S. (2011). Effects of the treadmill walking exercise on the biochemical bone markers. Journal of the Medical Association of Thailand= Chotmaihet thangphaet. 94:S10

15. Lin C-F, Huang T-h, Tu K-C, Lin LL, Tu Y-H, Yang R-S. (2012). Acute effects of plyometric jumping and intermittent running on serum bone markers in young males. European journal of applied physiology. 112(4):1475-84.
16. Khorshidi D, Matin Homaee H, Azerbaijani MA (2011). Effects of aerobic training on serum levels of alkaline phosphatase and osteocalcin in patients with type 2 diabetes. Journal of Medical Sciences, Yazd. 19(5): 676-685(Persian).
17. Bagheri L, Salami F., Hedayati M., and Rayisi J. (2009). Effects of selective aerobic exercise on estrogen levels, parathyroid, calcium, alkaline phosphatase, and albumin levels in elderly women. Journal of Aging. 4(12): 26-35(Persian).
18. Creighton DL, Morgan AL, Boardley D, Brolinson PG. (2001). Weight-bearing exercise and markers of bone turnover in female athletes. Journal of Applied physiology. 90(2):565-570.
19. Tartibian B, Maleki BH, Abbasi A. (2010) . the calciotropic hormone response to omega-3 supple-mentation during long-term weight-bearing exercise training in post menopausal women. Journal of Sports Science and Medicine. 9:245-252.
20. Tartibian B, Hajizadeh Maleki B, Kanaley J, Sadeghi K.(2011). Long-term aerobic exercise and omega-3 supplementation modulate osteoporosis through inflammatory mechanisms in post-menopausal women: a randomized, repeated measures study. Nutr Metab (Lond). 8:71.
21. Umemura Y, Nagasawa S, Honda A, Singh R. (2008). High-impact exercise frequency per week or day for osteogenic response in rats. Journal of bone and mineral metabolism. 26(5):456-460.
22. Morgan A, Weiss Jarrett J. (2011). Markers of bone turnover across a competitive season in female athletes: a preliminary investigation. Journal of sports medicine and physical fitness. 51(3):515-24.
23. Wiklund P, Nordström A, Högström M, Alfredson H, Engström P, Gustafsson T, et al. (2012) .High-impact loading on the skeleton is associated with a decrease in glucose levels in young men. Clinical endocrinology. 77(6):823-7.
24. Rogers RS, Dawson AW, Wang Z, Thyfault JP, Hinton PS. (2011). Acute response of plasma markers of bone turnover to a single bout of resistance training or plyometrics. Journal of applied physiology. 111(5):1353-1360
25. You J, Yellowley C, Donahue H, Zhang Y, Chen Q, Jacobs C. (2000). Substrate deformation levels associated with routine physical activity are less stimulatory to bone cells relative to loading-induced oscillatory fluid flow. Journal of biomechanical engineering. 122(4):387.