Archive of SID

مجله پزشکی کوثر
دوره ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۰
صفحات: ۱۳۵-۱۲۹

Kowsar Medical Journal
Vol. 16, No. 2, Summer 2011
Pages: 129-135

تأثیر تمرینات ورزشی هوازی بر نشانگرهای متابولیزم استخوان در زنان میانسال

ناهید بیژه* PhD، مهتاب معظمی[۱] PhD، جلال منصوری[۱] BSc، فریده سعیده نعمت‌پور[۲] BSc، محمدمهدی اجتهادی[۳] PhD

*گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

[۱]گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

[۲]گروه طب ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

[۳]آزمایشگاه هورمون‌شناسی دکتر اجتهادی، مشهد، ایران

چکیده

اهداف: شواهد تجربی نشان‌دهنده آثار مثبت فعالیت بدنی بر توده اسکلتی است. مطالعات صورت‌گرفته نشان می‌دهند که مارکرهای بیوشیمیایی تغییرات دینامیکی در عملکرد استخوان را ارزیابی و میزان پاسخ متابولیزم استخوان به فعالیت بدنی را تعیین می‌کنند. هدف این مطالعه ارزیابی تاثیر ۶ ماه تمرین ورزشی هوازی بر نشانگرهای متابولیسم استخوان در زنان میانسال بود.

مواد و روش‌ها: این تحقیق نیمه‌تجربی در سال ۱۳۸۸ انجام شد. آزمودنی‌ها ۱۹ نفر از کارکنان زن میانسال دانشگاه فردوسی مشهد بودند که به‌روش نمونه‌گیری مبتنی بر هدف انتخاب شدند و به‌طور تصادفی در دو گروه تجربی (۱۱ نفر) و کنترل (۸ نفر) قرار گرفتند. پروتکل تمرین شامل تمرینات هوازی (استقامتی) به‌مدت ۶ ماه و در هر هفته ۳ جلسه و هر جلسه به‌مدت ۶۰ دقیقه و با شدت ۵۵ تا ۶۵٪ ضربان قلب ذخیره بود. برای بررسی متغیرهای بیوشیمیایی، نمونه‌های خونی در دو مرحله یعنی ۴۸ ساعت پیش از شروع تمرینات و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه ۶ ماه تمرین جمع‌آوری شد. برای اندازه‌گیری پاراتورمون، روش الایزا مورد استفاده قرار گرفت. کلسیم و آلکالین‌فسفاتاز با اتوآنالایز اندازه‌گیری شدند. برای تحلیل داده‌ها از آزمون t مستقل به‌کمک نرم‌افزار SPSS 16 استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج عدم تغییر معنی‌دار در سطوح نشانگرهای پاراتورمون، کلسیم و آلکالین فسفاتاز را در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل نشان داد.

نتیجه‌گیری: ۶ ماه تمرین ورزشی هوازی با شدت ۵۵ تا ۶۵٪ ضربان قلب ذخیره، تغییر معنی‌داری در نشانگرهای پاراتورمون، کلسیم و آلکالین‌فسفاتاز در زنان میانسال ایجاد نمی‌کند.

کلیدواژه‌ها: تمرین ورزشی هوازی، نشانگرهای متابولیسم استخوان، هورمون پاراتیروئید، آلکالین‌فسفاتاز، زنان میانسال

Effect of aerobic exercises on markers of bone metabolism in middle-aged women

Bijeh N.* ***PhD*****, Moazami M.**[1] ***PhD*****, Mansouri J.**[1] ***BSc*****, Saeedeh Nematpour F.**[2] ***BSc*****, Ejtehadi M. M.**[3] ***PhD***

*Department of Sport Physiology, Faculty of Physical Education & Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

[1]Department of Sport Physiology, Faculty of Physical Education & Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

[2]Department of Sport Medicine, Faculty of Physical Education & Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

[3]Dr. Ejtehadi Laboratory of Hormonology, Mashhad, Iran

Abstract

Aims: Experimental evidence has shown the positive effect of physical exercise on skeletal mass. Previous studies show that biochemical markers can evaluate the dynamic changes in bone function and also determine the response rate of bone metabolism to physical exercise. The purpose of this study was to examine the effect of 6-Month aerobic exercise training on markers of bone metabolism in middle-aged women.

Materials & Methods: This quasi-experimental study was performed on year 2009 on 19 healthy female middle-aged personnel of Ferdowsi University of Mashhad who were selected by convenience sampling method and were randomly divided into two experimental (11 people) and control (8 people) groups. The exercise protocol included aerobic (endurance) exercise training lasted for 6 months and 3 sessions per week and every session lasted for 60 minutes and with intensity of 55-65 percent of heart rate reserve. Independent t-test was applied to analyze the data by SPSS 16 software.

Results: The results showed no significant difference in concentrations of Parathyroid Hormone, Calcium and Alkaline Phosphatase in the experimental group in comparison with the control group.

Conclusion: 6-month aerobic exercise training with the intensity of 55-65 percent of heart rate reserve does not induce significant change in the parathyroid hormone, calcium and bone-alkaline phosphatase in middle-aged women.

Keywords: Aerobic Exercise Training, Bone Metabolism Markers, Para-Thyroid Hormone, Alkaline Phosphatase, Middle-aged Women

نویسنده مسئول: ناهید بیژه. تمام درخواست‌ها باید به نشانی bijeh@ferdowsi.um.ac.ir فرستاده شوند.

دریافت مقاله: ۸۹/۷/۱ پذیرش مقاله: ۸۹/۱۲/۵

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

پوکی استخوان، شایع‌ترین اختلال متابولیزم استخوان و مواد معدنی است [۱، ۲] که حدوداً ۴۰٪ زنان بالای ۵۰ سال را مبتلا می‌کند [۱]. این بیماری با کاهش تراکم استخوان و ازدست‌رفتن کیفیت ریز ساختار استخوان همراه بوده که این امر منجر به افزایش خاصیت شکنندگی و خطر شکستگی استخوان می‌شود [۳]. براساس برآوردها در حدود ۲۰۰ میلیون زن در سراسر دنیا از این بیماری رنج می‌برند. شیوع بالای بیماری پوکی استخوان و شکستگی‌های مرتبط با آن، یکی از علل هزینه‌های گزاف درمانی و مرگ‌ومیر در دهه‌های آتی به‌شمار می‌رود. بر این اساس، این بیماری یک مساله بااهمیت برای نظام بهداشت ایران است که گستردگی ابعاد آن در حال آشکارشدن است [۴، ۵]. استخوان، یک ساختمان زنده است که از پروتئین و مواد معدنی تشکیل شده و به‌طور مداوم، تخریب و مجدداً ساخته می‌شود. پوکی استخوان معمولاً فرآیند طبیعیِ افزایش سن و پیری است، به‌طوری که میزان تخریب استخوان افزایش یافته و سرعت دوباره‌سازی و جایگزین‌کردن استخوان جدید به‌جای استخوان تخریب‌شده کاهش می‌یابد. این حالت باعث می‌شود که استخوان، نازک و شکننده شود [۶]. دو نوع سلول در استخوان‌ها وجود دارد؛ استئوکلاست‌ها که استخوان را از بین می‌برند و استئوبلاست‌ها که استخوان‌های جدید می‌سازند. هر دوی این سلول‌ها در مغز استخوان ساخته می‌شوند. وقتی سن ما افزایش می‌یابد و پیرتر می‌شویم، استئوکلاست‌ها فعال‌تر می‌شوند و از فعالیت استئوبلاست‌ها کاسته می‌شود. بنابراین استخوان‌های بیشتری از بین می‌روند، اما به‌همان اندازه استخوان‌های جدید ساخته نمی‌شوند و در نتیجه توده استخوانی کاهش می‌یابد [۶]. سازمان بین‌المللی پوکی استخوان، مواردی شامل؛ سابقه شخصی شکستگی در بزرگسالی، سابقه شکستگی در فامیل درجه اول [۱، ۷]، وزن کم (۵۷/۶ کیلوگرم)، سیگارکشیدن [۱، ۷، ۸]، مصرف قرص‌های ضدبارداری خوراکی به‌مدت بیش از ۳ ماه، ضعف بینایی، کمبود استروژن در جوانی (زیر سن ۴۵ سال) [۱، ۳، ۸]، دریافت ناکافی کلسیم، فعالیت فیزیکی کم و مصرف الکل (بیش از دوبار در روز) [۱، ۷، ۸] را به‌عنوان عواملی که ممکن است خطر ایجاد پوکی استخوان را افزایش دهند، مطرح نموده است.

شواهد تجربی نشان می‌دهد فعالیت بدنی آثار مثبتی بر توده اسکلتی دارد [۸] و تمرینات نسبتاً شدید که بیش از ۶ ماه به‌طول می‌انجامد، در مقایسه با تمرینات با تکرار بالا و فشار اندک در افزایش دانسیته استخوان موثرتر هستند [۹]. به‌طوری که *ویسنت* و همکاران با بررسی تراکم و محتوای استخوان ران و لگن پسرهای فوتبالیست ۹ تا ۱۱ سال در مقایسه با گروه کنترل، افزایش دوبرابریِ محتوای استخوان ران و افزایش معنی‌دار تراکم استخوان ران و لگن را پس از ۳ سال گزارش کردند [۱۰]. همچنین *صالحی‌کیا* و همکاران با بررسی دوندگان سرعتی و بدن‌سازان نخبه مرد نشان دادند که تراکم استخوان ناحیه گردن، استخوان ران و مهره‌های کمری ورزشکاران در مقایسه با غیرورزشکاران به‌طور معنی‌داری بالاتر است [۱۱]. به‌طور کلی، تمرینات طولانی (۶ تا ۳۶ ماه)، دانسیته معدنی استخوان را افزایش داده‌اند، در حالی که تمرینات کوتاه‌تر از ۶ ماه در ایجاد این سازگاری ناکام مانده‌اند [۹]. همچنین تمرین بدنی با تغییر در سطوح هورمون‌ها و فاکتورهای تنظیم هموستاز کلسیم سبب افزایش توده و اندازه عضلات، استخوان‌ها و کاهش درصد چربی بدن می‌شود [۱۲، ۱۳، ۱۴].

هورمون پاراتیروئید (پاراتورمون)، هورمونی پلی‌پپتیدی و تک‌زنجیره‌ای است که از ۸۴ اسیدآمینه تشکیل شده است و از جمله هورمون‌های منحصر به فردی است که در تحریکِ تشکیل و جذب استخوان، نقش اصلی را ایفا می‌کند. عملکرد فیزیولوژیکی عمده این هورمون، هموستاز فسفات غیرآلی و حفظ یون‌های کلسیم پلاسما از طریق تحریک فعالیت استئوکلاست‌ها، تحریک بازجذب کلسیم در سلول‌های کلیه، و افزایش غیرمستقیم جذب کلسیم در روده با تحریک تولید فرم فعال ویتامین D (کلسی‌تریول) است [۱، ۱۵]. پاراتورمون در استخوان، استئوبلاست‌ها را به‌طور مستقیم و استئوکلاست‌ها را به‌طور غیرمستقیم تحریک می‌کند. این هورمون دارای اثرات دوگانه‌ای روی متابولیزم استخوان است؛ سطوح بالای آن در حالت پایه، مانند وضعیت هایپرپاراتیروئیدی، اثرات کاتابولیک و سطوح متوسط آن اثرات آنابولیک روی استخوان دارد [۱۳، ۱۵، ۱۶]. *بوسیدا* و همکاران گزارش کردند که غلظت هورمون پاراتیروئید طی انواع تمرین‌ها افزایش می‌یابد [۱۷]. *جاناتان* و همکاران نشان دادند که طی تمرینات حاد و وامانده‌سازِ دویدن روی تردمیل، سطوح هورمون پاراتیروئید به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد و این در حالی است که سطوح آن، ۲-۱ ساعت پس از تمرین نسبت به سطوح پایه آن اُفت می‌کند [۱۸]. *مایمون* و همکاران نیز گزارش کردند که تمرین شدید به‌طور ناپایداری ترشح پاراتورمون را پس از تمرین تحریک می‌کند، در حالی که تمرین با شدت پایین، اثری بر پاراتورمون ندارد [۱۹]. همچنین *ترتیبیان* و همکاران بیان کردند که ۹ هفته تمرین هوازی سبب افزایش معنی‌دار غلظت‌های پاراتورمون می‌شود [۸]. این در حالی است که *وینیانپا* و همکاران گزارش کردند که تمرین شدید سبب کاهش سطوح پایه پاراتورمون در پایان ۶ و ۱۲ ماه تمرین در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل می‌شود [۲۰]. *لستر* و همکاران نیز با بررسی اثر ۸ هفته تمرین هوازی، مقاومتی و ترکیبی نشان دادند که تمرین، تغییر معنی‌داری در غلظت پاراتورمون ایجاد نمی‌کند [۹].

کل کلسیم موجود در فرد بزرگسال طبیعی حدود ۲-۱ کیلوگرم است. ۹۹٪ کل کلسیم بدن در استخوان‌بندی، ۱٪ در مایع خارج‌سلولی و ۱۰٪ در سیتوزول قرار دارد. کلسیم دارای دو وظیفه فیزیولوژیک مهم است. نمک‌های کلسیم در استخوان برای حفظ انسجام استخوان‌بندی ضروری هستند. کلسیم در مایع خارج‌سلولی و سیتوزول، برای انواع گوناگونی از پدیده‌های سلولی لازم است. کلسیم همچنین به‌عنوان پیامبر ثانویه برای بسیاری از هورمون‌ها، عامل پاراکرین و ناقلین

www.SID.ir

Archive of SID

عصبی عمل می‌کند [۱، ۱۵]. اثرات کوتاه‌مدت فعالیت فیزیکی بر سطوح کلسیم متناقض است. برخی کاهش سطوح کلسیم [۱۶، ۲۱، ۲۲، ۲۳] و برخی دیگر، عدم تغییر [۱۹، ۲۴، ۲۵] یا افزایش آن را [۲۶، ۲۷، ۲۸] به‌همراه افزایش در سطوح پاراتورمون گزارش کرده‌اند. همچنین سطوح بالاتر کلسیم تام و کلسیم یونیزه در افراد فعال، در مقایسه با گروه کنترل گزارش شده است [۱۳].

از سوی دیگر، مطالعات صورت‌گرفته نشان می‌دهند که مارکرهای بیوشیمیایی، تغییرات دینامیکی در عملکرد استخوان را ارزیابی و میزان پاسخ متابولیزم استخوان به فعالیت بدنی را تعیین می‌کنند [۸]. آلکالین‌فسفاتاز ویژه استخوان، ایزوآنزیمی مشتق از استخوان است که فعالیت سلول‌های استئوبلاست و تشکیل استخوان را نشان می‌دهد [۱۵، ۲۹]. در استخوان، استئوبلاست‌ها منشا عظیمی از آلکالین‌فسفاتاز هستند و میزان آن در سلول، نشان‌دهنده توانایی استخوان‌سازی استئوبلاست‌ها است. این آنزیم در مایع خارج‌سلولی ریخته می‌شود و افزایش میزان سرمی آن با میزان استخوان‌سازی ارتباط مستقیم دارد. فعالیت بدنی موجب می‌شود آلکالین‌فسفاتاز اثر آنابولیکی بر متابولیزم استخوان داشته باشد [۸، ۱۵، ۳۰]. *ترتیبیان* و همکاران گزارش کردند که ۹ هفته تمرین هوازی سبب افزایش معنی‌دار غلظت‌های آلکالین‌فسفاتاز می‌شود [۸]. *لستر* و همکاران نیز با بررسی اثر ۸ هفته تمرین هوازی، مقاومتی و ترکیبی، افزایش معنی‌دار آلکالین‌فسفاتاز را در گروه‌های تمرین ترکیبی و مقاومتی در مقایسه با گروه کنترل گزارش نمودند، در حالی که در گروه تمرین هوازی، افزایش معنی‌داری مشاهده نشد [۹]. همچنین *اریکسون* و همکاران با بررسی اثر ۸ هفته برنامه تمرین پرشی، افزایش معنی‌دار آلکالین‌فسفاتاز را گزارش کردند [۳۱]. ولی مطالعه *بِمبِن* و همکاران نشان داد که تمرین مقاومتیِ کم‌شدت، تغییر معنی‌داری در میزان آلکالین‌فسفاتاز پس از تمرین ایجاد نمی‌کند [۳۲].

با توجه به این‌که رابطه بین مارکرهای متابولیزم استخوان و سازگاری‌های دانسیته استخوان به‌عنوان شاخص رشد استخوانی هنوز به‌طور کامل شناخته نشده است و پاسخ مارکرهای متابولیزم استخوان در تحقیقات مختلف متناقض است، نمی‌توان تمرین بهینه در جهت حداکثر پاسخ استخوان‌سازی را پیشنهاد کرد. همچنین با توجه به ارزان‌تر و پویاتربودن استفاده از مارکرهای استخوانی در مطالعه تاثیرات تمرین بر سوخت و ساز استخوان نسبت به روش‌های تراکم‌سنجی معمول و همچنین از آن‌جایی که تحقیقات روی مارکرهای استخوان بسیار اندک است، تحقیق حاضر انجام شد.

هدف این پژوهش، بررسی اثر ۶ ماه تمرین هوازی با شدت ۶۵-۵۵٪ ضربان قلب ذخیره (HRR) بر هورمون پاراتیروئید، کلسیم و مارکر تشکیل استخوان در زنان میانسال بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق از نوع نیمه‌تجربی است که در سال ۱۳۸۸ انجام شد. آزمودنی‌های پژوهش، ۱۹ نفر از کارکنان زن میانسال دانشگاه بودند که به‌روش نمونه‌گیری مبتنی بر هدف انتخاب شدند. این افراد پس از توضیح هدف و روش‌کار و براساس شرایط تحقیق به‌صورت داوطلبانه در تحقیق شرکت کرده و فرم رضایت‌نامه را امضا نمودند. از جمله این شرایط، سالم‌بودن براساس پرسش‌نامه تندرستی، عدم مصرف دارو، عدم یائسگی، عدم استعمال دخانیات و عدم شرکت در هیچ برنامه تمرینی حداقل ۶ ماه پیش از شرکت در برنامه تمرینات این تحقیق بود. سپس نمونه‌ها به‌طور تصادفی در دو گروه تجربی (۱۱ نفر) و شاهد (۸ نفر) دسته‌بندی شدند. دامنه سنی آزمودنی‌ها بین ۳۷ تا ۴۷ سال و شاخص توده بدن آنها بین ۲۰ تا ۲۸ کیلوگرم بر متر مربع بود. آزمودنی‌ها پس از معاینه قلبی- عروقی، اندازه‌گیری فشار خون و ثبت الکتروکاردیوگرام توسط پزشک متخصص، مجوز ورود به طرح را کسب کردند. میزان حجم نمونه، برآیندی از محدودیت‌ها بود و همچنین با رجوع به تحقیقات معتبر انجام‌یافته مشابه و با عنایت به پرهزینه‌بودن آزمایشات، تعداد ۱۱ و ۸ نمونه در دو گروه از نظر کارشناسان آماری، مناسب تشخیص داده شد.

برای بررسی متغیرهای بیوشیمیایی، نمونه‌های خونی بعد از ۱۴-۱۲ ساعت ناشتایی و در دو مرحله یعنی ۴۸ ساعت پیش از شروع تمرینات و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه ۶ ماه تمرین جمع‌آوری شدند. نمونه‌گیری در بین ساعات ۸-۷ صبح در آزمایشگاه از سیاهرگ دست چپ هر آزمودنی در وضعیت نشسته و در حالت استراحت انجام شد. برای اندازه‌گیری پاراتورمون، کیت مخصوص با روش الایزا مورد استفاده قرار گرفت. همچنین کلسیم و آلکالین‌فسفاتاز به‌روش اتوآنالایز اندازه‌گیری شدند.

پروتکل تمرینی شامل تمرینات هوازی (استقامتی) به‌مدت ۶ ماه و در هر هفته ۳ جلسه و هر جلسه به‌مدت ۶۰ دقیقه بود. برنامه تمرین شامل راه‌رفتن و دویدن آهسته و حرکات ایروبیک با آهنگ یکنواخت و شدت ۶۵-۵۵٪ HRR بود. شدت تمرین به‌وسیله ضربان‌سنج (POLAR؛ ساخت کشور فنلاند) کنترل می‌شد. همچنین گروه کنترل هیچ فعالیتی در طول دوره تحقیق نداشته و غیرفعال بودند (شیوه زندگی غیرفعال داشتند).

برای محاسبه شاخص‌های گرایش مرکزی و پراکندگی (میانگین و انحراف‌استاندارد) از آمار توصیفی استفاده شد. روش آماری مورد استفاده، آزمون T مستقل بود. پیش‌فرض اساسی استفاده از آزمون T، نرمال بودن مولفه‌هاست که با استفاده از آزمون کلموگروف- اسمیرنوف، فرض نرمال‌بودن داده‌ها، بررسی و تایید شد. سپس برای اطمینان از همسان‌بودن دو گروه کنترل و تجربی قبل از شروع دوره تمرینی، میانگین شاخص‌های قد، سن، وزن و شاخص توده بدن بین دو گروه در مرحله پیش از مداخله، با استفاده از آزمون T مستقل مقایسه شد. پس از سپری‌شدن دوره تمرینی، برای بررسی تغییرات بین‌گروهی، میانگین افتراقی هر گروه (تفاضل میانگین پیش‌آزمون و پس‌آزمون) محاسبه شد و برای مقایسه میانگین‌های افتراقی بین دو

www.SID.ir

Archive of SID

گروه، آزمون T مستقل مورد استفاده قرار گرفت. شایان ذکر است قبل از انجام آزمون T مستقل، به‌منظور بررسی فرض برابری واریانس‌ها در دو گروه، از آزمون لون استفاده شد. کلیه عملیات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 انجام گرفت و سطح معنی‌داری، p<۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج

تفاوت معنی‌داری بین شاخص‌های قد، سن، وزن و BMI در دو گروه کنترل و تجربی وجود نداشت (جدول ۱).

در جدول ۲، مقادیر شاخص‌های سرم در گروه‌های کنترل و تجربی در دو مرحله پیش از مداخله و پس از مداخله نشان داده شده است.

سطح هورمون پاراتیروئید در گروه تجربی، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین سطح مقادیر یون کلسیم در گروه کنترل نسبت به مرحله پیش از مداخله، افزایش معنی‌دار نشان داد (جدول ۳).

تغییرات بین‌گروهی میانگین متغیرها از مرحله پیش از مداخله تا پس از مداخله در دو گروه کنترل و تجربی، تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴).

جدول ۱) میانگین، انحراف‌معیار و همچنین نتایج آزمون T مستقل برای بررسی فرض همسان‌بودن دو گروه در شروع دوره تمرین

شاخص‌ها	گروه	میانگین	انحراف‌معیار	آزمون لون برای تعیین برابری واریانس‌ها		آزمون T مستقل برای تعیین برابری میانگین‌ها		
				F	سطح معنی‌داری	t	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
سن (سال)	کنترل	۴۳/۲۵	۲/۹۱	۲/۵۵۴	۰/۱۲۸	۱/۲۴۲	۱۷	۰/۲۳۱
	تجربی	۴۱/۲۷	۳/۷۴					
قد (سانتی‌متر)	کنترل	۱۵۵/۲۵	۵/۷۷	۰/۰۱۱	۰/۹۱۹	-۰/۰۴۴	۱۷	۰/۹۶۶
	تجربی	۱۵۵/۳۶	۵/۴۸					
وزن (کیلوگرم)	کنترل	۶۱/۳۶	۷/۸۴	۱/۶۹۶	۰/۲۱۰	-۱/۱۱۳	۱۷	۰/۲۸۱
	تجربی	۶۴/۸۵	۵/۸۳					
BMI (کیلوگرم بر مترمربع)	کنترل	۲۵/۴۴	۲/۶۹	۰	۰/۹۹۰	-۱/۱۶۶	۱۷	۰/۲۶۰
	تجربی	۲۶/۹۴	۲/۸۴					

جدول ۲) مقادیر شاخص‌های سرم در گروه‌های کنترل و تجربی در دو مرحله پیش از مداخله و پس از مداخله

شاخص‌های سرم	گروه	مرحله	میانگین	انحراف‌معیار
پاراتورمون (پیکومول بر لیتر)	کنترل	پیش از مداخله	۲۰/۵۰	۴/۶۶
		پس از مداخله	۲۱/۲۵	۳/۴۵۴
	تجربی	پیش از مداخله	۱۹/۱۸	۴/۵۱۳
		پس از مداخله	۲۲/۱۴	۳/۴۷۹
کلسیم (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)	کنترل	پیش از مداخله	۹/۵۷۵	۰/۲۱۸۸
		پس از مداخله	۹/۸۷۵	۰/۲۸۶۶
	تجربی	پیش از مداخله	۹/۵۸۲	۰/۴۳۷۸
		پس از مداخله	۹/۶۲۷	۰/۲۱۰۲
آلکالین‌فسفاتاز (واحد بر لیتر)	کنترل	پیش از مداخله	۲۱۴	۱۳/۵۶۵
		پس از مداخله	۲۱۳	۶/۸۰۳
	تجربی	پیش از مداخله	۲۰۷/۱۸	۱۶/۰۶۱
		پس از مداخله	۲۰۹/۲۷	۳/۶۳۶

جدول ۳) نتایج آزمون T مستقل در گروه‌های کنترل و تجربی

شاخص‌ها	گروه	t	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
پاراتورمون	کنترل	-۰/۳۹۰	۷	۰/۷۰۸
	تجربی	-۲/۴۷۱	۱۰	*۰/۰۳۳
کلسیم	کنترل	-۳/۳۱۰	۷	*۰/۰۱۳
	تجربی	-۰/۲۵۵	۱۰	۰/۸۰۴
آلکالین‌فسفاتاز	کنترل	۰/۲۳۳	۷	۰/۸۲۲
	تجربی	-۰/۴۰۷	۱۰	۰/۶۹۳

*p<۰/۰۵

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴) نتایج آزمون T مستقل برای بررسی تغییرات بین‌گروهی

شاخص‌ها	آزمون لون برای تعیین برابری واریانس‌ها		آزمون T مستقل برای تعیین برابری میانگین‌ها		
	F	سطح معنی‌داری	t	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
پاراتورمون	۱/۲۹۹	۰/۲۷۰	۱/۰۲۴	۱۷	۰/۳۲۰
کلسیم	۶/۴۳۶	۰/۰۲۱	-۱/۲۷۴	۱۴/۴۶۶	۰/۲۲۳
آلکالین‌فسفاتاز	۱/۶۲۰	۰/۲۲۰	۰/۴۳۷	۱۷	۰/۶۸۸
شاخص توده بدن	۱/۲۲۲	۰/۲۸۴	۱/۳۵۶	۱۷	۰/۱۹۳

بحث

در این پژوهش، سطح هورمون پاراتیروئید در گروه تجربی که به‌مدت ۶ ماه تمرینات هوازی با شدت ۶۵-۵۵٪ HRR را انجام می‌دادند، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، به‌گونه‌ای که این افزایش برابر ۱۵/۴٪ بود. ولی سطح هورمون پاراتیروئید در گروه کنترل، تغییرات معنی‌داری نداشت. اما در مقایسه گروه‌ها، تغییرات هورمون پاراتیروئید در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل معنی‌دار نبود. یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج *شیباتا* و همکاران در زنان میانسال غیریائسه [۳۳]، *راچل* و همکاران در افراد جوان [۳۴]، *لستر* و همکاران در زنان جوان [۹]، *مایمون* و همکاران در ورزشکاران مرد جوان [۳۵]، *جوریمه* و همکاران در ورزشکاران مرد جوان [۳۶] و *کیز* و همکاران در مردان جوان [۳۷] مبنی بر عدم تغییر هورمون پاراتیروئید همخوانی داشت. اما نتایج این تحقیق با یافته‌های *بوسیدا* و همکاران در افراد جوان [۱۷]، *آلیی توسون* و همکاران در زنان جوان [۳۸]، *مایمون* و همکاران در ورزشکاران مرد جوان [۱۹] و *شِن* و همکاران در افراد مسن [۳۹] مبنی بر افزایش غلظت هورمون پاراتیروئید همخوانی نداشت.

همچنین مقایسه میانگین‌های کلسیم در دو گروه، تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. این یافته با نتایج *زیترمان* و همکاران، *گیولمانت* و همکاران و *مایمون* و همکاران، مبنی بر عدم تغییر سطوح کلسیم همخوانی داشت [۱۹، ۲۴، ۲۵]. اما با نتایج *سالوسن* و همکاران، *تورسن* و همکاران، *بری* و همکاران و *مایمون* و همکاران همخوانی نداشت [۱۶، ۲۲، ۲۳، ۲۶، ۲۸]. بنابراین بین تاثیر ۶ ماه تمرین و عدم تمرین در تغییرات هورمون پاراتیروئید و کلسیم، تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

تناقض در نتایج تحقیقات مختلف را می‌توان به تفاوت در نوع، شدت، مدت و تکرار فعالیت [۸، ۱۷، ۲۰]، همچنین میزان آمادگی بدنی و سنین متفاوت افراد نسبت داد [۱۷]. شدت و میزان فشار تمرین، اصلی‌ترین علت تناقض در نتایج تحقیقات مختلف است، به‌گونه‌ای که شدت تمرین بیشترین میزان تغییرات در سطح هورمون پاراتیروئید را تعیین می‌کند [۲۰]. چنانچه در پژوهش *شیباتا*، تاثیر پیاده‌روی و در پژوهش‌های *راچل* و *کیز*، تاثیر آموزش نظامی بررسی شد و در سایر پژوهش‌ها مدت تمرین‌ها کوتاه بود. همچنین ما در این پژوهش اثر ۶ ماه تمرین هوازی منظم با شدت ۶۵-۵۵٪ HRR را بررسی کردیم که به‌نظر می‌رسد شدت تمرین برای تحریک فعالیت استخوان‌سازی و تغییرات هورمونی در تنظیم متابولیزم استخوان کافی نبوده است، در حالی که *ترتیبیان* با انجام ۹ هفته تمرین هوازیِ شدید با شدت ۸۰-۷۰٪ حداکثر ضربان قلب، برآوردی افزایش در سطح هورمون پاراتیروئید را در زنان جوان گزارش کرد [۸].

یک رابطه بازخورد قوی بین غلظت‌های پاراتورمون و کلسیم سرم وجود دارد، به این صورت که تغییر در هر یک سبب تغییرات متقابل در دیگری می‌شود. غلظت کلسیم خارج‌سلولی، ترشح هورمون پاراتیروئید را تنظیم می‌کند، به‌گونه‌ای که اُفت غلظت کلسیم یونیزه سبب آزادشدن سریع پاراتورمون از قاعده سلول‌های پاراتیروئید می‌شود [۱، ۱۳، ۱۵، ۱۷]. مکانیزم‌های پیشنهادشده برای کاهش سطوح کلسیم یونیزه سرم و به‌طور متقابل افزایش پاراتورمون در اثر تمرین شامل؛ افزایش دفع کلسیم از طریق عرق‌کردن، افزایش غلظت فسفر رهاشده از آدنوزین‌تری‌فسفات و کراتین‌فسفات عضله که با یون آزاد کلسیم باند می‌شوند و همچنین افزایش سطوح اسیدهای چرب آزاد در اثر تمرین و باندشدن آنها با یون آزاد کلسیم است [۱۳]. مکانیزم دیگر افزایش پاراتورمون متعاقب فعالیت بدنی به متابولیک اسیدی نسبت داده شده است، به‌طوری که گزارش کرده‌اند سوخت و ساز اسیدی، دفع ادراری کلسیم را با کاهش بازجذب کلیوی کلسیم افزایش می‌دهد [۱۲، ۱۳]. از سوی دیگر گزارش شده است که اسیدوز اثر مستقیم بر افزایش ترشح پاراتورمون دارد که مستقل از سطوح یون‌های کلسیم است [۸، ۱۷]. همچنین تمرین با آزادسازی کاتکولامین‌ها سبب تحریک ترشح پاراتورمون مستقل از سطوح کلسیم (حتی با وجود هایپرکلسیمی) می‌شود [۱۳، ۱۷]. تفسیر دیگر در سازگاری فیزیولوژیک استخوان ممکن است بیان‌کننده تغییرات هورمونی باشد. گزارش شده است که سطوحِ در گردشِ بالاتر هورمون‌های کلسی‌دیول، کلسی‌تریول، فاکتور رشد شبه انسولین ۱ (IGF-I) و پاراتورمون در افراد تمرین‌کرده نسبت به افراد تمرین‌نکرده، سبب اصلاح متابولیزم استخوان به‌منظور رشد خالص استخوان می‌شود [۱۲، ۱۳، ۲۹].

نتایج تحقیق حاضر نشان داد سطوح مارکر متابولیزم استخوان یعنی آلکالین‌فسفاتاز تحت تاثیر ۶ ماه تمرین هوازی با شدت ۶۵-۵۵٪ HRR تغییر معنی‌داری در گروه تجربی و کنترل پیدا نکرد. این نتایج با یافته‌های تحقیقی *ریچاردسون*، *ویتج* و *رایان* همخوانی داشت [۲۹].

www.SID.ir

Archive of SID

همچنین *بِمبِن*، متعاقب یک جلسه تمرین مقاومتی و *بوش جیل* و همکاران، متعاقب ۳ پروتکل ورزش جهشی متفاوت، تغییری در میزان آلکالین‌فسفاتاز مشاهده نکردند [۷، ۳۲]. این در حالی است که *شیباتا* و همکاران، *راچل* و همکاران، *شن* و همکاران و *آلیی توسون* و همکاران، افزایش سطوح آلکالین‌فسفاتاز را گزارش نمودند [۳۳، ۳۴، ۳۸، ۳۹].

برای سازگاری ساختاری استخوان، شدت تحریک مکانیکی نسبت به تکرار فشارهای تمرینی اهمیت بالاتری دارد. این بیان می‌کند که تمرین‌های با شدت بالا به توده و تراکم استخوان کمک کرده و آنها را ارتقا می‌دهد، در حالی که تمرین‌های با شدت کم، چنین نیستند [۱۲]. *زانکر* طی پژوهشی نشان داد، حداقل فشار و نیروی لازم برای ایجاد حداقل تحریک استخوانی ۲/۵برابر وزن بدن است و در فعالیت‌هایی مانند راه‌رفتن و دویدن آهسته، نیرویی که بر استخوان‌ها وارد می‌شود، تقریباً برابر وزن بدن یا کمی بیشتر از آن است که در حد آستانه برای تحریک سلول‌های استخوانی نیست [۱۱]. با توجه به پژوهش *ترتیبیان* که با انجام ۹ هفته تمرین هوازی شدید با شدت ۸۰-۷۰٪ حداکثر ضربان قلب، برآوردی افزایش در سطح آلکالین‌فسفاتاز را در زنان جوان گزارش کرد [۸]، چنین پیشنهاد می‌شود که افزایش معنی‌دار آلکالین‌فسفاتاز به استرین و فشار به سیستم عضلانی اسکلتی وابسته است [۱۶]. همچنین گزارش شده است که استخوان‌های جوان و رونده در پاسخ به فشار مکانیکی تمرین نسبت به استخوان‌های مسن‌تر حساس‌تر هستند [۴۰].

رگ‌های خونی موجود در واحد ساختاری استخوان، نقش مهمی در تغییرات استخوانی ایفا می‌کنند. شواهد اخیر، حاکی از نقش فعال رگ‌های خونی در استخوان‌سازی از طریق آزادسازی مواد تنگ‌کننده و گشادکننده عروق و فاکتورهای تنظیم موضعی (اینترلوکین-۶، اندوتلین-۱، نیتریک‌اکساید) است که سبب فعال‌سازی سلول‌های استئوبلاست و جلوگیری مستقیم از فعالیت سلول‌های استئوکلاست می‌شود [۴۱، ۴۲].

به‌طور کلی، فعالیت بدنی منظم و طولانی‌مدت که حداقلِ شدت لازم برای تحریک استخوانی را دارا باشد، سبب افزایش جذب روده‌ای و کاهش دفع ادراری یون کلسیم شده و منجر به افزایش سطوح کلسیم یونیزه سرم می‌شود. همچنین با افزایش سطوح آلکالین‌فسفاتاز، انتقال کلسیم مایع خارج‌سلولی به درون استئویدهای غیرمعدنی افزایش می‌یابد و سلول‌های استخوانی جدید ساخته می‌شوند [۱، ۸، ۱۵].

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که غلظت‌های هورمون پاراتیروئید، کلسیم و آلکالین‌فسفاتاز در این گروه از زنان میانسال تحت تاثیر ۶ ماه تمرینات هوازی که با تحمل وزن و با شدت ۶۵-۵۵٪ حداکثر ضربان قلب ذخیره (HRR) بود، تغییر معنی‌داری پیدا نکرد. با این حال، برای درک پاسخ فعل و انفعالات استخوان به تمرین و تعیین نوع، شدت و مدت تمرین بهینه برای رسیدن به حداکثر پاسخ استخوان‌سازی، انجام تحقیقات آتیِ مشابه با شرایط تمرینی مختلف، ضروری به‌نظر می‌رسد.

نتیجه‌گیری

۶ ماه تمرین هوازی با شدت ۶۵-۵۵٪ ضربان قلب ذخیره (HRR)، تغییر معنی‌داری در نشانگرهای پاراتورمون، کلسیم و آلکالین‌فسفاتاز در زنان میانسال ایجاد نمی‌کند.

تشکر و قدردانی: بدین وسیله از بخش معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد به‌دلیل حمایت مالی از این پروژه تحقیقاتی و همچنین *علیرضا ذبیحی*، پزشک عمومی تشکر و قدردانی می‌نماییم.

منابع

1- Andreoli T, Carpenter CH, Griggs R, Benjamin I. Cecil essential of medicine: Diseases of bone mineral metabolism and connective tissue. Heshmati P, translator. Tehran: Andisheh Rafi Publication; 2007. [Persian]
2- Derakhshan S, Salehi R, Reshad Manesh N. Prevalence of osteoporosis and their related factors in post-menopausal women referring to Kurdistan densitometry center. Kurdistan Univ Med Sci J. 2006;11(2):59-67. [Persian]
3- Larijani B, Mohageri Tehrani MR, Hamidi Z, Soltani A, Pajouhi M. Osteoporosis, prevention, diagnosis and treatment. J Reprod Infertil. 2005;6(1):117. [Persian]
4- Aala M, Aghaei Meybodi HR, Peymani M, Larijani B. Osteoporosis and exercise in postmenopausal women. Iran J Endocrinol Metabol. 2009;11(2):209-17. [Persian]
5- Karimzadeh Shirazi K, Niknami S, Heydarnia A, Wallace L, Torkaman G, Faghihzadeh S. Effects of a TTM-based osteoporosis preventive physical activity education, on increasing muscle strength and balance in women aged 40-65. Hakim Res J. 2007;10(2):34-42. [Persian]
6- Composton J. Osteoporosis. Hemmatkhah F, translator. Tehran: Asr-e-Ketab Publication; 2006. [Persian]
7- Behbahani S, Karimi Moridani M, Ramshani Z, Naghdi SH. Only by breaking comes the sound of this disease. Med Lab Eng Mag. 2007;8(92):25-36. [Persian]
8- Tartibian B, Moutab Saei N. Effects of 9-weeks high intensity aerobic exercises on parathyroid hormone and marker of metabolism of bone formation in young women. Olympic. 2009;16(4):79-88. [Persian]
9- Lester M, Urso M, Evans R, Pierce J, Spiering B, Maresh C, et al. Influence of exercise mode and osteogenic index on bone biomarker responses during short-term physical training. Bone. 2009;45(4):768-76.
10- Vicente R. High femoral bone mineral density accretion in prepubertal soccer players. Med Sci Sports Exerc. 2004;36(10):1789-95.
11- Salehikia A, KHayam Bashi KH, Marandi M, Banparvari M. Effect of longitudinal endurance, sprint and strength activity on bone mineral density in elite male athletes. Olympic. 2008;16(3):7-17. [Persian]
12- Ashizawa N, Ouchi G, Fujimura R, Yoshida Y, Tokuyama K, Suzuki M. Effects of a single bout of resistance exercise on calcium and bone metabolism in untrained young males. Calcif Tissue Int. 1998;62(2):104-8.
13- Maimoun L, Sultan C. Effect of physical activity on calcium homeostasis and calciotropic hormones: A review. Calcif Tissue Int. 2009;85(4):277-86.
14- Lowndes J, Zoeller RF, Caplan JD, Kyriazis GA, Moyna NM, Seip RL, et al. Leptin responses to long-term cardiorespiratory exercise training without concomitant weight loss: A prospective study. J Sport Med Phys Fitness.

www.SID.ir

Archive of SID

28- Barry DW, Kohrt WM. Acute effects of 2 hours of moderate intensity cycling on serum parathyroid hormone and calcium. Calcif Tissue Int. 2007;80(6):359-65.
29- Maimoun L, Sultan C. Effects of physical activity on bone remodeling. Metabolism. 2011;60(3):373-88.
30- Rudberg AP, Magnusson L, Larsson H. Serum isoforms of bone alkaline phosphatase increase during physical exercise in women. Calcif Tissue Int. 2000;66(5):342-7.
31- Erickson CHR, Vukovich MD. Osteogenic index and changes in bone markers during a jump-training program: A pilot study. Med Sci Sports Exerc. 2010;42(8):1485-92.
32- Bemben DA, Palmer IJ, Abe T, Sato Y, Bemben MG. Effects of a single bout of low intensity Kaatsu resistance training on markers of bone turnover in young men. Int J Kaatsu Training Res. 2007;3(2):21-6.
33- Shibata Y, Ohsawa I, Watanabe T, Miura T, Sato Y. Effects of physical training on bone mineral density and bone metabolism. J Physiol Anthropol Appl Human Sci. 2003;22(4):203-8.
34- Evans R, Antczak A, Lester M, Yanovich R, Israeli E, Moran D. Effects of a 4-month recruit training program on markers of bone metabolism. Med Sci Sports Exerc. 2008;40(11):660-70.
35- Maimoun L, Galy O, Manetta J, Coste O, Peruchon E, Micallef JP, et al. Competitive season of triathlon does not alter bone metabolism and bone mineral status in male triathletes. Int J Sports Med. 2004;25(3):230-4.
36- Jurimae J, Purge P, Jurimae T, Duvillard SP. Bone metabolism in elite male rowers: Adaptation to volume-extended training. Eur J Appl Physiol. 2006;97(1):127-32.
37- Casez JP, Fischer S, Stussi E, Stalder H, Gerber A, Delmas PD, et al. Bone mass at lumbar spine and tibia in young males impact of physical fitness, exercise and anthropometric parameters: A prospective study in a cohort of military recruits. Bone. 1995;17(3):211-9.
38- Tosun A, Bolukbasi N, Cingi E, Beyazova M, Unlu M. Acute effects of a single session of aerobic exercise with or without weight-lifting on bone turnover in healthy young women. Mod Rheumatol. 2006;16(5):300-4.
39- Li Shen C, Williams J, Chien Chyu M, Paige R, Stephens A, Chauncey K, et al. comparison of the effects of Tai Chi and resistance training on bone metabolism in the elderly: A feasibility study. Am J Chinese Med. 2007;35(3):369-81.
40- Disilvestro R, Crawford B, Zhang W, Shastri S. Effects of micronutrient supplementation plus resistance exercise training on bone metabolism markers in young adult woman. J Nutr Environ Med. 2007;16(1):26-32.
41- McCarthy I. The physiology of bone blood flow: A review. J Bone Joint Surg Am. 2006;88(3):4-9.
42- Parfitt AM. The mechanism of coupling: A role for the vasculature. Bone. 2000;26:319-23.
2008;48(3):391-7.
15- Mafazi SH, Moshtagh E, Montazeri M. Metabolic and endocrine disorders. Tehran: Arjmand Publication; 1998. [Persian]
16- Thorsen K, Kristoffersson A, Hultdin J, Lorentzon R. Effects of moderate endurance exercise on calcium, parathyroid hormone and markers of bone metabolism in young women. Calcif Tissue Int. 1997;60(1):16-20.
17- Bouassida A, Zalleg D, Zaouali Ajina M, Gharbi N, Duclos M, Richalet JP, et al. Parathyroid hormone concentrations during and after two periods of high intensity exercise with and without an intervening recovery period. Eur J Appl Physiol. 2003;88(4-5):339-44.
18- Jonathan PRS, Craig S, Julie PG, Anna C, John D, William DF. The effect of raining status on the metabolic response of bone to an acute bout of exhaustive treadmill running. J Clin Endocrinol Metabol. 2010;95(8):3918-25.
19- Maimoun L, Manetta J, Couret I, Dupuy AM, Mariano-Goulart D, Micallef JP, et al. The intensity level of physical exercise and the bone metabolism response. Int J Sports Med. 2006;27(2):105-11.
20- Vinionpaa A, korpelainen R, Vaananen HK, Haapalahti J, Jamsa T, Leppaluoto J. Effect of impact exercise on bone metabolism. Osteoporos Int. 2009;20(10):1725-33.
21- Nishiyama S, Tomoeda S, Ohta T, Higuchi A, Matsuda I. Differences in basal and post-exercise osteocalcin levels in athletic and nonathletic humans. Calcif Tissue Int. 1988;43(3):150-4.
22- Maimoun L, Simar D, Malatesta D, Caillaud C, Peruchon E, Couret I, et al. Response of bone metabolism related hormones to a single session of strenuous exercise in active elderly subjects. Br J Sports Med. 2005;39(38):497-502.
23- Maimoun L, Simar D, Caillaud C, Coste O, Barbotte E, Peruchon E, et al. Response of calciotropic hormones and bone turnover to brisk walking according to age and fitness level. J Sci Med Sport. 2009;12(4):463-7.
24- Guillemant J, Accarie C, Peres G, Guillemant S. Acute effects of an oral calcium load on markers of bone metabolism during endurance cycling exercise in male athletes. Calcif Tissue Int. 2004;74(5):407-14.
25- Zittermann A, Sabatschus O, Jantzen S, Platen P, Danz A, Stehle P. Evidence for an acute rise of intestinal calcium absorption in response to aerobic exercise. Eur J Nutr. 2002;41(5):189-96.
26- Salvesen H, Johansson AG, Foxdal P, Wide L, Piehl-Aulin K, Ljunghall S. Intact serum parathyroid hormone levels increase during running exercise in well-trained men. Calcif Tissue Int. 1994;54(4):256-61.
27- Aloia JF, Rasulo P, Deftos LJ, Vaswani A, Yeh JK. Exercise-induced hypercalcemia and the calciotropic hormones. J Lab Clin Med. 1985;106(3):229-32.

www.SID.ir